الفصل الرابع

الأوساط الغذائية لتغذية ونمو النبات

الأوساط الغذائية لتغذية ونمو النبات
The Media of Plant Nutrition

مقدمة

تعرف الأوساط الغذائية لنمو النباتات بالبيئة المحيطة بالنباتات أو اعضائها وتتبادل المواد معها. فالنباتات النامية في البحار ومياه الأنهار العذبة مغمورة كليا أو جزئيا في بيئتها المائية. وبالرغم من نمو هذه النباتات باجمعها في المياه الا أنها تواجه اختلافات كيمياوية شاسعة في البيئة فمثلا يحتوي ماء البحر على نسبة ٣,٥ % املاح بينما قد يحتوي ماء النهر على نسبة ٠,٠٠٢ % املاح.

أما النباتات النامية على سطح الأرض والتي تطورت من النباتات المائية فتعتبر التربة وسطها الرئيسي للحصول على المغذيات والتربة تختلف من مكان لآخر في الخواص الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية بسبب اختلافات المناخ والصخور المكونة للتربة والعمر والطوبوغراقية وغيرها (Jenny, 1941) وبالاضافة للماء والتربة يعتبر الهواء الجوي وسطا غذائيا لنمو بعض النباتات أو اعضائها. فمن المعلوم أن ثاني اكسيد الكربون والاوكسجين يجهزهما الهواء الجوي للنبات لغرض القيام بوظائفه الحيوية المهمة كما ان الندى المتكاثف يعتبر مهما في تجهيز النباتات بالماء في المناطق الجافة.

هذا وسندرس كل من التربة كوسط طبيعي لنمو النباتات وكذلك الاوساط الاصطناعية لزرع ونمو النباتات كالزراعة في المحاليل الغذائية والرمل.

التربـــة

ان معظم العناصر الغذائية باستثناء الكربون تحصل عليها النباتات النامية فوق سطح الارض من التربة تقريبا وان هذه العناصر يجب الا تكون بعيدة عن متناول النباتات بل متوفرة في محلول التربة وقريبة من جذوره لكي تمتص كما ان المسافة التي تتحركها ايونات العناصر من أماكن وجودها إلى الجذور الممتصة تقاس بالمايكرون ($\frac{١}{١٠٠٠}$ ملم).

ومن المعلوم ان التربة خليط غير متجانس من عدة مواد فتتكون اولا من الطور الصلب Solid Phase المتمثل بالمواد المعدنية المشتقة من الصخور وكذلك المادة العضوية الموجودة في مراحل مختلفة من التحلل وثانيا الطور السائل Liquid Phase الحاوي على ماء التربة أو بالاصح محلولها Soil Solution بسبب احتوائها على عدة مواد مذابة ثم الطور الغاز Gas Phase الذي يحتوي على غازات التربة التي تحتل المسافات البينية الخالية من الماء.

ويعتبر محلول التربة Soil Solution المصدر الرئيسي للعناصر التي تمتص من قبل جذور النبات.

أما الطور الصلب في التربة Solid Phase فهو يزود محلول التربة بالعناصر المغذية أثناء اذابة المعادن والمادة العضوية. كما أن الاسمدة المضافة تزود محلول التربة بالعناصر الغذائية.

هذا وتلعب دقائق الطين والمادة العضوية المحملة بشحنات سالبة والملتصق عليها أيونات موجبة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والالمنيوم والهيدروجين دورا اساسيا في تبادل الايونات الموجبة.

أما الايونات السالبة في محلول التربة والتي تتعادل كهربائيا مع الايونات الموجبة فهي النترات ويليها الفوسفات والسلفات والكلوريدات.

وكما ذكرنا أن التربة تعتبر نظاماً معقدا مكونا من الطور الصلب والسائل والغاز صالحاً لنمو النباتات ولذلك فهي تتأثر بالأحياء المجهرية التي تنتشر في التربة.

ان هذه الكائنات الحية تعيش في غشاء او طبقة مائية تغطي دقائق التربة وجذور النباتات ولهذا فان فعالية الكائنات الحية تتأثر بحالة الماء في التربة كما ان جذور النباتات تظهر نوعاً من التأثير على محلول التربة بسبب افرازها للسكريات والأحماض الأمينية والتي تستعمل كغذاء للكائنات الحية المجهرية.

