

دار الكتب [www.dar-alkotob.com](http://www.dar-alkotob.com)

دار الكتب [www.dar-alkotob.com](http://www.dar-alkotob.com)

# التعبير الرياضى

## لبعض الظواهر الحيوية فى النبات

دكتور

عبد المنعم محمد بلبح

B.Sc. Dipl. (Stat.), MSc., Ph.D.

استاذ علوم الأراضى والمياه

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

١٤٢٥هـ - ٢٠٠٥م

مكتبة الاستاذ المعرفة

طباعة ونشر وتوزيع الكتب

☎ : ٢٢٢٤٧٢٨ / ٤٥ & ١٢١١٥١٢٣٧

دار الكتب [www.dar-alkotob.com](http://www.dar-alkotob.com)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دار الكتب [www.dar-alkotob.com](http://www.dar-alkotob.com)

## محتويات الكتاب

صفحة

❖ مقدمة

٥

### الباب الأول

حساب إستهلاك النبات من الماء

٩	تمهيد
١٥	- العوامل المؤثرة على البخر نتج
١٥	- العوامل المؤثرة على خواص الماء
١٩	- بخر الماء من الأراضي الملحية
٢٢	العوامل المؤثرة على النتج
٢٢	- عوامل النبات
٢٤	- الظروف البيئية
٢٦	- دراسات Strogonov
٢٨	عوامل النبات المرتبطة بالبخر نتج
٢٨	- تأثير حالة الأرض على يسر الماء
٢٩	- تأثير الأملاح على نمو الجذور وإمتصاص الماء
٣١	تقدير البخر نتج
٣١	- معادلة Penman
٣٢	- معادلة Blainy Cridle
٣٢	- معادلة Hargreives

صفحة	
٣٥	- حساب البخر نتح ET
٤٥	- أثر الأملاح على البخر
٤٦	- دراسة بليغ وسليمان
٥٣	التبادل الأيوني
٥٥	- نظرية الطبقة المزدوجة
٥٩	- نظرية طبقات البلورة
٦٠	- التبادل الأيوني على جذور النباتات
٦٣	- السعة التبادلية الكاتيونية لجذور بعض النباتات
٦٤	التعبير الرياضي عن التبادل الأيوني
٦٤	- معادلة فرندليخ Freundlich
٦٥	- معادلة لانجموير Langmuir
٦٥	- معادلة كير Kerr
٦٦	- معادلة جابون Gapon
٦٧	- معادلة ينى Jeny
٦٧	عوامل ذات أثر في التبادل الأيوني
٧٢	الانتشار
٧٦	- العوامل التي تؤثر على إنتشار الأيونات في الأراضى
٩١	- تأثير الانتشار على إمتصاص النباتات للمغذيات
٩٢	- تقدير معامل الانتشار
٩٦	- حساب معامل الانتشار
١٠٠	- تجديد المغذيات في المحلول الأرضى بالانتشار
١٠٣	- مقارنة معاملات الانتشار المتحصل عليها بطرق مختلفة

صفحة

- ١١٤ - إعتد معامل الأنتشار على التركيز  
١١٥ - أئر نوع الطين على معامل الأنتشار

الباب الثاني

- ١٢١ التعبير الكمي عن إستجابة الحاصلات للتسميد  
- مساهمة محتوى الأرض من العنصر الغذائي والسماذ  
١٢٢ المضاف في المحصول الناتج  
١٢٧ العلاقات الكمية بين النبات والعناصر المغذية  
١٢٧ - العلاقة بين الإنتاجية والخصوبة  
- أستخدام معادلة متشرلش  
١٣١ التقدير الكمي للكفاءة النسبية لصور العنصر المختبر  
١٣٥ - مقارنة الكفاءة النسبية للسماذ تحت ظروف نمو مختلفة  
١٣٨ حساب مساهمة الصور المختلفة للعنصر في تغذية النبات  
١٤٢ - معادلة سيلمان  
١٤٤ - استخدام معادلات الدرجة الثانية  
١٥٠ - كفاءة السماذ  
١٥١ - أستخدام المعادلة الأسية  
١٥٢ - أستخدام معادلة الخط المستقيم  
١٥٤ تقدير الكفاءة النسبية لصور مختلفة من النتروجين بأستخدام  
١٥٤ بادرل الشعير

صفحة

١٥٧	تقدير أثر كربونات الكالسيوم وكبريتات البوتاسيوم على كفاءة الأسمونيوم
١٥٧	- أثر كربونات الكالسيوم
١٥٨	- أثر كبريتات البوتاسيوم
١٦١	أثر إضافات البوتاسيوم على إمتصاص النتروجين
١٦٦	- الطريقة الحسابية
١٦٧	- طريقة إستخدام الدوال الرياضية
١٧١	إستخدام معادلة الدرجة الثانية لحساب الإضافة الأقتصادية
١٧١	- تجربة القمح
١٧٣	تقدير معدل التسميد الذى يعطى أعلى ربح
١٧٤	المراجع

## مُقَدِّمَةٌ

اعتمدت العلوم الطبيعية الفيزياء والكيمياء والميكانيكا وغيرها في التعبير عما يؤثر عليها وعلى علاقاتها بعضها ببعض على العلاقات الرياضية فحققت تقدما لم تحققه العلوم الحيوية التي اكتفت بالتعبير الوصفي عن هذه العلاقات. وأخيرا منذ عقود قليلة بدأ المتخصصون في العلوم الحيوية يتوجهون في دراساتهم إلى محاولة استخدام العلاقات الرياضية للتعبير عن آثار الظروف المختلفة على الظواهر الحيوية.

وقد بدأ الباحثون في علوم النبات هذا الاتجاه محاولين التعبير عن بعض الظواهر التي عرفت وصفا بمعادلات رياضية. مثل العوامل التي تؤثر على استهلاك النبات للماء وتبعم الباحثون في مجال تغذية النبات فبعد أن عرف لبيج أن النبات يمتص العناصر المغذية في صورة أيونية اكتشف أن العنصر الذي يوجد في بيئة النمو بأقل نسبة من حاجة النبات يعتبر عنصرا محدد للنمو بمعنى أن أي زيادة منه تعطى زيادة في النمو وأن كل زيادة منه تعطى زيادة في النمو تساوى الزيادة التي تنتج من كل إضافة ثانية وبذا استنتج أن استجابة النبات لإضافات العنصر المحدد يمكن أن يعبر عنها بمعادلة الخط المستقيم وبعد فترة اتضح لمبتدئين أن استجابة النباتات لإضافات هذا العنصر لا يعبر عنها بمعادلة الخط المستقيم بل بخط منحنى أي أن استجابة النبات تتناقص مثلما يحدث في قانون للعائد المتناقصة المعروف في الاقتصاد.

ومن هذه التجربة الصغيرة بدأ تطبيق العلاقات الرياضية في تسميد الحاصلات بالأسمدة المختلفة وما يماثل ذلك في استجابة الحيوان للتغذية.

وقد اختار الكاتب هذين المجالين ضمن مجالات أخرى (البخر نتح والانتشار والتبادل الأيوني) ليعرض جوانبهما في هذه الصفحات لأنه قد مارس بعض الدراسات فيها وكان من بين من اقترح استخدامات مختلفة للمعادلات التي طبقت في تغذية النبات وتطرق منها للتعبير عن آثار وجود أملاح في بيئة النمو. ويأمل الكاتب أن تُشبع الدراسات الكمية لتحل أو تكمل الدراسات الوصفية لإثراء المكتبة العربية.

والله ولي التوفيق ،،

أ.د. عبد المنعم محمد بليغ

فبراير ٢٠٠٥

# الباب الأول

حساب إستهلاك النبات من الماء

❖ عوامل النبات المرتبطة بالبخر نتح

❖ التبادل الأيوني

❖ الإنتشار





## تمهيد

سبق الباحثون في مجالات الفيزياء والكيمياء باستخدام العلاقات الرياضية للتعبير عن العمليات التي يدرسونها ، وحقق العلم تقدما كبيرا من هذا الاستخدام للعلاقات الرياضية فهي القانون الذي يحكم خواص المادة مثل قانون تأثير الضغط على حجم الغاز (ح. ص) ولم يمارس الباحثون في علوم الأحياء الرياضيات في وصف العلاقة بين العامل المؤثر فالمؤثر في نظرهم يحس ويفكر وبينما العلاقة الرياضية علاقة تقترب من عدم التأثير أو التفكير ولذا لم يروا أن للرياضة مجالاً ذا أهمية في التعبير عن هذه الظواهر، رغم أنهم كانوا يشعرون بحاجتهم إلى القانون الرياضي ليعبر عما يسجلونه من ظواهر.

بمضى الوقت ومداومة المحاولة ويتقدم العلوم الرياضية ووسائل القياس والحساب بالحواسب الإلكترونية اقترب الباحثون في علوم الحياة من تحقيق الغرض الذي يصبون إليه. كان من أول هذه الأهداف للتعبير عن استجابة الحاصلات لإضافات من العناصر المغذية وهي عملية التسميد.

بدأ التفكير في هذا المجال في منتصف القرن التاسع عشر إذ كانت دراسات لبيج من أولى المحاولات في هذا المجال بعد أن عرف الباحثون أن النباتات تمتص العناصر الضرورية في صورة أيونية فاقترح أن تضاف هذه الأملاح ذائبة في الماء فيزداد نمو النباتات ومن هنا بدأت صناعة الأسمدة وكان الفوسفور أولها وكان مصدره المتاح بسهولة هي العظام التي كانت تجفف وتطحن ثم تضاف إلى الأرض وأدى التفكير في مصدر طبيعي للفوسفور غير العظام إلى الاتجاه إلى صخر الفوسفات (الاباتايت) ثم إلى معاملة هذا الصخر بحامض الكبريتيك لتحويل الفوسفات فيه إلى صورة قابلة للذوبان في الماء وبذا نشأت صناعة السماد الفوسفاتي.

وقد حدد الباحثون العناصر الضرورية وهي التي لا يستطيع النبات أن يتم حياته ما لم يكن كل منها يتواجد في بيئة النمو.

ومن هنا بدأت محاولة زيادة الإنتاج بإضافة مقادير من العناصر المغذية الضرورية واستنتج ليبج (Liebig) (أغسطس فون ليبج) أن العنصر الذي يتواجد في بيئة نمو جذور النبات بأقل قدر نسبي من الحاجة إليه يعتبر محددا لنمو النبات وأنهى ليبج إلى ما سماه قانون العامل المحدد وينص هذا القانون على أن العنصر المغذي الموجود بالأرض بأقل كمية بالنسبة لحاجة النبات منه يصبح عاملا محددا للنمو فإضافة أي مقدار منه تزيد النمو بنسبة مطردة ثابتة بينما إضافة أي عنصر آخر لا يكون له تأثير حتى يزيد مقدار العنصر المحدد.

بدأ في هذا الطور التحول إلى التعبير الرياضي عن أثر التسميد على نمو الحاصلات فقانون العامل المحدد ينص على أن التغير في المحصول (ص) يتناسب تناسباً ثابتاً مطرداً مع التغير في عامل النمو (س) أو في شكل رياضي كما يلي :

$$\Delta \text{ ص} = \frac{\Delta \text{ س}}{\text{ثابت}} \quad \text{أو} \quad \text{د ص} = \frac{\text{م}}{\Delta \text{ س}}$$

وبالتكامل ينتج أن : ص = م س + ك

وهذه هي معادلة الخط المستقيم.

أي أن المحصول يزيد زيادة ثابتة كلما أضيف إليه مقدار محدد من السماد.

بعد ليبج قام باحث ألماني آخر هو متشرلش الذي أراد اختبار هذه العلاقة :

" مقدار الزيادة في نبات الشوفان (Oats) التي تنتج عن زيادة مقادير العنصر الأكل (المحدد) في بيئة النمو " ووجد أن نتائجه لم تعط خطأ مستقيماً كما أشار بذلك ليبج بل أعطت خطأ منحنيًا.

ومن هذه النتيجة أستنتج منشرلش أن زيادة المحصول نتيجة إضافة وحدات متوالية من السماد تتبع قانون الغلة المتناقصة المعروف في الاقتصاد، أي أن الزيادة في المحصول من إضافة الوحدة الثانية من السماد تكون أقل من الزيادة التي تنتج عن إضافة الوحدة الأولى وهكذا تقل الزيادة في الإنتاج من إضافة الوحدة التالية عن الزيادة من إضافة الوحدة السابقة لها ومعنى هذا أن الزيادة تتناقص وأن القانون الذي يعبر عن استجابة النبات لإضافات متتالية من السماد هو قانون الغلة المتناقصة والذي تعبر عنه معادلة لوغاريتمية أو أسية.

ومن هذه المعادلة بين الفرض أن التناسب بين العنصر المضاف (س) والمحصول الناتج (ص) غير ثابت بل يتناقص يحكمه الفرق بين المحصول الأعظم (أ) والمحصول الناتج (ص) ويعبر عن ذلك رياضيا كما يلي :

$$\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \text{م} - (\text{أ} - \text{ص}) \quad \text{أو} \quad \frac{\text{د ص}}{\text{د س}} = \text{م} - (\text{أ} - \text{ص}) \quad (1)$$

$$\therefore \frac{\text{د ص}}{\text{أ} - \text{ص}} = \text{م} - \text{د س} \quad (2)$$

وبالتكامل ينتج أن لو (أ - ص) = م س + ك  
وكما زادت س كلما قل المقدار (أ - ص) ولذا فإن م س تأخذ العلامة (-)  
∴ لو (أ - ص) = ك فإذا كانت (س) = صفر يكون لو أ = ك وبالتعويض :  
لو (أ - ص) = ك - م س. (3)  
فإذا كانت س = صفر يكون المحصول الناتج = صفر وتكون لو أ = ك  
ويمكن تحويل الصورة اللوغاريتمية إلى الصورة الأسية.  
وبالتعويض عن ك في المعادلة (3) ويمكن تحويل الصورة اللوغاريتمية إلى الصورة الأسية.

لو (أ-ص) - لو أ - م س (٤)

$$\frac{\text{لو (أ-ص)}}{\text{لو أ}} = \frac{\text{م س}}{١٠}$$

∴ ص = أ (١ - ٣٣١٠) (٥)

وهذه هي الصورة الأسية المبسطة لمعادلة متشرلش وقد أثارت هذه المعادلة  
وبقية آراء متشرلش معارضة الباحثين وخاصة البريطانيين.

## حساب إستهلاك النبات من الماء

تعمد معادلات حساب استهلاك النبات من الماء على قيم لمعامل النبات والمعادلات المستخدمة جميعها تجريبية أو مايسمى Imperical وبالنسبة لاختلاف أنواع النباتات نتجت عدة معادلات كل منها يختلف عن الأخرى ويعتمد أغلب هذه المعادلات على معامل المحصول Crop Coefficient وفي أغلب الدراسات التي أجريت كان معامل المحصول يختلف من معادلة إلى أخرى ويختلف معامل المحصول باختلاف ظروف النمو وهو ما يعنى أن معامل المحصول يختلف باختلاف ظروف التجربة.

ومصر فى منطقة جافة وتختلف الأرصاد الجوية فيها اختلافا كبيرا من موقع إلى آخر وقد قسم رايتما وزملاؤه فى عام ١٩٧٥ مصر إلى ٩ مناطق مناخية ولذا فقد عمد رايتما وأبو خالد إلى استنتاج أرصاد مناخية من قيمها على فترة طويلة.

باستخدام هذه الأرصاد المناخية أمكن لرايتما وأبو خالد استنتاج قيم الإشعاع net radiation فى مختلف الأقسام المناخية فى مصر.

والتبادل بين الحرارة المحسوبة ونقل بخار الماء سائد تحت ظروف الجفاف ونصف الجفاف مما يزيد الإشعاع الخالص net radiation على مدى ٢٤ ساعة وقد أوضح ذلك Vink وزملاؤه ١٩٦٠ وأبو خالد ١٩٦٩ - ١٩٧١ فى لبنان وصراف وزملاؤه ١٩٦٣ - ١٩٧١.

ولا توضح أى معادلة للأرصاد المناخية الحقيقة بشكل كاف، وحتى الحسابات المبينة على معلومات فيزيائية صحيحة مثل معادلة Penman imperical لبخر الماء بالحرارة معامل نقص تجريبى لا تعطى القيم الكبيرة للبخر نتح التى تتواجد

في الظروف جافة إلا في حالة إدخال معامل المحصول بقيمة تزيد عن الواحد الصحيح.

على أية حال في هذه الحالة يبدو أن معامل المحصول يعتمد على الظروف المناخية وعلى المحصول نفسه وضغط البخار المختلطين كما أوضحها ماك لروي macllroy تعطى مثلا وصفا أفضل لاستخدام النبات للماء، إذ أن لها ميزة تتطلب انخفاض درجة حرارة البصلة المبتلة Wet bulb على السطح الذي يتبخر وأيضا دالة الريح يجب تقديرها من بعض الدراسات باستخدام طريقة التتابع iterative وضرورة هذه الطريقة هي أنها خاصة في حاصلات ذات سطوح شديدة الاختلاف التي تؤدي إلى التأكد من انخفاض البصلة الذي هو أقل مانع لاستخدام هذه الطريقة لأغراض تطبيقية وغير أن الجهد الذي حل محل البخار. أوضح هاستيد *Hasted et al.* أنه لجميع الإلكتروليتات فهي ١:١ و ٢:١ و ٣:١ من الأنواع التكافؤية، فإن ثابت ثنائي الفصل الكهربائي الأيوني Dielectric Constant بها يقع على خط مستقيم بزيادة تركيز الإلكتروليت. وأضافوا أن المجال الكهربائي قرب الأيون كثيف بدرجة تكفي لإيجاد تشبع كهربائي فيما حوله من الماء. وكننتيجة لذلك فإن ثابت الفصل الكهربائي الإلكتروليت في المحلول يقل بزيادة التركيز. وقد أوضح كل من *Riston and Hasted (1948)* أنه بالنسبة للأيونات أحادية التكافؤ فإن الانخفاض المصاحب لثابت الفصل الكهربائي ينتج من الطبقة الأولى من جزيئات الماء. وفي حالة الكاتيونات عديدة التكافؤ وهي عادة ذات ثرة واحدة لذلك فإن تأثير التركيز يمتد بالتاكيد إلى ما بعد الطبقة السطحية من جزيئات الماء. والأيونات متعددة التكافؤ ذات الذرات المتعددة الذرات وبالتالي تكون كبيرة ويكون موقعها غير واضح.

## ❖ العوامل المؤثرة على البخار نتج

### بخار الماء :

التبخر عملية فيزيائية تكون نتيجتها فقد الماء من الأرض أو من سطوح المياه إلى الجو المحيط بها.

وديناميكية بخار الماء بشكل عام مرتبطة بالخواص الفيزيائية لجزيئات الماء وبالتالي فإذا أذيت أملاح غير عضوية في الماء تتأثر كثير من خواص الماء مثل نقطة الغليان - ونقطة التجمد وتغيرات الأنتروبي ومقدار هذه التغيرات يتوقف على تركيز الأملاح ونوعها الموجود في المحلول الملحي.

ويرى كل من (1955) Kuenen and Panal أن معدل البخار يتوقف

على عدة عوامل هي :

- ١- درجة حرارة الماء والهواء.
- ٢- الرطوبة النسبية في الهواء.
- ٣- الإمداد بالحرارة اللازمة للتبخر.
- ٤- معدل إحلل الهواء المجاور.
- ٥- ملحية الماء ففي ظروف متساوية يكون بخار ماء البحر أبطأ نحو ١٦% من بخار الماء العذب.

### العوامل المؤثرة على خواص الماء :

#### ١- تأثير الأيونات على الخواص الكهربائية للماء :

يوجد بالمحاليل الأيونية حقل كهربائي شديد نتيجة لشحنة الأيونات يؤثر على تأين المذاب والمذيب.  
وهذا الحقل الكهربائي في حالة المسافات القريبة يكون نحو مليون فولت/سم طبقا لقانون كولومب.

كما أنه في حالة تشبع ثابت الفصل الكهربائي الثنائي dielectric constant الذي يتم بين جزيئات الماء الملامسة للأيون يكون هذا الثابت كبيرا جدا ولذا



تكون الكثافة الكهربائية التي تعمل على الطبقة الأولى من جزيئات الماء غالبا أكبر من المعروفة Robinson & Stateis.

#### ٢- تأثير تركيز الاكترولايت على الانفصال المتوسط للأيونات :

أوضح كل من Robinson and Stateis (1959) أنه لكل تركيز "C" ضروري للأكترولايتات ١:١ يكون متوسط المسافة بين الأيونات نحو ٧,٤ أن في محاليل ٠,٠٠١ و ٠,٠١ و ١٠,٠ محلول جزئي تكون المسافات بين الأيونات ٩٤ و ٠,٢٠ و ٤,٤ انجستروم.

#### ٣- تأثير الأيونات على بناء الماء :

درس كل من Frank and Evans تأثير الأيونات على بناء جزيئات الماء بدراسة تكسر بناء الانتروبي  $\Delta^{\text{ent}}$  ووجد أنه في حالة جميع القواعد والهالوجينات أن هذه التفسيرات في الانتروبي تقارب زيادة واضحة في عدم الانتظام الذي يكون عاليا بالنسبة للأيونات الكبرى وأضافوا أنه بعد الطبقة الأولى تتوجه جزيئات الماء بحيث تكون جميع ذرات الهيدروجين إلى الخارج وبالتالي فإنها لا تستطيع أن تشارك جميعها في التنظيم الهرمي العادي للماء . normal terahedral

#### ٤- تأثير الأيونات على ثابت الفصل الثلاثي للماء dielectrical constan :

أوضح Hasted وزملاؤه عام ١٩٤٨ أنه بالنسبة لجميع الاكترولايتات التي درست (وعدها ١٤ تتضمن ١:١ و ٢:١ و ١:٢ و ٣:١ مكافئات) كان ثابت الفصل الكهربائي يقع على خط مستقيم بزيادة تركيز الإلكترولايت ويرون أن الحقل الكهربائي قرب أي أيون شديد الكثافة لدرجة تسبب تشبعا كهربائيا واضحا في الماء المحيط .

ونتيجة لذلك فإن ثابت الفصل الكهربائي الثنائي لمحلول إلكتروليتي ينقص بزيادة التركيز.

وأوضح كل من Ritson and Hasted أنه بالنسبة للأيونات أحادية التكافؤ كان انخفاض ثابت الفصل الكهربائي يزداد في الطبقة الأولى من جزيئات الماء.

والكاتيونات متعددة التكافؤ تكون صغيرة وغير ثابتة وتأثير هذه الكاتيونات في حالة التشبع يمتد خارج الطبقة الأولى لجزيئات الماء. والأنيونات متعددة التكافؤ تكون متعددة الذرات وبالتالي كبيرة ويكون بالتالي مرقمها غير واضح.

٥- تأثير تركيز المذيب على ضغط البخار ونقطته العليا :

وأوضح كل من Hillar and Harper أن ضغط بخار السائل يزيد عادة بزيادة حرارة السائل. وأشاروا أيضا إلى أنه إذا تضاعف تركيز المذيب يتضاعف أيضا انخفاض ضغط البخار. يعني أن انخفاض ضغط البخار يتناسب مع تركيز المذيب (قانون راؤولت Raoult law). ولما كان ضغط بخار المحلول أقل من ضغط بخار المذيب النقي. ينتج أن نقطة غليان المحلول - أو الدرجة التي تكون عندما تكون البخار مساويا للضغط الجوي يكون أعلى من المذيب.

٦- انخفاض نقطة التجمد :

عرف منذ وقت أن نقطة التجمد بالنسبة للمحلول أي درجة الحرارة التي يكون فيها المحلول في حالة اتزان مع بلورات المذاب تكون أقل من نقطة تجمد المذاب النقي ويكون انخفاض درجة تجمد المذيب متناسبا مع مقدار المواد المذابة:

$$\Delta = K \cdot n / w$$

حيث :

$\Delta$  = انخفاض نقطة التجمد عندما يكون n جم جزء من المذاب قد أذيت في w جم مذيب.

$\frac{RT^2}{L} = K$  ثابت مرتبط لحرارة الانصهار و "L" الحرارة المطلقة و R ثابت الغازات.

٧- تأديت الأيونات :

أشار (Butler 1962) أن جهد الهدرته للأيونات هو جهد تفاعل الأيونات مع الماء وقد اتضح من مقارنته بمجموعة من الأملاح ذات أنيون مشترك أن جهد الهدرته hydration energy يتناسب تقريبا مع قطر الأيون الذي يقاس بللوريا أى أن جهد الهدرته للكاثيونات K و Na و Ca و Mg هو ٩٥ و ١١٧ و ٤٢١ و ٤٩٨ كيلو كالورى .

وقدر Kielland أن القطر الفعال للأيونات الأتية بالانجستروم كما يلى :

جدول (١): القطر الفعال لبعض الأيونات

الأيون	القطر الجاف	القطر المـ Hydrated
K <sup>+</sup>	١,٣٣	٣,٠
Na <sup>+</sup>	٠,٩٨	٤ - ٤,٥
Ca <sup>++</sup>	١,٠٦	٦,٠
Mg <sup>++</sup>	٠,٧٨	٨,٠
Cl <sup>-</sup>		٣,٠
Co <sup>-</sup>		٤,٥
So <sub>4</sub> <sup>-</sup>		٤
Cl <sup>-</sup>		
CO		

وأوضح كل من (1942) Buehrer and Aldrich أن القيم المهدرته hydrated لهذه الكاتيونات K و Na و Ca و Mg في محلول أساسي من الكلوريدات كان ٤,٧ ، ٩,٣ ، ١٩,٢ ، ٢٠,٣ على التوالي. وفي محلول أساسي كانت ٥,٧ و ١١,١ و ٢٦,٦ و ٢٢,٦ جزيئات من الماء لكل ١ جم أيوني. وهذه القيم الهيدراتية توضح أن ضغط الماء قد يكون نتيجة للتوجه الناتج عن التجاذب الإلكترونيستاتيكي لجزيئات الماء حول الكاتيون. وأوضحت قيمهم أن النسبة المئوية للماء المرتبط في محلول مائي للملح يرتبط بهدرته الكاتيون لكل ملح وتزايد بزيادة التركيز.

#### بخار الماء من الأراضي الملحية :

أوضح (1959) Russel أن البخار من الأراضي الملحية يختلف قليلا عنه في التفاصيل من البخار من أراضي غير ملحية وأضاف أن البخار منها يترك محلولاً ملحياً مشبعاً ويمضي الوقت يزيد الملح على سطح الأرض والمحلول الأرضي المشبع الذي له ضغط بخاري أقل من المحلول المخفف يأخذ وقتاً أطول ليتبخر وبالتالي وقتاً أطول حتى يتكون له سطح جاف ويسمح ذلك للمحلول بوقت أطول ليتحرك إلى أعلى إلى السطح. وأوضحت دراسة قيوم وكمبر Qayyum and Kemper انه عندما يتحرك الماء الملحي إلى أعلى نتيجة الأملاح يتجمع على السطح أو قريباً منه مسبباً نقصاً في امداد الماء للسطح للجاف وبالتالي تتكون قشرة جافة سطحية وتعمل هذه القشرة كما في حركة السائل وبخار الماء مسببة انخفاضاً في معدل البخار.

#### وأشار Rigloner إلى ٣ حقائق لبخار الماء من أرض عارية :

١- إذا كان مستوى الماء الأرضي قريباً نوعاً من السطح. يكون البخار من الأرض "Δs" غير محدد بخواص انتقال الماء الأرضي أو  $E_s < V_{max}$  حيث  $V_{max}$  هو المعدل الأعلى لحركة الماء بالحركة الشعرية ويكون هذا المعدل في الأرض محكوماً بالأرصاء الجوية.

- ٢- عندما يكون  $V_{max} = E_s$  أى يكون معدل حركة الماء خلال سطح الأرض كافياً لخفض معدل البخر  $E_s$  ويكون الفرق الوحيد من الحالة الأولى عن توزيع مختلف عن توزيع الرطوبة فى القطاع فوق مستوى الماء الأرضى.
- ٣- عند تكون  $E_s > V_{max}$  أى تكون خاصية حركة الماء فى الأرض هى المحددة للبخر.

#### البخر نتح Evapo transpiration

- النتح هو استهلاك الماء والبخر = نتح يمكن تعريفه كما يلى :
- ١- البخر نتح يعنى العملية التى يفقد بها بخار الماء من أوراق النبات ومن سطح الأرض إلى الجو.
- ٢- البخر هو العملية التى تؤدى إلى فقد الماء من الأرض أو سطوح الماء إلى الجو المحيط من البخر من أرض عارية والنتح بواسطة أوراق النبات قد لاقى دراسات واهتماماً من ناحيتين قد تبين خلال العقود الأخيرة.
- وبالتالى أجريت دراسات مكثفة لدراسة العوامل التى تؤثر على ميكانيكية عمليتى البخر والنتح .

#### ❖ دراسة بلبع وسليمان (1975) Balba and Soliman

أولاً - الأرض المستخدمة :

- ٥٠ كجم من الطبقة السطحية لأرض رملية من وادى النظرون طحنت لتمر خلال منخل ١,٥ مم. وجزء آخر نخل ليمر خلال ٠,٧٥٠ مم لدراسة البخر من أعمدة أرضية وأزيلت كالك أ. من الأرض بإضافة ١٠٠ لتر من يد كل ٥ أساس لكتلة فى حمض زجاجى وتركت طول الليل وكررت هذه العملية مرتين. وأزيل الحامض وغسلت الأرض بالماء المغطى عدة مرات حتى أعطى الكلورايد اختباراً سلبياً.

وأجرى الغسيل بماء الصنبور بالنسبة للنصف الآخر من الأرض حتى  
وصل تركيز الكلور ايد في الماء الناتج من الغسيل ٠,٩٥ ملليمكافى/لتر.  
وجففت الأرض الخالية من كالك أ.ك في الهواء.

استخدمت أعمدة شفاقة من اللوسايت ١,٢ اسم طوله ٢,٢ سم قطرا وكونت  
أعمدة من لصق حلقات من اللوسايت ٠,٦ سم ارتفاع وقطرها ٢,٢ سم باستخدام  
شريط سلوفان ليعطى الارتفاع المطلوب ووضع طبق مخرم من الصينى فى قاع  
العمود وغطى بعضه بالصوف الزجاجى وورق الترشيح كما غطى العمود  
بالصوف الزجاجى وورق الترشيح. لتجنب فقد الماء من اتصالات الحلقات غمرت  
الأعمدة فى شمع مصهور ليكون طبقة متناسقة على جسم العمود الزجاجى  
الخارجى.

وعبئت الأرض باستخدام قمع زجاجى مع أنبوب مطاط فى نهايته وضع فى  
العمود البلاستيكى ووضع فى كل عمود ٥٩ جم من الأرض حتى ارتفاع ٩,٦ سم  
ليعطى كثافة ظاهرية منتظمة ١,٦٤ اجم/سم<sup>٣</sup> وكل جزء كان يكفى لملء ٠,٦ سم  
من ارتفاع العامود وأدير العمود بانتظام و tapped بلطف وعندما وضعت  
نهايات الأعمدة فى الماء وصلت جهة الترطيب إلى السطح بعد ١٠ دقائق مما  
يدل على انتظام عملية تعبئة الأعمدة.

#### تجهيز أعمدة الأراضى :

أحواض بلاستيك ذات غطاء بلاستيك ذات ٥ فتحات فى سطحها تتصف  
قطعة من البوليثيلين من نفس الشكل والمساحة كغطاء مع ملاحظة أن الفتحات أقل  
قليلا فى مظهرها عن الغطاء ولصق الغطاء لمنع فقد البخار من الجوانب  
ووضعت الأعمدة خلال الفتحات إلى قاع الحوض.  
وفى قاع الحوض فتح الجانب ليوصل الماء من سيفون له سحاحة بواسطة  
أنبوبة مطاط طوله ٤٥ سم وقطره ١,٦ سم جهز لهذا الغرض.

تم تجهيز محاليل الأملاح الأتية بإذابة ١٠٠ ملليمكافى من كل Na, Cl, KQ, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Mg Cl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>.  
وجهزت عدة تركيزات من CaCl<sub>2</sub> ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ و ١٥٠ و ٢٠٠ ملليمكافى/لتر.

وضعت أعمدة الأرض المجففة هوائيا في الماء المقطر لسعود الماء بالخاصة الشعرية حتى وصلت جهة الابتلال إلى السطح وسجل وقت وصولها إلى السطح. ثم غطى سطح الأرض جيدا وتركت الأعمدة في الماء المغطى لمدة ساعتين حتى يحصل على ترطيب منتظم وتوزيع منتظم خلال عمود الأرض. وضعت الأعمدة الأرضية المجهزة في حجرة حرارة ثابتة لها رطوبة نسبية ٨٥% وحرارة ٢٥°م لتمد أعمدة الأرض بالمحاليل ثم توصيل كل ٥ أعمدة بالمحلول من خلال أنبوبة ماربوت مدرجة بالمليمتر ثم رفعت الأغطية من الأعمدة وعرضت للبخار الطبيعي تحت هذه الظروف وتم فك أنبوبة ماربوت ليسمح للماء متزجة بالمليمتر للبخار الطبيعي تحت هذه الظروف. وتم فك أنبوبة ماربوت ليسمح للماء أن يتدفق إلى الأعمدة وترك هذا النظام لمدد مختلفة ٥ و ١٠ و ١٥ و ٢٠ و ٢٥ لها استمر خلالها الماء بالبخار وتدفقه إلى أعلى VO الذى قيس من سيفون وماربوت وفى نهاية كل مدة يزال واحد من المجموعات ثم قطعت الأعمدة الخمسة إلى ٦ قطاعات حتى عمق ٤,٨ وكل ١,٢ سم حتى قاع العمود ٩,٦ سم.

وفى دراسة حركة صعود الأيونات أخذت عينات كل مسافة متساوية كل ٠,٦ سم وجمعت عينات الأرض لتقدير الرطوبة والتحليل الكيمائى.

#### العوامل المؤثرة على النتج

##### ❖ عوامل النبات

##### ١- مساحة الورقة :

أشار كلى Kelley أن نزع نصف الأوراق من أغصان بعض الأشجار زاد النتج بالنسبة للأوراق الباقية. غير أن مجموع النتج لكل نبات انخفض. ويحدث هذا لأن ماء أكثر يمكن أن يصل إلى كل ورقة عندما تزيد نسبة الأوراق إلى الجذور.

ويرى Kramer أنه لما كان معظم الماء موجودا في الأوراق فمن المتوقع أن النباتات ذات الأوراق التي مساحتها كبيرة تقصد ماء أكثر من النباتات ذات أوراق مساحتها صغيرة. وعلى أي حال فالمعدل عادة ليس متناسبا مع مساحة الورقة.

لاحظ Kami أن نتج الكيوتكل Cuticular كان ١٥% من جملة النتج في نباتات خشبية لكنه ٤% فقط من نبات Olea lamera الذي يتميز بأوراق زائدة الكيوتين.

وكما أشار (Stalfalt 1992) أن الخلايا التي يحدث منها نتج تكون قريبة من الأعضاء الموصلة للماء في الأوراق الصغيرة وتقل معاناتها من انخفاض الماء عن الأوراق الكبيرة التي تكون بها المسافات بين العروق كبيرة. وعلى الجانب الآخر تكون الأوراق الكبيرة السمكية ذات سطح نوعي صغير تكون أنفاً من الجو حولها بينما الأوراق الصغيرة الرفيعة ذات درجة حرارة تقترب من حرارة الهواء المحيط.