الزراعة في المحاليل الغذائية Solution Culture

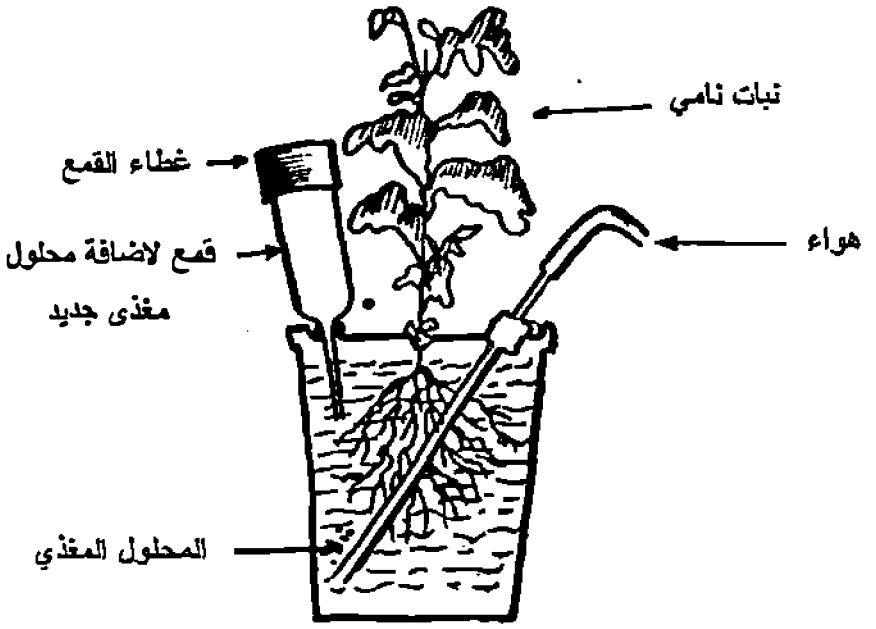
لقد ادرك الفسيولوجيون الالمان Sachs وKnop سنة ١٨٦٥ بان التربة هي وسط معقد وغير متجانس ولا يصلح لاجراء تجارب دقيقة بشأن تعين العناصر

الضرورية الداخلة في تغذية النبات ولهذا فقد ابتكروا طريقة خاصة لزراعة نباتاتهم بغمرها في محاليل غذائية مائية يمكن السيطرة على تركيبها الكيمياوي ويطلق على هذه الطريقة من الزراعة بالزراعة المائية (Solution Culture) أو (Hydroponic Culture) أما المحلول المغذي الذي ابتكره Knop فيوضح في جدول رقم (٤-١). وتعتبر هذه الطريقة من الزراعة بحق أهم الوسائل العلمية للبحوث في تغذية النباتات والشكل رقم (٤-١) يبين التصميم العلمي لنمو النبات مائيا حيث يثبت النبات بالطريقة التي تجعل جذوره مغمورة في المحلول الغذائي كما تجرى تهوية المحلول لتوفر الاوكسجين اللازم لتنفس الجذور وذلك بامرار تيار هوائي.

جدول رقم (٤-١)

المحلول الغذائي الذي ابتكره Konp

التسلسل	الملح	الكميـــة غرام/ لتر ماء مقطر	Molarity
١. نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2$	٠,٨	٠,٠٠٣٠
٢. نترات البوتاسيوم	KNO_3	٠,٢	٠,٠٠٢٠
٣. فوسفات البوتاسيوم الثانية الهيدروجين	KH_2PO_4	٠,٢	٠,٠٠١٥
٤. كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٠,٢	٠,٠٠٠٨
٥. فوسفات الحديد		كمية قليلة جداً	



شكل رقم (٤-١): التصميم الصحيح للزراعة من المحلول المغذي عن:Epstein, 1972

وإذا توفرت جميع العناصر المغذية والضوء ودرجة الحرارة المناسبين وبقي pH المحلول المغذي ثابتا تقريبا فان المحلول المغذي يشابه احسن الترب الخصبة ومن الناحية الأساسية فان الطريقة الحديثة المطورة على أيدي Hoagland, Amon سنة ١٩٥٠ لزراعة النباتات مائيا لاتختلف كثيرا عن الطريقة التي ابتكرها Sachs, Knop عام ١٨٦٥. وكل ما حدث من تغير هو استعمال مواد كيمياوية أكثر نقاوة والأجهزة والمعدات غير ملوثة. وقد تصنع الأواني الحاوية للمحلول من زجاج البايركس أو (Natural Polyethylen) وقد وجد أن لقل تركيز المواد الملوثة يتراوح حزء بالبليون $\frac{1}{1000000}$ كما قد تضاف بعض المضادات الحيوية Antibiotic أو مبيدات الاعشاب Herbicides لمنع نمو بعض الاحياء المجهرية المضرة والأعشاب واذا اراد القارئ الكريم التوسع في موضوع الزراعة المائية فيستحسن دراسة كتاب Hewitt, 1966.

لما التركيب الكيمياوي لهذا المحلول فيحتوي على ثلاثة عناصر أساسية مغذية كبرى Macronutrient بصورة ايونات موجبة مثل البوتاسيوم K^+ والكالسيوم Ca^{++} والمغنيسيوم Mg^{++} وكذلك ثلاثة ايونات سالبة كالنترات والفوسفات والكبريتات وعادة تضاف بشكل املاح نترات البوتاسيوم ونترات الكالسيوم وفوسفات الامونيوم أو فوسفات البوتاسيوم (KH_2PO_4) وكبريتات المغنيسيوم كما ان المغذيات الصغرى يجب أن تجهز بتركيز واطئ وان يحافظ على مدى الـ pH في المحلول المغذي.

هذا وقد طور Hoagland and Arnon 1950 محلولين مغذيين ويطلق عادة على أي منهما Hoagland Solution ويستعملان حاليا للدراسة والبحوث في مختلف مختبرات العالم ويحتوي المحلول رقم (٢) على الامونيوم والنترات كمصدر للنتروجين والجدول رقم (٤-٢) يبين تركيب المحلولين الغذائيين رقم (١) ورقم (٢).

ولأجل الاستفادة من هذه المحاليل في الابحاث يجب ان يكون الماء مقطرا ونقيا وان تكون الاملاح نقية كما ذكر وبتركيز Molarity أي وزن جزيئي غرامي يذاب في لتر واحد من الماء المقطر.

ومما هو جدير بالذكر ان العالم Johnson et al سنة ١٩٥٧ قد اجرى بعض التغييرات في المحلول الغذائي رقم (٢) من Hoagland Solution كما في الجدول رقم (٤-٣) كما ان Evan and Nason سنة ١٩٥٣ قد ابتكر محلول غذائي يبينه الجدول رقم (٤-٤).

جدول رقم (٤-٢) تركيب المحلول الغذائي لزراعة النباتات حسبما طوره Hoagland and Arnon, 1950 المحلول الغذائي رقم (١)

الملح	سم^3 في لتر من المحلول الغذائي
فوسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين M KH_2PO_4	١
نترات البوتاسيوم M KNO_3	٥
نترات الكالسيوم M $Ca(NO_3)_2$	٥
كبريتات المغنيسيوم M $MgSO_4$	٢

المحلول الغذائي رقم (٢)

الملح	سم^3 في لتر المحلول الغذائي
فوسفات الامونيوم M $NH_4H_2PO_4$	١
نترات البوتاسيوم M KNO_3	٦
نترات الكالسيوم M $Ca(NO_3)_2$	٤
كبريتات المغنيسيوم M $MgSO_4$	٢

وتضاف إلى أي من المحلولين الغذائيين المذكورين المحاليل المكملة والمحتوية على العناصر الغذائية الصغرى بحالة محلول أ مع محلول ب.

أ- تحضير محلول مكمل للعناصر الغذائية الصغرى لتجهيز البورون والمنغنيز والزنك والنحاس والموليبدنيوم الآتي:

المركب		عدد الغرامات المذابة في لتر واحد من الماء المقطر
حامض البوريك	H_3BO_3	٢,٨٦
كلوريد المنغنيز	$MnCl_2.4H_2O$	١,٨١
كبريتات الزنك	$ZnSO_4.7H_2O$	٠,٢٢
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$	٠,٠٨
حامض الموليبديك	$H_2MoO_4.H_2O$	٠,٠٢

ويضاف ١سم^3 من هذا المحلول (الخليط) لكل لتر من المحلول المغذي رقم (١) أو رقم (٢).

ب- يضاف الحديد بشكل ترترات الحديد (٠,٥ %) وبمعدل ١سم^3 لكل لتر واحد من المحلول المغذي رقم (١) أو رقم (٢).

وقد يضاف الحديد بشكل مركب عضوي معقد (Iron Sequesterine 330) وذلك باذابة ٢٤ غرام من هذه المادة فى لتر من الماء المقطر ثم استعمال ٢ سم^{3} من هذا المحلول لكل لتر واحد من المحلول المغذي رقم (١) أو رقم (٢).

ومما تجدر ملاحظته ان Steiner في ١٩٦١ وHomes في ١٩٦١ و١٩٦٣ قد صمما أجهزة تستطيع تغيير تراكيز المحاليل الغذائية بصورة اوتوماتيكية. أما pH المحلول الغذائي فيجب دراسة كل آثاره الفسيولوجية على المحلول الغذائي والنباتات معا فقد وجد ان الـ pH يؤثر في ناحيتين أولهما ان الـ pH يؤثر على عملية الاختزال والتأكسد وتوازنها بالاضافة إلى قابلية ذوبان مركبات العناصر الغذائية وحالتها الايونية فمثلا اذا كانت المحاليل الغذائية ذات تهوية جيدة وpH يساوي ٨ فان ايون الحديديك فيها يترسب بشكل هيدروكسيد الحديديك $Fe(OH)_3$ وعندئذ لا يتوفر الحديد للنبات كما ان توفر بعض ايونات العناصر الغذائية يعتمد على pH المحلول (Hodgson, 1963 Ponnamperuma 1955). وبالنسبة للايونات السالبة فمن المعلوم ان الفوسفات التي يمتصها النبات بشكل HPO_4, $H_2PO^-_4$ تتوفر للنبات عندما يكون pH المحلول حوالي ٦,٨ Larsen, 1967 وثانيهما ان الـ pH يؤثر على توفر ايونات الهيدروجين (H^+) والهيدروكسيل (OH^-) عند جذور النباتات النامية في المحلول الغذائي وبصورة خاصة عملية النقل خلال اغشية خلايا القشرة في الجذور.