#### ٢- نسبة الجذور والأغصان :

نسبة السطوح التي تمتص الماء إلى السطوح التي تنتج ذات أهمية أكثر من الورقة نفسها. وقال كل من Parker and Bilogowski أن النتج لكل وحدة مساحة من الورقة قد زاد بزيادة نسبة سطح الجذور إلى سطوح الأوراق.

#### ٣- أثر سطوح الأوراق على الماء :

اقترح ليفندجستون Livingston وبرايوى (١٩١٢) أن النتج المشبع يقلل محتويا لخلايا المحيطة بالمسافات بين الخلايا وبالتالي تقلل معدل النتج. ويرى Miller Saundes أن التخفيف يسبب نقصا وبالتالي يقلل معدل النتج ، وقد يكون ذلك راجعا لنقص ضغط البخار في جدران الخلايا وأيضا للنقص الكبير في محتوى الماء الذي قد يكون خفض نفاذية الغشاء البروتوبلازمي في الخلايا.



وأشار Ketellapa (1963) أن زيادة معدل النتج تسبب نقصا في عضاضتها turger للأوراق العليا. ودرجة الشدة التي قد تنتج تتوقف على النتج والامنصاص فهذه التغيرات تسبب زيادة المقاومة للنتج في طور النمو.

#### ٤- الثغور الغارقة *Sunken stomate* :

أشار Anderson mager أن الثغور الغارقة تحت السطح في الطبقة السطحية قد أثرت على النتج فما دام طول ميل الانتشار أحد العوامل التي تحكم عمقه فإن الانتشار خلال فتحة صغيرة يكون أبطأ إذا كان من الضروري أن يمر الغاز خلال أنبوبة طويلة قبل الوصول إلى الفتحة مما لو أن الانتشار حدث خلال أنبوبة أقصر.

#### ❖ الظروف البيئية

يتأثر النتج بهذه الظروف : أشعة الشمس الرطوبة النسبية - حرارة الهواء - سرعة الريح - الضغط الجوي - ظروف الأرض المؤثرة على يسر الماء.

#### ١- تأثير أشعة الشمس :

أوضح (Robbnius *et al.* 1957) أن التأثير الأساسي لأشعة الشمس على النتج ينتج من تأثير الضوء على انفتاح وانغلاق الثغور. فقد أوضحوا أنه في معظم النباتات أن الثغور تغلق في غياب الضوء. وبالتالي توقف النتج تماما عن طريق الثغور.

والتأثير النباتي لأشعة الشمس ناتج عن تأثير الحرارة على الورقة ففي ضوء الشمس المباشر تكون درجة حرارة الأوراق بدون استثناء أعلى من حرارة الهواء.

#### ٢- رطوبة الجو :

من دراسات (Roabbins *et al.* 1957 & 1960) أتضح أن النتج كعملية انتشار يمر فيها بخار الماء من منطقة تركيز عال ( المسافات البينية من الخلايا في الورقة ) إلى منطقة أقل تركيز (الهواء الخارجي) فقد أوضحوا أن الهواء الخارجي يكون تقريبا أو كلية مشبعا ويحدث نتج منخفض أى أن معدل النتج يختلف عكسيا مع رطوبة الثغور.

وأوضح كل من Gates and Hanks (1967) أن معدل النتح من الأوراق

تنظمه مقاومة الانتشار في الثغور السفلية والطبقة المحددة لمسار الانتشار.

ومن دراسات Uleary and Karecht (1971) اتضح أن استهلاك الماء

قد انخفض بوضوح في الرطوبة الأعلى وأن الوزن الجاف الذي نتج لكل وحدة

ماء مستهلك كان أكبر معنويًا في نباتات الفول التي نمت في رطوبة نسبية ٩٥ -

١٠٠% عندما كانت النباتات عمر ٢٠ أو ١-٢ يوما وعند نفس الرطوبة النسبية

لم يوجد فرق معنوي في الوزن الطازج أو الجاف في أوزان الثمار.

٣- حرارة الهواء :

من دراسات Robbins Gates (1957) اتضح أن في ضوء الشمس

المباشرة كانت حرارة الورقة دائما أعلى من الهواء حولها. وكان الفرق يصل إلى

نحو ١٠م° وعندما ترتفع حرارة الورقة يكون ضغط البخار في المسافات بين

الخلايا أعلى من الهواء المحيط بالورقة وبالتالي ينخفض النتح.

وأوضح Bingham (1970) أن تأثير منطقة بـ Na Cl على المجموع

الجزري للذرة وأثاره على نمو وامتصاص الذرة للماء.

وأوضحوا أن معاملات Na Cl كانت مرتبطة مع انخفاض نمو الجذور

وكان استخدام المساء لكل نبات متناسبا مع المجموع الجزري الذي درس.

والمعاملات Na Cl لم تحدد امتصاص NPK إلى أي درجة هامة.

تأثير الأملاح على البخر نتح : Evapotranspiration

من نتائج Krapivirna اتضح القطن في أرض ملحية قد ظهر عليه عدم

انتظام النتح من الثغور ولو أن استهلاك النبات للماء أثناء الفترة الخضرية

سيطرت عليه مساحة الورقة.

وأوضح Kling أنه إذا كانت الأرض ملحية باستخدام محلول Vant

Hoff-Rikhter فإن استهلاك الطماطم للماء في عملية النتح قد انخفض بوضوح.

أشار (1954) Nyagkova إلى أن قوة الشد لأوراق النخن millet النامي في أرض ملحية قد زادت وأن معدل النتج قد انخفض. وفي نفس الوقت كان محتوى الماء المرتبط في النبات قد زاد. وأوضح Gorev في العنب النامي في أرض ملحية أن المحتوى في الأوراق وأن الضغط الأسموزي للعصارة الخلوية ولزوجة البروتوبلازم زادت. وفي نفس الوقت أدت ملحية الأرض إلى انخفاض معدل النتج. وأشار Lunim وزملاؤه ١٩٦١ أن ملحية الأرض أدت إلى انخفاض طفيف في البحر. وقد أرجع الفرق في البحر نتج إلى أنه للفرق في معدل النتج الذي تأثر بالأملاح.

وقد لاحظنا أيضا أن معدل ET ومحصول أوراق الغصون العليا قد انخفض مع زيادة الأملاح وانتهيا إلى أن انخفاض النمو الناتج عن الملحية هو الذي أدى أساسا إلى انخفاض يسر الماء للنبات.

#### ❖ دراسات Strogonov

- ١- أن معدل النتج من الأراضي التي ملحت باستخدام  $SO_4^{2-}$  واضح بمقارنته مع المعاملة المقارنة Control وعلى الجانب الآخر فمعدل النتج في النباتات من الأراضي التي ملحت بالكلوريد  $Cl^-$  قد انخفض بوضوح وأوضح أن ذلك قد يكون لأن مقدار الماء المتحرك وسهل التبادل في النبات في وجود  $SO_4^{2-}$  يزيد بينما النباتات النامية في وجود  $Cl^-$  كان معظم الماء يتبادل بصعوبة.
- ٢- كان امتصاص الماء في الجذور في معاملة المقارنة Control مع نباتات  $SO_4^{2-}$  عمليا متساويين بينما تلك في وجود  $Cl^-$  كانت أصغر كثيرا.

قدر (1963) Luinax أثر مستويات من التملح على عدة حاصلات خضر، وقد لاحظوا البحر نتج ET والمحصول قد انخفضا بزيادة الأملاح. وقد يكون ذلك الانخفاض أساسا راجعا لانخفاض مساحة الأوراق ويمكن أن يكون أيضا انخفاض مساحة أسطح الجذور.

من دراسات Leo أن الماء المستهلك لنباتات الشعير قد انخفض من ٢٢,٧ إلى ٢١,٠ و ١٨,٩ بوصة بزيادة تركيز  $Na_2 SO_4$  في الماء الأرضى من صفر إلى ٥٠٠ و ١٥٠٠ جزء/مليون على التوالي. وأضاف أن تركيز الماء عند النضج قد تأثر بوضوح بتركيز الملح في الماء الأرضى وبالمجموع الجذرى. وفي الأرضى المزروعة اتجه المجموع الجذرى للإسراع فى حركة الماء الملحي من الأفاق السفلية إلى المجموع الجذرى بينما الأرضى العارية اتجهت بتجمع الأملاح على سطحها.

ودرس كل من عبد الرحمن والشرقاوى تأثير ملحية ماء الري على أشجار الزيتون وأوضحت نتائجهما الآتى :

١- زاد الضغط الأسموزى لمصارة النبات فقد زاد بزيادة الضغط الأسموزى لماء السرى من صفر إلى ٢٠ جو. وأضافا أن قدرة النباتات الناضجة على رفع ضغطهما الأسموزى كانت أكبر من النباتات الصغيرة. وذلك يدل على أن النباتات الناضجة قد تكون أكثر مقاومة للأملاح من النباتات الصغيرة.

٢- انخفض النتج بوضوح بزيادة الضغط الأسموزى لماء الري من المستويات ١ حتى ١٠ جو. وبعدها بدأ أن يكون ثابت تقريبا.

٣- ارتفع محتوى النبات من الماء بزيادة الضغط الأسموزى لماء الري من ١ حتى ١٠ جو ثم انخفض بعد ذلك وكان الانخفاض الواضح فى محتوى الأوراق من الماء فى حالة التركيزات العالية للضغط الأسموزى لماء الري قد يرجع إلى أنه فى هذه الضغوط المرتفعة لمصارة النبات كان ارتفاع النتج عند مستوى ثابت تقريبا ويعنى ذلك أن معدل امتصاص الماء ينخفض بارتفاع الضغط الأسموزى لماء الري من ١٠ إلى ٢٠ جو.

وقد وجد كل من (Shelhavet and Bernstein (1968 أنه بارتفاع ملحية الأرض حدث انخفاض واضح فى المحصول وفى امتصاص الماء فى نباتات

البرسيم الحجازى. كما أوضحنا النتائج أن معدل النتج لكل وحدة سعة الورقة كان ثابتا بصرف النظر عن المعاملات الملحية.

كذلك وجد كل من Plaegmam and Vander أن الانخفاض فى استهلاك الماء بنبات التبوليب المرؤية بماء يحتوى ٢٠ جم/لتر من CL كان مرتبطا أساسا مع نقص مساحة الورقة الكلية.

#### ❖ عوامل النبات المرتبطة بالبخار نتج

- سرعة الرياح :

من دراسات Wrengae Rohbins اتضح أن سرعة الرياح قد ينتج عنها زيادة فى معدل النتج وفسر ذلك بفرض أن تجمع جزيئات بخار الماء فى جوار مساحات الورقة مباشرة ستشتمت والنتيجة لذلك هى زيادة عمق مسار ضغط البخار فى الشغور وبالتالي زيادة فى معدل فقد بخار الماء.

- الضغط الجوى :

اتضح من بعض التجارب أن انخفاض الضغط الجوى ينتج عنه زيادة فى معدل النتج .

#### تأثير حالة الأرض على يسر الماء :

إذا أخرجت ظروف الأرض الماء للنبات فإن النتج سريعا ما ينخفض. والعوامل الأرضية التى تؤثر على امتصاص النباتات للماء هى :

١- يسر الماء الأرضى. ٢- حرارة الأرض.

٣- تهوية الأرض. ٤- تركيز المذاب فى المحلول الأرضى.

وجميع هذه العوامل تؤثر مباشرة أو غير مباشرة على معدل النتج. ويعتقد أن ملحية الأرض ذات تأثير كبير على نمو النبات وامتصاص الماء غير أنه لم يعطى أى اهتمام كبير لأى مدى يمكن أن تؤثر ملحية الأرض مع اختلافات التركيز يمكن أن تؤثر على استهلاك الماء فى مختلف الحاصلات خلال فترة النمو.

تأثير الأملاح على نمو الجذور وامتصاص الماء :

أوضحت عدة تجارب معملية باستخدام زراعات مائية ورملية علاقة هامة بين نمو الجذور وامتصاص الماء تحت ظروف ملحية مختلفة. أوضح (1935) Kurgul Teva أن النقص في معدل دخول الماء في خلايا أوراق القطن في ظروف ملحية قد تكون راجعة لانخفاض نفاذية خلايا الجذور للماء.

وأضاف أن معدل النتج في النبات المغطى ليس الجذور فقط بل أن قوة الشد في الأوراق لها أيضا وظيفة هامة في هذا المجال. وأوضح كل من (1936) Nightengal and Farharm أنه بزيادة تركيز الأملاح من 0.5 إلى 3.0 جو انخفض امتصاص الماء ونضجت الأنسجة مبكرا. وأيضا أوضح كل من (Hyward and Spurs) أن الضغط الأسموزي لعصارة النبات أحد العوامل الرئيسية في ضغوط معدل دخول الماء إلى جذور الذرة. أضاف Uhvites الأملاح إلى ماء بيئة النمو وكان الضغط الأسموزي بين 0.5 إلى 8.0 جو ولاحظ أن الإنبات وامتصاص الذرة وال فول للماء قد أبطأ في حالة التركيز الأعلى.

ودرس (1947) Wadliegh *et al.* آثار الملح على أعماق مختلفة على إمكان استخلاص تحلل الرطوبة بواسطة الفول والذرة والبرسيم الحجازي والقطن وأوضحوا أنه بزيادة الأملاح في طبقات الأرض نقصت قدرة الحاصلات على انتزاع الماء.

وأوضح (1950) Fedoravski أن زيادة الضغط الأسموزي في المحلول الخارجي الناتج من إضافة ملح الطعام أو  $Na_2SO_4$  أو السكر أدى إلى نقص واضح في امتصاص الماء لكل من الذرة والراي.

وأوضح كل من (1958) Hayward and Bernstien أن تواجد تركيزات زائدة من الأملاح الذائبة في منطقة الجذور قد تؤثر على نمو الجذور بعدة طرق:

زيادة الضغط الأسموزى فى المحلول الأرضى تعمل على خفض امتصاص الماء بواسطة الجذور وعلى الجانب الأخر عندما يمتص النبات الأيونات المسببة لمحية المحلول قد ينتج عنها فى بعض الحالات تسمم ينتج عن تجمع أيونات معينة أو نقص امتصاص بعض العناصر الضرورية ووصف Gardner تدفق الماء خلال الأرض إلى الجذور ودورها فى النتج وأن معادلة التدفق توضح أن معدل النتج يتناسب مع معدل امتصاص الماء أو احتمالات النتج.

وأضافا أنه فى حالة جفاف الأرض فإن انخفاض نقص ضغط الانتشار لا يزال موجودا، وزيادة نقص ضغط الانتشار تكون مصحوبة بنقص ضغط الانتشار منه  $turgor\ Pressure$  وبالتالي تنقص نفاذية النباتات لتدفق الماء وكذا معدل النتج.

ويوضح Lunin أن دخول الماء المالح فى منطقة معينة بالأرض أدى إلى نقص امتصاص الذرة والطماطم للماء من هذه المنطقة بزيادة المحية حتى نقطة حرجة توقف عندها امتصاص الماء.

## تقدير البخر نتح

### ❖ معادلة Penman

تقدير البخر نتح مشكلة تساهم فيها الأرصاد الجوية وعلم الأراضى وعلوم النبات وذلك لنقص القياسات المباشرة وقد اقترحت عدة معادلات تجريبية ونصف تجريبية empirical and semiempirical لتقدير البخر نتح "ET" باستخدام القيم المناخية المتاحة مثل متوسط حرارة الهواء الشهرية. والرطوبة النسبية والنسبة المئوية لضوء الشمس والاشعاع الشمسى.

ومن هذه المعادلات معادلات بنمان Penman ، و Criddle-Blainy و Hargreaves و رايتما Rigtema وفون بافل Vonbavel وبارتوليك. طريقة Penman تعتمد على دمج ديناميكيات الهواء وتوازن الطاقة ورغم أنها أكثر تعقيدا فإنها واسعة الاستخدام ولتقدير "ET" تكون معادلة Penman كما يلي :

$$ET = DH + 0.27 E_a$$

حيث :

$$H = R_A (1 - r) (0.18 + 0.55 \frac{t_a}{N}) - \sigma T_n^4 (0.56 - 0.92 \sqrt{ed}) (0.10 + 0.90 \frac{t_a}{N})$$
$$E_a = (0.0098 U_2 + 1) (e_a - e_d) 0.35$$

حيث :

H : الإشعاع النهائى (net) الداخلى mm H<sub>2</sub>O/day incoming.

R<sub>A</sub> : متوسط الإشعاع الزائد mm H<sub>2</sub>/day extra terrestrial.

r : معامل الانعكاس السطحى.

<sup>n</sup>/N : النسبة المئوية لضوء الشمس.

σ : ثابت بولتزمان.

e<sub>d</sub> : ضغط البخار الحقيقى فى الهواء mm Hg.

e<sub>a</sub> : ضغط البخار المشبع عند متوسط درجة حرارة الهواء mm Hg.

E<sub>a</sub> : البخر mm H<sub>2</sub>O/day

U<sub>2</sub> : متوسط سرعة الرياح على ارتفاع ٢م فوق سطح الأرض ميل/يوم.

ET : البخر نتح mm H<sub>2</sub>O/day

D : ميل خط ضغط بخار الهواء عند درجة الحرارة المطلقة mm Hg/F<sup>0</sup>.

0.27 : ثابت السيكرومتر.



وتستلزم معادلة Penman الآتى :

أ- يجب ألا يكون الماء ناقصا.

ب- للنبات ارتفاع منتظم.

ج- النبات أخضر وفي حالة نمو نشط.

د- تظل النباتات الأرض جميعها فى موقع النمو خلال موسم النمو.

#### ❖ معادلة Blainy Cridle

تستخدم درجات الحرارة وساعات النهار ، وقد استنتجت فى الجنوب الغربى من الولايات المتحدة بضرب متوسط الحرارة الشهرى "t" فى المتوسط الشهرى لنسبة ساعات النهار فى السنة ينتج معامل استهلاك الماء كما يلى :

$$U = K \sum pt = KF$$

حيث :

U : استهلاك المحصول من الماء فى فترة زمنية معروفة.

F : مجموع معاملات الإستهلاك المائى فى نفس الفترة.

K : معامل تجريبى emperical (سنوى أو فى موسم الرى أو موسم النمو).

( أى الإستهلاك المائى إلى عامل الجو )

t : متوسط درجة الحرارة الشهرى  $F^0$ .

P : النسبة المئوية لساعات النهار فى السنة (التي تحدث خلال هذه الفترة)

وقد استنتجت المعادلة لتناسب الظروف الجافة وتعطى تقديرات للاحتياجات المائية الموسمية تحت هذه الظروف.

#### ❖ معادلة Hargreives

اقترح هارجريفز استخدام طبق A للبخار Class "A" pan evaporation كدليل للأرصاء الجوية المناخية ولأن بخار الطبق A ليس متاحا دائما ويتغير فى تقديرات

البخر لعرض الطبق بذلت محاولة لإيجاد معادلة لحساب المعامل المناخى الذى يساوى طبق Class A من طبق يوضع معرضا بدرجة ثابتة أو فى مساحة واسعة وتبدو المعادلة كما يلى :

$$ET = KET$$

$$EP = 17.4 Dt f_m f_w f_2$$

$$0.59 - 55 H_n = F_m \text{ حيث}$$

$$0.75 + 0.0255 \sqrt{WKd} = F_w$$

$$0.478 + 0.585 = F_s \text{ و}$$

$$0.35 H_m + 0.64 K_m^2 = H_n$$

و

ET : هى البخر نتج أو الاستهلاك المائى.

Ep : البخر من الطبق المعرض mm class A pan.

Fc : معامل المحصول وهو البخر نتج إلى بخر الطبق.

T : متوسط درجة الحرارة الشهرى م°.

D : معامل شهرى لوقت النهار. أى نسبة طول النهار فى الشهر إلى ١٢ ساعة.

معاملات  $F_H, F_w, F_s, F_E$  معادلات مرتبطة بالرطوبة (h) والرياح وضوء

الشمس (S) أو الارتفاع E elevation على التوالى.

$H_m$  : النسبة المئوية للرطوبة.

$H_n$  : متوسط الحرارة النسبية.

$W_{Kd}$  : متوسط سرعة الرياح km/day على ارتفاع ٢م.

S : النسبة المئوية لضوء الشمس.

E : الارتفاع عن سطح الأرض بالمتر.

ويرى هارجريف أن الذرة النامية قرب ارتفاع البحر فى المناطق المدارية  
ينضج فى ٣ شهور بينما الذى ينمو على ارتفاع ٨٠٠٠ قدم ينضج فى ٩ شهور.

معادلة رايتما Rijtema :

وثمة معادلة أخرى لتقدير البخر نتج فى المناطق الجافة ونصف الجافة  
اقترحها رايتما Rijtema (١٩٦٩) كما يلى :

$$ET_{re} = \frac{D + \gamma}{D + \gamma (1 + f(Z_0, d) u^{0.75} r_c)}$$

$$ET_{max} = \frac{DH_{nt} + F(Z_0, d) (E_a - e_a)}{D - \gamma}$$

حيث :

$ET_{re}$  : البخر نتج الحقيقى mm H<sub>2</sub>O/day

$H_{nt}$  : الإشعاع النهائى net radiation مع H<sub>2</sub>O /يوم.

$D$  : ميل درجة الحرارة مع خط ضغط البخار C<sup>0</sup> /m bar

$\gamma$  : تأثير السيكرومتر C<sup>0</sup> /mb

$F(Z_0, d) u^{0.75}$  : معامل نقل البخار mm/day/m bar

$E_a$  : ضغط البخار المشبع فى درجة حرارة الهواء المتوسطة m bar

$e_a$  : ضغط البخار الحقيقى m bar

$r_c$  : مقاومة السطح m bar day/mm

$ET_{max}$  : البخر نتج الأعظم من غطاء كامل بالمحصول.

وهذه المعادلة تشبه معادلة Penman والاختلافات الأساسية هى :

١- تأثير المحصول Crop roughness وعلاقته بطول المحصول  $f(Z_0, d)$ .

٢- ادخال مقاومة السطح  $r_c$  ذات الصلة بغطاء الأرض وحالة الرطوبة.

وتوجد معادلات أخرى اقترحها فان بافل Van Bavel (١٩٦٦) التي تجمع معادلة الاتزان جهد السطح ويعتبر تقريبي عن ضغط بخار الماء وتوصيل الحرارة وتستخدم معادلة بانثوليك درجة حرارة السطح في تقدير البخر من سطح مبدل.

## حساب البخر نتح ET

### أ- بطريقة معادلة Penman

جدول (٢): أرقام الأرصاد المناخية اللازمة لمعادلة Penman

الأرقام المطلوبة	الرمز	القيمة	الوحدات	المصدر
متوسط درجة الحرارة الشهري	T	٢٦,٦	°م	تقرير الأرصاد الجوية
الرطوبة النسبية	RH	١٧١	%	
ضوء الشمس	<sup>n</sup> /N	٨٩	%	
سرعة الرياح على ارتفاع ٢ م	U <sub>2.0</sub>	١٤٦	ميل/يوم	
الإشعاع	R <sub>A</sub>	١٥		
ضغط البخار المشبع	R <sub>A</sub>	١٥	مم يد/٢مم يد/يوم	
ضغط البخار المشبع	e <sub>s</sub>	١٧,٣	مم Hg	
ضغط البخار الواقعي	e <sub>a</sub>	١٢,١	مم H <sub>g</sub>	(e <sub>s</sub> × R11)
ثابت بولتزمان	١١٨		كالوري /سم <sup>٢</sup>	تقرير راينما
الحرارة المطلقة	T <sub>a</sub>	٢٩٩	١٢٥	
	T <sub>a</sub> <sup>٤</sup>	١٦,٢٥	مم يد/٢ /يوم	
منحنى ضغط البخار المشبع عند درجة الحرارة المطلقة				
معامل الانعكاس	r	%٢٥	%	تقرير راينما

خلال أغسطس ١٩٧٤

الحساب :

$$R_A = H \left( \frac{e_s - e_a}{0.90 + \frac{0.04}{N}} \right) \left( 1 + 0.18 \sqrt{r} \right) \left( T_0 - (0.18 + 0.55) \frac{e_s - e_a}{N} \right) \sqrt{0.92 + e_a}$$

$$H = 10 \times 0.70 - (0.18 + 0.00 \times 0.89) - 16.25 / (0.92 + 0.06 + 12.1) = 0.10 + 0.90 \times 0.89$$

$$H = 4.02 \text{ مم يد. أ / يوم.}$$

$$E_a = 0.35 (e_a - e_d) (1 + 0.0098 U)$$

$$= 0.35 (12.1 - 17.3) (1 + 0.0098 \times 146) =$$

$$= 4.42 \text{ مم يد. أ / يوم.}$$

باستخدام القيم المحسوبة (H و E<sub>a</sub>) في معادلة رايتما يحصل على :

$$ET = \frac{(0.82 + 4.02) + (0.027 \times 4.42)}{0.82 + 0.27} = 4.12 \text{ مم/يوم}$$

ب- بطريقة معادلة Blainy Cridle

جدول (3): أرقام الأرصاد المناخية اللازمة لمعادلة Blainy Cridle

القيم المطلوبة	الرمز	القيمة	الوحدات	المصدر
متوسط الحرارة الشهرى	t	٧٩,٩	°F	قنبر الأرصاد الجوية
النسبة المئوية لساعات النهار	P	٩,٠٣	%	قنبر الأرصاد الجوية
في ٣١ يوم من أغسطس				
معامل الاستهلاك المائى	K	٠,٨ - ٠,٧٥		من أراء نيلسون

خلال أغسطس ١٩٧٤

الحساب :

$$3K = u \quad \text{إذا كانت } K = 0.75$$

$$u = 0.75 \times 0.903 = 0.67725 = 31/20.4 \times 79.9 - 4.42 \text{ مم/يوم.}$$

$$\text{إذا كانت } K = 0.8$$

$$u = 0.8 \times 0.903 = 0.7224 = 31/20.4 \times 9 \times 0.903 \times 0.8$$

ج- بطريقة معادلة Hargreives

بإدخال القيم المحسوبة المرتبطة بمعاملات الرطوبة والرياح وضوء الشمس والارتفاع نحصل على :

جدول (٤): أرقام الأرصاد المناخية اللازمة لمعادلة Hargreives

المصدر	الوحدات	القيمة	الرمز	الأرقام المطلوبة
	م	٢٦,٦	T	متوسط الحرارة الشهري
	%	٧١	H <sub>m</sub>	متوسط الرطوبة النسبية
	مم زئبق	١٢,١	e <sub>a</sub>	ضغط البخار الحقيقي معامل نسبة النهار
	مم زئبق	١٧,٣	E <sub>a</sub>	ضغط البخار المشبع طول النهار في الشهر لمدة ١٢ ساعة.
			W <sub>hd</sub>	متوسط سرعة الرياح
	%	٨٩	S	ضوء الشمس
	متر	٠,٠٥	E	الارتفاع
	%	٠,٥٨	H <sub>n</sub>	الرطوبة النسبية ظهر
		٠,٤٠٥	F <sub>H</sub>	معامل الرطوبة
		١,١٤	F <sub>w</sub>	معامل الرياح
			F <sub>s</sub>	معامل ضوء الشمس
	إسراتليون	٦٠,٧٥	K	معامل الاستهلاك المائي

خلال ١٧ أغسطس ١٩٧٤

الحساب :

إذا كانت K = 0.75

$$ET = 0.75 (17.4 \times 1.96 \times 26.6 \times 4.05 \times 1.14 \times 0994 \times 0.95 / 31) = 5.17 \text{ mm/day}$$

د- بطريقة معادلة رايتما Rijtema

بإدخال القيم المحسوبة المرتبطة بمعاملات الرطوبة والرياح وضوء الشمس والارتفاع نحصل على :

جدول (٥): أرقام الأرصاد المناخية اللازمة لمعادلة رايتمان Rijtema

المصدر	الوحدات	القيمة	الرمز	الأرقام المطلوبة
	°م	٢٦,٦	T	متوسط درجة حرارة الشهر
	%	٧١,٠	RH	الرطوبة النسبية
تقرير الأرصاد الجوية	مم Hg	١٧,٣	$E_a$	ضغط البخار المشبع
	مم Hg	١٢,١	$e_a$	ضغط البخار الحقيقي
	مم Hg	٥,٢	$E_a - e_a$	بعض ضغط البخار
	متر/ثانية	٢,٧	$U_2$	سرعة الرياح على ارتفاع ٢ م
			$U 75 2.11$	
			$(e_a - E_a)$	انتقال البخار
		١٣,١٨	$(Z_0 \cdot d) U^{75}$	
		١,٠٢	$F(Z_0 \cdot d) Z_0$	دالة تعتمد على المحصول
	مم Hg/يوم	٥,٩٢	H	الاشعاع net radiation
	مم Hg/يوم	٠,٨٢	D	منحنى الحرارة مع الضغط
	مم Hg/يوم	٠,٢٨		منحنى ضغط البخار المشبع مع تأثير السيكرومتر
	مم Hg/يوم	٠,٦	$r_c$	مقاومة السطح

خلال أغسطس ١٩٧٤

الحساب :

$$\frac{(0,2) (2,1) (1,2) 0,26 + (0,92) (0,82)}{0,82 + 0,26} = E_{max}$$

$$0,82 + 0,26$$

$$0,26 + 0,82$$

$$\frac{[(0,6 \times 0,11 \times 1,2) + 1] 0,26 + 0,82}{0,26 + 0,82} = E_{rc}$$

$$= 0,63 \text{ nm/day}$$

وفي معادلة رايتمان عرفت الحدود الآتية :

### معامل انتقال الضغط The evapo transport coeffrissenr

على أساس دراسات رايتما ١٩٦٥ بالأعشاب grass واختير بعد ذلك بالنسبة لحاصلات أخرى تحت ظروف رطبة وجافة.

### مقاومة السطح The surface resistance

أوضح رايتما أن مقدار مقاومة السطح يتحدد بغطاء الأرض والإمداد المائي للمحصول أو تأثير الغطاء الأرضي على معدل البخر يتوقف بشدة على حالة الرطوبة للأرض السطحية.

ففي حالة الأرض السطحية الرطبة فإن التأثير المنخفض لغطاء الأرض على ET يعوض تقريبا كليا بواسطة E من الأرض العادية وبزيادة تجفيف الأرض تنخفض قيمة E بالطبقة السطحية الجافة فقيمة "r" بالنسبة لغطاء الأرض وضح أنها مستقلة عن نوع المحصول وقد استخدمت القيم في الجدول في هذه الدراسة (بليغ وسليمان).

### The albedo of the evaporating surface

معامل انعكاس الأشعة الشمسية بسطح الأرض الالبيدو قد أوضح رايتما أنه ليس ثابتا بل مختلف باختلاف الموسم ولون السطح المتبخر. ويرى أنه ثابت في حساب البخر نتج وأوضح قيم الالبيدو للماء المكشوف والسطح المزروع والسطح الرطب العادي كان ٠,١٥ - ٠,٢٤ - ٠,٠٥ على التوالي.

### البخر نتج المقدر والمحسوب :

سبق ذكر أنه لأن مدة التجربة كانت ٢٥ يوما فإن قيم ET خلال الأيام العشرة الأخيرة قد تعتبر أكثر صحة من المدة جميعها طوال التجربة وبالتالي فعند مقارنة القيم التجريبية فإن ET خلال الأيام العشرة الأخيرة استخدمت للمقارنة. كما أن معادلة رايتما أخذت في الاعتبار النسبة المثوية لتغطية الأرض بالنبات النامي أما المعادلات الأخرى فإنها اعتبرت أن الأرض جميعها مغطاه



والنباتات فقيمة ET المحسوبة بفرض ٧٥ و ١٠٠% تغطية استخدمت واعتبر الكاتب أنها تمثل النسبة الحقيقية في هذه الدراسة.

تجارب الأوعية (القصارى) " دراسة بليغ وسليمان "

لتقدير البخر نتج من براميل مزروعة بحشيشة السودان .

إعداد البراميل وتعبئتها بالأرض :

براميل فخارية مزججة glazed قطرها ٢٠سم وعمقها ٣٨سم أعدت لتروى من تحت الأرض من أنبوبة سيفون ماريوط سيفون قطرها ٢٠ مم وطولها ٥٠سم مع أنبوبة من المطاط متصلة بقاع البرميل ووضعت طبقة سميكة ٢٠سم من الرمل في قاع البرميل قبل تعبئته بالرمل الخشن والحصى وغطى القاع بورق الترشيح لكل برميل. ثم عبئت بالأرض بنفس نظام الأرض الجافة إلى ارتفاع متساو ٣٥سم من القاع وضغطت بنظام للحصول على تعبئة منتظمة. ونفذت هذه الطريقة لنقل ١٧,٥٨٤ كجم من كل أرض رملية حتى ارتفاع ٣٥سم من قاع البرميل واختبر كل برميل قبل الزراعة بحيث يكون صعود المحلول متساويا بعد توصيل أنبوبة ماريوط سيفون إلى قاع البرميل وحجم الماء في مدة متساوية الذي صعد بالخاصة الشعرية سجل على السطح وعلى هذا الأساس اختبر البرميل.

الذي يصل إلى  $4 \pm 0.1$  لتر/ ساعة :

أعدت محاليل كلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم وكلوريد الكالسيوم بإذابة المقدار المناسب من كل ملح في ماء الصنبور ليعطى ١٥ أو ٣٠ ملليمكافى/لتر من كل ملح وكان تحليل ماء الصنبور كالأتى :

٠,٩٥	كل	١,٢٥	كا
٠,٥٥	يدك أ	١,٠٥	مع
٢,٥٥	كب أ	١,٢	ص
أثار	ك أ	٠,٢٥	بو
٠,٣٩ دس/م	التوصيل الكهربائي	٣,٩٠	مجموع الأملاح

استخدم محلول مغذى للنباتات باستخدام نصف تركيز أرنون وهو جلاند  
 Arnou & Hoagland مخلوطا بأملاح كل محلول لاستخدامه فى الري.

#### Arnou & Hoagland Soln

جزئ	GIL	
٠,٠٠٥٠	0.510	KNO <sub>3</sub>
٠,٠٠١٥	٠,٤٤٦	Ca (NO <sub>3</sub> )
٠,٠٠١٠	٠,١١٥	(NH <sub>4</sub> ) H <sub>2</sub> PO
٠,٠٠١٠	٠,٢٤٥	Mg SO <sub>4</sub> - VH <sub>2</sub> O
	%٥	FeSO <sub>4</sub>

جزئ		حامض نتراتيك ٠,٤%
٢,٨٦	0.510	HPO <sub>4</sub>
١,٨١	٠,٤٤٦	MnCl <sub>2</sub>
٠,٠٨	٠,١١٥	CuSO <sub>4</sub> -OH <sub>2</sub> O
٠,٢٢	٠,٢٤٥	Zn SO <sub>4</sub> - 7H <sub>2</sub> O
٠,٠٩	(m <sub>o</sub> O % ٨٥)	H <sub>2</sub> M <sub>o</sub> O <sub>4</sub> - 7H <sub>2</sub> O

#### التجربة :

- استخدم نظام التصميم العشوائى ٣ مكررات لكل معاملة لدراسة ما يلى :
- التأثير النوعى للكاتيونات (ص - كا) والانيونات (كل - كب أ،) مع ٣ تركيزات  
 - ماء صنبور - ١٥ - ٣٠ ملليجافى/لتر من مستوى ماء ضحل على :
- (١) تجمع الأملاح وتوزيمها فى الأعمدة الفارغة والمزروعة.
  - (٢) توزيع الماء فى الأرض على طول العمود حتى قاع البرميل.
  - (٣) نمو النبات وامتصاصه للكاتيونات والانيونات.
  - (٤) البخر - نتح.
- فى ٢٧ يوليو سنة ١٩٧٤ أعد ٢١ برميل بتعبئتها برمل مغسول من كاك أ<sub>٢</sub>  
 حتى كثافة ظاهرية ثابتة (١,٦ جم/سم<sup>٣</sup>) وزرعت حبوب حشيشة السودان بمعدل  
 ٢٠ حبة لكل برميل.