هذا ويجب ان تحاط الأوعية الحاوية على المحلول المغذي بمادة مانعة لاختراق الضوء كي لا تنمو الاشنات في المحلول المغذي كما لا يتأثر الجذر بالضوء. كذلك يجب تغيير المحلول المغذي من حين لآخر خصوصاً في الصيف لأجل المحافظة على التركيب الكيمياوي للمحلول المغذي اما مساوئ طريقة زرع النباتات مائياً فان هذه النباتات لا تكون نامية باستقرار نظرا لعدم ثبات جذورها أي أنها تحتاج إلى دعائم وكذلك مصدر لتهوية جذورها.

جدول رقم (٤-٣) المحلول الغذائي المتطور بواسطة Johnson etal. 1956

المركب	الوزن الجزيئي للمركب	تركيز المخزون الاصلي Stock Solution micromole	تركيز المحلول الاصلي Stock Solution g/liter غرام/لتر	الحجم المستعمل من المحلول الاصلي سم٣ لكل لتر من المحلول الغذائي	العنصر المجهز	التركيز النهائي للعنصر ملليرومول micromole	التركيز النهائي للعنصر المجهز جزء بالمليون PPM
نترات البوتاسيوم	١٠١,١٠	١٠	١٠١,١	٦	النيتروجين	١٦٠٠٠	٢٢٤
					البوتاسيوم	٦٠٠٠	٢٣٥
نترات الكالسيوم	٢٣٦,١٦	١٠	٢٣٦,١٦	٤	الكالسيوم	٤٠٠٠	١٦٠
فوسفات الامونيوم	١١٥,٠٨	١٠	١١٥,٠٨	٢	الفسفور	٢٠٠٠	٦٢
كبريتات المغنيسيوم	٢٤٦,٤٩	١٠	٢٤٦,٤٩	١	الكبريت	١٠٠٠	٣٢
					المغنيسيوم	١٠٠٠	٢٤

العناصر الغذائية الصغري Micronutrient

كلوريد البوتاسيوم	٧٤,٥٥	٥٠	٣,٧٢٨	الكلور	٥٠	١,٧٧
حامض البوريك	٦١,٨١٤	٢٥	١,٥٤٦	البورون	٢٥	٠,٢٧
كبريتات المنغنيز	١٦٩,٠١	٢	٠,٣٣٨	المنغنيز	٢	٠,١١
كبريتات الزنك	٢٨٧,٥٥	٢	٠,٥٨٥	الزنك	٢	٠,١٣١
كبريتات النحاس	٢٤٩,٧١	٠,٥	٠,١٢٥	النحاس	٠,٥	٠,٠٣٢
حامض المولوبيديك	١٦١,٩٧	٠,٥	٠,٠٨١	المولوبينيوم	٠,٥	٠,٠٥
مركب عضوي حاوي على الحديد	٣٤٦,٠٨	٢٠	٦,٩٢٢	الحديد	٢٠	١,١٢

جدول رقم (٤-٤) التركيب الكيمياوي للمحلول الغذائي المبتكر من قبل Evan and Nason, 1953

الملح		التركيز Molar	التركيز جزء بالمليون PPM	
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	٠,٠٠٥		
كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	٠,٠٠٢٥		
فوسفات البوتاسيوم	KH_2PO_4	٠,٠٠٥		
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٠,٠٠٢		
كلوريد البوتاسيوم	KCl		٩	Cl
كبريتات المنغنيز	$MnSO_4$		٠,٢٥	Mn
فارسينات الحديد	Fe-Versenate		٠,٥	Fe
حامض البوريك	H_3BO_3		٠,٢٥	B
كبريتات الزنك	$ZnSO_4$		٠,٢٥	Zn
كبريتات النحاس	$CuSO_4$		٠,٠٢	Cu
موليبدات الصوديوم	Na_2MoO_4		٠,٠٢	Mo

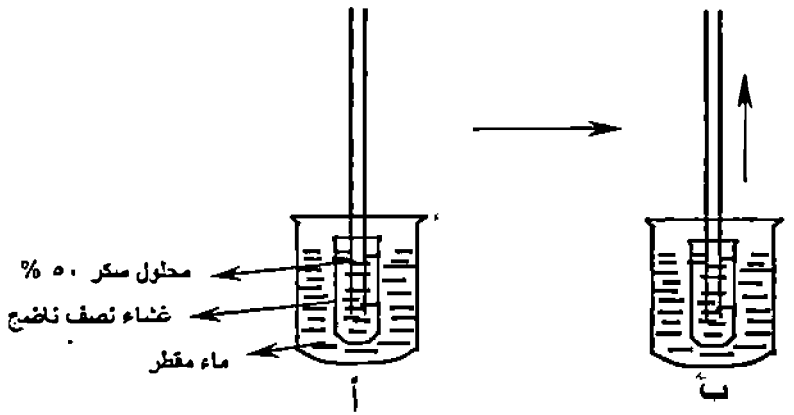
ولكن من بعض مزايا هذه الطريقة أنه يمكن الحصول على المجموعة الجذرية سالمة كما يمكن مراقبة نمو الجذور.

الضغط الازموزي للمحاليل الغذائية وحركة الماء إلى النبات

كلما زاد تركيز الأملاح في المحلول كلما قلت القوة الكامنة للماء (Water Potential) المذيب للأملاح وقلت معه قابلية نفوذ الماء داخل النبات.

ومن المعلوم عند فصل الماء النقي عن محلول بغشاء يسمح لنفوذ الماء فقط أي نصف ناضح (Semi Permeable) فإن القوة الكيمياوية الكامنة للماء النقي (Water Potential) تصبح أعلى مما في ماء المحلول وبذلك فالماء النقي ينفذ عبر الغشاء نصف الناضح إلى الجهة الحاوية على المحلول وتسمى هذه العملية بالتنافذ Osmosis شكل رقم (٤-٢).

وينشأ ضغطا في الجهة الحاوية على المحلول وتستمر عملية النفوذ إلى أن يتعادل الضغط الناشئ عن ارتفاع المحلول بالقوة المسببة لنفوذ الماء ويطلق على هذا الضغط بالضغط الازموزي Osmatic Pressure.



شكل رقم (٤-٢): رسم تخطيطي لعملية التناذ (Osmosis)

أ- محلول السكر ٥٠ % مفصول عن الماء المقطر بغشاء نصف ناضح.

ب- دخول الماء المقطر خلال غشاء نصف الناضح إلى محلول السكر ومسببا ارتفاع المحلول إلى الاعلى وتستمر العملية حتى يتعادل الضغط الناشئ عن ارتفاع المحلول بالقوة المسببة لدخول الماء ويطلق على هذا الضغط بالضغط الازموزي (Osmotic Pressure). محور عن: Bonner and Galston, 1952

وبالنسبة لحركة الماء والذائبات فان (Salisbury and Ross) سنة ١٩٦٩ شبها معدل جريان الماء والذائبات عبر الغشاء نصف الناضح بقانون اوم لسريان التيار الكهربائي عبر المقاومة وافترضوا ما يسمى (flow) ورمز له (J) وهو جريان السائل خلال وحدة مساحة المقطع العرضي للغشاء ويتناسب طرديا مع القوة الدافعة أو الفرق في القوة الدافعة الكيمياوية للماء ($\Delta\psi$) وعكسيا مع مقاومة الغشاء نصف الناضح (r).

$$J = \frac{\Delta\psi}{r} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(٤-١)$$

حيث أن J هي كمية السائل الجارية او المتحركة خلال وحدة مساحة المقطع العرضي للغشاء وفي وحدة الزمن وبوحدات $\frac{mole}{cm^2}$ Sec

$\Delta\psi$ تمثل فرق القوة الدافعة الكيمياوية للماء وبوحدات $\frac{mole}{cm^3}$

r تمثل مقاومة غشاء الخلية لحركة الماء وبوحدة $\frac{sec}{cm}$

كما أن مقاومة الغشاء هي معكوس نفاذية الغشاء (Lw) تلك النفاذية التي تشير إلى معدل نفوذ الماء تحت تأثير القوة الدافعة الكيمياوية للماء

$$Lw = \frac{1}{r} \qquad \text{.....(٤-٢)}$$

حيث أن Lw هي نفاذية غشاء الخلية للماء وبوحدة $\frac{cm}{sec}$

$$r = \frac{1}{Lw} \qquad \text{أو (٤-٣).....}$$

$$J = \Delta\psi Lw \qquad \text{أي أن (٤-٤).....}$$

$$\Delta\psi = \Delta P - \Delta\pi \qquad \text{بيد أن (٤-٥).....}$$

حيث أن $\Delta\psi$ هي القوة الدافعة الكيمياوية للماء (Water Potential).

ΔP هي فرق الضغط الانتفاخي.

$\Delta\pi$ هي فرق الضغط الازموزي.

وبالاستعاضة تكون

$$J = Lw(\Delta P - \Delta\pi) \qquad \text{.....(٤-٦)}$$

ولذا فرضنا ان الغشاء هو طبيعي أي غشاء الخلية النباتية لذلك يجب ادخال عامل آخر يسمى (Reflection Coeficient) أو (σ) الذي يؤثر في الضغط الازموزي بسبب وجود الذائبات لذلك يكون:

$$J = Lw(\Delta P - \sigma \Delta \pi) \quad \text{.....(٤-٧)}$$

حيث أن σ هي لـ Reflection Coeficient والتي تقع قيمتها بين الصفر والواحد (٠ – ١) فعندما لا يسمح غشاء الخلية بمرور الذائبات نهائيا فهذا يعني أن قيمة σ تعادل واحد وتصبح الخلية كنظام الـ Osmometer المثالي (شكل رقم ٤-٢).

أما إذا كان الغشاء فاقد الحيوية نهائيا وغير حساس لمرور أية مادة مذابة عندئذ تكون قيمة σ تعادل صفرا ويصبح:

$$J = Lw\,\Delta P \quad \text{.....(٤-٨)}$$

وفي الحالات الطبيعية تكون قيمة σ لغشاء الخلية أقل من الواحد.