وأضيف الماء حتى ارتفاع مستوى الماء الأرضى ١.٥ سم من السطح للحفاظ على وجود مستوى أرضى على بعد ١٥ سم من السطح لنمو النباتات. بعد ٤ أيام خفت البادرات على ١٠ نباتات لكل برميل ، وخفض مستوى الماء الأرضى تدريجيا حتى مستوى ٢.٥ سم من السطح. بهذا النظام أعدت جميع البراميل المعبأة بالأرض وأصبحت مستعدة لإستقبال صعود الماء بالخاصة الشعرية من أنبوبة السيفون. وخطط (أرنون وهوجلاند) المحلول المغذى جيدا مع كل ملح طبقا للمعاملة واستخدم محلول مغذى مخفف (٥٠% هوجلاند) لتقليل تجمع الأملاح وتخفيف أثرها على نمو النباتات خلال فترة التبخر والبخر - نتج. سجل البخر والبخر - نتج اليومي (سم/يوم) من أنبوبة ماريوط المدرجة فى نهاية التجربة فى ٢٥ أغسطس سنة ١٩٧٤ سجل طول النبات وقدرت مساحات الأوراق بطريقة الوزن وحصدت النباتات وقدر الوزن الطازج والجاف لكل مكرر وحسب الوزن المتوسط لكل معاملة كما حصدت جذور النباتات ووزنت طازجة ومجففة فى مكررتين. وترك المكرر الثالث لأخذ عينات من الأرض من عمق ٢.٥ حتى ١٠ و ١٠ إلى ١٥ سم وكل ١٠ سم حتى القاع. وأجريت التحليلات الآتية :

مستخلص الأرض - التركيز الكلى للأملاح فى ٥:١ مستخلص الأرض بتقدير التوصيل الكهربائى وضرب قيمة التوصيل  $\times 9 - 10 - 10.5$  - ليعطى التركيز بالمليمكافى/لتر وهذه المعاملات ٩ - ١٠ - ١.٥ تم الحصول عليها مسبقا من محاليل ذات تركيزات مختلفة من  $Na_2 SO_4$   $NaCl$   $CaCl_2$  ونوع التوصيل الكهربائى مع التركيز طبقا لطريقة Richards وزملاؤه.

تحليل النبات :

محتوى النباتات من الماء - N كلى - كا كل<sub>٢</sub> - ص كل - Ca كلى كما قدر فى الجذور والسيقان والأوراق بطريقة جاكسون ١٩٥٧ وحسب مقدار كل عنصر (التركيز  $\times$  الوزن الجاف).

تقدير مساحة الورقة بطريقة الوزن :

لكل معاملة اختبرت خمس نباتات و ٣ أوراق من مواقع مختلفة على طول

النبات.

حركة الأملاح وتوزيعها في أرض العمود :

انضح ارتفاع تركيز الأملاح في الطبقة السطحية من الأرض مع انخفاض

شديد في هذا التركيز في الطبقات التالية :

على سبيل المثال كان تركيز NaCl في سمك ٠,٦ سم سطحية ٣٣,٢٩

ملليمكافى/جم أرض بينما عند عمق ١,٨ سم من السطح كان تركيز NaCl ٧,٣٨

ملليمكافى/جم.

وأعمق من ذلك في العمود الأرضي اقترب من التركيز الأصلي للأملاح

في المحلول المستخدم.

وأستمر تجمع الأملاح في الطبقة السطحية العليا بمضى الوقت وازداد سمك

طبقة التجمع واختلف تركيز الكاتيونات في طبقة التجمع طبقاً لنوع الكاتيون بعد

٢٥ يوماً كان تركيز البوتاسيوم والصوديوم و كا و مع في الطبقة العليا (٠,٠

حتى ٠,٦ سم) كان ٢٩,٩٣ و ٣٣,٢٩ و ٣٣,٢٩ و ٢٦,٩٣ و ٢٨,٧٢

ملليمكافى/جم على التوالي وكذا كانت تركيزات الكاتيونات في الطبقات تحت

السطحية كانت مختلفة لكنها لم تتبع مقدارها النسبي من تركيزات الكاتيونات في

الطبقة العليا.

وتركيز الأملاح في هذه الأعمدة واضح أنه ناتج عن حركة المحاليل

بالخاصة الشعرية والانتشار وما تبعها من بخر عند سطح الأرض أو قربه.

والخاصة الشعرية عامل ثابت في جميع المعاملات إذ كانت تعبئة الأعمدة

متماثلة بقدر الإمكان. والعامل الآخر الذي قد يسبب الاختلاف في مقدار الأملاح

التي وصلت سطح العمود هو الانتشار.

#### انتشار الكاتيونات :

اتضح أن الأعمدة الأرضية قد وصلت حالة الثبات بالنسبة لبعود الماء المقطر وقد أغلقت لمنع البخر قبل وضعها في المحاليل المحتوية ١٠٠ ملليمكافى/ لتر من الأملاح  $KCl, NaCl, CaCl_2, MgCl_2$  وبعد مدة ٥ أيام قطعت أرض العمود إلى قطاعات كل ٠,٦ سم وقدرت فيها الكاتيونات وحركة الكاتيونات تحت ظروف التجربة كانت راجعة للانتشار من المحلول الملحي إلى العمود الأرضي والارتفاع الذى وصلت إليه الأملاح بعد كل مدة اختلفت كثيرا فيعد ٥ أيام وصل المغنيسيوم ١,٢ - ١,٨ سم من القاع والكالسيوم والصوديوم ٣ - ٣,٦ سم وكان صعود  $K > Na > Ca > Mg$ .

وقد وصل البوتاسيوم سطح العمود الأرضي بعد ١٥ يوم بينما الصوديوم احتاج إلى ٢٠ يوما ليصل إلى السطح والكالسيوم والمغنيسيوم لم يصلا السطح إلا بعد ٢٥ يوما وبمقارنة الانتشار لكل من الكاتيونات الأربعة اتفق مع القطر المتأدرت وكلمما صغر القطر المتأدرت أسرع انتشار الكاتيون ويعرف ذلك رياضيا بالمعادلة الآتية :

$$D = \frac{RT}{N \cdot \sqrt{\eta}}$$

حيث D معامل الانتشار سم<sup>٢</sup>/ثانية.

R ثابت الغاز أرج/درجة/جزىء .erg/degree/mol.

T الحرارة المطلقة.

N عدد الفوجادرو  $6,02 \times 10^{23}$ .

$3,4 \pi$

$\eta$  لزوجة المذيب بوز.

نصف قطر العنصر المنتشر *diffusing particle* سم باعتبار أنه كروم

وقد سبق أن ذكرنا أن القطر المتأدرت لكل من بو، ص، كا، مغ هو ٣ و ٤ و ٤,٥ و ٥ و ٦ و ٦ Å على التوالي وهو معادل لترتيب انتشار كل من الكاتيونات.

#### ❖ أثر الأملاح على البخر

عندما تصل المحاليل على سطح الأعمدة يتبخر الماء تاركا أملاحه على أو قرب سطح الأرض على أي حال تواجد الأملاح يؤدي إلى عدة تحولات في خواص الأرض التي تؤدي إلى تغيرات في مقدار الماء المتبخر وبالتالي تغيرات في تركيزات الأملاح على سطح الأرض وعلى توزيعها على طول أعمدة الأراضي.

وقد اتضح أن وجود مغ كل<sub>v</sub> أو ص كل أو بو كل في الماء الأرضي الضحل يؤدي إلى نقص مقدار الماء المتبخر وأصبح هذا النقص واضحا بعد ٥ أيام. وفي حالة الماء المقطر كان جملة البخر ٦,٥ سم<sup>٢</sup>/عمود بينما البخر المتجمع في حالة المحاليل المحتوية على ١٠٠ ملليمكافئ/لتر من الأملاح التي تمد الماء الأرضي الضحل كان ٥,٩ ، ٥,٦ ، ٥,٣٥ ، ٥,٢٠ سم<sup>٢</sup>/عمود. وكان تأثير الكاتيونات المختلفة من أعمدة الأراضي الرملية خلال المدد المختلفة وحسب مجموع البخر كنسبة مئوية من البخر في الماء المقطر وكان ماء مقطر ١٠٠ بو كل ٨٨,٤% ، ص كل ٨٣,٣ ، كا كل ٨٠,٠ ، مع كل ٧٠%.

وكما سبق وأن ذكرنا كان الماء الأرضي ضحلا وكان العمود رمل مغسولا وسعته التبادلية الكاتيونية ٤,٣ ملليمكافئ/١٠٠جم. وفي هذه الظروف يكون تأثير خواص الأرض تقريبا صفر ويكون المسيطر على البخر هو خواص الماء. وقد سبق أن ذكرنا أن الأملاح ترفع نقطة الغليان وتخفض الضغط الجزئي إلا أن تحرر جزيئات الماء يستلزم جهدا أكبر في وجود الأملاح منه في عدم وجود الأملاح. وقد سبق أن ذكرنا أن الأملاح تحتفظ بأعداد مختلفة من جزيئات الماء حولها، وهذه الجزيئات المرتبطة مع الماء تستلزم جهدا أكبر لتحريرها. وقد اتضح أن مقدار الماء المتبخر قد اختلف باختلاف نوع الكاتيون فكان نقص البخر في حالة مع كل<sub>v</sub> كا كل<sub>v</sub> < ص كل < بو كل الواضح أن ذلك يرجع إلى خواص الكاتيونات مثل تكافؤ الكاتيون وعلاقته مع تأدرت جزيئات الماء

حوله لهما أهمية خاصة فطبقا لقانون كولومب فإن قوة التجاذب بين الكاتيون وجزيئات الماء حول الماء المتأدرت تزداد بنقص قطر الكاتيون. وعلى هذا الأساس فالمغنيسيوم ذو القطر المتأدرت  $0.75 \text{ \AA}$  يجذب جزيئات من الماء بقوة أكبر من الكالسيوم الذى له قطر متأدرت  $1.06 \text{ \AA}$  وكذا الحال فى الصوديوم فقطره المتأدرت  $0.98 \text{ \AA}$  يجذب ماء أكثر من البوتاسيوم فقطره المتأدرت  $1.23 \text{ \AA}$  كما أن الكاتيونات ثنائية التكافؤ كما ومع تجذب جزيئات ماء بقوة أقوى من أحادية التكافؤ  $Na, K$  وقد نتج عن ذلك أن الماء المتبخر يرتبط مع جهد الهدرته وقد أوضح Bueher أن جهد الهدرته للصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم فى صورة كلوريد كان  $95$  و  $117$  و  $412$  و  $438$  كيلو كالورى.

#### ❖ دراسة بليغ وسليمان\*

- أ- بخر الماء من الأرض وصعوده بالخاصية الشعرية من أعمدة أرضية.  
ب- البخر نتج من أرض زرعت بها حشيشة السودان وتأثر لديها الماء السطحي.

#### أولا - بخر الماء من أعمدة أرضية :

جهزت أعمدة من أرض مجففة هوائيا ووضعت قائمة فى ماء مقطر ونتيجة لارتفاع الماء فى الأعمدة الأرضية بالخاصية الشعرية وصلت الجهة المبللة إلى سطح العمود الأرضى وسجل الوقت الذى لزم لوصوله إلى السطح، ثم غطى السطح جيدا وتركت الأعمدة فى الماء المقطر لمدة ساعتين حتى أمكن الحصول بتوزيع منتظم للرطوبة فى العمود الأرضى.  
ووضعت الأعمدة الأرضية فى درجة حرارة ثابتة - حرارة الغرفة - ذات درجة رطوبة نسبية  $85\%$  وحرارة متوسطة  $0.6 - 0.6 \text{ م.}$

\* تفاصيل لوفى يمكن الرجوع إلى رسالة الدكتوراه المقدمة من أ.د. مجدى فهمى سليمان - كاية للزراعة جامعة الإسكندرية ، (1975).

ولإمداد الأعمدة الأرضية بالمحاليل وصل كل خمسة أعمدة بالمحلول بواسطة أنبوبة السيفون ماريوت مدرجة بالملمترات ثم رفع الغطاء عن الأعمدة وعرضت للبخار الطبيعي تحت ظروف محددة.

فكت أنبوبة السيفون ليسمح للماء بالتدفق إلى الأعمدة ، وترك هذا النظام لمدة ٥ و ١٠ و ١٥ و ٢٠ و ٢٥ يوما. وأثناء هذه المدة سجل اللفق في الماء بالبخار بارتفاعه من أنبوبة ماريوت.

في نهاية كل فترة ترفع أحد المجموعات ثم قسمت الأعمدة إلى شرائح ٠,٦ سم حتى عمق ٤,٨ سم ثم كل ١,٢ سم حتى نهاية العمود ذي الطول ٩,٦ سم. لدراسة حركة ارتفاع الأيونات أخذت العينات كل مسافة متساوية ٠,٦ سم وقدرت نسبة الرطوبة في كل عينة وحللت كيميائيا. كان الهدف من تجارب هذا القسم هو دراسة العوامل الأتية التي قد تؤثر الأملاح على توزيعها في العمود الأرضي.

ارتفاع حركة الكاتيونات إلى أعلى بواسطة الانتشار :

أملاح الكلوريد للكاتيونات K, Na, Ca, Mg بتركيز ١٠٠ ملليمكافى/لتر من كل كاتيون غمست الأعمدة المغطاه الرطبة في كل محلول. وقسم عمود كل مجموعة بعد فترات ٥ و ١٠ و ١٥ و ٢٠ و ٢٥ يوما إلى شرائح قسمت وقدرت المسافة في كل عينة والكاتيون الذي تحرك إليها بعد كل مدة.

ثانيا - الكاتيونات :

محاليل محتوية على ١٠٠ ملليمكافى من كل من Mg, Ca, K, Na.

تجارب الأوعية لتقدير البخار نتج :

استخدمت براميل فخارية ذات قطر ٢٠ سم وعمق ٣٨ سم وجهزت بحيث تستقبل الماء بالرى من أسفل من خلال أنبوبة ماريوت مدرجة ذات قطر ٥ سم طولها ٥٠ سم مع استخدام أنبوبة مطاطية في قاع البرميل.



قبل عملية نقل الأرض إلى البرميل غطى القاع بورقة ترشيح ثم نقلت الأرض بانتظام شديد بالأرض المجففة هوائيا بحيث يعطى كثافة ظاهرية منتظمة (١,٦ جم/سم<sup>3</sup>) ونفذت هذه الطريقة لنقل ١٧,٥٨٨ كجم من الأرض الرملية حتى ارتفاع ٣٥ سم من القاع لكل برميل، ثم رجبت البراميل لتنظيم التعبئة. قبل الزراعة اختبر كل برميل بحذر ليعطى ارتفاعا منتظما للماء وأمكن ذلك بتوصيل أنبوبة ماريوت ممتلئة بالماء مع قاع البرميل. وسجل حجم الماء الذي ارتفع بالخاصية الشعرية ومدته صعوده عندما وصلت جهة الابتلال إلى السطح : وعندما وصل معدل التدفق ٤,٠ - ٠,٤ لتر كل ساعتين.

#### إعداد مستوى الماء الملحي

أعدت محاليل ص كل ، ص ٢ ك ب أ ، كا كل ٢ بإذابة الملح المطلوب في ماء الصنبور ليعطى تركيز ١٥ أو ٣٠ ملليمكافئ/لتر من كل ملح. وكان ماء الصنبور يحتوى كا ١,٢٥ مغ و ١,٠٥ Na و ١,٢ K و ٠,٣٥ مغ كل ٢,٠٥٩ و أ ٠,٥٥ وك أ ٢,٣٥ و يد ك أ آثار ملليمكافئ/لتر ، وكان التوصيل الكهربائى ٠,٣٩ دس/م.

وجهد المحلول المغذى لتغذية نباتات حشيشة السودان استخدام نصف تركيز محلول أرنسون وهوجلاند (Arnon & Hoagland (١٩٤٠) بعد خلطه مع الأملاح لكل معاملة فى ماء الرى.

#### المحلول المغذى (Arnon & Hoagland)

جزئى	G/L	KNO <sub>3</sub>
٠,٠٠١٥	46%	Ca (NO <sub>3</sub> )
٠,٠٠١٠	10%	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> P <sup>2</sup> O <sub>4</sub>
٠,٥٥١٠	0.245	Mg So <sub>4</sub> 7 HO
M/L ٠,٦	0.5% 0.4%	Fe SO <sub>4</sub>
		Tartaric acide
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
1.81 mg		MN Cl <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O
22 mg		Zn SO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O
	85% MO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> Mo <sub>4</sub> 4 H <sub>2</sub> O

وصف التجربة كاملة العشوائية complete randomized ثلاثة مكررات

لكل معاملة لدراسة الأتى :

التأثير النوعى للكاثيونات (ص ، كا) والأنيونات (كل وكبريتات) بثلاثة

تركيزات (ماء الصنبور و ٥ و ٣٠ ملليمكافى/لتر لمستوى ماء ضحل وذلك على:

أ) تجمع الأملاح وتوزيعها فى الأرض بدون نباتات والأرض المزروعة

بحشيشة السودان.

ب) توزيع الماء فى أعمة الأرض.

ج) نمو النباتات وامتصاصها للكاثيونات والأنيونات.

د) البخر - نتج.

فى يوم ٢٧ يوليو سنة ١٩٧٤ جهزت ٢١ برميل بتعبئتها برمل مغسول

من كالك أم حتى كثافة ظاهرية ١,٦ جم/سم<sup>٣</sup> وزرعت حشيشة السودان بمعدل

٢٠ بذرة لكل برميل. واستخدم ماء الصنبور لجميع البراميل حتى وصل مستوى

الماء (الأرضى) إلى ١٥سم من سطح الأرض للاحتفاظ بمستوى رطوبة

مناسب للبذور لتتبت. وبعد ٤ أيام حققت البادرات على ١٠ بادرات لكل برميل

وحقن مستوى الماء الأرضى تدريجيا حتى العمق المطلوب ٣٥سم من سطح

الأرض. وبهذه الطريقة أصبحت جميع البراميل المزروعة والخالية معدة لاستقبال الماء بالخاصية الشعرية من أنبوبة السيفون.

وفى جميع البراميل خلط المحلول المغذى (أرنون وهوجلاند) مع كل معاملة

ملحية واستخدم محلول مغذى نصف تركيزا أرنون وهوجلاند لخفض تجمع

الأملاح وخفض تأثيرها أيضا على النباتات خلال فترة البر والنتج.

سجل البخر اليومى من أنبوبة ماريوت المدرجة. فى نهاية التجربة و ٢٥

أغسطس سنة ٧٤ طول النباتات ومساحة الأوراق (بطريقة الوزن) وحصدت

النباتات وسجل الوزن الطازج والجاف لكل من الأوراق والأفرع لكل مكرر

وحسب المتوسط بالنسبة لكل معاملة وحصدت جذور مكررتين وسجل وزنها

الطازج والجاف. أما المكررة الثالثة فقد احتفظ بها للتحليل من كل عمق عند كل ٢,٥ سم حتى عمق ١٠ سم من ١٠ - ١٥ سم ومن كل ١٥ سم حتى قاع البرميل - ٣٥ سم.

#### طرق التحليل الكيميائي :

##### - مستخلص الأرض

قدرت الأملاح الذاتية في مستخلص ١ : ٥ بتقدير EC باستخدام جهاز التوصيل الكهربائي Radiometer ويقدر بالمليموز/٢٥ سم بالمعاملات: ٩ و ١٠ أو ١٠,٥ ليعطى تركيز الملح بالمليمكافى/لتر. من أملاح ص<sub>٢</sub> كد أ<sub>٢</sub> - ص كل - كا كل<sub>٢</sub> على التوالي وهذه المعاملات ٩ و ١٠ و ١٠,٥ تم الحصول عليها بقياس التوصيل الكهربائي لمحاليل ذات تركيزات مختلفة ص<sub>٢</sub> كد أ<sub>٢</sub>، قدرت نسبة الرطوبة بالأرض والكاتيونات K, Na, Cs, Mg والكربونات والبيكربونات والكلوريدات في ماء الصنبور باستخدام الطريقة التي وضعها Ricolardnet ١٩٥٤.

##### وقدر الآتى فى النباتات :

النتروجين الكلى والبوتاسيوم والفوسفور والكالسيوم والصوديوم فى الجذور والسيقان والأوراق منفصلة بطريقة جاكسون ١٩٥٧ وحسب كمية كل عنصر. حيث سعة كل ورقة بطريقة الوزن بالنسبة معاملة مائية وقد اختبر خمسة نباتات وثلاثة ورقات فى مواقع مختلفة على طول النباتات لهذا التقدير. وتم الحصول على النتائج الآتية :

توزيع الأملاح على طول العمود الأرضى وأهم معالم هذا التوزيع هو ارتفاع تركيز الأملاح بالطبقة السطحية مع انخفاض حاد لهذا التركيز فى الطبقات الأسفل منها ففى الطبقة السطحية (سمك ٠,٦ سم) كان التركيز ٣٣,٢٩ ملليمكافى/١٠٠ جم أرض بينما على عمق ١,٨ سم من السطح كان تركيز ص كل ٧,٣٨ ملليمكافى/١٠٠ جم أرض وفى الطبقات الأسفل قارب التركيز الأسمى للملح المستخدم.

وكان توزيع الماء على مدى عمق البراميل مماثلاً لنظام توزيع الأملاح مع اختلاف فى كمية الماء الذى احتفظت به طبقات الأرض ويرجع هذا الاختلاف إلى بخر نتح الماء بالنسبة للنبات النامى ولوحظ أن معدل البخر نتح فى البراميل المزروعة بعد ٢٥ يوماً كان ٥,٩٢٥ مم/يوم عند استخدام الماء الصيفى وانخفض إلى ٤,٤٥ مم/يوم فى حالة وجود ٣٠ ملليمكافى/لتر.

وتجمع الأملاح فى الطبقة العليا وبمضى الوقت والطبقة التالية للعليا يزداد سمكها كما أن تركيز الكاتيونات اختلف تبعاً لنوع الكاتيون فبعد ٢٥ يوماً كان تركيز البوتاسيوم K, Ca, Mg فى الطبقة الأعلى ٠,٦ سم, ٠,٦ سم, ٢٩,٩٣ و ٣٣,٢٩ و ٢٦,٩٣ و ٢٨,٧٢ ملليمكافى/١٠٠ جم أرض على التوالى كما أن تركيز الكاتيونات فى الطبقات التالية لهذه الطبقة العليا كانت مختلفة لكنها لم تتبع القيم النسبية للتركيزات فى الطبقة الأعلى.

وكان تجمع الأملاح فى الأعمدة واضحاً نتيجة حركة المحاليل بالخاصية الشعرية والانتشار ثم البخر التالى عند السطح أو قريباً منه. والخاصية الشعرية عامل ثابت بين المعاملات فإن أعمدة الأراضى قد عيئت بشكل متماثل ومتجانس بقدر ما أمكن. والعامل الآخر الذى قد يسبب الاختلاف فى كمية الأملاح التى وصلت السطح هو الانتشار.

#### انتشار الكاتيونات :

كانت الارتفاعات التى وصل إليها بعد المدد المختلفة كما سبق ذكر ذلك وقد وصلت إلى حالة الثبات كما قفلت الأعمدة لمنع البخر قبل وضعها فى المحاليل المحتوية على ١٠٠ ملليمكافى/لتر من الأملاح المستخدمة. وكان لارتفاع خاصية الانتشار تتبع التسلسل الآتى :

بر<sup>+</sup> ص كا مغ واتضح أن هذا التسلسل يتوافق مع حجم الأيون النسبى

من ناحية تأثير الكاتيونات على بخر الماء أوضحت الدراسة أن البخر بعد ٥ أيام كان أعلى ما يمكن في الماء المقطر ويليه في التدرج بالترتيب محاليل الأملاح التي تحتوى على بو كل، ص كل، كا كل، مع كل، واستمر هذا الانخفاض في الماء المتبخر حتى نهاية التجربة وفسر ذلك بتأثير الأملاح على خواص الماء خصوصا انخفاض الضغط البخارى ورفع درجة الغليان كما أن جهد ارتباط جزيئات الماء مع أيونات الكاتيونات المتميئة يختلف باختلاف أنواع الكاتيونات.

أما في حالة الأنيونات فقد أوضحت الدراسة أنه يوجد انخفاض في مقدار الماء المفقود بالبخر في حالة محاليل لأملاح الصوديوم بالنسبة للماء المقطر إلا أن اختلافات بين أيونات كل<sup>-</sup> و ك<sup>-</sup> أو كب<sup>-</sup> لم يكن له تأثير واضح على مقدار الماء المفقود .

## التبادل الأيوني

بدأت دراسات التبادل الأيوني منذ وقت غير قصير عندما لاحظ way أن محلول الأمونيوم الذي أضيف إلى الأرض قد انخفض تركيزه لاحتجاز جزء من الأمونيوم في الأرض.

ومنذ هذه التجربة أخذ التبادل الأيوني موقع الصدارة في دراسات كيمياء الأراضي.

وفي دراسات تغذية النبات كان التبادل الأيوني أحد الآليات الهامة التي اتفق الباحثون على دور هام لها في تفسير انتقال الكاتيونات من سطوح الطين إلى سطوح جذور النباتات.

وقد تشعبت دراسات التبادل الأيوني فشملت مصدر الشحنة السالبة على سطوح حبيبات الطين وهي السبب المباشر لارتباط الكاتيونات ذات الشحنة الموجبة بحبيبات الطين. وفي هذا المجال اتضح الأتى كسبب لمصدر الشحنة السالبة على سطوح الطين.

### ١- الاحلال المتمائل :

قد يحدث استبدال ذرات السليكا في رباعيات الأوجه السليكية من مكونات بلورات الطين بالبدرات أقل في تكافؤها مثل الألومنيوم كما قد تستبدل ذرات من الألومنيوم في ثمانية الأوجه الألومنييه بأخرى ثنائية مثل المغنيسيوم والعجز الناتج عن هذا الاستبدال يسده جزئياً تغير في داخل البلورة والباقي من العجز تعادله الكاتيونات المدمصه. والشحنة السالبة الناتجة عن الاحلال المتمائل تكون أفضل توزيعاً على سطوح الحبيبات من انحلال الهيدروكسيل الذي يكون مركزه عند الأطراف والحواف.

### ٢- انحلال الهيدروكسيل :

قد ينفصل الهيدروجين من مجموعة الهيدروكسيل الموجودة على حواف البلورات وتطلق في الماء المحيط بحبيبات الطين تاركا شحنة سالبة من

الأوكسجين على سطح البلورة وقد أوضح سكرفيلد أن الشحنة السالبة للطين تكون ثابتة بين رقمي pH ٢,٥ و ٥ وتمثل هذه الشحنة الفرق الكهربائي المستديم للطين الناتج من الاحلال المتماثل.

وبارتفاع رقم pH إلى ٦ أو ٧ يبدأ انحلال مجموعة الهيدروكسيل وتصبح عاملا وبدا تزيد الشحنة السالبة وبالتالي يحتاج إلى زيادة الشحنات الموجبة. أي تزداد السعة التبادلية الكاتيونية.

والغالب أن مجموعة الهيدروكسيل التي تسبب هذا الانحلال موجودة على حواف الصفائح المكونة من رباعيات الأوجه السليكية لأن ذرة واحدة وليس ذرتين من السليكون وبذا تمسك كل منهما بذرة هيدروجين أخرى لتعادل شحنتها الزائدة. إما هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بالألومنيوم في ثمانية الأوجه ألومنيومية فهو غالبا غير قادر على الانحلال في حدود رقم pH.

ويتضح من ذلك أن ادمصاص الكاتيونات على سطوح الطين يكون على مستويين :

أ- عند رقم pH ٢,٥ - ٥ يكون الامصاص محدودا ويتوقف على معادلة الشحنة السالبة الناتجة عن الاحلال المتماثل.

ب- من رقم pH ٦ إلى أعلى من ذلك يزداد ما يستطيع الطين ادمصاصه من الكاتيونات حتى يعادل الحموضة الناتجة عن انحلال الهيدروكسيل.

جدول (٦): أثر انحلال الهيدروكسيل على السعة التبادلية الكاتيونية

نوع الطين	السعة التبادلية الكاتيونية مللي مكافئ/١٠٠ جم طين عند رقم pH	الزيادة الناتجة عن انحلال الهيدروكسيل
الكاولينايت	٦ - ٣,٥	٧
المونيموريلونايت	٤	١٠
	٩٥	١٠٠
		٥

عن : Russell 1950

ويتضح من الجدول أن مقدار الهيدروجين القابل للانحلال بين رقمى pH ٧,٦ فى كل من الكاواينيت والمونتي موريللوناييت متقارب رغم الاختلاف الكبير بين الشحنة الدائمة لكل منهما.

#### نظرية الطبقة المزدوجة Double layer theory

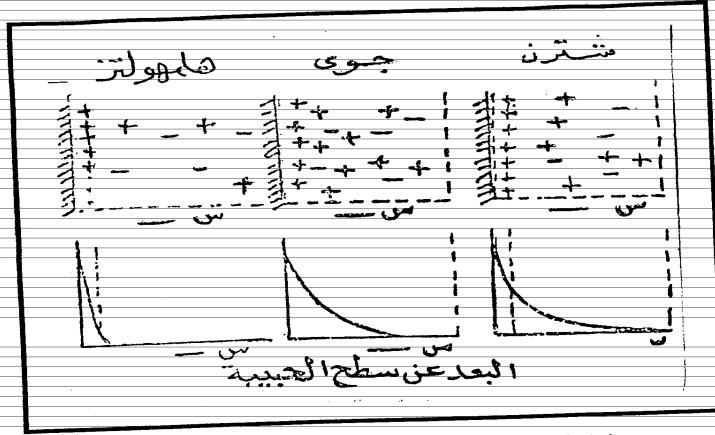
عندما تتلامس أنبوبة زجاجية مع الماء فإن سطح الأنبوبة الزجاجية يصبح سالبا بالنسبة للماء ذلك بأن سطح الزجاج يدمص adsorb أى تلتصق به مجموعة الهيدروكسيل من الماء فيصبح سالبا، وحتى يتم التوازن تتجذب أيونات الهيدروجين إلى السطح فتكون نتيجة لهذا الترتيب طبقة مزدوجة الشحنة السالبة التى تعطى سطح الزجاج والموجبة المجاورة لها مباشرة.

ومن هذه الظاهرة اقترح هلمهولتز ١٨٧٩ Helmholtz النظرية المعروفة باسمه ومن رأيه أن كلا من الغشاء الصلب والمحلول المحيط كان متعادلا كهربائيا، فإن الغشاء مع ما يحيط به من محلول له جهد كهربائى، ولذلك فقد اعتبر الغشاء محاطا بطبقة مزدوجة مكونة من سطحين كهربائيين السطح الخارجى مساو للسطح الداخلى فى مقدار للشحنة ومضاد له فى نوعها سالبة أو موجبة وأن هذا السطح يتكون من طبقة سمكها جزئى واحد.

ويرى هلمهولتز أن السطح الداخلى أو الطبقة الداخلية ملتصقة مع الغشاء ويتوقف على الخواص الكيميائية والفيزيائية لسطحه بينما الخارجية غير ثابتة وتتكون من مواد المحلول ويمكن توضيح قدرة الطبقة الخارجية على الحركة بتعريض النظام إلى قوة كهربائية فتتجه هذه الطبقة نحو القطب المضاد لنوع شحنتها، بينما الطبقة الداخلية الملتصقة بالغشاء تظل ثابتة.

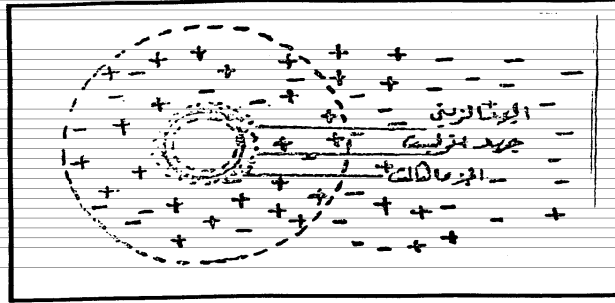
وفى ١٩١٠ أدت دراسات تشابمن Gouy و Chapman منفصلين إلى أن تركيز الكاتيونات حول سطح الحبيبة يكون أعلى فى جوار السطح ينفصل دفعة واحدة بالابتعاد عنه ثم تدريجيا فى المحلول ويختلف هذا النظام عن الصورة التى يصفها هلمهولتز وأن الأيونات المجاورة للسطح الغروى لا تصطف فى صفحة واحد سمكها جزئى واحد حول الغشاء (شكل ١).





شكل (١): رسم توضيحي للأيونات والجهد في الطبقة المزدوجة

ويرى شترن أن الطبقة المزدوجة للسطح الغروي تتكون من قسمين الأول داخلي يتوقف سمكه على مقدار الأيونات التي تنتمص مثل طبقة هلمهولتز أما الجزء الخارجي فيشبه الطبقة الخارجية في نظامه الجوى ويتشابهان. والشكل (٢) يمثل حبيبة غروية كروية ويلاحظ على السطح منطقة "منقطة" تمثل طبقة المحلول المنصقة على سطح الحبيبة وتلتصق هذه الأيونات وتتراكم بشدة فلا تستطيع أكثر الأيونات الأخرى بالمحلول اختراقها إلى السطح الغروي. ويطلق على السطح الخارجي لهذه الطبقة Shear plane وكل الأيونات داخل هذه الطبقة تساهم في الشحنة الذاتية لسطح الغروي وجميع الأيونات الخارجية تكون جزءا من الجو الأيوني ion atmosphere ويوضح الرسم أيضا أنه يوجد ثلاثة مستويات من الجهد ذات أثر في دراسة الخواص الكهربائية الحركية electro kinetic لغرويات الأرض.



شكل (٢): رسم توضيحي لحبيبة غروية في وسط يحتوي أيونات  
مبين به الجهود الثلاث للنظام الغروي

١- الجهد الكلى أو جهد نرنست Nurnest وهي فروق الجهد من سطح الغروي مباشرة حتى نقطة لا نهائية في الوسط الغروي ويمكن تقدير هذا الجهد باستعمال الأجهزة الكهربائية وهو مقياس للتوازن بين شحنات سطح الغروي والبيئة الخارجية للنظام الغروي.

٢- الجهد الكهربائي الحركي electro kinetic ويطلق عليه جهد زيتا نسبة إلى حرف Z زيتا اليوناني الذي يرمز به عادة وهو الفرق بين جهد السطح الخارجي Shear plane وبين الجهد عند مسافة لا نهائية في المحلول الخارجي ولا يمكن قياسه مباشرة ولكن يمكن حسابه بتقدير سرعة حركة الغرويات في مجال كهربائي من المعادلة الآتية :

ط ل ف

ز "Z" -

ث

حيث: ط النسبة التقريبية ، ل معامل اللزوجة.