وقد وجد ان القوة الدافعة الكيمياوية للماء النقي في الضغط الجوي العادي تعادل (٠) صفرا وكذلك وجد ان القوة الدافعة للماء في الخلية تكون سالبة بسبب ان الضغط الانتفاخي يكون اقل من الضغط الازموزي.

أما وحدة قياس القوة الدافعة الكيمياوية فهي وحدة طاقة / وحدة حجم.

وبعبارة اخرى $\frac{\text{ارك}}{\text{سم}^3} - \frac{\text{قوة} \times \text{مسافة}}{\text{سم}^3}$

أو $\frac{\text{داين} \times \text{سم}}{\text{سم}^3} - \frac{\text{داين}}{\text{سم}^2}$

وهذه هي وحدة الضغط.

والضغط يقاس عادة بالبار (Bar) أو ضغط جوي Atmosphere.

أما البار فيعادل $١٠^٦$ داين / لكل سم^٢.

والبار يعادل ٠,٩٨٧ ضغط جوي، وقد وجد ان القوة الدافعة الكيمياوية للانسجة النباتية تساوي مايقارب (-١٠ إلى -٢٠) بارا (Holley, 1966) كما ان الضغط الازموزي للمحاليل الغذائية المناسبة يتراوح بين (÷ ٠,٥ إلى + ١) بارا أما

الضغط الازموزي للمحاصيل في التربة غير المالحة والحاوية على كمية من الماء فهو يشابه تقريبا الضغط الازموزي للمحاليل الغذائية ويتراوح (+ ١ إلى + ٢) بارا.

الزراعة الرملية Sand Culture

لاجل التخلص من مساوئ الزراعة المائية الناتجة عن عدم ثبات النباتات المزروعة يستعمل الرمل في هذا الوسط بدلا من المحلول المغذي ولابد من استعمال رمل نظيف وخاليا من العناصر الغذائية وذو درجة معينة من النعومة للمحافظة على الماء وحدوث التهوية الجيدة. وقد استعمل الباحثون رمل الكوارتز Quartz النقي المغسول (او مادة Perlite) وهذه المواد تحل مشاكل التهوية وتثبيت النباتات وتهيئة الظلام المناسب. أما في طريقة الزراعة الرملية فلا تنبت البذور في الخارج اولا بل توضع مباشرة في الرمل وتزود المزرعة بالمحلول الغذائي المناسب من حين لآخر كالمحلول الذي استعمله Gregory and Baptiste سنة ١٩٣٩ جدول رقم (٤-٥) او احدى محاليل Hoagland ويضاف المحلول الغذائي باحدى الطرق التالية:

١- صب المحلول الغذائي على الرمل مباشرة.

٢- تنقيط المحلول الغذائي على الرمل قطرة فاخرى.

٣- التغذية الجوفية (التحتانية) Subirrigation.

وتتم الطريقة الاخيرة برفع المحلول المغذي بمضخة من مقر الاناء إلى الاعلى خلال الرمل حتى يتشبع الرمل تماما بوقف عمل المضخة فيترشح المحلول الزائد إلى اسفل الرمل لكي يتجمع ويعاد ضخه وتعمل المضخة عادة بصورة اتوماتيكية بارتباطها بموقف عمل. وكذلك يستحسن تغير المحلول الغذائي من حين لآخر.

أما مساوئ طريقة الزراعة الرملية فتتمثل بصعوبة الحصول على الرمل الخالي من بعض العناصر الغذائية كما لا يمكن الحصول على المجموعة الجذرية سالمة تماما بالاضافة إلى انه لا يمكن مراقبة ودراسة نمو جذور النباتات أما المحلول الغذائي (فكما ذكر سابقا) يجب ان يحتوي على جميع العناصر الاساسية

الكبرى والصغرى ويستحسن الا يتعدى تركيز العناصر الاساسية الصغرى بين ٠,٠١- ٠,٥ جزء بالمليون بينما تضاف العناصر الغذائية الكبرى بنسبة ٥٠٠- ١٠٠٠ جزء بالمليون وأما الضغط الازموزي لهذه المحاليل الغذائية فيتراوح بين ٠,٥ بارا إلى +١ بارا.

جدول رقم (٤-٥) تركيب المحلول الغذائي المستعمل من قبل Gregory and Baptiste, 1939 لتغذية المزرعة الرملية.