، ف الحركة الإلكتروفيريية electrophoretic تحت جهد ١ فولت/سم.

، ث ثابت electrokinetic constant.

٣- جهد الطبقة الثابتة *immovable* وهو غير ثابت ولا يمكن قياسه مباشرة ولكن يمكن حسابه بأنه الفرق بين الجهد الكلي وجهد زيتا.

ويفسر التبادل الأيوني على أساس نظرية الطبقة المزدوجة لما كانت الأيونات الموجودة في الطبقة الخارجية من الضروري أن تنتشر خلال المحلول إذ لا يوجد حد قاطع بين الأيونات في هذه الطبقة وبينها وبين المحلول الخارجي وقد أشرنا إلى أن تركيزات الأيونات الموجودة في الطبقة الخارجية للغروي تتغير باستمرار معتمدة في ذلك على تركيز المحلول الخارجي وكذا على الرقم الهيدروجيني لهذا المحلول (pH يدل على تركيز أيونات الهيدروجين) فإذا تغير تركيز المحلول الخارجي بإضافة أيون جديد فإن التوازن القديم يختل ويحصل على توازن ينتج عن أن جزءا من الأيونات الجديدة يدخل الطبقة الخارجية للغروي أخذا محل بعض الأيونات التي كانت موجودة في هذه الطبقة، ويحدث هذا التبادل مكافئا بمكافئا طبقا لقانون التفاعل الكهربائي.

#### رأى Jenny

يفترض بنى Jenny أن كل كاتيون على سطح حبيبية الأرض يدور *ascillates* حول مركز الجهد الكهربائي له على هذا السطح فإذا حدث بمحض الصدفة أن مر كاتيون من المحلول بين الكاتيون على السطح ومركز الجهد الكهربائي لهذا الكاتيون المدمص فإن التبادل يتم بين هذين الكاتيونين فيصبح الكاتيون الذي كان بالمحلول مدمصا والكاتيون المدمص في المحلول. ويطبق بنى نظرية الاحتمالات *Probability* على هذا الفرض واستنتج المعادلة الآتية :

$$ن^2 (1 - ح ل) - ن (ع + س) + ع س = صفر$$

ح م

حيث: ن عدد الكاتيونات التي تدمص أو تطرد من السطح عند التوازن.  
ح سعة التبادل الكاتوني. س الكاتيونات بالمحلول.  
ح ل ، ح م: حجم الدوران الكلي من الكاتيونين ل ، م.

ويمكن توضيح أن هذه المعادلة تنتهي إلى معادلة تأثير الكتلة.  
بالإضافة إلى هذين المصدرين للشحنة السالبة فإن الشحنة السالبة قد تنتج  
أيضا من حامض الديباليك أو الفوسفوريك أو الكبريتيك التي قد تكون جزءا مكملا  
من سطح الطين، حيث مساهمة هذا المصدر في مد الأرض بشحنها السالبة  
تختلف باختلاف تركيب الطين وحجم الحبيبات ومقدار المادة العضوية وحالتها.

تفسير ظاهرة التبادل :

توجد عدة نظريات لتفسير هذه الظاهرة منها :

نظرية طبقات البلورة :

تعتمد هذه النظرية على الرأي القائل بأن العناصر المكونة لطبقات البلورة  
توجد في حالة أيونية فيلوره - ملح كلوريد الصوديوم مثلا لا تحتوي جزئيا "ص  
كل" بل أيونات ص<sup>+</sup> وأيونات كل<sup>-</sup> وكل أيون في البلورة محاط بعدد ثابت من  
الأيونات المضادة في الشحنة ويتحدد هذا العدد برقم الإحاطة ويتعرض لقوى  
جذب حسب قانون كولومب ويترتب على ذلك أن الأيونات الموجودة على سطح  
البلورة تتعرض لقوى جذب أقل من القوى التي تجذب الأيونات الداخلية، وإذا  
وضعت هذه البلورة في وسط قطبي polar فإن قوى جذب الأيون السطحي إلى  
البلورة تقل لدرجة أن أيون آخر من المحلول قد يحل محله أو قد يتحد مع أيون  
آخر بالمحلول.

وسهولة حلول أيون محل أيونات سطح البلورة تتوقف على عدة عوامل:

- ١- القوى التي تربط أيونات البلورة.
- ٢- درجة تركيز أيونات المحلول.
- ٣- تكافؤ الأيونات بالمحلول.
- ٤- حجم كل من الأيونين في البلورة وفي المحلول.
- ٥- قدرة أيونات البلورة على التحرك.
- ٦- تأثيرات الإذابة.

وقد أوضحت دراسات كثير من الباحثين أن أيونات طبقات البلورة يمكن تبادلها مباشرة مع أيونات المحلول ، غير أن بعض البلورات ذات البناء الكثيف لا يحدث فيها هذا التبادل إلا بعد تفتتها إلى حبيبات دقيقة مثل الفلسبارات والميكاك. وتبادل الأيونات يحدث في طبقات البلورة مثلما يحدث تبادل الكاتيونات.

#### التبادل الأيوني على جذور النباتات :

تقدير السعة التبادلية الكاتيونية والأنيونية للجذور : اقترح Bartlet الطريقة الآتية لتقدير السعة التبادلية الكاتيونية والأنيونية للجذور :

تغمر عينة الجذور في محلول ٠.٢ أساس من كلوريد الصوديوم ثم تغسل بالماء المقطر ثم تغمر مرة أخرى في حامض نترريك أساسى مدة دقيقة واحدة ثم ترفع الجذور ويقدر الكلوريد والصوديوم اللذان طردهما حامض النترريك وتحسب السعة التبادلية على أساس ١٠٠ جم من الجذور الجافة.

ولما كان سطح الجذور مغطى بشحنات سالبة فإن الأنيونات الموجودة في الأرض تتنافر مع سطح الجذر كلما اقتربت منه وفي دراسة الجبلى وفيكلاندر أوضحنا باستعمال راتنج rang المشبع بالكلوريد أن جذور نبات الشعير تستطيع أن تمتص مقدرا من أنيون الكلوريد المدمص علم سطح الراتنج أكثر مما تمتصه من المحلول المحيط بالراتنج عند الاتزان وأن المقدار الممتص من الكلوريد المدمص على سطح الراتنج يزيد عن المقدار الممتص من محلول كلوريد الكالسيوم ذات شحنة سالبة وتحمل عليها كاتيونات ذات شحنة موجبة. وأن الراتنج ذو سطح موجب الشحنة مغطى بأنيونات الكلوريد السالبة، وعند "م" تلامس هذه السطوح يحدث تداخل في الطبقات المزدوجة المحيطة بكل منها فيقل الجهد الكهربائى والشحنة الكهربائية فينطلق الكلوريد من سطح الراتنج والهيدروجين أو الكالسيوم من سطح الجذور ويستطيع الكلوريد أن يدخل الجذر دون مقاومة شديدة من السطح سائب الشحنة.

كانت دراسات Jenny سنة ١٩٣٩ من أولى الدراسات التي أشارت إلى أن لجذور النباتات خواص تشبه خواص الغرويات. فعندما غمر جذور نباتات الشعير الحية في محلول يحتوى روبيديوم مشع لفترات قصيرة لاحظت تزايد مقدار الروبيديوم الذي يمتصه النبات بزيادة الروبيديوم في المحلول وأن هذه الزيادة تصل إلى أعلاها عندما تصبح السطوح الخارجية للجذور مشبعة بالروبيديوم وهو نفس ما يحدث عند ادمصاص الكاتيون على سطح الغروى.

ثم أوضح Jenny أن الأيونات المحمولة على سطوح الجذور تتبادل تبادلا مباشرا مع الأيونات المحمولة على سطوح حبيبات الطين عندما يتلامس سطوح الجذور مع سطوح هذه الحبيبات وذلك تطبيقا لرأيه في تبادل الأيونات بالملامسة Contact exchange دون وسط سائل.

ومن دراسات Williams and Coleman في هذا المجال :

- ١- للنظام المكون من جذور النباتات والماء له خواص المعلق الغروى Suspension effect فإذا شبتت جذور النباتات بالهيدروجين ثم غسلت عدة مرات بماء مشبع بثانى أكسيد الكربون ثم غمرت في نفس الماء به ك أ، فإن تركيز الهيدروجين يزداد قرب سطح الجذور ويكون رقم pH الجذور أقل من السائل المحيط بها.
- ٢- غمرت الجذور التي شبتت سطوحها بالهيدروجين بالطريقة السابقة في محلول كلوريد بوتاسيوم فلوحظ أن رقم pH المحلول قد انخفض وارتفع رقم pH لسطوح الجذور مما يدل على أن البوتاسيوم قد حل محل هيدروجين الجذور وقد تم هذا أيضا في عشرة ثوان مما يدل على أن التفاعل قد تم على السطوح الخارجية.
- ٣- غمرت الجذور لمدة ١٠ ثوان في محلول كلوريد السيزيوم ٠.٠١ أساس الذى يحتوى سيزيوم ١٣٧ المشع ثم رفعت الجذور وغسلت جيدا وقسمت إلى ثلاثة أقسام :

أ- وضع القسم الأول منها في محلول كلوريد سيزيوم غير مشع.

ب- والقسم الثاني في محلول كا كل ١,٠٣ أساس.

ج- قدر إشعاع السيزيوم على جذور الأقسام الثلاثة (٢٠ جذر لكل منها ١٠ سم) فوجد أنها ٥,٠٥ و ٢,٢٢ و ٧٤,٨٤ عدة/ثانية على التوالي وواضح أن السيزيوم المشع قد تبادل مع السيزيوم غير المشع في القسم الأول ومع الكلسيوم في القسم الثاني.

اتجهت الدراسات بعد ذلك إلى تقدير السعة التبادلية الكاتيونية لجذور النباتات واتبع في ذلك طريقة مشابهة لبعض طرق السعة التبادلية الكاتيونية للأرضي.

اقترح Graham & Baker أن تشبع سطح الجذور بالهيدروجين باستعمال الانحلال الكهربائي electro dialysis مدة ٣ ساعات ثم يعامل بمحلول كا ك (أ) يعبر عن السعة التبادلية الكاتيونية للجذور بالمليماكافى/١٠٠ جم من الجذور. واقترح Smith & Wallace أن يعبر عن السعة التبادلية الكاتيونية للجذور بالمليماكافى لكل اسم<sup>٢</sup> من سطح الجذور وعبر عن ذلك كثافة الشحنة. وأوضحت تقديرات Graham & Baker أن السعة التبادلية لجذور الشعير والشوفان والقمح وفول الصويا تتغير حسب العوامل الآتية :

أ- عمر النبات.

ب- العناصر المغذية المستعملة فترة النمو.

ج- نوع النبات.

د- درجة الحرارة التي نما فيها النبات.

وأشار Colbey أن السعة التبادلية الكاتيونية لا تختلف للجذور الحية أو التي عوملت بالاثيلين لقتلها.

وقد لوحظ أن جذور نباتات ذات الفلقتين لها سعة تبادلية كاتيونية أعلى من جذور نباتات ذات الفلقة الواحدة.

كما أن للكاتيونات قدرات مختلفة على الحلول محل بعضها على سطوح النبات ووجد وليامز وكولمان أن قدره الكاتيونات النسبية على الحلول محل بعضها على سطوح الجذر لا يختلف عنها في الغرويات. فالهيدروجين أقواها ثم الباريوم ثم الكالسيوم ثم المغنيسيوم والسيزيوم ثم الروبيديوم والألمونيوم ثم التونيوم.

ومن دراسات وليامز وكولمان وغيرهما لوحظ أن الجزء الفعال في تبادل الكاتيونات من الجذور هو ١ - ٢م من قمة الجذور النامية وكذا الشعيرات الجذرية.

السعة التبادلية الكاتيونية لجذور بعض النباتات :

جدول (١٢): السعة التبادلية الكاتيونية لجذور بعض النباتات

النباتات	السعة التبادلية الكاتيونية ملليمكافئ/١٠٠جم جذر جاف
أ- نباتات ذات فلقين:	
فول الصويا	٥٨,٩
البرسيم الحجازي	٤٨,٠٠
البطاطس الايرلندي	٣٧,٠٠
الطماطم	٣٤,٠
ب- نباتات ذات فلقة واحد:	
الذرة الصفراء	٢٦,٠
الذرة السكرية	٢٢,٢
الشعير	١٢,٣
القمح	٩,٠

عن : Drake et al. 1951

ومن كثير من الدراسات لوحظ أن جذور نباتات ذات الفلقين لها سعة تبادلية كاتيونية أعلى من جذور نباتات الفلقة الواحدة كما أن للكاتيونات قدرات



مختلفة على الحلول محل بعضها على السطوح الغروية فقد وجد ويليامز وكولمان أن قدرة الكاتيونات النسبية على الحلول محل بعضها على سطوح الجذور لا تختلف عنها في الغرويات فالهيدروجين اقواها ثم الباريوم ثم الكالسيوم ثم المغنيسيوم ثم السيزيوم ثم الروبيديوم ثم الأمونيوم ثم البوتاسيوم ثم الليثيوم. ويقترح بارتلت Bartlet طريقة لتقدير السعة التبادلية الكاتيونية كما يلي:

يغمر عدد من الجذور في محلول ص كل ٠,٢ أساس ثم تغسل بالماء المقطر ثم تغمر ثانية في حامض نترريك أساس دقيقة واحدة ثم ترفع الجذور ويقدر الكلوريد والصدويوم اللذان طردهما حامض النترريك وتحسب السعة التبادلية على أساس ١٠٠ جم من الجذور الجافة.

التعبير الرياضي عن التبادل الأيوني :

بذلت عدة محاولات منذ وقت طويل للتعبير رياضيا عن التبادل الأيوني خصوصا في حالة الكاتيونات وازدادت الرغبة عندما اتضح أن لهذا التفاعل آلية أساسية في تغذية النبات.

وختلف الأساس النظري لهذه المعادلات :

أ- معادلات تعبر عن التأثير السطحي Surface action (فيزيائية).

ب- معادلات كيميائية مثل قانون تأثير الكتلة Law of mass action.

ج- معادلات باستعمال نظرية الحركات Kinetic theory.

د- فروض رياضية مستقلة تنتج عنها معادلات خاصة.

معادلة فرندليخ Freundlich :

$$ص = م س^{1/n}$$

حيث "ص" مقدار الكاتيونات الممتصة من المحلول عند الاتزان مع كمية معينة من الأرض و "س" مقدار الكاتيونات المتبقية في المحلول المضاف و "م" و "ن" ثوابت.

ويلاحظ أن معادلة فرندليخ لا تعطى نهاية عظمى للانمصاص وبذا فهي لا تناسب التركيزات المختلفة لاختلافها كبيرا.

### معادلة لانجموير Langmuir :

اقترح لانجموير هذه المعادلة لتمثل امتصاص الغازات على سطح صلب على اعتبار أن سمك الطبقة الغازية الممتصة جزئية واحد.

$$\frac{س}{ك/ص} = \frac{ن}{م} + \frac{ن}{م}$$

حيث "س" التركيز النهائي لأيون ، المحلول "ص" مقدار الأيون الممتص و "ك" وزن الجسم الماص و "م" و "ن" ثوابت.

### معادلة كير Kerr :

يعبر عادة عن تبادل الأيونات ذات التكافؤ المتساوي بالمعادلة الآتية :

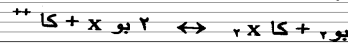
$$بو ك + ص + ص ك + بو +$$

حيث "ك" تمثل الجسم الماص ويمكن كتابة هذه المعادلة كالتالي :

$$\frac{[ص X] [بو^+]}{[بو X] [ص^+]} = \text{ثابت}$$

وهي معادلة تأثير الكتلة المعروفة في الكيمياء.

وفي حالة كاتيونات ثنائية التكافؤ مع أخرى أحادية التكافؤ مع أخرى أحادية التكافؤ تكون المعادلة:



$$\frac{[بو_2 X] [كا^{++}]^2}{[بو X]^2 [بو^+]^2} = \text{ثابت}$$

وقد قام فانزلو Vanslaw بإدخال بعض التعديل على هذه المعادلة باستعمال

النسبة الجزئية بدلا من التركيزات مباشرة .

### معادلة جابون Gapon :

استنتج جابون هذه المعادلة باستخدام نظرية الحركات Kinetic theory وتظهر المعادلة كما يلي :

$$\text{ثابت م} = \frac{(كا^{++})^{1/2} (\text{ص ك})}{(\text{ص}^+) (\text{السعة التبادلية الكاتيونية} - \text{ص ك})}$$

ويعبر عن الكاتيونات بالمليمكافى.

واستخدم معمل بحوث الأراضى الملحية والقلوية الأمريكى المعادلة الآتية بعد تعديل بسيط لاستنتاج النسبة المئوية للصوديوم المتبادل فى الأرض من معرفة التركيب الكاتيونى لمستخلص الأرض .

$$\text{م} = \frac{(كا^{++})^{1/2} (\text{ص ك})}{(\text{ص}^+) (\text{السعة التبادلية الكاتيونية} - \text{ص ك})}$$

$$\text{م} = \frac{(\text{ص}^+) (\text{السعة التبادلية الكاتيونية} - \text{ص ك})}{(كا^{++})^{1/2} (\text{ص ك})}$$

وفى حالة وجود مغنيسيوم مع الكالسيوم يجمع مقدارهما فى المحلول بالمليمكافى/لتر وتتحول المعادلة إلى:

$$\frac{\text{ص} / \text{كا} + \text{مغ}}{2} = \frac{\text{م ص ك}}{(\text{السعة التبادلية الكاتيونية} - \text{ص ك})}$$

ويقسم مقدار (كا + مغ) المحلول على 2 لأنهما محسوبان بالمليمكافى متبادل ويطلق على الطرف الأيمن فى هذه المعادلة نسبة امتصاص الصوديوم (ن أ ص) . (SAR) Sodium adsorption ratio

وبإجراء بعض التعديل تنتج العلاقة بين النسبة المئوية للصوديوم المتبادلة (ESP) ونسبة ادمصاص الصوديوم SAR وفي حالة استعمال مستخلص الأرض عند درجة التشبع وتصبح معادلة معمل بحوث الأراضى الملحية الأمريكى المعادلة الآتية :

النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ن ص م) (ESP) =

$$100 \frac{(-0.0126 + 0.01475 \text{ ن أ ص})}{(-0.0126 + 0.01475 \text{ ن أ ص}) + 1}$$

وأوضح الكاتب أنه فى الأراضى المصرية كانت النسبة (ن م ص) المئوية للصوديوم المتبادل ESP =

$$100 \frac{(-0.00868 + 0.00792 \text{ ن أ ص})}{(-0.00868 + 0.00792 \text{ ن أ ص}) + 1}$$

$$100 \frac{(-0.00868 + 0.00792 \text{ ن أ ص})}{(-0.00868 + 0.00792 \text{ ن أ ص}) + 1}$$

**معادلة ينى Jeny :**

وضحنا هذه المعادلة فى موقع آخر من هذه الصفحات.

**عوامل ذات أثر فى التبادل الأيونى :**

درست هذه العوامل فى حالة الكاتيونات بصفة خاصة ويمكن تلخيصها فيما يلى:

**أ- نوع الكاتيون :**

تستطيع بعض الكاتيونات أن تطرد كاتيونات أخرى من موقعها على سطح الطين وتأخذ هى محلها.  
فى حالة الكاتيونات ذات التكافؤ المتساوى مثل الصوديوم والبوتاسيوم أو الكالسيوم والمغنيسيوم.  
اقترح أولا أن قطر الكاتيون هو العامل الرئيسى. فكلما قل القطر كلما زادت القوة التى يرتبط بها الكاتيون مع سطح الطين طبقا لقانون كولومب :

$$F = \frac{(ta)(tc)}{D(ra + rc)}$$

حيث:  $F$  هي القوة التي يرتبط بها الكاتيون مع سطح الطين و  $1a$  هي الشحنة الكهربائية للأنيون و " $D$ " ثابت الفصل الكهربائي  $D$ . Dielectric Constant. غير أنه لوحظ أن أغلب الحالات يتم التبادل في وسط مائي وأن الكاتيونات في هذا الوسط تحيط نفسها بطبقة من الماء تلتصق بها وتكون معها وحدة واحدة وبذا يصبح الكاتيون ذا نصف القطر المسمى hydrated radius الأصغر يكون أقدر على طرد الكاتيون ذي نصف القطر المسمى الأكبر.

وأوضح Wiegner & Jeny أن مقدار أيونات الكالسيوم التي حلت محل كلا من الصوديوم والبوتاسيوم والسيزيوم على صورة كلوريدات قد زادت بزيادة الكحول الذي يؤدي إلى تقليل الغشاء المائي المحيط بالأيونات وبذا تزداد قدرتها على الارتباط بالطين ويمكنها أن تحل محل كمية من الكالسيوم. وقد لوحظ أن قوة التبادل لكل من الصوديوم والسيزيوم في حالة محلول كحول متقارب ٨٠%، بينما كانت مختلفة كل الاختلاف في حالة المحلول المائي العادي.

ويطلق فيكلاندر Wiklander على نصف القطر في حالة التميؤ (التأدرت) electro dynamic radius ويرى Ulrich أنه يوجد نوعان من التميؤ، فيزيائي وكيميائي.

#### التميؤ الفيزيائي :

يكون جزئياً يد، أ فيه أقل التصاقاً بالأيون وينفصل عادة بالحرارة الناشئة عن الحركة الحرارية للجزئ.

#### التميؤ الكيميائي :

ترتبط جزئيات الماء في هذه الحالة بالأيون ارتباطاً وثيقاً يجعلها تعمل مع الأيون إلا في حالة خاصة.

ورقم التميؤ Hydration Number هو عدد جزئيات الماء التي ترتبط كيميائياً مع الأيون.

ب- في حالة الكاتيونات ذات التكافؤ المختلف :

من نفس قانون كولومب المشار إليه سابقا يتضح أن الارتباط بين الكاتيون وحبيبة الطين يزيد بزيادة الشحنة الكهربائية. فالكاتيونات الثنائية التكافؤ شحنتها أعلى من أحادية التكافؤ ولذا فهي أقوى ارتباطا بسطح الغروى وكلما زاد تكافؤ الكاتيون كلما زادت قدرته على الحلول على سطح الطين محل الكاتيونات الأقل تكافؤا.

وترتب الكاتيونات حسب قدرتها على الحلول محل بعضها على سطوح الطين كما يلي :

الباريوم < الكالسيوم < المغنيسيوم < البوتاسيوم = الألومنيوم < الصوديوم < الليثيوم ، ويطلق على هذا الترتيب ليوتروبيك Lyotropic Series.

واتضح من دراسات براى ودراساتنا أنه إذا نسبت قدرة الكاتيون على الانفصال من سطح الطين إلى الكالسيوم باعتبار قدرته على الانفصال عن سطح الطين "١" فإن انفصال المغنيسيوم ١,٢ قدرة الكالسيوم والبوتاسيوم ١,٨ والألمنيوم ٢,٢ والصوديوم ٥,٤ ونوجه النظر إلى أن الهيدروجين له قدرة خاصة على الحلول محل أغلب الكاتيونات الثنائية أو الأحادية.

ج- تركيز الكاتيونات بالمحلول :

- ١- عند تثبيت حجم المحلول وزيادة تركيز الصوديوم فيه تزيد قدرته على الحلول محل الكالسيوم نسبيا.
- ٢- مقدار الكاتيون المطرود من سطح الطين لا يتناسب طرديا مع تركيز المحلول المستعمل فقد وجد جيديرويزا Gedroiz أنه باستعمال محلول ٠,٠٥ أساس من  $NH_4 Cl$  وكان مجموع  $Ca + Mg$  المستبدلين ١٢,٧ ملليمكافى/١٠٠جم أرض وفي حالة محلول ٠,١ أساس كان مجموع  $Ca^{++} + Mg^{++}$  المستبدلين ٢٠,٠ ملليمكافى/١٠٠جم أرض فمضاعفة التركيز أعطت زيادة حوالى ٦٠% فقط فى عملية التبادل.

٣- باستعمال مقدار ثابت من الكاتيون المحلول مع تغيير التركيز أوضحت النتائج أنه كلما زاد تركيز المحلول كلما زاد التبادل رغم أن كمية الكاتيونات المشتركة في التفاعل لم تتغير.

٤- تتدخل عوامل أخرى عند دراسة التركيز منها الانحلال المائي والتغير في الفاعلية Activity وزيادة التركيز.

#### تأثير الحرارة :

لم يتضح أثر هذا العامل جيدا بعد، وقد أشار Kelly و Hissink, Broun أن عملية التبادل يحسن أن تتم على درجة ٧٠ف باعتبار أن الحرارة تنشط التفاعل ولكن من ناحية أخرى تؤدي زيادة الحرارة إلى ثوبان مركبات أخرى مما يزيد في أخطاء التقديرات.

#### أثر مادة التبادل :

يتأثر تفاعل التبادل إلى حد كبير بالمادة التي تلتصق بها الأيونات وأهم للعوامل في هذه الحالة ما يأتي :

١- سعة التبادل للغرويات الأرضية. ومن المعروف أن لكل نوع من هذه الغرويات قدرة على ادمصاص الكاتيونات.

٢- درجة انتظام الشحنة على سطوح الأنواع المختلفة من الطين.

٣- موافقة حجم الأيون لموقع الامصاص. فإذا صادف أن حجم الأيون يلائم هذا الموقع فإن ارتباطه بالسطح يكون أقوى من الأيون الذي له حجم أكبر أو أقل من حجم الموقع مما يجعله غير مستقر وخير مثال لذلك قطر أيون البوتاسيوم غير المتميئ nohydroted أو الأمونيوم وهو ٢,٧جم يجعلهما يلائمان الفجوات السداسية الناتجة عن طبقة الأوكسجين في الطين وينتج عن ذلك ارتباط الأيونات بقوة مع الطين.

٤- تستطيع المواد العضوية ربط الكاتيونات بقوى مختلفة خصوصا تقييدها  
Chelating كما يحدث عادة للنحاس.

٥- تغطية مواقع التبادل بواسطة الكاتيونات الكبيرة الحجم فمثل هذه  
الكاتيونات لا يستطيع الدخول بين صفحات معدن الطين وتغطي جزء  
كبيرا من سطحه فتمنع ادمصاص كاتيونات أخرى على مواقع التبادل  
التي غطتها وبذا تقل السعة التبادلية الكاتيونية للغروى.



## الإنتشار

فهم الباحثون في تغذية النبات أن المغذيات توجد في صورة أيونية مدمصة على السطوح الغروية (الطين المادة العضوية) أو في صورة رواسب. وظل أمامهم أن يفهموا كيف تنتقل هذه المغذيات من سطوح الطين إلى سطوح الجذور فلم يمض غير وقت قصير حتى كانت نظرية انتشار الأيونات في المحلول الأرضي متجهة إلى سطوح الجذور تجيب على هذا التساؤل. وانتشار الأيونات يشبه انتشار الحرارة وانتشار الماء من موقع تكون فيه الحرارة مرتفعة أو يكون الماء فيه مركزا في منطقة بالأرض إلى موقع يقل فيه تركيز الحرارة أو يقل فيه الماء فالانتشار هو الانتقال من التركيز العالي إلى التركيز المنخفض.

واستخدم Crank (1965) المعادلة الآتية لحساب معامل انتشار الزنك ٦٥

$$Mt = 2 (C_0 - C_L) (D_e^{1/4}) r_2$$

حيث "M<sub>i</sub>" جميع الزنك ٦٥ الذي ينتشر في ورق تبادل الرتج في الوقت "t" و C<sub>0</sub> التركيز الأصلي المنتظم من الزنك ٦٥ في الأرض و C<sub>L</sub> تركيز الزنك ٦٥ عند سطح التماس بين ورق التبادل والأرض للنظام الأرضي. وأوضح فيدياناثان ونای (١٩٦٦) أنه في الوقت القصير "t" يمكن افتراض أنه صفر وبالتالي تكون المعادلة :

$$D_e = (M_i^2 \pi / 4 C_0^2 t)$$

بفرض أن أغلب الزنك ينتشر خلال القسم السائل و D<sub>e</sub> يجب أن تساوى معدل انتشار الزنك في الماء مضروبا في معامل الانتقال ومعامل الانتقال يمكن قسمته إلى مكونين المسار الطبيعي والكيميائي، والمسار الحزوني F<sub>1</sub> يعكس المكون الفيزيائي، والمكون الكيميائي σ يأخذ في الاعتبار الاتزان بين القسم الصلب والقسم السائل C<sub>s</sub> ΔC<sub>1</sub>/ΔC<sub>2</sub> والتفاعل مع غرويات الأرض γ ويكون كالتالي :

$$De_{(zn)} = D_{zn} F_1 (\Delta C_L / \Delta C) + R = D_{zn} F_L \dot{O} + R$$

حيث R تأخذ في الاعتبار الانتشار غير الذي يحدث خلال القسم السائل.  
ويرى Porter أن قانون Fiks الثانى لحالة الانتشار فى حالة ثبات القسم

السائل يكون :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \Delta D p A \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

حيث  $\Delta Q$  فى دراسة Porter كانت مقدار  $^{32}P$  المنتشر فى الأرض فى المحلول (عدة/دقيقة فى 1 سم<sup>2</sup>) ، و  $t$  هى الوقت بالثوانى و  $D$  هى (معامل الانتشار) و  $\Delta C$  الفرق فى نشاط  $^{32}P$  فى كل جانب (عدة/دقيقة/1 سم<sup>2</sup>).  
و  $A$  هى مساحة المقطع الذى يحدث الإنتشار عبره .  
و  $x$  هى المسافة التى فى إتجاه حركة الأيونات .

وحيث يقدر الانتشار الذاتى فى نظام مسامى وليس فى الماء والتفاعل بين الأيونات المنتشرة فى النظام والأيونات المرتبطة مع جزيئات المعدن المشحونة تعمل على خفض الانتشار فتتخفص أيضا لزوجة الماء فى جوار سطوح المعدن والتي تقلل الانتشار.

حيث  $Q$  مقدار بالجرام و "T" الوقت بالثانية و  $D$  هى الانتشارية أو معامل الانتشار  $Cm^2/S_{ec}^{-1}$  و  $A$  هى مساحة المقطع الذى يحدث فيه التدفق  $Cm^2$  و  $C$  هو التركيز  $(g.Cm^{-3})$  و  $X$  هى مسافة حرك الأيونات بالسنتيمتر.  
ولزوجة الماء أيضا تقل فى جوار السطح والملاصق لسطح المعدن التى تقلل الانتشار وبأخذ هذه العوامل فى الاعتبار نصل إلى المعادلة المستخدمة فى القنوات المسامية.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = DA \lambda \left( \frac{L}{L_c} \right)^2 Q \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

حيث  $Q$  = محتوى الرطوبة حجميا  $(L/L_c)$  معامل ناتج من الحلزونية واتجاه المسارات. و "t" الوقت بالثانية و "D" معامل الانتشار و "A" مساحة المقطع حيث يكون الانتشار بينهما.

وفي حالة تقدير معامل الانتشار الذاتي Self dif. Coef في نظام مسامي وليس في الماء فإن التفاعل بين الأيونات المنتشرة في النظام والأيونات المرتبطة بجزيئات المعدن المشحونة تعمل لتقليل الانتشار. و  $\gamma$  هو المعامل الذي يأخذ في الاعتبار التفاعل الأيوني والزيادة في لزوجة الماء في النظام المسامي وتكتب المعادلة السابقة كالآتي :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = D\gamma(L/L_e)^2 \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

ويمكن تبسيط هذه المعادلة إلى :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = D_p A \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

حيث  $\Delta Q$  في معادلة Porter هي مقدار  $^{32}P$  الذي انتشر خلال الأرض في المحلول (عدة/دقيقة لكل اسم<sup>2</sup> و  $\Delta C$  هي الفرق بنشاط  $^{32}P$  بين كل جانب عدات/دقيقة/سم<sup>2</sup> و  $\alpha$  معامل الزوجة السليبي، و  $\gamma$  معامل الامصاص السليبي. والنظام الانتقالي الذي يتبع المعادلة التي اقترحها لولسن وزملاؤه (1960).

$$\partial C / \partial t = \frac{D_p}{b+B} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \frac{D_p}{b+B} \frac{\partial^2}{\partial x^2}$$

واستخدم Porter تكامل معادلة مشابهة يمكنها أن تقدر "D<sub>p</sub>" في حالة تجربة انتقالية :

$$\frac{D_p}{b+Q} = \frac{\pi}{t} (q/q_0)^2 L^e$$

حيث  $q_0$  الكمية الكلية التي انتشرت / وحدة أرض و  $q$  الكمية الأصلية للأيون القابل للانتشار.

ولاختيار طبيعة "b" معامل السعة Capacity factor عرفا  $S/C$  حيث S الطور الصلب من الفوسفور الميسور  $g/Cm^3$  (Stable P أرض) و C تركيز P في المحلول الأرضي وبالتالي يكون  $Q C + S = A_a$  حيث  $C_a$  جميع الفوسفور

الميسور في الأرض (g/سم<sup>3</sup> أرض) و  $C_a = (b + Q)c$  وفي توقيع  $C_a$  مع  $C$  في رسم بياني في حالة خط مستقيم يكون الميل  $= b + Q$ .

حيث  $t$ ,  $D_p$  و  $Q$  و  $X$  سبق نكرها و  $b$  معامل السعة Capacity factor و  $C$  تركيز الفوسفور  $P$  في المحلول الأرضي ( $g/cm^3$ ).

وفي هذه المعادلة " $b$ " و " $D_p$ " نفترض أنهما ثابتين ومستقلين عن " $C$ " و  $t$  و  $X$ .

و يدخل معامل السعة في هذه المعادلة لوجود كمية كبيرة من الفوسفور في الصورة labile الذي منحه مباشرة إلى المحلول عندما ينخفض تركيز الفوسفور بالانتشار.

ويرى بورتر وزملاؤه (١٩٦٠) شكلا تكامليا للمعادلة مشابهة للمعادلة التي يمكن استخدامها لتباشر  $D_p$  في حالة الانتقال.

$$\frac{D_p}{b + \theta} = \frac{\pi}{t} (q / q_0)^2 L^2$$

حيث  $q_0$  هو المقدار الكلي الذي ينتشر لكل وحدة من الأرض

و  $q$  هي الكمية الابتدائية من الأيون القابل للانتشار لكل وحدة أرض

و  $L$  سمك الأرض الذي يحدث فيه الانتشار النهائي.

وبفحص طبيعة " $b$ " وهو معامل السعة فإنهم عرفوا  $b = S/C$  حيث  $S$  هي

الجزء الصلب من الفوسفور اللابيل Soil Labile  $PCg/cm^3$  و  $C_a$  هي تركيز

الفوسفور في المحلول الأرضي ويكون  $C_a = S + OC$  حيث  $C_a$  جميع الفوسفور

المتاح في الأرض ( $g/cm^3$  Soil) و  $(b + \theta) = C_a$  في حالة توقيع  $C_a$  مع  $C$

في علاقة مستقيمة يكون الميل هنا  $(b + \theta)$  وبالتعبير عن  $b$  كدالة " $C$ " ويكون " $b$

" تقريبا مستقلة عن  $C$  فإن  $b$  أقل من ١ وتكون  $\theta$  أكثر مغزوبة من ويكون المثل

معتمدا على قيمة  $\theta$  أيضا.