التسلسل	الملـــح		التركيز غم / لتر
١	فوسفات الصوديوم احادية الهيدروجين	Na_2HPO_4	٠,٨٤
٢	نترات الصوديوم	$NaNO_3$	٣,٠٣
٣	كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	٠,٦٢
٤	كلوريد الكالسيوم	$CaCl_2$	٠,١٢
٥	كبريتات المغنيسيوم المائية	$MgSO_4.7H_2O$	٠,٤٢

الهيدروبونات التجارية: Commercial Hydroponics

يمكن زراعة المحاصيل على نطاق تجاري في محاليل مغذية بطريقة الـ Hydroponic وفي هذه الطريقة تبنى احواض كبيرة غير عميقة من الخراسانة (السمنت المسلح) أو ألواح معدنية أو خشبية وترضع المحاليل المغذية في هذه الاحواض سواء مع رمل أو حصى أو بدونهما ويفضل وجود الرمل والحصى حتى يتوفر للنباتات ارض متماسكة تساعد النباتات على النمو قائمة. وتزود الاحواض بمضخات للهواء وأحياناً بأحواض أخرى يضع فيها محلول المزرعة من وقت لآخر حتى يذوب به الاوكسجين اللازم لتنفس الجذور وحتى تجدد المركبات الكيمياوية المكونة للمحلول ثم يعاد مرة أخرى إلى أحواض النباتات ويجب ان يعتنى بنظافة الرمل او الحصى من الشوائب الكيمياوية لئلا تختلط بتركيب المحلول المغذي ولكي لا يتسبب عنها أي ضرر للنباتات المزروعة (دكتور محمد جمال

الدين حسونة. ١٩٧٢) وهناك نوع آخر من الهيدروبونات التجارية يشبه عجلة الهواء فكلما نزلت رفوفها إلى الاسفل مرت بالمحلول المغذي وبذلك يتجدد محلولها ويعمل على تهويته.

وسائل تلوث المزارع الاصطناعية وكيفية التخلص منها:

١- تلوث الاملاح وكيفية تنقيتها:

في أوائل دراسة تغذية النباتات على أيدي الباحثين Sachs and Knop لم تكن مشكلة تلوث المحلول الغذائي معروفة ولم يدركوا في حينه أن هذه المواد الملوثة تجهز العناصر المغذية الصغرى. الا أنه بمرور الزمن ازدادت التجارب دقة وأصبح على الباحث أن ينقي الأملاح المستعملة قبل عمل المحاليل الغذائية إلى حد جزء بالبليون (IPPb). ان أهم الوسائل المتبعة لتنقية الاملاح هي استعمال طريقة الامتصاص الالتصاقي التفاضلي للايونات الموجبة للعناصر الرئيسية الصغرى (Preferential adsorption) وعلى المواد غير الذائبة مثل كربونات الكالسيوم وبعدئذ تزال الاملاح الباقية الذائبة بالترشيح كما يمكن استعمال طريقة أخرى وهي تكوين مركبات معقدة من أيونات وجزيئات العناصر المغذية الصغرى مع مركبات عضوية مثل (di phenylthiocarbozone) وتتبع ذلك إذابة المركبات بمذيبات عضوية كالكلوروفورم ($CHCl_3$) أو رابع كلوريد الكاربون (CCl_4) وترسيب العناصر المغذية الصغرى بمواد غير ذائبة عضوية مثلHydroxyquinoline.

٢- تلوث الماء وتنقيته:

يجب تقطير الماء كما يستحسن استعمال عمود Ion Exchange Resins وذلك بمرور الماء المقطر في هذا الجهاز الذي يحتوي على دقائق حاوية على أيونات الهيدروجين الموجبة وتتبادل مع الأيونات الموجبة الموجودة في الماء المقطر كأيونات النحاس والزنك وغيرها كما يحتوي الماء المقطر على أيونات الهيدوركسيل السالبة (OH^-) التي تتبادل مع أيونات المولبيدات أو البورات والكلور.

٣- تلوث الاواني في الزواء الجوي:

تجري التجارب في اواني زجاجية مصنوعة من السيليكون والبورون غير أن هذه الاواني قد تجهز المحاليل بعنصر البورون والذي يقلل من دقة البحث الجاري

في تغذية النبات وخاصة إذا كان البورون موضوع الدراسة ومن الجدير بالذكر أنه استعملت أواني مصنوعة من البولى لثين Polythylene لكنه وجد ان هذه الاواني تجهز الزنك لنمو النبات. ولقد وجد أن زجاج البايركس (Pyrex) أكثر الأواني ملائمة لهذا الغرض. كما وجد أن غالبية تلوث الاواني يتسبب من غبار الهواء الجوي الذي يتساقط على الاواني بالاضافة إلى اصابع الشخص القائم بالتجربة.

٤- التلوث من استعمال البذور:

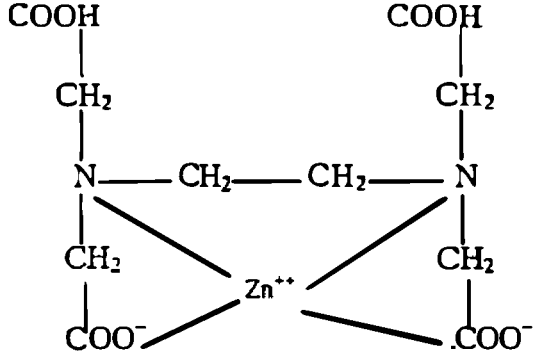
ان البذور قد تسبب تلوث المحلول الغذائي بالنحاس والموليبدنيوم والزنك وخاصة إذا كان الهدف من التجربة هو اظهار اهمية هذه العناصر فقد وجد أن البذور تحمل مركبات هذه العناصر من نباتات الأم وخاصة إذا كانت هذه النباتات نامية في وسط غذائي حاويا على كمية كافية من هذه الاملاح.