واستنتج فيليبس وبراون المعادلة الآتية :

$$D = Q h^2 F^2 / t$$

حيث  $D$  هي الانتشار الذاتي الظاهري و  $h$  هي المنطقة  $h < Q$  في وقت  $t$  وتكون  $F$  هي النسبة  $Q_1/(Q_1 + Q_2)$  حيث  $Q_1$  هي الكمية التي انتشرت من المنطقة  $0 < x < h$  - قاطعة الحدود حيث  $x = Q$  في الوقت  $t$  و  $Q_2$  هي الكمية الكلية من الأيونات الباقية بعد الوقت  $t$ .

وقد استخدمت المعادلة السابقة لحساب معامل الانتشار الظاهري المقابل وقام ماهتاب وزملاؤه بحساب معامل الانتشار الذاتي من شكل مبسط اقترحه كلوث و لتي Letey التي اقترحها سكوفيلد.

واستخدم ماهتاب وزملاؤه (1971) معامل الانتشار الذاتي من معادلة مبسطة لكلوث و لتي Klute & letey.

$$Q/Q_{\infty} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{(DT)^{1/2}}{L}$$

حيث  $Q$  هي كمية  $^{32}P$  التي انتشرت من أرض مرقمة Tagged إلى الأرض غير المرقمة في وقت  $T$  و  $Q_{\infty}$  تعادل نصف الكمية الأصلية من  $^{32}P$  في الأرض المرقمة و " $L$ " هي طول الأرض في كل خلية حدث فيها الانتشار.

العوامل التي تؤثر على انتشار الأيونات في الأراضي :

#### ١- تأثير الرطوبة

أوضح Place وزملاؤه (1964) أن التغيرات في رطوبة الأرض قد أثرت على معدل الانتشار ومعدل امتداد الجذور وظهور الشعيرات الجذرية. والانتشار الذاتي للروبيديوم المشع  $^{86}Rb$  مرتبط ارتباطاً مستقيماً ( $R^2 = 0.89$ ) موجبا مع رطوبة الأرض وتفاعل هذين العاملين.

وانتهوا إلى أن تأثير الرطوبة على معدل الانتشار كان قويا وأن امتصاص النبات للروبيديوم ٨٦ المتزايد مع زيادة الرطوبة قد اعتبر راجعا للأغشية المائية التي يتزايد سمكها الذي يزيد مساحة القطاع الذي يحدث فيه الانتشار. وانخفاض اللولبية يقلل التأثيرات الالكترونية على الأيونات في المحلول.

وأوضح ماهتاب (1971) *Mahtab et al.* أن معامل الانتشار الذاتي للفوسفور قد زاد من  $10.25 \times 10^{-10}$  إلى  $27 \times 10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بزيادة محتوى الماء من 35% إلى 100% من الماء الميسور وقد توافقت النتائج مع نتائج أولسن وزملاؤه وطبقا لأولسن وزملاؤه (1965) تتناقص الرطوبة الأرضية فإن مساحة المقطع العرضي الصالحة للانتشار تتناقص وعلى الأيونات أن تقطع مسافة أطول حتى تصل إلى نقطة معينة.

ومن العوامل المؤثرة أيضا اللزوجة والادمصاص السلبي تصبح أيضا هامة بانخفاض محتوى الأرض من الرطوبة.

وتوضح القيم أن انخفاض الرطوبة الميسورة في أرض طينية له تأثير أقل كثيرا على معامل الانتشار من تأثيره في أرض خشنة نوعا ويرجع ذلك لحقيقة أن الأرض الطينية تحتوى على ماء ذى جذب مائى قدره 15 جو كاف ليحتفظ بمعدل مناسب للانتشار Waranck وباربر (1972) أوضحوا أنه عند نسبة رطوبة 13% تكون أرقام  $D_{e(zn)}$  بين  $10^{-11}$  إلى  $10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية. مع اتجاه لضيق المدى قرب الأرض نحو التشعب وتأثير زيادة الرطوبة على معامل انتشار الزنك  $De(zn)$  قد يمكن تفسيرها بتأثيرها على الحزونية *tortuosity* وعلى تركيز الزنك فى المحلول. فعندما يظل الزنك فى المحلول ثابتا بثبات مستوى الماء وبيزادة هذا المسوى تتحول العلاقة بين  $D_{e(zn)}$  وحجم الرطوبة الأرضية *Hyperbolic* إلى علاقة منحنية.

وأوضح أولسن وزملاؤه (1965) أن قيم معامل انتشار  $D_p$  فى أرض *Apischapa clay loam* قد تراوحت من  $0.4 \times 10^{-2}$  إلى  $15.5 \times 10^{-2}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بزيادة حجم الرطوبة من 22% إلى 55% أو بنقص شد الماء من 6 إلى 0.1 جو. أوضح *Shausidon* (1965) أنه عندما تدرس آلية الحركة الكاتيونية فإن جميع التساؤلات التى قد تتبع من حالة الماء المنمص.

ويحدد الماء الشغل الكهربائي اللازم لإبعاد كاتيون من قرب طبقة أوكسجين نتيجة ثابت العزل الكهربائي dielectric constant فهو الذى يحدد مسار ماء الانتشار ويحدد خواص الكاتيون نفسه بالنسبة لعملية الحركة فإذا فرض فى حالة من حالات المحلول أن الهيدرات Hydration عامل حاكم فى الانتشار وأوضح جراهام وبرابر (١٩٦٥) أن محتوى الرطوبة له تأثير هام على معامل إنتشار الروبيديوم ومن المحتمل أن يكون العامل الأكثر تأثيراً على الانتشار فى الحقل والذى قد يكون لولبيا بتأثر الطين. وفى حالة محتوى رطوبة منخفض تكون الأيونات شديدة الحلزونية لأن مجموعات الطين فقط هى التى قد تحتوى ماء .

#### ٢- تأثير معامل الإضافة

أوضح Place وزملاؤه أن الانتشار الذاتى للروبيديوم المشع ٨٦ كان مرتبطاً ارتباطاً بخط مستقيم  $R^2 = ٠,٨٩$  مع الرطوبة الأرضية. وكان تركيز Rb وتفاعلاته مع هذين المعاملين فإن زيادة الانتشار مع زيادة تركيز الروبيديوم يعتقد انه يرجع إلى أن  $R^2$  قد أصبح ارتباطه أقل قوة مع زيادة تركيز الروبيديوم بالأرض وبذا يعتقد أن الروبيديوم زائدة فى المحلول الأرضى مع زيادة تركيز Rb فى الأرض بزيادة الروبيديوم فيها فزيادة Rb الموجود فى المحلول. وأوضح ماهتاب وزملاؤه (١٩٧١) أن قيم "D" قد زادت مع زيادة المضاف من P إلى جميع الأرض.

وكان معدل الانتشار محكوماً بمقدار الفوسفور فى المحلول ومعدل انطلاق الفوسفور الصلب فى المحلول.

وأوضح لويس وكويرك ١٩٦٥ أن معامل الانتشار الذاتى للفوسفور قد زاد من  $٠,١ \times ١٠^{-٤}$  سم<sup>٢</sup>/يوم إلى  $٣,٤ \times ١٠^{-٤}$  سم<sup>٢</sup>/يوم بزيادة إضافة الفوسفور من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ ميكرو جرام p/اجم أرض PMg/جم أرض على التوالى فى أرض Seddon.

وأوضح Philipps وزملاؤه أن الانتشار الذاتي للفسفور المشع  $^{32}\text{P}$  المقدر في طين كاؤولينيت وفي طين مونتموريللونيت وفي الأرض وكان الفوسفور في صورة سوبر فوسفات أضيف إلى كل حالة بمعدل ١٠ و ٢٠ و ٤٠ و ٨٠ و ١٠٠ جزء/مليون كانت معاملات الانتشار الذاتي ومعدلات إضافة الفوسفور مرتبطة إيجابيا بخط مستقيم.

### ٣- تأثير العوامل الرابطة Complexing agents

أوضح هودجوت أن حركة كاتيونات كثيرة في الأرض يمكن أن تتأثر بتواجد المادة العضوية الطبيعية أو الصناعية الفادرة على تكوين معقدات معدنية أعراض نقص الزنك كانت واضحة في الأرض الجيرية أكثر وكان تركيز الزنك في المحلول بصفة عامة أقل من ٢ جزء/بليون ونادرا ما كان نحو ٧٥% من الزنك الكلي معقدا وبذا فالتعقيد زاد الزنك الكلي في المحلول ٤ مرات أو أقل. وأوضح الجوهري وزملاؤه (١٩٧٠) أن معدل الانتشار الظاهري للزنك في الأرض قد زاد من  $٠,٣٦ \times ١٠^{-١}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية إلى  $٣ \times ١٠^{-١}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية بإضافة  $١,٥٣ \times ١٠^{-١}$  جزء ومن EDTA لكل جرام من الأرض وإلى  $٩ \times ١٠^{-١}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية بإضافة  $١,٥٣ \times ١٠^{-١}$  من الزنك EDTA جزء من الأرض بمتوسط  $١,٨١ \times ١٠^{-١}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية.

ومعامل انتشار الزنك في الأرض كان يمثل النبات عند مستويات EDTA متوسطها  $١,٨١ \times ١٠^{-١}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية.

وبإضافة EDTA 17 لأراضى زادت انتشار الزنك وهذه الزيادة فسرت بتحول الصورة الصلبة من زنك الأرض إلى زنك ذائب مرتبط بـ EDTA وبذا زاد التركيز أو الانتشار الكلي للزنك.

وقد أوضحوا باستخدام EDTA و HCL وحامض ستريك وأحماض أمينية وجلوكوز أن إضافة EATA كانت الزيادة أعلى من الإضافات الأخرى وقد زاد انتشار الزنك ومررت هذه الزيادة على مخلوط حامض والجلوكوز فوجد أن



EDTA تسبب في أعلى زيادة في الانتشار وأدت فاعلية العوامل الأخرى إلى خفض في المستوى السابق المشار إليه.

وأوضح بيرلى وفيليب Peasree & Philipe أنه حتى تركيز ٥,٢ جزء من صبغة الجيلاتين لكل ١٠٠ جم من الطين يضاف إلى ١٠٠ جم طين قبل إضافة الفوسفور زادت معاملات الانتشار في خط مستقيم. وكان تأثير الصبغة أقل نوعا عندما أضيفت بعد إضافة الفوسفور ولما كان الجلاتين يعتبر صبغة معقدة فإنهم قد استنتجوا نتائجهم على أساس أن الصبغة قد تفاعلت بكاتيون مع الألومنيوم النشط فتتحول الحالة الصلبة من زنك الأرض إلى زنك ذائب نتيجة استخدام EDTA وبالتالي زاد التركيز للزنك القابل للانتشار بكاتيون مع الألومنيوم النشط كما أنها أيضا قد تؤثر على انمصااص P وتحل محل الأيون المدمص على السطح في الطين وهي تستطيع أيضا التفاعل باستبدال الأيون بالفوسفور على السطح.

#### ٤- تأثير الحرارة

من نتائج جراهام و برليس (١٩٦٥) يتضح أن معامل انتشار الروبيديوم قد زاد من  $0,2 \times 10^{-10}$  إلى  $1,8 \times 10^{-10}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية بارتفاع الحرارة من ٣,٥ م° إلى ٢٠,٠ م° وأوضح مورمان Murman وزملاؤه (١٩٦٨) أن قيمة معامل الانتشار الذاتي الظاهري في البنتونايت قد انخفضت سريعا من  $8,8 \times 10^{-10}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية عند درجة حرارة ٠,٦ م° إلى  $4,3 \times 10^{-10}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية عند ٣ م° لكنها انخفضت بسرعة من  $8,8 \times 10^{-10}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية في درجة حرارة ٠,٦ م° إلى  $4,3 \times 10^{-10}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية على درجة حرارة ٣ م° لكنها نقصت بعد ذلك تدريجيا إلى  $1,7 \times 10^{-10}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية عند درجة حرارة ١٥ م° مصاحبة للماء غير المتجمد.

#### ٥- تأثير الأملاح

يرى بيزلى وفيليب Peaslee & Philipp (١٩٧٠) أن تواجد ٧,٧٥ ملليمكافى/ء/١٠٠ جم من الطين مع أملاح النترات أو الكلورايد أو الكبريتات

للكالسيوم أو الأمونيوم قد خفضت معامل الانتشار الذاتي للفوسفور عن الأراضي التي لم تعامل (بالأملاح) وكانت الكبريتات ذات التأثير الأقل وكانت معاملات الانتشار في وجود الكبريتات أو الكلورايد متماثلة ولكن أقل مغزوبيا من تلك التي يوجد بها كبريتات فكانت معاملات الانتشار الذاتي في وجود أملاح الكالسيوم أعلى مغزوبيا من تلك التي يوجد بها أملاح أمونيوم.

وأوضح Place وزملاؤه (1964) أن إضافة  $CaCl_2$  بمعدل ضعف المليمكافئات للسعة التبادلية فإن الانتشار الذاتي قد زاد من  $1.31 \times 10^{-2}$  إلى  $6.85 \times 10^{-2}$  سم<sup>2</sup>/ثانية كنتيجة لانخفاض بناء الماء عند سطح الأرض والنسبة الأعلى من الروبيديوم الموجودة بالمحلول.

#### ٦- تأثير المحتوى من الطين

أوضح أولسن (1963) أنه بزيادة المحتوى من الطين في ثلاثة أراضي من 17 إلى 51% فإن معامل الانتشار للفوسفور قد زاد من  $1.1 \times 10^{-2}$  إلى  $6.7 \times 10^{-2}$  سم<sup>2</sup>/ثانية وزادت قيمة b من 110 إلى 178 وفي محتوى رطوبة ذات شد معين يكون للأرض الطينية نسبة رطوبة أعلى مما في الأرض الرملية وبالتالي يكون الحجم المتاح للانتشار أكبر وعند تساوي شد الرطوبة يكون المسار الفعال للانتشار أقصر في الأرض الطينية مما في الأرض الرملية. وقد زاد من  $1.38 \times 10^{-2}$  إلى  $6.85 \times 10^{-2}$  سم<sup>2</sup>/ثانية نتيجة لتقليل بناء الماء عند سطح الأرض والنسبة الأعلى ومن دراسات أولسن (1963) أنه بزيادة محتوى الأرض من الطين من 17% إلى 51% فإن معامل الانتشار P يزيد من  $1.1 \times 10^{-2}$  إلى  $6.7 \times 10^{-2}$  سم<sup>2</sup>/ثانية وزادت قيمة b من 11 إلى 17 والانتشار الكلي يضرب في العاملين يكون و  $D_p$  أقل في الأرض الرملية منه في الأرض الطينية وأوضح ماهتاب وزملاؤه Mahetab exal أن متوسط قيمة D (معامل الانتشار الذاتي للفوسفور) قد ازداد من  $5.005 \times 10^{-2}$  بالنسبة لأرض Narwood الطميية إلى  $26 \times 10^{-2}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بالنسبة للأرض الطينية. وقد أشار

إلى أن هذه الزيادة ترجع غالباً إلى عامل الحلزونية الذى يصبح أيضاً أكبر بزيادة محتوى الطين ومن رأيهم أنه عند كل مستوى فوسفور مضاف يزيد تركيز الفوسفور فى المحلول بزيادة محتوى الأرض من الطين.

ومن نتائج أولسن وزملاؤه (١٩٦٢) أنه عند مستوى رطوبة بالحجم يعادل  $\frac{1}{3}$  جو (١,١٣٨) يزداد معامل انتشار  $D_p$  للفوسفور من  $٤,٣ \times ١٠^{-١٠}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية فى أرض Apishapa الطينية الطمبية. إلى  $٦,٧ \times ١٠^{-١٠}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية ( $٦,٧ \times ١٠^{-١٠}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية) فى أرض Peere الطينية عند نفس مستوى الرطوبة.

وأوضح Evan & Barber (١٩٦٤) أنه فى الأرض المغسولة التى تركت مبللة بعد ترقيمتها كان الانتشار مرتبطاً بمحتوى الطين والسعة التبادلية.

#### ٧- تأثير نوع الطين

أوضح فيليب وبراون (١٩٦٤) أن مستوى معامل انتشار الروبيديوم فى الأربع أراض هو :

أرض كاولينيت < أرض داندى طمبية < طين شاركى < طين مونتوريلونيت وكانت قيم معاملات الانتشار من  $٥,٤ \times ١٠^{-١٠}$  إلى  $٢٤,٣ \times ١٠^{-١٠}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية للمونتوريلونيت والكاولينيت على التوالى.

وأوضح Ellis وزملاؤه (١٩٧٠) أن معدل انتشار كل من النحاس والمنجنيز والزنك فى معادن الطين كانت فى طين الكاولينيت < من الإليت Elite أكبر وفى المونتوريلونيت أكثر من الفرميكولايت.

#### ٨- تأثير الكاتيونات المتبادلة

أوضح Lari & Mortland (١٩٦١) أن تأثير الكاتيونات المتبادلة على معامل انتشار الأيون المنتشر فى جل gell البنتونايت يتبع بو < ص < ليثيوم.

#### ٩- تأثير السعة التبادلية الكاتيونية

من دراسات Evans & Barber اتضح أنه في الأراضي المغسولة التي حفظت رطوبة بعد ترقيمها كان الانتشار مرتبطاً مع محتواها من الطين والسعة التبادلية الكاتيونية.

#### ١٠- تأثير الأيونات المرتبطة

أوضح Ellis وزملاؤه (١٩٧٥) أن معاملات انتشار في تركيزات ٠,٥ ملليمكافى من طين المونتموريلونيت كان كلوريد النحاسيك  $Cu Cl_2$  أكبر من نترات النحاس أكبر من كبريتات النحاس أكبر من خلات النحاس وكانت قيم معاملات الانتشار ٠,٩, ٠,٣, ٠,٨, ٠,٦, ٠,٩, ٠,٢, ٠,٧, ٠,١٠ سم<sup>٢</sup>/ثانية على التوالي.

#### ١١- تأثير الكثافة الظاهرية

أوضح فيليب وبراون أن معامل الانتشار الذاتى للروبيديوم ٨٦ وسترونشيوم ٨٩ في أرض دندى الطميية وأن انتشار السترونشيوم ٨٩ في أرض شاركي الطينية مقدر في كثافات ظاهرية مختلفة فكانت العلاقات بين الكثافة الظاهرية ومعاملات الانتشار الذاتى علاقة منحنية وأن معامل الانتشار الذاتى الأقصى قد حدث في حالة كثافة ظاهرية ١,٥٨ و ١,٣١ جم/سم<sup>٣</sup> بالنسبة للسترونشيوم ٨٩ وأراضى دندى الطميية وأراضى شاركي الطميية على التوالي.

ولخص Bryce-Gray (١٩٦٥) تأثيرات التضاضط Compaction على

انتشار الروبيديوم في ثلاثة أراضي مختلفة وفي الأرض التى بها  $Rb/\sqrt{Ca} = ٠,٠١٤$  جزئ و  $Ca$  كل  $٢ = M$  يرتفع سريعاً بزيادة التضاضط أولاً ثم يتلوه تغير بسيط بزيادة التضاضط والزيادة الابتدائية بزيادة الضغط قليلة. والزيادة الابتدائية تفسيرها بالانتشار المستمر بزيادة المسار المائى إذ تزال الجيوب الهوائية الملامسة وبزيادة الضاضط تتشبع المسام ويترد المحلول.

أوضح كل من Warneked & Barber (١٩٧٢) أنه في كل أرض تحتوى

رطوبة أرضية يكون مسار الانتشار أقل حلزونية نحو ١,٣٩/سم<sup>٢</sup> ويكون المستوى

الملاحظ لتأثير كثافة الأرض الظاهرية على الحلزونية كان  $1,1 < 1,5 < 1,6$   $> 1,3$  جم/سم<sup>3</sup> وتنشأ الكثافة الظاهرية للأرض مع رطوبة الأرض في التأثير على الانتشار الذاتي للزنك ويحدث أقصى معامل انتشار للزنك في حالة كثافة ظاهرية  $1,3$  جم/سم<sup>3</sup> حيث يكون المسار أقل حلزونية عندما تزداد الكثافة الظاهرية من  $1,5$  إلى  $1,6$  جم/سم<sup>3</sup> وأي زيادة في كل درجة التقاطع والحلزونية معا لبيان انخفاض واضحا معامل انتشار الزنك.

من دراسة Moore (1972) يتضح ان التيار المنتشر من الجزيئات A تغير مسافة "α" وهو العدد النهائي من الجزيئات "A" الذي تغير خلال وحدة المساحة من المسافة الإيجابية لاتجاه "X" في وحدة الزمن وهي تتناسب مع تركيز A عند "X" أي تغير حركة  $\partial C_A / \partial X$  ولذا فإن :

$$J_A = D_A \frac{\partial C_A}{\partial x} \quad (1)$$

وثابت التناسب  $A_A$  يطلق عليه معامل الانتشار وتسمى المعادلة (1) معادلة Fick القانون الأول للانتشار.

وفي حالة حجم له مقطع الوحدة في المنطقة بين "X" و "X + dx" فإن التعبير عن زيادة تركيز A مع الوقت يكون  $\partial C / \partial t$  وهذه الزيادة من تساوى الزيادة من جزيئات A المنتشرة في المنطقة فوق تلك المنتشرة المقسومة بالحجم dx والحجم dx ولذا يكون :

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = \frac{1}{dx} [\partial_x(X) - J_A(x+dx)] \quad (2)$$

غير أنه :

$$J_A(x+dx) = J_A(x) + 6J_A/6x dx \quad (3)$$

وبالتالي تكون من معادلة (1)

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = \frac{\partial J_A}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ D \frac{\partial C_A}{\partial x} \right] \quad (4)$$

وعندما تكون D مستقلة عن "X" تتحول معادلة (4) إلى:

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = D \frac{\partial C_A}{\partial x_e} \quad (5)$$

ويطلق على معادلة (5) قانون فيك Fick الثاني للانتشار وهذه الصورة من قانون Fick الثاني تصف الانتشار في حالة الانتقال وفي تطبيقه لانتشار الأيونات في الأرض.

استخدم Warnked & Barber (1972) المعادلة الآتية والتي سبق أن استنتجها Crank (1965) لحساب انتشار الزنك 65.

$$M_t = Z^{65} (C_0 - C_t) (D_e t / TT)^{1/2} \quad (6)$$

حيث  $M_t$  جميع  $Zn^{65}$  الذي ينتشر في ورق راتنج للتبادل في وقت "t" و  $C_0$  التركيز الأصلي للزنك 65 في الأرض و  $C_t$  هو تركيز للزنك 65 في منطقة تلامس ورقة الراتنج مع الأرض و " $D_e$ " هي معامل الانتشار الفعال للنظام الأرضي.

وأوضحت دراسات Vaiclyanmtin & Nye (1966) أنه في وقت قصير  $C_t$  يمكن افتراض أن يكون صفراً وبالتالي:

$$D_e = M_L^2 TT / 4 C_0^2 t \quad (7)$$

وبافتراض أن أغلب الزنك ينتشر خلال الصورة السائلة يجب أن يكون  $D_e$  مساوية لمعدل انتشار Zn في الماء  $D_{Zn}$  مضروبة في معامل التحول وهذا المعامل قد ينقسم إلى قسمين: القسم الفيزيائي والقسم الكيميائي. مسار الانتشار الحزوني Tortuasty  $F_1$  يعكس المكون الفيزيائي أما المكون الكيميائي " $\theta$ " فيأخذ في اعتباره الاتزان بين الصور الصلبة والصورة السائلة  $\Delta CL / \Delta C_0$  والتفاعل مع غرويات الأرض " $\gamma$ " وبالتالي:

$$D_{e(Zn)} = D_{Zn} F_1 (\Delta XL / \Delta C) + R = D_{Zn} F_1 \theta + R \quad (8)$$

حيث R تعادل انتشار ما يحدث خلال الصورة السائلة ويرى Parter (1960)

أن القانون الثاني هو للحالة الثابتة للانتشار ويكون :

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = da \frac{\Delta c}{\Delta x} \quad (9)$$

الكمية بالجرام و"t" هي الوقت بالثواني و D هي معامل الانتشار

$cm^2 \text{ se } C^{-1}$  و A هي مقطع المساحة التي يحدث بها التدفق سم<sup>2</sup> و C التي

بين (جم/سم<sup>3</sup>) و X هي المسافة في اتجاه حركة الأيونات.

وحيث يقدر الانتشار الذاتي في نظام مسامي وليس في الماء يكون التفاعل

بين الأيونات المنتشرة في النظام والأيونات المرتبطة بجزيئات المعدن المشحونة

تعمل على خفض الانتشار وكذا تخفيض لزوجة الماء في جوار سطوح المعدن

التي تخفض الانتشار ويأخذ هذه العوامل في الاعتبار.

يمكن اعتبار المعادلة (9) كما يلي :

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = D \gamma (L/L_c)^2 \theta \frac{\Delta C}{\Delta x} \quad (10)$$

حيث  $\theta$  حجم محتوى رطوبة  $(L/L_c)^2$  معامل ناتج عن حلزونية النظم

واتجاه المسار و  $\gamma$  هي معامل يأخذ في الاعتبار التفاعل بين الأيونات. والزيادة

في لزوجة الماء في النظام المسامي.

ويمكن كتابة المعادلة (10) كما يلي:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = D_\Delta (L/L_c)^2 \theta \frac{\Delta C}{\Delta x} \quad (11)$$

ويمكن تنشيط المعادلة (11) بالتعويض

$$D_p = D + (\gamma L/L_c)^2 \theta \quad (12)$$

وبالتالي :

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = D_p A \frac{\Delta C}{\Delta x} \quad (13)$$

حيث  $\Delta_e$  في معادلة Porter هي كمية  $P^{32}$  الفوسفور المرقم المنتشرة خلال أرض فسي المحلول (عدة/دقيقة/سم<sup>2</sup> والحجم)  $\Delta C$  هي الفرق بين نشاط  $P^{32}$  بين كل جانب (عدة/دقيقة/سم<sup>2</sup>) و  $\sigma$  معامل اللزوجة و  $\gamma$  معامل الامصاص السلبى. وفي نظام انتقالى استنتج لونسن المعادلة الآتية :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_p}{\Delta + B} = D_p \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (14)$$

حيث  $D_p$  و  $T$  و  $\sigma$  و  $x$  سبق وصفها و  $b$  عامل سعة و  $C$  تركيز  $P$  فى المحلول الأرضى (سم<sup>2</sup>/ل) وفي هذه المعادلة (14) و  $b$  و  $D_p$  اعتبرت ثابتة ومستقلة عن "C" و  $T$  و  $x$  ويدخل عامل السعة Capacity fael فى هذه المعادلة لوجود مقدار كبير من الفوسفور الـ elile فى القسم الصلب (الأرض) والذى يتحول مباشرة إلى المحلول عندما ينخفض تركيز  $P$  فى المحلول بالانتشار.

وأوضح Porter وزملاؤه (1960) صورة تكاملية مماثلة لمعادلة (14) وهى القابلة للتطبيق لقياس "D<sub>p</sub>" فى حالة انتقالية.

$$\frac{D_p}{b + \sigma} = \frac{\pi}{t} (q/q_0) e^{-L^2} \quad (15)$$

حيث  $b$  هى ميل مستقيم العلاقة بين مقدار العنصر فى الحالة الصلبة والحالة الذائبة و  $\sigma$  حجم الرطوبة بالـ cc من الماء لكل cc من الطين و  $t$  هى الوقت بالثانية و  $q$  هو مقدار صوديوم ٢٢ الذى ينتشر من قسم إلى آخر و  $q_0$  مجموع قيم صوديوم ٢٢ فى النظام .

وبتشبيح البنثونايث بالكالسيوم فكانت كمية الصوديوم ٠,٠٠٢ ملليمكافىء وهى كمية صغيرة حتى أنه يمكن إعتبارها ذائبة باستمرار وبالتالى لا يوجد صوديوم فى حالة صلبة وتحذف  $b$  من المعادلة ويكون :

$$D_p = \frac{\pi}{t} (q/q_0) e^{-L^2} \sigma$$

حيث  $t = 169000$  ثانية و  $q = 30238$  عدة/30 ثانية و  $q_0 = 105214$  عدة/30 ثانية و  $L = 1,1$  سم و  $\sigma = 0,584$



وبالتعبير عن "b" كدالة لـ "C" و "b" وهي مستقلة تقريبا عن O عندما تكون b أقل من 1 فإن O تكون أكبر مغزوية ويكون الميل معتمدا على قيمة "O" أيضا استنتج Philip & Broun المعادلة الآتية :

$$D = TT h^2 F^2 / t \quad (16)$$

حيث D معامل الانتشار الذاتي الظاهري و "h" هي المنطقة التي تكون فيها "h" أقل من x أقل من o في الوقت t و F هي نسبة  $(O_1 + O_2)$  حيث  $O_1$  هي الكمية التي انتشرت من المنطقة  $h < x < O$  خلال الحدود  $x = O$  في زمن t و  $O_2$  هي الكمية الكلية من البونات المتبقية في الأرض في نفس المنطقة في نفس الوقت "t" وقد استخدموا المعادلة السابقة (١٦) لحساب الانتشار الظاهري الكلي وحسب ماهتاب Mahetab وزملاؤه (١٩٧١) معامل الانتشار الذاتي من صورة مبسطة من معادلة كلوت و Letey كما اقترح ذلك سكوفيلد.

$$O/O_a = 2/L \frac{(DT)^2}{TT}$$

حيث "O" هي  $^{32}P$  أيونات الفوسفور  $^{32}P$  التي انتشرت من الأرض المرقمة إلى الأرض غير المرقمة في وقت "T" و  $O_a$  تقابل نصف كمية  $^{32}P$  الفوسفور المشع الأصلية في الأرض المرقمة و L طول الأرض في كل خلية قد حدث فيها الانتشار.

وأوضح Place (1964) وزملاؤه أن التعبيرات في الرطوبة الأرضية تؤثر على معدل انتشار ومعدل استطالة جذر النبات ونمو الشعيرات الجذرية. والانتشار الذاتي للروبيديوم  $^{86}$  كان مرتبطا ارتباطا مستقيما  $(R^2 = 0.89)$  مع رطوبة الأرض وتركيز الروبيديوم والتفاعل من هذين العاملين . وانتهوا إلى أن تأثير الرطوبة على معدل الانتشار كان عالي المغزوية على امتصاص الروبيديوم  $^{86}$  أكثر من تأثير على تكون الشعيرات الجذرية في هذه التجربة.

والانتشار الذي زاد بزيادة الرطوبة كان يعتقد أنه يرجع إلى الأغشية المائية التي تزايد سمكها معطية مساحة مقطع عرض أكثر ليحدث الانتشار وكذا نتيجة حلزونية أقل وتأثيرات أقل من الألكستاتيكية على الأيونات في المحلول.

وأوضح ماهتاب أن معامل الانتشار الذاتي للفسفور يزيد من  $10,25 \times 10^{-10}$  إلى  $24,76 \times 10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بزيادة المحتوى المائي من 30% إلى 100% من الرطوبة الميسورة. وتتفق هذه النتائج مع نتائج أولسن وزملاؤه. فطبقاً لرأى نولسن وزملاؤه (1965) فنقص محتوى الأرض من الماء فإن مساحة المقطع العرضي الميسور للانتشار يتناقص وعلى الأيونات أن تتحرك مسافة أطول حتى تصل إلى نقطة معينة وثمة عوامل أخرى مثل اللزوجة والانمصاص السلبى تصبح أيضاً هامة بانخفاض محتوى الأرض من الماء. وتترك القيم على أن انخفاض الماء الميسور في الأرض الطينية أو تأثير أقل كثيراً على معامل الانتشار منه في أرض خشنة القوام ويرجع هذا إلى الحقيقة أن الأراضي الطينية تحتوي ماء حتى تحت شد 15 جم يكفي لمعدل هام للانتشار.

وأوضح Warnd & Barber أنه عند نسبة رطوبة حجمية 13% يكون معامل انتشار الزنك  $D_{e(zn)}$  يتراوح بين  $10^{-10}$  و  $10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية مع ضيق المدى باتجاه نسبة الرطوبة الأرضية إلى حالة التشبع.

وتأثير زيادة الرطوبة الأرضية على  $D_{e(zn)}$  يمكن أن تفسر بتأثير على الحلزونية وعلى تأثير على تركيز الزنك الذاتى. وعندما يثبت الزنك بالمحلول بزيادة الرطوبة تكون العلاقة بين  $D_{e(zn)}$  ورطوبة الحجمية علاقة منحنية.

وأوضح أولسن وزملاؤه أنه في أرض Apishepa الطينية الطميية تراوحت  $D_p$  (معامل انتشار الفوسفور) بين  $0,4 \times 10^{-10}$  و  $10,5 \times 10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بزيادة الرطوبة الحجمية من 0,22 إلى 0,55 أو ببعض الشد الرطوبى من 0,6 إلى 0,1 جو.

ومن دراسات Chaussidon (1955) يتضح أنه عند تدرس إليه حركة الكاتيونات دراسة عملة يمكن إرجاع جميع الأسئلة التي تتأثر من حالة الماء المدمص فالماء يحدد الشكل الكهربائي اللازم لتحريك الكاتيون من جوار طبقة الأكسجين خلال ثابت الفصل الكهربائي له ويحتوى توجه مسار الانتشار. كما أنها تحدد خواص الكاتيون نفسه كما في حالة المحاليل التي تعتبر الهدرته عاملا يتحكم فى الانتشار.

وأشار Graham Bryce (1965) أن المحتوى الرطوبى له تأثير كبير على  $D_{H_2O}$  انتشار الروبيديوم وقد يكون أهم العوامل المؤثرة على الانتشار فى الحقل.

ففى مقدار من الرطوبة منخفض يكون مسار الأيونات شديد الحلزونية لن أغلب مجموعات الطين وحدها هى التي قد تحتوى ما.

#### تأثير معدل الإضافة :

أوضح Place وزملاؤه (1964) أن الانتشار الذاتى للروبيديوم ٨٦ كان مرتبطا ( $R^2 = 0.89$ ) ارتباطا إيجابيا مع رطوبة الأرض فتركيز الروبيديوم وتفاعلاته مع هذين العاملين فالزيادة فى الانتشار مع الزيادة فى تركيز Rb يعتقد أنها ترجع أن الروبيديوم يكون مرتبطا بالأرض بقوة أقل بزيادة تركيزه فى الأرض ولذا يزيد الروبيديوم الموجود بالأرض بالمحلول الأرضى.

وقام ماهتاب (1971) بتوضيح أن قيم "D" قد زادت بزيادة معدل إضافة الفوسفور لجميع الأراضى.

ومعدل الانتشار كان يحكمه مقدار الفوسفور فى المحلول ومعدل انطلاق صورة الفوسفور الصلبة إلى المحلول.

ومن دراسة Lewd & Quirk (1965) أوضحا أن معامل الانتشار الذاتى قد زاد من  $0.1 \times 10^{-4}$  سم<sup>2</sup>/ثانية إلى  $3.4 \times 10^{-4}$  سم<sup>2</sup>/جرام بزيادة الفوسفور المضاف من 10 إلى  $1000$  Mg p على التوالى فى أوعية أرض سيدون.

وأوضح فيليب وزملاؤه (١٩٦٨) أن الانتشار الذاتي Dundg لأرض ملحية وأرض شاركي كان الفوسفور المضاف في صورة سوبر فوسفات بمعدلات ١٠ و ٢٠ و ٤٠ و ٨٠ و ١٠٠ و ٣٢٠ جزء/مليون. وكانت معدلات الانتشار الذاتي ومعدلات إضافة الفوسفور مرتبطة إيجابيا ارتباطا مستقيما.

#### تأثير الانتشار على امتصاص النباتات للمغذيات :

يعتبر تحول المغذيات في المحلول الأرضي ضروريا لنمو النبات نموا طبيعيا ومعدل التجديد في المحلول الأرضي يجب أن يكون بنفس سرعة الامتصاص على الأقل.

وأوضح Jnief وزملاؤه ان انطلاق الفوسفور من الصور الأرضية الصلبة إلى المحلول الأرضي أكبر كثيرا من معدل امتصاص الفوسفور بواسطة النباتات ولا يعنى هذا أن جميع الفوسفور بالمحلول يمكن أن يمتص بواسطة النباتات وتلاص الجذور جزءا صغيرا من الجزء الأرضي الصلب بينما يكون المحلول الأرضي في حالة اتزان مع جزء كبير من المواد الصلبة الأرضية. وحركة الفوسفور في الأرض شديدة البطء ومحدودة بقليل من المليمترات فسر أنها ذات أهمية كبير في تغذية النبات بالفوسفور.

فبامتصاص الجذور للفوسفور من أصول المواقع يتحرك الفوسفور إلى المنطقة المستغذة بألية الانتقال الكئلي والانتشار وعندما يركز P الذى يتواجد بواسطة الجذور فعلى الفوسفور الذى امتص بواسطة الجذور أن يتحرك إلى جذور النباتات بعملية الانتشار.

وأوضح أولسن وكمبر Olson & Kemper وجاكسون أن انتشار الفوسفور يبدو أنه يعتبر هاما في امتصاص الفوسفور بواسطة جذور الذرة. وقد استنتجوا

معادلة للانتشار تأخذ في اعتبار امتصاص النبات كإزالة للفوسفور لوضع العلاقة بين الفوسفور بالمحلول الأرضي والفوسفور الصلب وحالة حلزونية مسار الفوسفور وعوامل تفاعل في نظام مسامي.

وأوضح Evanr & Barba أن امتصاص  $^{86}\text{Rd}$  بواسطة جذور الذرة كانت عالية الارتباط مع انتشار Rd في الأرض وفي حين الكاولينايت عندما يكون  $D_p/b$  أعلى من  $1 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية وكانت العلاقة منحنية بعد أن كانت تقريبا مستقيمة في قسم أقل من ذلك. والعلاقة المنحنية في حالة معدلات انتشار أعلى أرجعت إلى قيود امتصاص الفوسفور بالجذور.

#### ❖ تقدير معامل الانتشار

اتبعت طريقتان لتقدير معامل انتشار الصوديوم :

- ١- طريقة Lai and Mortland .
- ٢- طريقة Al Gawhry *et al* .

#### ١- طريقة Lai and Mortland

استخدم تقنية متابعة الاشعاع لقياس معامل الانتشار كما استخدم طريقة بنتونايت مشبع بالقواعد وخال من الأملاح الذاتية. خلط الطين بالماء بكميات متوالية حتى أصبح عجينة فوضع بحرص في أنبوبة مدرجة طولها ٢,٥ سم وقطرها ١ سم مع لصق ورقة ترشيع في القاع للاحتفاظ بالعين داخل الأنبوبة.

وضعت الأنابيب على أطباق السيراميك المسامي في جهاز Pressor Cook لتوجيه الضغط عليها لمدة يوم واحد حتى يصل الشد في الطين إلى ٠,٣ جو . وباستخدام موس كشط السطح ليعطى سطحاً ناعماً واستخدم الموس أيضاً في عمل شراع رقيقة من الطين.

باستخدام سرنجة No.16 نقط  $^{22}\text{NaCl}$  محتوى على  $^{22}\text{Na}$  مشع على الطين ليكون غشاء رقيقاً على سطح الشريحة.

وكان مقدار الاشعاع المضاف فى كل تجربة بقدر يكفى لإعطاء أفضل معدل للعد. كانت جملة الاشعاع المستخدم لكل قياس 0.5 UC ومقدار الملح غير المشع فى مختلف التجارب كاف 5 × 10<sup>-4</sup> ملليمكافى من الملح فى محلول بعد إضافة المحلول المشع غطيت الأنبوبة ثم لفت فى بلاستيك لمنع البخس منها وضعت كل منها فى مجفف يحتوى بعض الماء المقطر فى قاعه.

بعد مضى الوقت سابق التحديد - عادة يومين - وضعت الأنبوبة مع الطين clay Plug فى وضع أفقى أمام عداد جهاز قياس وقيس بللورة من يودور الصوديوم Na I, crystal scintillation وسجل الاشعاع ونصبت للنشاط عند مسافة صفر (x = 0) ثم أخذت الأنبوبة مباشرة وأخرج جزء من الطين فيها. بعد تسجيل مدى الاحراج extrusion (Xizm) أخذ شرائح منها بواسطة الموس وقدر الاشعاع المتبقى فى الطين ، ولكل شريحة من الطين التى قطعت حسب الاشعاع المتبقى فى الطين.

#### ٢- طريقة الجوهرى وزملاؤه

قسمان من بنتونايت كلسيوم كل منهما 15جم جهزا بإضافة ماء مقطر يحتوى 2 × 10<sup>-3</sup> ملليمكافى NaCl مرقم 22Na بحيث يعطى 2 MC من 22Na لأحد القسمين وفس المقدار من الماء المقطر NaCl غير مرقم للأخر.

رطب الطين ثم جفف على درجة 47°م ثلاث مرات حتى يتزن مع الصوديوم والمضاف للطين ويطحن بعد التجفيف وينخل خلال منخل 100 مش. خلطت أجزاء من الطين مع الماء كما سبق الوصف فى Lai and Mortland ثم نقلت إلى نصف خلية انتشار 2,2سم طولاً وقطر 1,1سم وولقت وورقتا ترشيع بقاع كل نصف خلية.

ووضعت نصفاً كل خلية على طبق سيراميك فى جهاز Pressor Cooker وأجرى التفريغ داخل الجهاز حتى يصل شد الماء إلى 0.3 جو وجهزت نصف الخلية المحتوى على 22Na مع النصف الأخر المحتوى على صوديوم غير مشع

مع وضع ورقة ترشيح بين النصفين لتيسير خلطهما ويغطى خلايا الانتشار بالبلاستيك وتوضع في المجفف المحتوى ماء مقطر في قاعه لمدة يومين يقاس الاشعاع كما سبق ذكره باستخدام بللورة Na I ذات وميض وأجريت التجربة مزدوجة.

التجارب التي أجراها بلبع ودلود\* :

أجريت التجارب عام (1974) لدراسة عوامل مختلفة على معامل الانتشار وهذه العوامل هي :

- تأثير نوع الطين

استخدم طين الكاولينايت وطين البنتونايت المشبعين بالكالسيوم للذان جهازا كما وصف أعلاه وقدر الصوديوم باستخدام طريقة Lai and Mortland باستخدام  $10 \times 10^{-6}$  أضيفت على سطح الطين في أنبوبة وقدر الاشعاع ثم تم الحساب.

- تأثير الكاتيونات المتبادلة

شبع طين البنتونايت والكاولينايت بالكاتيونات Ca, Na or K ثم استخدم  $10 \times 10^{-6}$  ملليمكافى Na كما سبق الوصف في طريقة Lai & Mortland ثم قدر الصوديوم وأجريت الحسابات للحصول على معامل الانتشار.

- تأثير درجة الحرارة

استخدم الكاولينايت والبنتونايت المشبعان بالكاتيونات Ca, Na or K المشبعان بإضافة  $10 \times 10^{-6}$  ملليمكافى على سطح الطين في الأنبوبة. وحفظت الأنابيب في الثلاجة عند درجة حرارة  $4^{\circ}\text{C}$  وفي درجة حرارة الغرفة ( $20^{\circ}\text{C}$ ) أو في حضانة ذى درجة حرارة  $40^{\circ}\text{C}$  لمدة يومين ثم غطيت كل

\* Diffusion of sodium in clay and soil systems using radio active  $^{22}\text{Na}$ .  
رسالة ماجستير لـ D.A. Dawood إشراف أ.د. عبد المنعم بلبع .

خلية في بلاستيك لتقليل البخر ثم استخدم الموس لعمل شرائح ثم قدر الاشعاع كما سبق ذكره في حرارة الغرفة.

#### - تأثير الوقت

استخدم الكاولينايت والبنتونايت المشبعان بالكسيوم في هذه التجربة واحتفظ بالأنابيب في درجة حرارة الغرفة لمدة ١,١ و ٤,٢١ أيام ثم قدر الاشعاع بعدها وحسب معامل الانتشار.

#### - تأثير التركيز

يرى Lai & Mortland أن الحد الأقصى للتركيز هو  $4 \times 10^{-3}$  ملليمكافى ويرى أن تركيزاً أعلى من ذلك يؤثر على معامل الانتشار وأجريت هذه التجربة باستخدام تركيزين أقل من التركيز الذى نصح به Lai & Mortland وتركيزين أعلى منه وأجريت الطريقة كما وصف أعلاه.

#### - تأثير الأملاح

جهزت أنابيب من البنتونايت والكاولينايت مع إضافة محلول NaCl بتركيز ٤٠ و ٨٠ و ١٦٠ ملليمكافى/لتر بدلا من ماء مقطر واستكملت الطريقة كما سبق.

التأثير على معامل الانتشار فى أراضى طينية أو رملية :

استخدم نوعان من الأراضى بعد طحنهما ونخلهما خلال منخل ١٠٠ أمش كما استخدم رمل نقى وخلط بالبنتونايت المشبع بالكسيوم واستكملت التجربة كما سبق.

معامل الانتشار Na فى الرمل وفى نظام من الطين و كاك أم :

جهزت أعمدة من كاك أم مرسبة نقيه وطين بنتونايت كلسى مع كاك أم مكون من صفر - ١٥ - ٥٠ - ١٠٠ % كاك أم كما سبق وصفه.



❖ حساب معامل الانتشار

- طريقة Lai & Mortland

استخدم حل معادلة قانون فيك :

$$C_x = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} - \frac{X^2}{4Dt} \quad (1)$$

حيث Q كمية المادة الموضوعة في شكل طبقة متناهية الرقة على سطح وتركت لتنتشر في وسط متناهي السمك. في هذه الحالة يكون "C<sub>x</sub>" هي تركيز المادة المنتشرة في وقت "T" على مسافة "x" من الحد الأصلي و معامل الانتشار، وهذه الحدود تتوافق مع حدود قانون فيك

وفي طريقتهما (Lai & Mortland) فيس اشعاع الخلية الطينية Clay Plug

عند السطح ويمتص الطين جزء من الاشعاع تحت السطح ويتبع الامتصاص

$$\text{لمعادلة الأسية المعروفة بـ } I = I_0 e^{-Kx}.$$

حيث I<sub>0</sub> الاشعاع الذي تم قياسه دون امتصاص .

و I الاشعاع الذي يقاس في الجسم الماص ذي سمك "X" حيث معامل

الامتصاص "K" ولذا فإن جهاز قياس على مسافة "x" تحت السطح يساهم في

مقدار الاشعاع على السطح ويكون مساويا لـ :

$$C_x e^{-Kx} dx$$

ولذا فإن الاشعاع الكلي الذي تم قياسه على سطح الطين يكون :

$$A_0 = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} \int_0^{\alpha} e^{-(X^2/4Dt + Kx)} dx \quad (2)$$

وبالمثل عندما يكون سطح الخلية قد شرح (إلى شرائح) حتى عمق X تحت

السطح الأصلي فإن النشاط الإشعاعي الذي يقاس عند السطح الجديد يكون :

$$A_x = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} - \int_0^{\alpha} \left( \frac{X^2}{4Dt} + Kx \right) dx \quad (3)$$

ويجعل :

$$Y = \frac{x}{2\sqrt{Dt}} + K\sqrt{Dt}$$

وبالتكامل بين  $x = 0$  فإن :

$$\frac{A_x}{A_0} = \frac{1 - \operatorname{erf}Yx}{1 - \operatorname{erf}Y_0} \quad (4)$$

ولما كانت  $\operatorname{erf}y_0$  أقل من 1 في معادلة (4)

و  $O = X$  ويكون  $Y_0 = Y$  يحصل على المعادلة الآتية :

$$A_x = Q e^{K^2 Dt} (1 - \operatorname{erf}y_x) \quad (5)$$

حيث  $\operatorname{erf}y$  تطلق عليها دالة الخطأ للتكامل  $\operatorname{error} \operatorname{funcuion}$  إذ  $\operatorname{Probabty}$  integral (احتمال التكامل) وتتحول المعادلة (5) إلى :

$$A_x = Q e^{K^2 Dt} (1 - \operatorname{erf}y_x) \quad (6)$$

وإمماج معادلتى (5) و (6) :

$$\frac{A_x}{A_0} = \frac{1 - \operatorname{erf}Yx}{1 - \operatorname{erf}Y_0} \quad (7)$$

والحالة التى يكون فيها  $A_x/A_0$  أكبر من 1 تتحقق عندما يكون قياس النشاط الإشعاعى للطين قد أجرى عند أى عمق أسفل الحد السطحي حيث  $\operatorname{erf}y_0$  أقل من 1 في معادلة (7) يمكن اختصارها تقريبا إلى :

$$\operatorname{erf}y = 1 - A_x / A_0 \quad (8)$$

وقيم  $A_x$  و  $A_0$  يمكن الحصول عليها من التجارب وقيم "Y" يمكن وجودها من جداول الاحتمالات.

طريقة الجوهرى وزملاؤه (1970) :

جزءان من طين بنتونايت - كما كل منهما 10 جم جهازا بإضافة ماء مقطر يحتوى  $2 \times 10^{-3}$  ملليمكافى من  $^{22}\text{Na}$  المشع المرقم بمقدار 2 Mc من  $^{22}\text{Na}$  جزء واحد ونفس مقدار الماء المقطر و NaCl بدون ترقيم للجزء الآخر.

رطب الطين ثم جفف على ٤٧° م ثلاث مرات ليصل إلى حالة الاتزان بين Na والطين. طحن الطين بعد التجفيف ونخل خلال منخل ١٠٠ مش. مزجت أجزاء الطين في الوعاء كما ذكر في طريقة Lai & Mortland ثم نقلت إلى نصف خلية انتشار قطرها ٢,٢ سم وسمكها ١,١ سم مع وضع ورقة ترشيح في ارتفاع ولكل نصف خلية للحفاظ على العينة ونصف نصف الخلية في طبق سيراميك في Presser Cooker واستخدم تفريغ داخل الجهاز لمدة يوم حتى يصل شد الماء إلى ٠,٣ جو ونصف الخلية المحتوية على  $^{22}\text{Na}$  عومل بنفس الطريقة وربط مع النصف الآخر المحتوي على Na ووضعت ورقة ترشيح بين النصفين لتسهيل فصلهما، وغطيت الخليتان بالبلاستيك ووضعتا في المجفف الذي ماء مقطر لمدة يومين.

سجل الإشعاع لكل نصف خلية باستخدام بلو NaI وأجريت التجربة في مكررتين وجربت المعاملات الآتية لمعرفة تأثيرها على الانتشار. تأثر نوع الطين واستخدم بنتونايت وكاولينايت وجها كما وصف واختير انتشار Na كما في طريقة Lai & Mortland فأضيف ٥ × ١٠<sup>-٤</sup> ملليمكافى Na على سطح نصف ثم التقدير والحسابات كما في طريقة Las & Martland.

#### - تأثير الكاتيونات المدمصة

كما سبق في Lai & Mortland كان الطين مشبعا Ca أو K أو Na كما في سابقه وقد معامل الإشعاع .

#### - تأثير درجة الحرارة

كما سبق في Lai & Mortland .

أوضحت الدراسة الآتى :

١- اختلاف قيمة معامل الانتشار المقدر بطريقة Lai & Mortland والقيمة المقدره بطريقة الجوهري وزملاؤه حيث كان معامل الانتشار في الطريقة

الأولى  $3,27 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بينما كان  $1,6 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية في طريقة الجوهري.

ويرجع هذا الاختلاف أساسا إلى طريقة التقدير فبينم يوضع الصوديوم على سطح عمود الأرض في طريقة Lai & Mortland فإنه يخلط بنصف كمية الطين التي تلتصق بالنصف الآخر في طريقة الجوهري.

٢- اختلاف معامل الانتشار للصوديوم في طين المونتمريلونايت المشبع بالكالسيوم عنه في طين الكاولينايت المشبع بنفس العنصر حيث كانت قيمة معامل الانتشار الأول  $2,62 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بينما كانت في الكاولينايت  $3,48 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية وأوضحنا أن ذلك يرجع إلى مقدار الماء الذي يحتفظ به كل من نوعي الطين والسعة التبادلية الكتيونية لكل من نوعي الطين.

٣- اختلاف قيمة معامل الانتشار باختلاف الكاتيون الممنص على سطح الطين حيث زادت قيمته في حال الصوديوم عنه في حالة البوتاسيوم والكالسيوم إذ كانت  $4,12 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية وفي حالة البوتاسيوم  $2,85 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية وفي حالة الكالسيوم  $2,62 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية وقد أوضحنا سبب ذلك.

٤- معامل انتشار الصوديوم لا يتأثر بمقدار الصوديوم المضاف على سطح العمود إذ كان هذا المقدار بين  $5 \times 10^{-4}$  سم<sup>2</sup>/ثانية و  $4 \times 10^{-3}$  ملليمكافن Na لكل أفق.

٥- يزيد معامل الانتشار بزيادة درجة الحرارة فكانت قيمته في حالة البنتونايت المشبع بالكالسيوم في درجة حرارة  $20, 10, 40$  م على التوالي  $2,1 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية و  $2,62 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية و  $3,87 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية على التوالي. وينخفض بطول المدة إذ انخفض من  $4,4 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بمقدار يوم واحد إلى  $3,27 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بعد يومين و  $2,55 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية بعد ٤ أيام.

٦- يقل معامل الانتشار في الرمل وبالتالي فوجود نسبة من الرمل مع الطين يؤدي إلى عدم قدرة الرمل على الاحتفاظ بالماء.

٧- قيمة معامل الانتشار في كاك أم عالية إذ تبلغ  $9,7 \times 10^{-6}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية ولكن وجود نسب من الطين مع كربونات الكالسيوم كان كافيا لحجب أثر كاك أم.

٨- قدر معامل انتشار الصوديوم في ثلاثة أنواع من الأراضي مختلفة القوام والأصل والخواص الأخرى. كان معامل الانتشار في الأرض الرسوبية (طنطا)  $3,3 \times 10^{-6}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية وفي أرض البحيرات (الضبعة)  $4,7 \times 10^{-6}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية وفي الأرض الجيرية (مربوط)  $6,81 \times 10^{-6}$  سم<sup>٢</sup>/ثانية. وقد سبق مناقشة ذلك.

٩- تم حساب جهد التنشيط activation energy في طين البنتونيت المشبع بالكلسيوم أو البوتاسيوم أو الصوديوم وكذا في طين الكاولينيت المشبع بالكالسيوم وكانت قيم معامل جهد التنشيط activation energy :  
٥٧٥٦ - ٥٤٤٣ و ٨٠٥١ - ٥١٨١ كالورى/جزء على التوالى وحسبت أيضا المسافة بين مواقع التبادل distance between exchange sites وقد كانت هذه القيمة  $14 \times 10^{-8}$  سم في حالة طين البنتونيت المشبع بالكلسيوم ، و  $9,6 \times 10^{-8}$  سم في حالة الكاولينيت المشبع بالكلسيوم وقدر أيضا معامل النفاذية Transmission factor.

#### ❖ تجديد المغذيات في المحلول الأرضى بالانتشار

تجديد المغذيات في المحلول الأرضى ضرورى لنمو النبات الطبيعى ومعدل التجديد في المحلول يجب على الأقل أن يكون مساو لسرعة معدل الامتصاص بواسطة النبات وقد أوضح فريد وزملاؤه Fried et al 1957 أن انطلاق الفوسفور من الصور الصلبة للأرض إلى المحلول الأرضى أعلى كثيرا من معدل امتصاص الفوسفور بواسطة النباتات . ولا يعنى هذا أن المحلول

الفوسفورى جميعه يمكن أن يمتص بواسطة النباتات ، فجنور النباتات لا تلامس غير جزء من الصورة الصلبة للأرض بينما يكون المحلول الأرضى فى حالة اتزان مع جزء كبير من المواد الصلبة الأرضية.

ومعروف أن حركة الفوسفور فى الأرض شديدة البطء وتجدد بمعدل ملليمترات قليلة غير أنها ذات أهمية كبيرة فى تغذية النبات بالفوسفور.

وبامتصاص الجذور للفوسفور من موقع ماء يتحرك الفوسفور ليعوض هذا الموقع ويتم ذلك الباب بالاعتراض الجذرى والانتشار وقد أوضح باربر Barber أن قسما كبيرا من الفوسفور الذى امتصه النبات يجب أن يتحرك إلى جنور النبات وأن آلية هذه الحركة هى الانتشار.

وأوضح أولسن وكمبر وجاكسون Olsen, Kamper & Jakson أنه يبدو أن آلية انتشار الفوسفات تعادل آلية امتصاص معدلات الذرة للفوسفور. وقد استنتجوا معادلة الانتشار تأخذ فى اعتبارها تأثير علاقة الفوسفور فى المحلول وفى الصورة الصلبة إضافة إلى الحركة اللولبية Tortuosity وعوامل التفاعل مع النظام المسامى.

واستخدم أولسن Olsen & Watenabbe الاختلافات بين معاملات انتشار الفوسفور فى الأرض الرملية والأرض الطينية ليوضحا الاختلافات فى معدلات امتصاص الفوسفور بواسطة بادرات الذرة من تركيزات متساوية أصلا فى الفوسفور فى المحلول الأرضى.

وأوجدوا معادلة تربط امتصاص الفوسفور بواسطة جنور النبات مع معامل الانتشار وسعة الفوسفات Phosphate Capacity وأوضحا أن معدل الامتصاص تتناسب مع  $\sqrt{b D_p}$  حيث  $D_p$  معامل الانتشار و  $b$  ميل الخط الذى يربط الفوسفور الميسور المخزن labile p مع تركيز الفوسفور فى المحلول وهو ما نسميه سعة الفوسفات عندما تكون العوامل الأخرى ثابتة.

وأوضح Evans & Barber أن امتصاص الروبيديوم  $^{87}$  بواسطة جذور الذرة كان شديد الارتباط مع انتشار الروبيديوم في الأرض وفي نظم الكاولينايت، وفي حالة قيم  $D_p/\Delta$  أعلى من  $10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ثانية كانت العلاقة منحنية بينما كانت أقرب إلى خط مستقيم في حالة معدلات أقل من ذلك وكانت العلاقة المنحنية في حالة معدلات عالية لمعامل الانتشار أرجعت إلى محدودية معدل امتصاص جذور الذرة.

وأوضح Place (1963) وزملاؤه أن ارتباط امتصاص الروبيديوم  $^{87}$  من الأرض كان مرتبطاً إيجابياً مع الروبيديوم  $^{85}$  المقربة من قياسات استنزاف مساحات حول الجذور.

ومن دراسات Cannon (1971) اتضح أهمية الانتشار في تحريك الحديد نحو جذور النبات وقد حسبت من حسابات نظرية. وفي دراسات النباتات زادت المولبيدات Cheltes بالانتشار وامتصاص الحديد بزيادة تركيز الحديد المنتشر لامتناس السورجيم وقد زاد امتصاص الحديد في خط مستقيم مع تركيز الحديد في المحلول.

و درس ماهتاب (Mahtab 1979) وزملاؤه الفوسفور واتضح من دراسته أن امتصاص الفوسفور بواسطة سورجيم الحبوب Sorghum vulgare أمكن قياسه بعد 4 مستويات من الفوسفور المضاف وثلاث مستويات من الماء في حالة 4 أراض من تكساس.

وكان امتصاص الفوسفور مرتبطاً مع معامل انتشار الفوسفور المقدر مقدماً للأربع أراضى التي عرضت لنفس المعاملات في هذه الدراسة. والانتشار هو العملية التي تتحول بها المواد تدريجياً لتصبح مفرقة بانتظام خلال مساحة معينة نتيجة حركة جزيئاتها.

وفي حالة انتشار العناصر المشعة يستخدم تعبير الانتشار الذاتى Self diffuion للتعبير عن تبادل أيونات العنصر المشع والعنصر غير المشع.

وقد أوضح (Grohank & Bryce 1965) أنه في قسمين من أرض في شكل اسطوانة إذا كان أحدهما يحتوي عنصرا مشعا موزعا توزيعا منتظما في الاسطوانة فإن هذه الأيونات المشعة تنتشر من العنصر المشع إلى الأرض التي بها العنصر غير المشع ومعامل الانتشار يطلق عليه انتشار ذاتي وأشار Jost 1960 أن الانتشار الذاتي بمعناه الدقيق لا يمكن ملاحظته. والانتشار في الأرض أبطأ منه في المحاليل نتيجة عاملين:

- ١- عامل كهربائي يرتبط بالتغيرات على جزيئات الأرض.
- ٢- عامل جيومتري Geometry نتيجة المسار الأطول والمقطع Cross Section الأصلي للانتشار.

ومعامل انتشار الأيون في نظام الأرض والماء دالة لعدة خواص لمركبات الأرض والماء والأيون المنتشر والخواص الأساسية. في ذلك تركيز الجزيئات الغروية والماء في النظام ولزوجة الماء وقطر الأيون المنتشر وقوة مجال جزيئات الغروى . ويرى Kemper أن الماء قد تكون له لزوجة أكثر قرب سطوح الطين بينما آخرون أوضحوا أن الانتشار محكوم بالصورة السائلة في النظام. وأوضح Lai & Mortland من دراستهما أن الصورة الصلبة في جيل (gell) الطين تحكم انتشار الأيونات وليس الصورة السائلة (sol) من النظام كما أضافوا أن اللزوجة ليست هامة.

مقارنة معاملات الانتشار المتحصل عليها بطرق مختلفة :

من دراسات بلسبع وداود

معامل انتشار الكالسيوم - بنتونايت باستخدام طريقتين :

١- Lai & Martland.

٢- الجوهري ومهتاب ، ومعادلة مهتاب وزملاؤه.

وفي كلا الطريقتين كان محتوى الماء ومقدار الصوديوم والوقت متساوية.



والمعادلة التي استخدمها الجوهري وزملاؤه هي :

$$\frac{D_p}{(B+Q)} = \frac{n (q/q_0)^2 L^2}{t}$$

حيث  $b$  ميل الخط المستقيم الذي يعبر عن مقدار العنصر في الصورة الصلبة والصورة السائلة.

$Q$  محتوى الرطوبة سم<sup>3</sup> من الماء لكل اسم<sup>3</sup> طين.

$t$  الوقت بالثانية الذي تظل فيه كتلتان من الطين في حالة تلامس (وقت الانتشار).

$q$  مقدار  $^{24}\text{Na}$  الذي انتشر من كتلة إلى أخرى في الوقت  $t$ .

$q_0$  جميع  $^{22}\text{Na}$  في النظام.

$L$  طول كل كتلة.

$n$  ثابت = 3,14.

$D_p$  معامل الانتشار الذاتي سم<sup>2</sup>/ثانية في النظام المسامي.

وفي هذه الدراسة شيع البنتونايت بالكالسيوم وكان مقدار الصوديوم

المستخدم 0,002 ملليمكافى وهذه الكمية صغيرة لدرجة أنها تعتبر مستمرة في

المحلول وبالتالي لا يوجد صورة صلبة لـ  $\text{Na}$  وباستبعاد  $b$  من المعادلة وينتج:

$$D_p = \frac{n}{t} (q/q_0)^2 L^2 Q$$

حيث  $t = 169200$  ثانية.

$q = 30238$  عددة/30 ثانية.

$q_0 = 105214$  عددة/30 ثانية.

$Q = 0,284$

وكانت قيم معامل الانتشار باستخدام طريقة الجوهري هي  $10^{-10} \times 6$  اسم<sup>2</sup>

/ثانية وبطريقة Lai & Mortland  $10^{-10} \times 3,270$  سم<sup>2</sup>/ثانية.

واعتبرت الاختلافات بين القيمتين راجعة لاختلافات الطريقتين ، ففي طريقة  
Lai & Mortland وضع الصوديوم على سطح الأرض مباشرة بينما في طريقة  
الجوهري خلط الصوديوم تماما مع الطين في نصف واحد من الخلية وكذا  
وضعت ورقة ترشيح في قاع الخلية.  
وأشار جراهام وسرليس أنه عمليا يصعب وضع قسمين رقيقين من الأرض  
متلاصقين تماما.

ومن دراسات بلبع ودلود :

استخدم بنتونايت (Arizona Bentonite) في إعداد معلقات من البنتونايت  
والكاتيونات Na-Ca-Benitonte ، k-bentonite بطريقة Makady & Low  
فيطحن البنتونايت الخام ثم ينخل خلال منخل ٤٤ مش وخلط البنتونايت المجروش  
مع مخلوط ٠,٥% من كالجون (Na hexameta phosphate) لتكوين معلق  
يحتوى ٣% طين ورج المعلق عدة ساعات وترك طول الليل وفصلت الجزيئات  
التي قطرها أقل من ٢ ميكرون بطريقة الفصل ثم تركز حتى أصبح عجينة كثيفة  
وأضيف محلول  $CaCl_2$  ثم غسلت المواد التي فصلت ثلاث مرات بتعليقها في  
محلول أساسي NaCl أو أساس KCl أو أساسي  $CaCl_2$  لتحضير بنتونايت مشبع  
بالبوتاسيوم أو الصوديوم أو الكالسيوم وتبع ذلك بالرج ثم الطرد المركزى مع  
التخلص من السائل الرائق ثم غسلت المادة لتصبح خالية من الأملاح بإحلال  
محلول الأملاح بماء مقطر وكحول إيثيل في حالة Ca bentonite وبالكحول فقط  
في حالة كل من Na bentonite و K bentonite واعتبرت الأملاح غير موجودة  
عندما أوضع اختبار السائل الأعلى أن الأملاح غير موجودة باستخدام نترات  
الفضة - وحفظ الطين الخالى من الأملاح على ٧٠-٨٠° م ثم جرش ليمر خلال  
منخل ١٠٠ مش وعومل بمثل ما عومل به البنتونايت.

ثلاث عينات أرض من Cornwall England Kaolinite فأخذت منه عينات  
أرض من صفر - ٣٠ سم وجففت وطحنت لتمر خلال منخل ١٠٠ مش وأخذت

العينات من أرض رسوبية من دلتا النيل من طنطا، وأرض المنطقة قاع بحيرة مريوط شرقى الطريق الصحراوى وأرض صحراوية جيرية من الساحل الشمالى الغربى (قرية فلسطين أرض مزروعة) ووصفت هذه الأراضى كيميائيا وفيزيائيا. اتبعت طريقتان لتقدير معامل الانتشار للصوديوم الأولى اقترحها Lai and Mortland (1961) والثانية استخدمها الجوهري وزملاؤه (1970).

#### طريقة Lai & Mortland :

استخدمت هذه الطريقة تقنيات المتابعة الاشعاعية Radioactive tracing tech والبيبتونات المستخدم مشبع بالقواعد وخال من الأملاح. وخلطه مع الماء بإضافات متوالية حتى تحول الطين إلى عجينة ووضع بعناية فى أنبوبة مدرجة طولها ٢,٥سم وقطرها ١سم ولصقت ورقنا ترشيح فى القاع لتبقى العينة عليها. وضعت الأنابيب على أطباق سيراميك مسامية فى جهاز Pressure Cooker ورفع الضغط داخله لمدة يوم ليصل شد الطين إلى ٣,٥ ضغط جوى. وتم الحصول على سطح أملس للطين بقطع شرائح أعلى الأنبوبة بواسطة موس ونقط بسرنية رقم ١٦ محلول ملح NaCl على غشاء رقيق على سطح الأنبوبة. وكان الإشعاع فى المادة المضافة بحيث يعطى أفضل ظروف التقدير كان الإشعاع الكلى المستخدم فى التجارب  $10^{-6}$  meq × من محلول الملح. وغطيت الأنبوبة بواسطة بلاستيك لمنع التبخر ووضعت جميع القطع البلاستيك فى مجفف الذى ملئ قاعه بالماء المقطر.

بعد الوقت المرغوب - عادة يومين - وضع الطين فى الأنبوبة المدرجة (بلورة Crystal Scintillation) وقرر الإشعاع مسافة ( $X = 0$ ). أخذت الأنبوبة مباشرة وأخرج بعض الطين بضغطه. بعد تسجيل مدى الاستخدام ( $X = \text{cmm}$ ) استخدم الموس فى عمل شرائح وقيس الإشعاع فى كل شريحة من الطين وإشعاع الطين فى الطين الباقى فى الأنبوية قيس أيضا.

#### طريقة الجوهري وملاؤه :

استخدم عينات من البنتونايت المشبع بالمكالمسيوم مجهزة بإضافة ماء مقطر بعد إضافة  $2 \times 10^{-1}$  ملليمكافى من "ص كل" حيث "ص" مرقم ٢٢ بمقدار ٢، ٢ u من  $^{22}\text{Na}$  إلى أحد الجزئين مع نفس الكمية من الماء المقطر و "ص كل" غير مرقم للكمية الأخرى. ورطب ثم جفف على درجة  $47^{\circ}\text{C}$  ثلاث مرات حتى يتم الاتزان بين الطين و "ص كل" غير المرقم. وبعد تجفيف الطين طحن ونخل خلال منخل ١٠٠ مش.

وخلط الطين مع الماء كما سبق في طريقة Lai and Mortland السابقة ونقلت إلى نصف خلية انتشار قطرها ٢,٢سم وسمكها ١,١سم ووضع ورقنا ترشيح في القاع لكل نصف خلية حتى تحتفظ كل عينة بموقعها. ووضع نصف الخلية على طبق سيراميك في جهاز الـ Pressure Cooker واستخدم تقريغ داخل الجهاز لمدة يوم حتى يصل شد الماء إلى ٣ جو. ونصف الخلية ذات  $^{22}\text{Na}$  بالنصف الآخر أو "ص" غير مرقم، ووضع ورقة ترشيح بين النصفين لتيسر فصل النصفين فيما بعد عند موقع تلامسهما. وغطيت خلايا الانتشار بقطعة بلاستيك وضعت في مجفف يحتوى ماء لمدة يومين.

قيست درجة الاشعاع في كل نصف خلية باستخدام بلورة من يوديد الصوديوم Na I Crystalline scintillation وكررت التجربة مرتين.

أجريت هذه التجربة لدراسة العوامل التي قد تؤثر على معامل الانتشار والعوامل التي درست هي :

١- تأثير نوع الطين استخدم فيها طين بنتونايت وطين كاولينات محضرين كما سبق.

٢- انتشار الصوديوم لاختبر باستخدام طريقة Lai and Mortland باستخدام  $2 \times 10^{-4}$  Na أضيف على سطح العمود ثم التقدير وأجريت الحسابات

- ٣- تأثير الكاتيون المدمص. ٤- تأثير درجة الحرارة. ٥- تأثير الوقت.  
 ٦- تأثير التركيز. ٧- تأثير الملحية.  
 ٨- معامل الانتشار في الرمل وفي مخلوط من الرمل والطين.  
 ٩- انتشار الصوديوم في كاك أ، وفي نظام من الطين + كاك أ.  
 ١٠- انتشار الصوديوم في الأراضي.