المواد الكامشة أو المخلبية (Chelating Agents)

بسبب ترسيب العناصر المغذية الصغرى الموجبة الشحنة لذلك تضاف للمحاليل الغذائية بشكل مركب معقد مع مادة عضوية تسمى Chelates أو Ligand مؤلفة بذلك أيون معقد بحالة ثابتة حيث أن المادة العضوية الكامشة Chelates تجهز الكترونات للايون الموجب التابع للعنصر المغذي الصغير وبذلك تمنع ترسب العنصر المغذي الصغير.

وعلى سبيل المثال وجد أن المادة المسماة Ethylenediaminetetra (EDTA) acetic acid تتميز بانها مادة Chelating مع الزنك كما في الشكل رقم (٤-٣).

ومما هو جدير بالذكر أن الخصائص الجيدة للمواد الكامنة Chelating agents هى :-



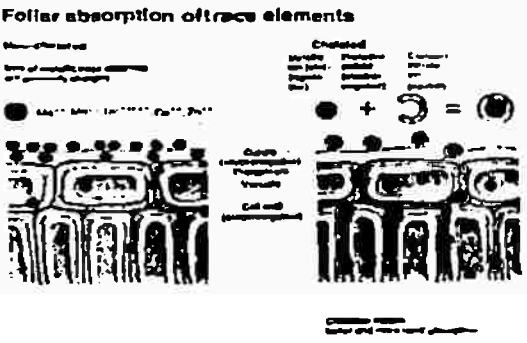
شكل رقم (٤-٣): المادة المخلبية EDTA مع الزنك بشكل EDTA – Zn.

١- يجب أن تقاوم فعل الاحياء الدقيقة في التربة.

٢- يجب أن تكون مركباً معقداً مع أيون العنصر المغذى الصغير وليس مع أيون العنصر المغذى الكبير.

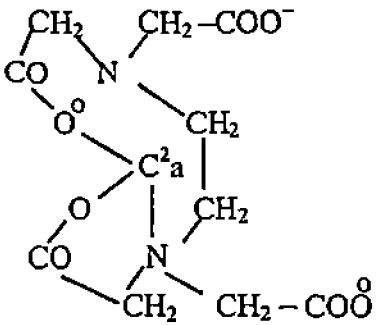
٣- أن تكون المادة المخلبية (Chelator) مع أيون العنصر المغذي الصغير مركباً معقداً ذائباً.

٤- أن تكون المادة المخلبية (Chelator) مع أيون العنصر المغذي الصغير مركباً معقداً عديم الشحنة (Neutral Charge) أو سالب الشحنة (Negative Charge) حتى يسهل اختراق جدران الخلايا (السالبة الشحنة) أو طبقة الكيوتكل (السالبة الشحنة) في الاوراق وخاصة عندما يراد رش سماد المغذيات الصغرى على الاوراق (التسميد الخضرى Foliar Fertilization) حيث أن أيونات المغذيات الصغرى الموجبة الشحنة سوف تترسب في جدران الخلايا أو طبقة الكيوتكل ولا تنفذ إلى داخل الخلايا إذا ما استعملت بدون المادة المخلبية على الاوراق. والشكل المرقم (٤-٤) يقارن أهمية استعمال المواد المخلبية (Chelating Agents) مع المغذيات غير المخلبة عند إجراء عملية التسميد الخضري.



شكل رقم (٤-٤): أهمية استعمال المادة المخلبية أثناء رش المغذيات الصغرى على الاوراق.

هذا ووجد أن مادة الـ EDTA ليها الفه قوية مع الكالسيوم (مغذ كبير) (شكل رقم ٤-٥) لذا استبدلت بمادة عضوية اخرى تتحد مع الحديد وهي (Ethylenediamine di (o – hydroxyphenyl acetic acid) (Fe – EDDH). ويذكر أن المواد المخلبية قد تحدث بصورة طبيعية في التربة بيد أن طبيعة هذه المواد لم تحدد لحد الآن. وقد افترضت المواد العضوية لتقوم بهذا الدور مثل بعض الاحماض العضوية وبعض انواع البروتينات. وفي النباتات توجد المواد المخلبية في الخلايا لمنع تسرب العناصر المغذية الصغرى من العصير الخلوي أو السايتوبلازم ويحتمل بأن الاحماض الامينية أو العضوية أو بعض البروتينات تقوم بهذا الدور كما يحتمل أن تكون معظم أيونات العناصر المغذية (باستثناء البوتاسيوم والصوديوم) موجودة بحالة (Chelated) داخل الخلايا النباتية فمثلاً الحديد والمغنيسيوم تكون متحدة مع صبغيات السايتوكروم Cytochrome وصبغات الكلوروفيل فضلاً عن أن.



شكل رقم (٤-٥): المادة المخلبية EDTA مع الكالسيوم.

ايونات عناصر أخرى تتحد مع بعض الانزيمات الخاصة لتحفز فعالية الانزيم.