حساب معامل الانتشار :

استخدم Lai & Martland التقنيات التي وصفها واستخدما المعادلة الآتية:

$$C_x = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} e^{-x^2/4 Dt}$$

حيث : Q هي كمية المادة التي وضعت بنظام في شكل طبقة متناهية الدقة على السطح وتركزت لتنتشر خلال وسط متناهي السمك، وحدود هذه الحالة يمكن معاملتها كما في قانون Fick للمصدر الوقتي.

$C_x$  تركيز المادة المنتشرة في وقت "t" على بعد "X" من الحد الأصلي وD معامل الانتشار.

وفي تقدير الإشعاع الكلي لخلية الطين تم قياس الإشعاع على السطح وقسم من الإشعاع تحت السطح سوف يدمص بواسطة الطين وسوف يتبع الامتصاص قانون المعادلة الأسية المعروفة :  $I_0 = I_0 e^{-Kx}$

حيث :  $I_0$  هو الإشعاع المقدر دون امتصاص و I الإشعاع الملاحظ خلال جسم ماص سمكه x بمعامل امتصاص K ولذا فكل جهات قياس على بعد x تحت السطح سوف يساهم بكمية من النشاط activity والسطح متناسبا مع :

$$C_x = e^{-Kx} dx$$

ولذلك فالنشاط الكلي المسجل على سطح الطين سوف يساوى :

$$\dot{A} = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} e^{-(x^2/4Dt + Kx)} \quad (1)$$

وبالمثل عندما يتم أخذ قطاع من سطح الخلية إلى أسفل حتى عمق  $x$  أسفل السطح الأصلي فالنشاط radioactivity التي تقاس عند السطح الجديد يكون حسب المعادلة :

$$\dot{A} = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} e^{-(x^2/4Dt + Kx)} \quad (2)$$

$$Y = \frac{X}{2\sqrt{Dt}} + K\sqrt{Dt} \quad (3) \text{ وبوضع}$$

وبالتكامل بين  $x = 0$  - صفر يكون :

$$Y = Y_0 = K\sqrt{Dt} \quad (4)$$

وعندما يكون  $x = \alpha$  فإن :

$Y = A$  ويحصل على المعادلة الآتية :

$$A_0 = Q e^{-K^2 Dt} (1 - \text{erf} Y_0) \quad (5)$$

حيث : erf : يطلق عليها خطأ الدالة أو تكامل الاحتمال. ويمكن الوصول إلى معادلة كما يلي :

$$A_x = Q e^{-K^2 Dt} (1 - \text{erf} Y_x) \quad (6)$$

وباتحاد المعادلتين (5) و (6) :

$$\frac{A_x}{A_0} = \frac{1 - \text{erf} Y_x}{1 - \text{erf} Y_0} \quad (7)$$

وحالة  $A_{r_0}$  تكون أكبر من أو تساوى  $\leq$  عندما يكون قياس النشاط للطين عند أى عمق أسفل الحد الأصلي ولما كان  $\text{erf} Y_0$  أكبر من (1) يمكن كتابة المعادلة (7) كما يلي :

$$\text{erf} Y_0 = 1 - \frac{A_x}{A_0} \quad \text{وتختزل إلى:}$$

ويمكن الحصول على قيمتي  $A_0 - A$  من التجارب وقيمة  $Y$  يمكن معرفتها  $erf y_0$  من جداول Standard Probability وتوقع  $Y$  مع  $Y$  تنتج معادلة  $J$  من خط مستقيم يمر خلال نقطة الأصل ويمكن تقدير قيمة معامل الانتشار من ميل الخط المستقيم  $1/2 \sqrt{gt}$  حيث  $t$  هي مدة الانتشار. وأجريت الحسابات وأدرجت في الجداول وفي هذه الحسابات  $b$  كانت معروفة باستخدام طريقة المربعات الصغرى لإيجاد علاقة بين  $Y$  و  $Y_0$  وفي توقع قيم  $Y$  و  $Y_0$  في شكل استخدم متوسط قيم  $b$  من مكرر تجربة ورسم الخط المستقيم الذي يمثل النتائج لكل مكررة والقيم المتوسطة أدرجت في الجداول وحسبت فيها قيم  $Y$  وهما الدالة على  $^{22}Na$  في خلية البننتونايت المشبع بالكاتيون  $K$  أو  $Na$  أو  $Ca$ .

#### معامل التحول Transmission factor

حسب معامل التحول طبقا لمعادلة Porter وزملاؤه (1960) لانتشار الكلوريد كما يلي :

$$De = D Y (L/La)^2$$

حيث  $De$  هي معامل انتشار الكلوريد الفعالة.

$D$  معامل انتشار الكلوريد في المحلول.

$\gamma$  معامل بدون وحدات تمثل التفاعل الأيوني

$(L/Lp)^2$  معامل tortuosity (بدون وحدات).

وطبقا لـ Kemper يكون معامل انتشار الصوديوم في المحلول  $1.3 \times 10^{-1}$  سم<sup>2</sup>/ وأشار quarter إلى أن معامل التحول هو:

$$D_2/D = Y (L/L_2)^2$$

قيم معامل transmission

معامل التحول للصوديوم في النظام المستخدم حسب استخدام قيم معامل الانتشار في النظام و  $D$  معامل الانتشار للصوديوم في المحلول وأدرجت القيم في جدول.

### جهد التنشيط Activation energy

يعتبر Activation مقياسا لحاجز الجهد energy barrier الذي يجب اجتيازه عندما يتحرك الأيون أو جزيء الماء من موضع التوازن إلى التالي له. وهذه القياسات استخدمت لاستنتاج من الجزيء والتي تستطيع جزيئات الماء والأيونات أن تتحرك حول الطين في نظم الطين والماء. وأوضح Lai & Mortland أن معامل الانتشار D يتوقف على الحرارة (T) طبقاً للعلاقة :  $D = Ae^{-E/RT}$ . حيث E هو Activation energy و A ثابت الـ Activation و R - ثابت الغاز.

وتقدير الـ Activation energy يمكن أن يتم من قياس A عند درجات حرارة مختلفة ثم توقيع لوغاريتم D مع  $1/T$  مع Activation energy. ويمكن حساب منحنى الخط المستقيم الناتج باستخدام قيم لمعامل الانتشار D للصوديوم في بنتونايت - كا و Ca-Kaolinte عند درجات حرارة مختلفة ٤ و ٢٠ و ٤٠° م ورسم الشكل من توقيع قيم لو D مع قيم  $1/T$  وميل الخطوط المستقيمة حسبت ووجد أنها = ١٠٤٤,٢ و ١٤٤,٦ لبنتونايت للكالسيوم وكاولينات - كا على التوالي .

$$D = Ae^{-0.4343 E}$$
$$\log D = \log A - \frac{0.4343 E}{RT}$$

المثال :

$$\text{Slope} = \frac{0.4343 E}{2}$$

حيث R = تقريبا كالورى/مول

1) Ca - bentonite :

$$-1250 = - \text{Slop} = \frac{0.4343 E}{2}$$
$$E = 5756 \text{ Cal/mole}$$



2) Cakaolinite :

$$1195 = \text{Slop} = \frac{0.4343 E}{2}$$
$$E = 5181 \text{ Cal/mole}^{-1}$$

3) Na- bentonite :

$$- 1750 = \frac{-0.4343 E}{2}$$
$$E = 8059 \text{ cal/mole}^{-1}$$

4) K- bentonite

$$- 1182 = \frac{-0.4343 E}{2}$$
$$E = 4343 \text{ cal/mole}^{-1}$$

**المسافة بين مواقع التبادل Distance between exchange sites**

الوقت الذي تقضيه الكاتيونات على مواقع التبادل يتناسب طرديا مع جهد الانتشار وعكسيا مع حركتها.  
والعلاقة بين الوقت T الذي يقضيه الأيون على موقع التبادل وجهد النشاط E يعبر عنه كما يلي :

$$T = T_0 e^{E/RT} \quad (1)$$

حيث الثابت  $T_0$  يرتبط بوقت دوران الذرات السطحية للجسم الماص وباستخدام هذه الفكرة قام Deboer بتقويم انتشار الغاز بحركته على السطحية بطريقة تمثل كيف يقفز الكاتيون المدمص من موقع إلى آخر ، وبالمثل حركة الكاتيونات المدمصة على الطين يمكن تصورها تقفز من أحد مواقع التبادل إلى آخر مجاور له .

وقد استنتج جهد النشاط activation energy أن الماء والأيونات قادرة على الحركة في نظام الطين والماء وكان جهد نشاط الصوديوم في البنتونايت المشبع بالصوديوم A.Q كالوري/جزئ بينما كان جهد نشاط البوتاسيوم في البنتونايت المشبع بالبوتاسيوم ٥٤٤٣ كالوري/جزئ . كما أن المسافة بين مواقع التبادل التي عهد فيها بأنها مسافة القفز بافتراض أن الأيونات تقفز من موقع إلى

آخر فتؤثر على الانتشار فعندما تكون المسافة ضيقة على مواقع التبادل تكون حركة الأيونات أيسر معامل انتشار الصوديوم في طين كاولينايت مشبع بالكلسيوم كان  $3,48 \times 10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية وكانت المسافة  $6,6 \times 10^{-10}$  سم وكان معامل الانتشار  $2,62 \times 10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية والمسافة من مواقع التبادل  $14 \times 10^{-10}$  سم. وبالمثل يمكن تصور حركة الكاتيونات المتبادلة على معادن الطين بأنها تقفز من موقع الامصاص إلى آخر كموقع امتصاص مجاور.

وطبقا لرأى Deboer تكون العلاقة بين معامل الانتشار "D" والمسافة بين

مواقع الامصاص "a" للحركة السطحية يمكن التعبير عنها كالآتي :

$$D = \frac{1}{4} \frac{a^2}{T} \quad (2)$$

وبتجميع معادلتى (1) و (2) ينتج :  $a = 2 \sqrt{D T_0 e^{E/RT}}$

ويرى Lai & Mortland أن المسافة بين مواقع إمتصاص متتالية للأيونات المنتشرة يمكن حسابها وقد استخدمنا قيمة  $10^{-13}$  ثانية لقيمة  $T_0$  فى حسابها للمسافة التى يقفزها الأيون "a" ويريان أن هذه القيمة  $T_0$  غير مؤكدة بالنسبة للنظم التى درسناها وبالتالي فإن قيم "a" الناتجة من هذا الحساب يمكن انتقادها وقد لا تمثل الواقع.

$$1) \text{ Ca-bentonite} = 2 \sqrt{2.6 \times 10^{-6} \times 10^{-13} \times 10^{0.3434} \times 5756/9 \times 293} \\ = 14 \times 10^{-8}$$

$$2) \text{ Ca-Kaolinite} = 2 \sqrt{7.48 \times 10^{-6} \times 10^{-13} \times 10^{0.3443} \times 5181/2 \times 293} \\ = 6.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

$$3) \text{ Na-bentonite} = 2 \sqrt{4.12 \times 10^{-6} \times 10^{-13} \times 3443 \times 8059 \times 297}$$

$$4) \text{ K-bentonite} = 2 \sqrt{2.85 \times 10^{-6} \times 10^{-13} \times 10^{0.4343} \times 5443/2 \times 293} \\ = 11.09 \times 10^{-8} \text{ cm.}$$

### الانتشار فى الأرض أبطأ منه فى المحاليل المائية لعاملين :

١- عامل كهربائى مرتبط بالشحنات على سطوح جزيئات الأرض .  
وإضافة على المسافة بين مواقع التبادل فإن سعة التبادل للنظام عامل يؤثر على معامل الانتشار وبينما يرى بعض الباحثين أن تفاعل التبادل عامل يبطئ حركة الأيونات بالانتشار فإن Lai و Mortland يريان أن هذه الحركة تتم بالقفز من موقع إلى آخر وأن الحركة يحكمها الجزء الصلب من النظام.

وارتفاع درجة الحرارة يزيد الجهد ويؤدى إلى زيادة معامل الانتشار .  
كما أن سعة احتفاظ الأرض بالماء تحكم الانتشار فكلما زاد احتفاظ الأرض بالماء كلما زاد معامل الانتشار .

٢- عامل qeometintion نتيجة المسار الأطول وصغر المقطع المناخ للانتشار فى نظام مسامى منه فى محلول حر .  
ومعامل الانتشار فى نظام من الأرض والماء دالة لعدة خواص لمكونات الأرض والماء والأيون المنتشر .  
والخواص الأساسية فى هذا الشأن هو تركيز الجزيئات الغروية والماء فى النظام وقطر الأيون المنتشر ولزوجة الماء وقطر الأيون المنتشر .

### قوة مجال الجزيئات الغروية :

وقد أوضح Kemper أن الماء قد يكون له لزوجة أكبر قرب سطح الطين بينما باحثون آخرون أوضحوا أن الانتشار محكوم بالصورة السائلة فى النظام .  
وانتهى Lai & Martland من دراستهما بأن الصورة الصلبة فى جبل الطين تحكم انتشار الأيونات وليس الصورة السائلة ، كما أشاروا أن اللزوجة ليست كافية .

### اعتماد معامل الانتشار على التركيز :

يحدث الانتشار نتيجة عمال التركيز للأيونات التى تدرس وظن أنه تحت ظروف ثابتة من محتوى الرطوبة والحرارة والوقت فإن قيمة معامل الانتشار يجب أن تظل ثابتة ومستقلة عن تركيز الأيونات المنتشرة .

من رأى عدد من الباحثين أن هذا لا يحدث منهم (Lai and Mortland والجوهري) قام الجوهري وزملاؤه بضرب قيم معامل الانتشار في قيمة "ط" وهي معامل السعة وحصلوا على قيمة ثابتة نسبيا لمعامل انتشار الزنك في الأرض. وأوضح (Lai and Mortland 1961) أنهما عندما استعملا مقدار بين  $4 \times 10^{-3}$  و  $2 \times 10^{-1}$  ملليمكافى في المحلول كان معامل الانتشار مستقلا عن تركيز الأيون. وأجريت تجربة لاختبار هذا المدى. وكانت قيم معامل انتشار الصوديوم في بنتونايت - كما باستخدام كميات من  $3 \times 10^{-4}$  و  $3 \times 10^{-3}$  و  $1 \times 10^{-2}$  و  $2 \times 10^{-2}$  meg. وبالتالي يتأثر معامل الانتشار بعدة عوامل ومن هذه العوامل لزوجة الماء فمن المعروف أن الماء الذى تحتفظ به الأرض قرب سطوح حبيباتها أو صحائف بلوراتها ليس حرا بالدرجة التى يكون عليها الماء الذى يملأ المسافات المسامية الكبيرة فكلما زاد لزوجة الماء كلما قل معامل الانتشار. وأوضح أن قيم معامل الانتشار لكميات من الصوديوم التى كانت على طح الطين فى حالة  $5 \times 10^{-4}$  و  $4 \times 10^{-3}$  كانت  $3 \times 10^{-6}$  -  $2$  سم<sup>2</sup>/ثانية. فهذه القيم كانت مستقلة عن كميات Na مستخدمة مع الطين. وكذا اتضح أن معامل الانتشار أوضح أنه يعتمد على الكميات المستخدمة من Na أكبر من  $4 \times 10^{-3}$  فعندما كانت الكمية  $2.7 \times 10^{-6}$  و  $5 \times 10^{-6}$  -  $3$  سم<sup>2</sup>/ثانية على التوالي.

#### أثر نوع الطين على معامل الانتشار :

تنتشر الأيونات بحرية في الماء. لكن في حالة نظم من الطين والماء فتعطل حركة الماء الأيونات لوجود الطين. فحركة الأيونات تتعطل لتغطى الماء في النظام ، فعلى الأيونات أن تتحرك مسافة أطول فى الغشاء المائى المحيط بجزيئات الطين حتى يمكنها أن تعبر مسافة معينة. وهذا المسار غير المستقيم (الحلزوني) يؤدي إلى نقص المجال الذى

على الأيون أن يعبره وكذا فإن المقطع الأصغر متاح للانتشار في وسط مسامي أكبر منه في محلول حر.

فالانتشار في نظام من الطين والماء يتعطل أيضا بالشحنة التي على جزيئات الطين. فالشحنات السالبة على جزيئات الطين تؤثر على حركة الأيون نتيجة تفاعلها مع الماء وهذا التفاعل يزيد للزوجة قرب السطوح كما أن التفاعل بين هذه الشحنات والشحنات على الأيون المنتشر في صورة التبادل يؤثر على حركة الأيون.

وقد اتضح من الدراسة أن معامل الانتشار Na في نظم من بنتونايت Ca - Kaolinite كانت  $2.62 \times 10^{-6}$  و  $3.43 \times 10^{-6}$  سم<sup>2</sup>/ثانية على التوالي بالمعامل الأعلى Ca - Kaolinite كانت نتيجة خواص هذا النظام فالأيونات تتحرك نحو الجاذبية الأقل تركيزا في النظام خلال الماء وفي مرورها تعطل بواسطة جزيئات الطين وكذا بالتفاعلات الكيميائية.

وفي حالة تواجد كربونات الكالسيوم بالأرض يتأثر مقدار الماء الذي تحتفظ به الأرض وبالتالي يتأثر معامل الانتشار. وفي الدراسة التي أجريت (بليغ ودوود) كان الماء الذي احتفظت به كاك أ، أقل من الماء الذي احتفظ به البنتونايت الشبع بالكالسيوم فالماء في حالة النظام الثاني كان موجودا بين صحائف بلورية بينما الماء في كاك أ، كان محتفظا به بين الجزيئات كما أن تفاعل التبادل في نظام كاك أ، ماء أقل كثيرا منه في حالة البنتونايت ولذا كانت حركة الصوديوم في نظام كاك أ، أسرع.

وهذه العوامل مجتمعة تعمل معا في النظام الأرضي وتسبب تعقيد هذه الظاهرة في الأرض.

ورغم أن في كل من Ca - Ca - Cabentonite, Bentonite كان ٠,٣ جو إلا أن Ca - Ca - Cabentonite, Bentonite قد احتفظ ٨٠ و ١٣٨% رطوبة على الوزن الجاف على التوالي ولو أن الماء في حركة بين طبقات السبلورات ولذا بكمية الماء التي احتوت في البنتونايت قد تكون غير فعالة في عملية الانتشار.

المقارنة بين معامل الانتشار المحسوب بطريقة **Lai & Mortland** وبطريقة  
الجوهري وزملاؤه طريقة **Mahtab** :

وفي هذه الطريقة كان مقدار محتوى الرطوبة متساويا كما كان الوقت أيضا  
متساويا استخدم الجوهري وزملاؤه المعادلة الآتية :

$$D_p/(b+a) = M/t (qlq_0)^2 L^2$$

حيث "b" هي ميل خط العلامة بين مقدار العنصر في الصورة الصلبة  
والصورة السائلة.

b: حجم الماء سم<sup>3</sup>/سم<sup>3</sup> من طين.

t: الوقت بالثواني الذي تلامس فيه قسما الطين (مدة الانتشار).

q: مقدار <sup>22</sup>Na الذي ينتشر من قسم إلى آخر خلال وقت t.

q<sub>0</sub>: المقدار الكلي من <sup>22</sup>Na في النظام و "O" حجم الرطوبة سم<sup>3</sup> من الماء لكل  
سم<sup>3</sup> من الطين.

L: طول كل قسم من الطين.

π: ثابت = ٣,١٤.

D<sub>p</sub>: معامل الانتشار الذاتي للنظام سم<sup>2</sup>/ثانية.

وفي هذه الدراسة شبع البنتونايت بالكلسيوم وكان مقدار الصوديوم المستخدم  
وهذه الكمية صغيرة حتى اعتبرت أنها نقل بالمحلول وبالتالي لا يوجد طور صلب  
من ش وبالتالي حذفت "b" من المعادلة وأصبح :

$$D_p = \pi / t (q/q_0)^2 L^2 Q$$

حيث :

t = ١٦٩٠٠٠ ثانية.

q = ٣٠,٢٣٨ عدة/٣٠ ثانية.

L = ١,١ سم.

Q = ٠,٨٤

D<sub>p</sub> = ١,٦ × ١٠<sup>-٦</sup> سم<sup>2</sup>/ثانية

وكانت قيم معامل الانتشار الناتجة من طريقة Lai & Mortland وطريقة الجوهري كانت  $3,27 \times 10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية و  $1,6 \times 10^{-10}$  سم<sup>2</sup>/ثانية على التوالي ويعتبر الفرق بين القيمتين ناتجة من اختلاف الطريقتين ففي طريقة Lai and Mortland أضيف الصوديوم على السطح مباشرة بينما في طريقة الجوهري خلط الصوديوم تماما في نصف خلية الطين ووضعت ورقة ترشيع بين كل من النصفين في كل خلية.

واستخدم ماهتاب (1971) نفس الطريقة التي استخدمها الجوهري لكنه استخدم المعادلة الآتية :

$$Q/Q_0 = 2/L \left( DT/\pi \right)^{1/2}$$

حيث :

$Q$ : مقدار أيونات  $^{22}\text{Na}$  التي انتشرت من الطين المرقم إلى الطين غير المرقم في زمن  $t$ .

$Q_0$ : تساوى نصف  $^{22}\text{Na}$  الأصلي في الطين المرقم.

والواقع أنها تفسر المعادلة التي استخدمها الجوهري.

وبالتعويض عن هذه الحدود بقيمها في نظام Ca - Na - hertowte.

$$Q = 30238 \text{ عددة}/30 \text{ ثانية.}$$

$$Q_0 = 52607 \text{ عددة}/30 \text{ ثانية.}$$

$$L = 1,1$$

$$T = 169200 \text{ ثانية.}$$

$$D = 1,85 \times 10^{-10} \text{ سم}^2/\text{ثانية.}$$

وفي هذه المعادلة  $Q$  نصف مقدار الأيونات المضاف يدل على المقدار الذي

يبقى بعد أن يصل الانتشار. إلى حالة الثبات وأصبح جانبا الخلية في حالة اتزان.

ويأخذ قيمة  $Q$  أقل من  $Q_0$  تدل على أن حالة الاتزان لم تتحقق وأن الانتشار

لا يزال في حالة التحول.

وقد أوضح Lai & Mortland أن معامل انتشار الصوديوم لم يتأثر بمقدار الصوديوم المضاف إلى الطين وأوضحت نتائج بلبع وداود أنه عند إضافة  $4 \times 10^{-3}$  كان معاملا الانتشار يعتمد اعتمادا ضئيلا على كمية Na المضافة فعندما أضيف  $1 \times 10^{-3}$  أو  $2 \times 10^{-3}$  ملليمكافىء Na كانت قيم معامل الانتشار  $2.7 \times 10^{-6}$  و  $3.25 \times 10^{-6}$  سم<sup>2</sup>/ثانية على التوالي. وقد راجع بريجز وشانتر. Shanz. نتائج نحو ٢٠ تجربة توضح أثر الخصوبة.



## الباب الثاني

### التعبير الكمي عن إستجابة الحاصلات للتسميد

- ❖ العلاقات الكمية بين النبات والعناصر المغذية
- ❖ التقدير الكمي للكفاءة النسبية لصور العنصر المختبر
- ❖ حساب مساهمة الصور المختلفة للعنصر في تغذية النبات

## التعبير الكمي عن إستجابة الحاصلات للتسميد

تأخر التعبير الكمي عن الظواهر البيولوجية بالمقارنة مع العمليات الفيزيائية أو الكيميائية. وبالنسبة لمجال تغذية النبات شهد منتصف القرن التاسع عشر حتى نهايته محاولات مختلفة للتعبير عن أستجابة الحاصلات لأضافات من العناصر المغذية . عندما نشر ليبيج Liebig كتابه عن " قانون العامل المحدد " الذي كان تعبيراً عن الآراء والنظريات السائدة بالنسبة لهذا المجال في هذه الفترة. وكانت هذه الجهود خطوات ضرورية حتى أمكن تحقيق التقدم في هذا المجال منذ أن أقرح منشرلش قانون " العائد المتناقص " في أوائل القرن العشرين (١٩٠٩). وقد أعطى التقدم الذي تحقق في مجالات أخرى مثل علم الأحصاء وطرق الحساب والحاسبات الإلكترونية دفعة قوية للتعبير الكمي عن العلاقة بين النبات وعوامل النمو ولذا أصبح ممكناً وضع العلاقات بين نمو النبات والعوامل التي تؤثر على هذا النمو في شكل كمي.

وبالرغم من هذا التقدم الهام في هذا المجال نلاحظ أنه لا يكاد يوجد كتاب متخصص لعلاقات النبات مع عوامل النمو. كما أن مقررات علم الأراضى وعلم المحاصيل في الجامعات لاتعطي لهذا المجال الأهمية التي يستحقها. في بعض الأوقات كان سبب هذا الوضع بالنسبة لهذا المجال أنه يحتاج الى معرفة ولبسة بالرياضيات ، غير أن الحاسبات الألكترونية حلت هذه المشكلة ولم يعد الأمر يتطلب معرفة خاصة بالرياضة .

وقد رأيت نشر هذه الصفحات بطريقة مبسطة حتى يستطيع أى زراعى فهمها وقد تجنبت فيها - قدر الإمكان - التحليلات والأستنتاجات الرياضية مع التركيز على عرض تطبيق التعبير الكمي لأستجابة الحاصلات لأضافات السماد .

والتعبير الكمي عن استجابة الحاصلات للتسميد موضوع عام فمجرد ذكر أن إضافة مقدار من سماد ما أعطى محصولاً قدره كذا كجم هو تعبير كمي رقمي عن استجابة هذا المحصول لهذه الأضافة من هذا السماد. ولكن عند إضافة معدلات مختلفة من السماد تعطى مقادير من المحصول لا نستطيع أن نقول إن هذه المقادير توضح أثر التسميد بهذا السماد بمعدلات مختلفة على هذا المحصول فنحن نود أن نوجد قانوناً عاماً لأثر إضافات هذا السماد على هذا المحصول تحت نفس الظروف بحيث إذا عرفنا هذه العلاقة يمكننا معرفة المحصول الناتج إذا أضفنا إليه أي مقدار من السماد أي حددنا نوع العلاقة بين هذا المحصول وهذا السماد وكثيراً ما ينتج عن تحديد هذه العلاقة معرفة الكثير من القيم والعلاقات الهامة الأخرى مثل :

١. كفاءة السماد تحت ظروف نمو مختلفة (تغير ملحية الأرض - تغير الخدمة) .
٢. الإضافات الاقتصادية من السماد وأعلى أضافة من السماد .
٣. حساب محتوى الأرض من العنصر المغذي معبراً عنه بوحدات السماد المضاف .
٤. مقارنة كفاءة الصور المختلفة المضافة من العنصر .
٥. حساب مساهمة السماد في محتوى المحصول من العنصر المضاف .

مساهمة محتوى الأرض من العنصر الغذائي والسماد المضاف في المحصول  
الناتج :

كان ليبج (Justus von Liebig) من أول من حاولوا ذلك بعد أن عرف أن النبات (يتغذى) على العناصر في صورها الأيونية وأنهى إلى القانون الذي يعرف بأسمه أو قانون العامل المحدد Law of the minimum factor ولو أن Sprengel سنة ١٨٢٩ كان قد أقرح هذا القانون الذي ينص على أن العنصر الغذائي الموجود بالأرض بأقل كمية بالنسبة لحاجة النبات منه يصبح عاملاً محدداً

للنمو فأضافة أى مقدار منه تزيد النمو بنسبة مطردة ثابتة ، بينما أضافة أى عنصر آخر لن يكون لها تأثير حتى يزيد مقدار العنصر المحدد .

بمقتضى هذا الرأى يكون التغيير فى المحصول "ص" متناسبا مع التغيير فى عامل النمو.

أى :

$$م ( ثابت ) = \frac{د ص}{د س}$$

وبالتكامل ينتج ص = د س + ك

وهذه هى معادلة الخط المستقيم أى اذا وقعت مقادير "ص" التى تنتج من وحدات "س" من العنصر المختبر على رسم بيانى ينتج خط مستقيم .

عندما أختبر Mitscherlich الباحث الألمانى هذه العلاقة سنة ١٩٠٩ أجرى تجربة بسيطة قصد بها أن يقدر كىما درجة أعتماذ النبات على العامل المحدد للنمو، فزرع نباتات الشوفان Oats ووفر لها جميع عوامل النموعدا الفوسفور ، فأضاف هذا العنصر الى هذه النباتات على أربعة مستويات متزايدة ، بينما ثبت بقية العوامل ، ثم قام بوزن نباتات الشوفان بالتجربة - جذورها وسيقانها وثمارها - ورسم خطا بيانيا وضع فيه كمية الفوسفور المضاف على المحور السينى والأوزان الناتجة على المحور الصادى ، ولكنه لم يحصل على خط مستقيم كما كان يتوقع من قانون ليبج بل حصل على خط منحن متجه الى أعلى .

بحصول لىبتشرلش على منحنى بدلا من خط مستقيم بدأ الشك فى رأى ليبج، وبدأ التفكير فى وضع علاقة أخرى تمثل أستجابة النبات لأضافات السماد (أو عوامل النمو) فمعنى الحصول على منحنى أن الزيادة فى المحصول ليست ثابتة بل تتناقص بزيادة معدل الأضافة ودعا ذلك الى أن يفترض أن قانون الغلة المتناقصه المعروف فى الأقتصاد هو الذى يحكم العلاقة بين المحصول وعناصر النمو .

والرأى الثانى لمتشرلش هو ماأسماء قانون العلاقات الفسيولوجية والذي يقضى بأن المحصول يتوقف على جميع عوامل النمو مجتمعة أى أن إضافة أحد عوامل النمو التى توجد بمستوى غير محدد تزيد المحصول، ويضيف متشرلش أن كل عامل يزداد أثره كلما قلت كميته. ويفسر زيادة المحصول بإضافة العنصر غير المحدد بأن النبات فى هذه الحالة يحتوى نسبة منخفضة نوعا من العنصر المحدد أو أن إضافة العنصر غير المحدد تساعد النبات على الحصول على مزيد من العنصر المحدد . ومن الناحية الرياضية نجد أن "ص" تزيد بزيادة "أ" وهى المحصول الأعلى الذى يتوقف على جميع عوامل النمو وكذا على "س" العنصر المختبر .

والرأى الثالث لمتشرلش وباول هو النسبة المئوية للكفاية Percentage sufficiency concept وبمقتضى هذا الرأى فإن كمية معينة من عنصر ما تكون كافية لإنتاج نسبة معينة من المحصول الذى يمكن إنتاجه عندما يكون هذا العنصر موجودا بوفرة بفض النظر عن وزن المحصول الناتج . وتطبيقا لهذا الرأى أيضا فهما بريان ( متشرلش وباول ) أنه إذا كان الفوسفور مثلا موجودا بكمية تكفى ٩٠% من المحصول الأعلى عند توفر جميع عناصر النمو وكان البوتاسيوم فى نفس الوقت موجودا بكمية تكفى ٧٠% من هذا المحصول الأعلى فإن المحصول الذى يتوقع الحصول عليه فى هذه الحالة هو :

$$= \frac{70}{100} \times \frac{90}{100} = 63\% \text{ من المحصول الأعلى .}$$

ويختلف ذلك عن قانون لبيج الذى يتوقع الحصول على ٧٠% من المحصول الأعلى لأن الفوسفور فى رأى لبيج لا يؤثر لوجوده بنسبة أعلى من توافر البوتاسيوم الذى يعتبر عاملا محددًا .

ويقضى قانون العلاقات الفسيولوجية بأن المحصول الناتج يتوقف على جميع عوامل النمو مجتمعة أى أن إضافة أحد عوامل النمو التى توجد بمستوى غير محدد (Limiting) يزيد المحصول بعكس ما يراه لبيج من أن العنصر المحدد فقط هو الذى يؤثر على المحصول . ويضيف متشرلش أن كل عامل يزداد أثره كلما قلت كميته .

وأقترح باول Baule أنه إذا كان الناتج الأعظم ١٠٠% وأن إضافة مقدار من عامل النمو ينتج نصف المحصول الأعظم فإن إضافة مقدار تال مساو للمقدار الأول (أى الوحدة الثانية) يعطى نصف الفرق بين المحصول الأعظم والمحصول السابق أى  $\frac{1}{2}$  (١٠٠-٥٠) = ٢٥% ويكون المحصول الناتج عن الوجدتين معا (٧٥%) من المحصول الأعظم ويعطى المقدار الثالث نصف الفرق من المحصول الأعلى والمحصول المحقق ٧٥% أى  $\frac{1}{2}$  (٧٥-١٠٠) = ١٢,٥% وتكون جملة المحصول الناتج من الوحدات الثلاث ٨٧,٥% من المحصول الأعلى وهكذا .... ويطلق باول على كمية العنصر التى تنتج ٥٠% من المحصول الأعلى وحدة باول ويرى انها مقياس الاستفادة Efficiency Index وتعرف هذه الكمية الآن بوحدة باول Baule unit .

وأهم الاعتراضات التى أبدت على معادلة متشرلش هى أن "م" فى المعادلة لو (أ - ص) = لو أ - م س ليست قيمة ثابتة كما يرى متشرلش فهو يرى أنها قيمة لا تتغير بتغير النبات أو الأرض أو المناخ وأطلق عليها معامل الاستفادة Efficiency Coefficiency وقد وضع معاصروا متشرلش هذه النقطة موضع الاختبار فى عدد كبير من التجارب فلم يحصلوا على قيمة ثابتة لـ "م" .

وبحاول براى R.H. Bray أن يفسر التضارب بين رأى كل من لبيج ومتشرلش فيقسم براى العناصر المغذية للنبات الى قسمين الأول قسم قادر على الحركة خلال التربة مع الماء وفى الماء (بخاصية الانتشار) وأفضل مثل له هو

النترات. والقسم الثاني لا يستطيع التحرك فى التربة مثل الأيونات المدمصة على سطوح الحبيبات الغروية والرواسب بطينة الذوبان ومن الأمثلة لذلك البوتاسيوم والفوسفور.

يرى براى أن النبات يمتص العناصر المغذية القادرة على الحركة فى الأرض من المنطقة المحيطة بمجموعة الجذور أى من منطقة امتصاص المجموع الجذرى *Root system sorption zone* أما بالنسبة للعناصر المغذية غير القادرة على الحركة فى الأرض فإن امتصاص الجذور لها قاصر على مناطق امتصاص السطوح الجذرية *Root surface sorption zone* وبالأبعاد عن منطقة التلاقى هذه تنخفض قدرة النبات على الامتصاص انخفاضاً شديداً .

## العلاقات الكمية بين النبات

### والعناصر المغذية

تهدف دراسات التسميد الى زيادة معرفتنا بالأثر الذي تحدثه هذه الأسمدة على نمو النباتات الاقتصادية حتى يمكن زيادة كفاءة عملية التسميد بأختيار نوع السماد المناسب لنبات معين في أرض معينة ، وأضافة هذا السماد في الوقت الذي تتحقق منه أعلى أستفاده وبالكمية التي تعطى أعلى عائد منه .

وتهتم دراسات التسميد في الفترة الأخيرة على وجه خاص بالتعبير الكمي عن أستجابة الحاصلات المختلفة للأسمدة تحت ظروف نمو مختلفة .

ويمكن تحليل عوامل الأنتاج تحليلا كيميا الى : المناخ والأرض والنبات والأسان والزمن ويضع يني Jenny هذه العلاقة في صورة المعادلة الآتية :

المحصول  $\equiv$  ( المناخ ، النبات ، الأسان ، الأرض ، الزمن )

وتوضح المعادلة أن نوع ومقدار المادة العضوية الناتجة من مساحة ما من الأرض تتوقف على العوامل بين القوسين ( اذا اعتبرت هذه العوامل مستقلة تماما عن بعضها ، فيحسن تغيير لفظ الأرض بلفظ المادة الأرضية أو مادة الأصل Soil material or Parent material

### العلاقة بين الأنتاجية والخصوبة :

اذا كانت الأرض ذات تركيب طبيعي مناسب ، واذا ثبتت الظروف المحيطة من جو وخدمة ( الأسان ) ونوع النبات وصفه ومدة مكثه ، ليصبح العامل المحتمل تغيره هو الخصوبة ويقصد بخصوبة التربة مقدار ما تحتويه من العناصر الضرورية المغذية للنبات في صور ميسوره لهذا النبات .  
وإذا اعتبرنا أن النتروجين الموجود بالأرض يتناسب مع ما تحتويه الأرض



من عناصر مغذية أخرى اى اذا أصبح النتروجين دالا على خصوبة التربة ، فإن الأنتاجية Productivity معبرا عنها بالمحصول ص ≡ (ن) مع اعتبار باقى العوامل ثابتة .

وقد حاول كثير من الباحثين تحديد نوع الدالة الرياضية التى تحقق هذه العلاقة العامة حتى يمكنهم أن يضعوا العلاقة بين المحصول الناتج والعامل المتغير أو العوامل المتغيرة فى شكل قانون رياضى محدد .

ويفهم من قانون الغلة المتناقصة Law of diminishing returns أن الزيادة الناتجة من إضافة الوحدة الثانية من العنصر المختبر أقل من الزيادة الناتجة عن إضافة الوحدة الأولى والزيادة عن الوحدة الثالثة أقل من الزيادة الناتجة من الوحدة الثانية وهكذا تقل الزيادة الناتجة من كل وحدة بتوالى إضافة الوحدات . والتعبير الرياضى عن قانون الغلة المتناقصة هو المعادلة الأسية أو الصورة اللوغاريتمية لها وتنتج هذه المعادلة من الفرض أن التناسب بين مقدار العنصر المضاف والمحصول غير ثابت بل تتناقص يحكمها الفرق بين المحصول الأعظم والمحصول الناتج عند توفر جميع عوامل النمو والمحصول الناتج (ص) .

أى التغير فى ص " د ص " بالنسبة الى التغير فى س أى د س :

$$\text{أى } \frac{د ص}{د س} = م (أ - ص) \quad \text{أو} \quad [1]$$

$$\text{أى } \frac{د ص}{أ - ص} = م د س \quad \text{وبالتكامل} \quad [2]$$

$$\text{لو } (أ - ص) = م س + ك \quad [3]$$

وكلما زادت " س " كلما قل المقدار ( أ - ص ) ولذا تأخذ م علامة (-)

$$\text{.:. لو } (أ - ص) = ك - م س \quad [4]$$

فإذا كانت "س" = صفر فإن المحصول "ص" الناتج = صفر  
ويكون لو أ = ك وبالتعويض عن ك في المعادلة [٤] بالمقدار لو أ

تكون : لو (أ - ص) = لو أ - م س

$$\therefore \frac{\text{لو (أ - ص)}}{\text{لو أ}} = \frac{\text{م س}}{\text{لو أ}}$$

$$\therefore \frac{\text{أ - ص}}{\text{أ}} = \frac{\text{م س}}{\text{أ}} \quad \text{بعد تحويل الأساس هـ الى الأساس ١٠}$$

$$\therefore \text{أ - ص} = \text{أ} \times \frac{\text{م س}}{\text{أ}} \quad \therefore \text{ص} = \text{أ} - \frac{\text{م س}}{\text{أ}}$$

$$\text{أو ص} = \text{أ} (1 - \frac{\text{م س}}{\text{أ}})$$

وهذه هي الصورة المبسطة لمعادلة متشرلش وقد أثارت هذه المعادلة وبقية  
أراء متشرلش ومنها ما سماه بقانون العلاقات ولا زالت مصدر الكثير من  
المنافشات .

ويرى برابى ان جذور النبات تستطيع أن تمتص كل مقدار العنصر القادر على  
الحركة Mobile من منطقة امتصاص المجموع الجذرى وأن محتوى النبات فى  
هذه الحالة من هذا العنصر تساوى تقريبا كل مقدار هذا العنصر الموجود بهذه  
المنطقة عدا ما يفقد بالطرده مع الماء وما يثبت فى أجسام الكائنات الدقيقة ، أما  
بالنسبة للعناصر التى لا تتحرك فى الأرض فإن المقدار الممتص بواسطة الجذور  
لا يمثل غير نسبة ضئيلة من المقدار الكلى الموجود منه بالأرض .

وأختلاف النباتات فى كثافة جذورها وطريقة تفرع هذه الجذور بالأرض يؤدي  
الى أختلاف الكميات التى تستطيع أمتصاصها من العناصر المغذية التى لا تتحرك  
بالأرض وعلى ذلك فإن أختلاف تفرع الجذور وكثافتها يؤدي الى الأختلاف فى  
الأحتياجات الغذائية للنباتات المختلفة من العناصر التى لا تتحرك بالأرض . أما

بخصوص العناصر التي تتحرك بالأرض فإن تأثير تفرع الجذور وكثافتها يكون ثانوي لأن الجذور تمتص هذه العناصر من المنطقة المحيطة بها كما أن تحرك هذه العناصر مع الماء يتجه نحو منطقة أمتصاص الجذور ، فالعامل الذي يقرر الاحتياجات الغذائية من هذه العناصر هو مقدار المحصول والنسبة المئوية من هذه العناصر فيه وحاصل ضربيهما (المحصول × النسبة المئوية) يعطى المقدار الواجب أمتصاصه من كل من هذه العناصر حتى يمكن الحصول على أعلى محصول أى أن العناصر الغذائية القادرة على الحركة تتبع رأى لبيج فى أنه يجب توفير مقدار معين منها حتى يمكن إنتاج المحصول الأعلى أما فى حالة العناصر التي لا تتحرك بالأرض فإذا افترضنا أن تركيزها متجانس فى الأرض كلها فإن منطقة تلامس الجذور مع الأرض - منطقة الأمتصاص - لا تمثل غير نسبة ضئيلة من الأرض. ولاحتوى غير جزء من العنصر بالأرض وزيادة نمو الجذور تعطى جذورا جديدة تتخلل منطقة أمتصاص جديدة تحتوى على العنصر بنفس التركيز.

وتركيز العنصر فى الأرض فى هذه الحالة يمكن اعتباره الاحتياجات الغذائية لهذا النبات من العنصر والتغير فى المحصول - بزيادة نمو الجذور لا يغير هذه الاحتياجات الغذائية الأرضية .

ينتهى برأى من ذلك الى :

1. ليست جميع العناصر المغذية خاضعة لقاعدة الكفاية النسبية التي افترضها مشرلش وباول ، بل يمكن تطبيقها فقط على العناصر قليلة الحركة أما العناصر القادرة على الحركة فتتبع قانون " العامل المحدد" .
2. تتغير " م" حسب العوامل التي تغير قدرة النبات على أمتصاص العناصر المغذية ولذا يجب أن تتغير " م" حسب نوع تفرع الجذور أى نوع النباتات وحسب المسافة بين النباتات .

٣. إذا كانت العناصر المغذية القادرة على الحركة والتي تتبع قانون العامل المحدد غير متوفرة فإنها تحدد قدرة النبات على إرسال جذوره الى حيث يستطيع أمتصاص العناصر غير القادرة على الحركة ولذا فإن "م" بالنسبة لهذه العناصر تتغير حسب المقدار الموجود من العناصر المتحركة ومدى كفايتها للنبات .

تتغير "م" أيضا حسب نظام (نمط) توزيع العنصر المغذى بالأرض والصورة Form التي يوجد بها .

أستخدم معادلة متشرلش :

المعادلة لو (أ - ص) = لو أ - م س أستنتجت من تجارب في زراعات رملية، فالمقدار "س" يعبر عن كل الكمية من العنصر المغذى المختبر أما في حالة أستعمال أرض عادية ، فهذه الأرض تحتوى عادة على مقدار من العنصر المغذى، فإن كان المحصول الناتج "ص" في هذه الحالة فإنه ناتج عن وجود مقدار من العنصر المغذى الأصلي ، ولنقترض أنه "ب" وما قد يضاف الى الأرض من هذا العنصر في صورة سماد "س" وتصبح المعادلة :

$$\text{لو (أ - ص) = لو أ - م (ب + س)}$$

ويلاحظ أن "ب" في هذه الحالة هي ما تحتويه الأرض من العنصر المغذى معبرا عنه بوحدات من السماد المضاف "س" أو هي تقدير لمحتويات الأرض من هذا العنصر كما لو كان في صورة السماد المضاف ، والأشترك بين "ب" و "س" في معامل الأستفادة "م" يفسر على أساس هذا الفرض . ويرى متشرلش أن "م" ثابتة بالنسبة لكل عنصر غذائى بصرف النظر عن أختلاف الأرض أو النبات أو ظروف النمو. وقد قدرها لكل من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم .

ومن التجارب الحقلية - أو القصارى - يقدر متشرلش "أ" وهو المحصول الأعلى في حالة توفر جميع العناصر بما فيها العنصر المختبر "ص" هو المحصول الناتج في حالة عدم إضافة العنصر السمادي (س = صفر) أي المحصول الناتج في وجود مقدار العنصر بالأرض فقط أي "ب" وحدة من العنصر ولذا تكون المعادلة: لو (أ - ص) = لو أ - م ب ويحسب متشرلش قيمة ب من معرفة "أ" و "ص" ويعتبرها مقياساً لخصوبة الأرض في هذا العنصر. ولما كانت معرفة المحصول الأعلى "أ" غير سهلة لأننا نستطيع أن نؤكد أن الأضافة من العنصر السمادي المختبر هي التي تعطى هذا المحصول الأعلى فالطريقة الحسابية لتقدير المحصول الأعلى التي استخدمها متشرلش هي كما يلي: تجرى تجربة باضافة كميات من العنصر المغذى المختبر بحيث أن الفرق بين هذه الكميات تكون الوحدة أي س<sub>1</sub> = 1 و س<sub>2</sub> = 2 وحدة و س<sub>3</sub> = 3 وحدات وينتج عن ذلك :

$$\begin{aligned} \text{لو (أ - ص}_1) &= \text{لو أ - م س}_1 - \text{م ب} & [1] \\ \text{لو (أ - ص}_2) &= \text{لو أ - م س}_2 - \text{م ب} & [2] \text{ وبطرح [1] من [2]} \\ \text{لو أ - ص}_3 &= \text{لو أ - م س}_3 - \text{م ب} \\ \text{لو (أ - ص}_2) &- \text{لو (أ - ص}_1) = \text{م (س}_2 - \text{س}_1) & \text{ (ب - 1)} \\ \therefore \text{لو (أ - ص}_2) &- \text{لو (أ - ص}_1) = \text{م (س}_2 - \text{س}_1) \\ \text{لو (أ - ص}_2) &- \text{لو (أ - ص}_1) = \text{لو (أ - ص}_2) - \text{لو (أ - ص}_1) & \text{ م (س}_2 - \text{س}_1) \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{\text{أ - ص}_2}{\text{أ - ص}_1} = \frac{\text{أ - ص}_2}{\text{أ - ص}_1}$$

$$\therefore (\text{أ - ص}_2) = (\text{أ - ص}_1) (\text{س}_2 - \text{س}_1)$$

$$2 \text{ ص} 1 - 1 \text{ ص} 2 = 2 \text{ ص} 1 - 1 \text{ ص} 2$$

$$2 \text{ ص} 1 - 1 \text{ ص} 2 = 2 \text{ ص} 1 - 1 \text{ ص} 2 + 3 \text{ ص} 1 - 3 \text{ ص} 1$$

$$\frac{2 \text{ ص} 1 - 1 \text{ ص} 2}{2 \text{ ص} 1 - 1 \text{ ص} 2} = 1$$

وقيم "ص" معروفة من التجربة ولذا يمكن معرفة "أ" ومنها يمكن حساب "ب" حيث :

$$\text{لو } (أ - ص) = \text{لو } أ - م \text{ ب}$$

$$\text{لو } (أ - ص) = \text{لو } أ - م \text{ ب}$$

وبالنسبة لمتشرلش فقيمة "م" ثابتة معروفة لكل عنصر أما في حالة الدراسات التي لا تعرف قيمة "م" منها فتحسب :

$$\frac{\text{لو } (أ - ص) = \text{لو } (أ - ص)}{2 \text{ ص} 1 - 1 \text{ ص} 2} = م$$

وتوجد طرق أخرى تعتمد على نظرية المربعات الصغرى وتدخل في الحساب جميع نتائج التجربة وليس متوسطاتها وهو التي أستخدمها متشرلش .  
من معرفة "ب" يمكن معرفة المحصول "ص" الذي ينتج عند إضافة "س" وحدة من العنصر السمادي بالأرض كما لو كان هذا المقدار في صورة السماد المضاف ، وقيمة (م) التي تعتبر معامل كفاءة العنصر السمادي مشتركة بين كل من (ب) و (س) لأنهما معتبرتاتان متساويتى الصلاحية فمن الطبيعي أن تكون (م) واحدة لكل منهما .

وفي أستعمال Bray للمعادلة استخدم قيمة اختبار خصوبة الارض في العنصر  
المقدرة كيميائيا بدلا من قيمة (ب) المحسوبة وتحولت المعادلة الى :

$$\text{ص} = \text{ا} - (\text{ا} - \text{ب} - \text{م} - \text{س})$$

ومن الواضح أن (م) تختلف عن (م) لان الاولى معامل كفاءة صورة معينة  
من صور العنصر المختبر هي التي قدرت كيميائيا و (م) هنا تعبر عن  
مقدار الفوسفور الارضى الفعال في تغذية النبات ، وفي التجربة الواحدة من  
الضروري أن تتساوى ( م ب) و(م ب) . باعتبار أن كلا من المقدارين يمثل  
مقدار العنصر الفعال بالأرض .

وإذا كانت الأرض تحتوى على عدد من الصور الكيميائية من العنصر المختبر  
التي تساهم في تغذية النبات أى (ب ا) ، (ب ب) مثلا وأن لكل من هذه الصور  
الكيميائية معامل كفاءة (م ب) مختلف عن الآخر فمن الضروري أن تكون :

$$\text{م ب} = \text{م ب} + \text{م ب} + \text{م ب} + \dots$$

وبصورة عامة عند وجود (ن) صورة من العنصر المختبر بالأرض لكل منها  
معامل كفاءة خاص تكون .

$$\text{م ب} = \text{م ب} + \text{م ب} + \text{م ب} + \dots + \text{م ب} + \text{م ب} + \text{م ب} + \dots$$

وفي قطاع الأرض قد تختلف كفاءة العنصر الغذائى حسب عمق الطبقة  
لأختلاف كثافة الجذور مثلا في الطبقة السطحية عنها في الطبقات السفلى ، فإذا  
كانت الصورة (ب) موجودة في طبقات من أ الى ك ، ولكل طبقة منها معامل كفاءة  
خاص فإن القيم الفعالة من ب ا تكون :

$$\text{ب ا م} + \text{ب ا م} + \text{ب ا م} + \dots + \text{ب ا م} + \text{ب ا م} + \text{ب ا م} + \dots$$

وكذلك الحال بالنسبة الى ب ب وبقية الصور وتكون :

$$م ب = م ا ب ا + م ب ب ك + م ن ا ب ن ا + م ن ك ب ن ك + \dots + م ا ك + ب ك +$$

$$م ب ا ب ا + م ب ك ب ب ك + م ن ا ب ن ا + م ن ك ب ن ك$$
 حيث (ا) الى (ن) ترمز الى صور العنصر و (ا) الى (ك) ترمز الى طبقات التربة .

### التقدير الكمي للكفاءة النسبية لصور العنصر المختبر

من الناحية التطبيقية قد لا يكون ادخال كل هذه التفاصيل ميسورا أو مطلوباً ، ولكن قد يكتفى بادخال الصور الهامة من العنصر في المعادلة ، فمثلا في حالة الفوسفور اذا اعتبرنا أن الفوسفور المدمص أو المتبادل الذي يمكن استخلاصه بمحلول فلوريد الامونيوم والفوسفور الذي يمكن استخلاصه بحامض الكلورودريك المخفف هما الصورتان الارضيتان الهامتان في مد النبات بحاجته من الفوسفور في المعادلة التي تعبر عن استجابة النبات الى المقادير الموجودة من هاتين الصورتين ومن السماد المضاف تكون :

$$ص = ( ١ - ١٠ - ١٣٦٤ - ٢٣٢٢ - ٥٤ )$$

حيث أن (١) تشير الى الفوسفور المتبادل و (٢) الى الفوسفور الذائب في الحامض و(س) هي السماد المضاف . و (م) و (م) و (م) هي معامل كفاءة كل من الصور الثلاث على التوالي ، ومقارنة كل منها بالأخرى يمكن اعتبارها مقارنة لكفاءة الصور الثلاث لتغذية النبات في التجربة التي استنتجت منها قيم (م).

$$م$$

وتكون كفاءة الفوسفور المتبادل : سوبر الفوسفات المضاف =  $\frac{م}{م}$



وكفاءة الفوسفور الذائب في الحامض : سوبر الفوسفات المضاف =  $\frac{2م}{م}$

والمقارنة الكمية بين كفاءة الصور المختلفة من العنصر المختبر يمكن تحقيقها ايضا بمقارنة وحدة باول Baule unit من كل صورة من الصور الأخرى، فالمعروف أن وحدة باول هي مقدار العنصر اللازم لإنتاج نصف المحصول الأعظم .

وفي المثال السابق كانت وحدة باول Baule unit من كل من :

سوبر الفوسفات	١١٢ رطل / فدان
الفوسفور المتبادل	١٥٤ رطل / فدان
الفوسفور الذائب في الحامض	٣٦٨٦ رطل / فدان

فكل رطل من الفوسفور المضاف  $\frac{١٥٤}{١١٢}$  = ١,٣٧ رطل فوسفور مدمص .

وكل رطل من الفوسفور المضاف  $\frac{٣٦٨٦}{١١٢}$  = ٣٢,٩ رطل فوسفور ذائب في الحامض .

ومقارنة الكفاءة باستعمال قيم (م) حيث كانت م = ٠,٠٠٦١٧

١م = ٠,٠٠٤٥ ، ٢م = ٠,٠٠٠١٨

كفاءة السوبر فوسفات : الفوسفور المدمص  $\frac{٠,٠٠٦٢}{٠,٠٠٤٥}$  = ١,٣٧ مرة .

كفاءة السوبر فوسفات : الفوسفور الذائب في الحامض  $\frac{٠,٠٠٦١٧}{٠,٠٠٠١٨}$  = ٣٢,٨ مرة .

وواقع أن العلاقة بين قيمة (م) ووحدة باول توضح ذلك :

$$\text{وحدة باول} = \frac{0,301}{0,4243 \text{ م}} \text{ حيث } (0,4343 = \text{لو غريتم هـ})$$

والمقارنة الكمية لكفاءة صور العنصر المغذى مع بعضها أو تحت ظروف مختلفة وسيلة هامة تعطى الباحث القدرة على التعبير الكمي بدلا من التعبير الوصفي شائع الأستعمال فى دراسات استجابة النبات للتسميد . فاذا كان تغير الظروف يؤدي الى تغير كفاءة العنصر المختبر فلا بد أن ينعكس ذلك على قيمة (م) ومقارنة قيم (م) تحت الظروف المختلفة تعطى تقديرا كميا لأثر هذه التغيرات .

ونورد فيما يلى بعض الأمثلة لذلك :

فى تجربة لفريد وماكينزى Mckenzie and Fried استعملا فيها سوپر فوسفات + متخلفات نباتية (أ)

وسوبر فوسفات + كربونات كالسيوم (ب)

وسوبر فوسفات + سماد بلدى + كربونات كالسيوم (جـ)

ولما كان سوپر فوسفات الكالسيوم المستعمل يحتوى فوسفور ٣٢ المشع فقد أمكن تقدير نسبة الاستفادة من سوپر فوسفات الكالسيوم تحت الظروف الثلاثة المشار إليها .

وبأستعمال نتائجهما أمكن التعبير عنها فى صورة معادلة متشراش كما يأتى :

$$\text{فى الحالة (أ) : لو } (22,9 - \text{ص}) = \text{لو } 22,9 - 0,0272 \cdot 00,074,0 \text{ (س) +}$$

$$\text{(ب) : لو } (22,9 - \text{ص}) = 22,9 - 0,023 \cdot 00,067,6 \text{ (س) +}$$

$$\text{(جـ) : لو } (22,9 - \text{ص}) = 22,9 - 0,035 \cdot 00,010 \text{ (س) +}$$

ومقارنة قيم (م) في المعادلات الثلاث تشير الى تغيرات طفيفة في كفاءة سوبر فوسفات الكالسيوم نتيجة لأضافة المتخلفات أو الجير أو السماد + الجير .

وأوضحت تقديرات نسبة الاستفادة من السماد ما يأتي :

في حالة (أ) : ٢٥,٦ %

والحالة (ب) : ٢٧,٩ %

والحالة (ج) : ٢٥,٧ %

وهي أيضا تغيرات طفيفة مما يشير الى اتفاق الطريقتين في نتائجهما .

### مقارنة الكفاءة النسبية للسماد

#### تحت ظروف نمو مختلفة

مقارنة أثر اضافات النتروجين على الكفاءة النسبية لسوبر الفوسفات والفوسفور الارضى .

أجريت تجربة القصارى باستخدام عينة من أرض مريوط الغنية بكاربونات الكالسيوم وأضيف الى الأرض ٥٠ مجم بولكل قصرية ، وكانت : معاملات الفوسفور : صفر - ١٣-٢٦-٣٩ - مجم فو / قصرية .

ومعادلات النتروجين : صفر - ٣٠ - ٦- ٩٠ - مجم ن / قصرية .

وقد أضيفت نترات الكالسيوم في صورة محلول بعد الزراعة بثلاثة أسابيع أما الفوسفور فقد خلط سوبر الفوسفات خلطا جيدا مع الأرض قبل الزراعة .

وقدر الفوسفور في النبات بعد ٦ أسابيع وحسب مقدار الفوسفور الممتص من

كل معاملة ، وحسبت ثوابت معادلة متشرلش عند كل مستوى من النتروجين

المضاف باعتبار أن (أ) أى المقدار الاعظم من الفوسفور الممتص قد تحقق في

وجود ٣ وحدات نتروجين ، واستخدم هذا الرقم في حساب ثوابت المعادلة في

معاملات النتروجين الاخرى وكانت المعادلات الناتجة كما يلي في حالة :

٣ وحدات ن : لو (٥,٢٤٦ - ص) = لو ٥,٢٤٦ - ٠,٠٧٨ ب١ - ٠,٢٧٦٨ من

٢ وحدة ن : لو (٥,٢٤٦ - ص) = لو ٥,٢٤٦ - ٠,٠٤٢٣ ب١ - ٠,٢٦٧٥ من

١ وحدة ن : لو (٥,٢٤٦ - ص) = لو ٥,٢٤٦ - ٠,٠٣٦٧ ب١ - ٠,١٧٦٨ من

صفر وحدة ن : لو (٥,٢٤٦ - ص) = لو ٥,٢٤٦ - ٠,٠٠٨٦ ب١ - ٠,٠٩٦٤٥ من

ب١ هي مقدار الفوسفور المقدر بطريقة بيكربونات الصوديوم مجم فو/قصرية بالأرض ، (س) هي وحدات من سوبر فوسفات الكالسيوم على صورة فوسفور ، كل وحدة ٠,٥ مجم فو / كجم أرض .

ومقارنة معاملات (م) في المعادلة الواحدة أى قيمة (م) للسماد مع قيمة (م) للأرض في المعادلة الواحدة تعطى الكفاءة النسبية للفوسفور الأرضى منسوبة الى كفاءة السماد .

ومقارنة (م) للسماد فى كل معادلة بنظيرتها فى المعادلات الأخرى تعطى كفاءة السماد منسوبة الى بعضها تحت معاملات نتروجين مختلفة وكذا الحال بالنسبة الى (م) الفوسفور الأرضى تحت معاملات نتروجين مختلفة .

ويتضح من هذه المقارنات ما يأتى :

١. إضافة وحدة نتروجين واحدة زادت كفاءة الفوسفور الأرضى ٤,٢٤٨ مرة بالنسبة الى عدم اضافة نتروجين ، أما اضافة ٣ وحدات نتروجين فقد زادت كفاءة الفوسفور الأرضى ٩,١١ مرة بالنسبة الى عدم اضافة نتروجين .

٢. أثر اضافة النتروجين على كفاءة السماد الفوسفورى كانت أقل فإضافة ٣ وحدات نتروجين زادت كفاءة السماد الفوسفورى ٢,٨٧١ مرة بالنسبة الى عدم اضافة نتروجين .

وعند مقارنة كفاءة الفوسفور الأرضى مع الفوسفور السمادى بعد توحيد وحدات (ب) و(س) وقد ذكرنا أن (ب) هي مجم فو/قصرية بينما (س) وحدات كل منها ٦,٥ مجم/كجم أو بمعنى آخر ١٣ مجم/قصرية وبالتالي يقتضى قسمة معاملات الكفاءة الخاصة بالسماد على ١٣ لنحصل على كفاءة ١ مجم/قصرية ففى حالة إضافة :

$$٣ \text{ وحدات (ن) مثلا تكون (م) بالنسبة للسماد} = \frac{٠,٠٢٧٦٨}{١٣} = ٠,٠٢١٣$$

وهى قيمة نقل عن قيمة ٠,٠٧٨١ الخاصة بالفوسفور الأرضى أى أن الفوسفور الأرضى ذو كفاءة تزيد ٣ مرات عن كفاءة الفوسفور السمادى ، وليس ذلك أمرا غريبا ، فالسماد فى هذه الأرض يتحول الى صورة مرسبة قليلة الصلاحية ، وقد أوضح التحليل الكيميائى باستخدام طريقة البيكربونات أن ثلاث السماد فقط أمكن استخلاصه من الأرض بعد إضافته إليها . وقد أوضحت الطريقة أن أثر النتروجين على كفاءة الفوسفور الأرضى أكثر بكثير من أثره على كفاءة الفوسفور السمادى ، وقد أكدت ذلك دراستنا باستخدام الفوسفور ٣٢ .

(ب) وبنفس الطريقة أمكن تقدير الكفاءة النسبية لصور مختلفة من النتروجين السمادى أضيفت الى الأرض بطرق مختلفة :

نفذت هذه الدراسة فى رمل مغسول أى لا يحتوى على مصدر نتروجين وأضيفت الى نباتات الذرة محلول مغذ خال من النتروجين الذى أضيف فى صورة كبريتات أمونيوم بمعدلات : صفر ، ١٥ ، ٣٠ ، ٤٥ مجم ن /كجم رمل . وبالطرق الآتية :

١. أضيف السماد كله مره واحدة بعد خف النباتات .
٢. قسم مقدار السماد بكل معدل الى ٣ أقسام ، أضيف القسم الاول وهو ربع المعدل الباقي بعد عشرة أيام أخرى .

٣. أضيف السماد مع وزن مكافئ له من الجبس وأضيف كله بعد الخف .  
٤. خلط الجبس مع السماد والماء جيدا ، قسم الى كرات صغيرة وجففت هذه الكرات في الفرن على درجة ٧٠°م وأستعملت الكرات بعد الخف .  
٥. طحنت كرات مماثلة للمستعملة في ٤ وأضيفت كمسحوق بعد الخف .  
وزنت النباتات - السوق والجذور - بعد نحو ٥٠ يوم وقدر النتروجين وحسب النتروجين الكلي الذي أمتصته النباتات من كل معاملة وحسبت ثوابت معادلة متشرلش بأعتبار (أ) هي مقدار النتروجين الممتص المحسوب من نتائج المعاملة التي أعطت أعلى النتائج وكانت المعادلات كما يأتي :

$$\text{معاملة (١) ص} = ٠,٨١٣ - (١ - ١٠ - ٠,٨٤٥) \times ٠,٣٢٩ - ٠,٥٧٢ \text{ (س)}$$

$$\text{معاملة (٢) ص} = ٠,٨١٣ - (١ - ١٠ - ٠,٨٤٥) \times ٠,٣٢٩ - ٠,٧٨٤ \text{ (س)}$$

$$\text{معاملة (٣) ص} = ٠,٨١٣ - (١ - ١٠ - ٠,٨٤٥) \times ٠,٣٢٩ - ٠,٥١٤ \text{ (س)}$$

$$\text{معاملة (٤) ص} = ٠,٨١٣ - (١ - ١٠ - ٠,٨٤٥) \times ٠,٣٢٩ - ٠,٨٤٥ \text{ (س)}$$

$$\text{معاملة (٥) ص} = ٠,٨١٣ - (١ - ١٠ - ٠,٨٤٥) \times ٠,٣٢٩ - ٠,٥٥٩ \text{ (س)}$$

حيث ٠,٨١٣ جم ن/قصرية هي المقدار الأعلى الممتص في نباتات الذرة و ٠,٣٢٩ مجم ن هي مقدار النتروجين الموجود أصلا بحبوب الذرة والرمل معبرا عنها بوحدات (س) السماد المضاف حيث كل وحدة س=١٧٨,٥٧مجم ن/قصرية. ومن مقارنة معاملات الكفاءة (م) بكل معادلة بقريبتها في المعادلة الخاصة بالمعاملة (٤) نجد أن كفاءة كبريتات الأمونيوم في :

$$\text{المعاملة (١) منسوبة للمعاملة (٤)} = \frac{٠,٥٧٢}{٠,٨٤٥} = ٠,٦٧٧$$

$$\text{المعاملة (٢) منسوبة للمعاملة (٤)} = \frac{٠,٧٨٤}{٠,٨٤٥} = ٠,٩٢٧$$

$$\text{المعاملة (٣) منسوبة للمعاملة (٤)} = \frac{0,0845}{0,0514} = 0,609$$

$$\text{المعاملة (٥) منسوبة للمعاملة (٤)} = \frac{0,0559}{0,0845} = 0,661$$

❖ حساب مساهمة الصور المختلفة للعنصر في تغذية النبات من معادلة متشركش :

$$\text{ص} = (100 - 10 - 1) م - (ب + س)$$

تعتبر (ب) و(س) متساويتى الصلاحية ولذلك فان (م) معامل الكفاءة لهما مشترك.

أى أن النبات ينمو فى بيئة فيها المقدار (ب) والمقدار (س) من العنصر المغذى المختبر والمتساوى الصلاحية وبالتالي فان النبات يمتص حاجته من العنصر من المصدرين (ب) ، (س) حسب مقدار كل منهما وتكون نسبة ما يحتويه النبات من السماد المضاف (س) الى ما يحتويه من المصدر الأرضى (ب) هى س : ب ونسبة ما يحتويه من السماد المضاف الى جملة ما يحتويه من العنصر هى س : ب + س .

$$\text{ويمكن بضرب } \frac{س}{ب + س} \times \text{جملة ما يحتويه النبات}$$

، حساب ما يحتويه النبات من العنصر المضاف تحت الاختبار .

وفى حالة المعادلة التى أستعمل فيها أكثر من صورة كيميائية من العنصر المختبر أى (ب١) ، (ب٢) والسماد س كانت المعادلة :

$$\text{ص} = (100 - 10 - 1) م - (ب١ + ب٢ + س) \quad \text{و} \quad \text{ص} = (100 - 10 - 1) م - (ب١ + ب٢ + س)$$

وتكون مساهمة السماد في هذه الحالة :

$$\text{ب ١ م} \\ \text{م س + م ١ ب + م ٢ م} \\ \times \text{ جملة ما يحتويه النبات من العنصر ومساهمة الصورة}$$

$$\text{ب ١ م} \\ \text{م س + م ١ ب + م ٢ م} \\ \times \text{ جملة ما يحتويه النبات من العنصر ومساهمة الصورة}$$

$$\text{ب ٢ م} \\ \text{م س + م ١ ب + م ٢ م} \\ \times \text{ جملة ما يحتويه النبات من العنصر .}$$

وفي مقارنة للنتائج التي استعمل فيها الفوسفور المشع أوضحنا أن استعمال الطريقة الحسابية السابقة تتفق مع نتائج استعمال الفوسفور المشع وكذلك استخدمت نفس الطريقة في حساب مساهمة السماد المضاف في عدد من التجارب التي قام بها باحثون مختلفون باستعمال النظائر المشعة وأوضحنا أن النتائج متقاربة .:

وطريقة حساب مساهمة الصور المختلفة للعناصر في تغذية النبات تعطى الباحث القدرة على تفهم بعض النواحي في تغذية النبات لم تكن ميسورة له من قبل .

وقد استعملت الطريقة لدراسة أثر إضافات كل من الفوسفور والنترجين على تركيب النبات الكيمائي وعلى المقدار الذي يمتصه النبات من السماد المضاف من كل منهما ومن الأرض ، ويمكن تلخيص نتائج هذه الدراسة فيما يلي :

١. أن إضافات النترجين لم يكن لها أثر على النسبة المئوية للفوسفور بالنبات بينما إضافات الفوسفور أدت الى بعض النقص في نسبة النترجين في النبات .
٢. لوحظ أن النترجين الذي امتصه النبات في حالة عدم إضافة سماد نترجيني تعادل تقريبا النترجين الأرضي ( ب ن ) في المعادلة .



٣. الأضافة الاولى فقط من الفوسفور زادت مقدار النتروجين الذى امتصه النبات فى الأرض .

٤. الفوسفور الذى امتصه النبات فى حالة عدم اضافة سماد فوسفورى يعادل جزء من الفوسفور الأرضى (ب فو) فى المعادلة .

٥. امتص النبات حوالى ٢٠ - ٥٠% من السماد الفوسفورى المضاف .

٦. أدت اضافات النتروجين الى زيادة مقدار الفوسفور الممتص .

### معادلة سبلمان Spillman

كما حاول لبيج ومشرش التعبير عن العلاقة بين النبات وعوامل النمو وخاصة العناصر الغذائية بمعادلات رياضية حاول Spillman فى وزارة الزراعة الأمريكية تحقيق نفس الهدف سنة ١٩٢٤ فاعتبر سبلمان أن كل زيادة فى المحصول ناتجة عن اضافة ثابتة من العنصر الغذائى منسوبة الى الزيادة الناتجة عن الأضافة السابقة لها تعطى نسبة ثابتة ، فمثلا الزيادة فى المحصول الناتجة عن اضافة الوحدة الرابعة من العنصر الغذائى منسوبة الى الزيادة الناتجة عن الوحدة الثالثة تعطى نسبة تساوى النسبة الناتجة عن الزيادة الناتجة من اضافة الوحدة الثالثة الى الزيادة الناتجة عن الوحدة الثانية ، وبذلك تكون هذه الزيادة متوالية هندسية ذات أساس ثابت هو النسب المشار اليها ويكون مجموع هذه الزيادات هو مجموع المتوالية الهندسية (م) حيث (م) المجموع ، (ك) الحد الاول ، (ن) عدد الحدود ، (ر) الأساس .

$$م = \frac{ك (١ - ر ن)}{ر - ١} \quad (١)$$

ولما كانت المتسلسلة متناقصة لان الزيادات نفسها تتناقص فإن (ر) تكون أقل من ١ ونقل قيمة (رن) بزيادة (ن) ونصل الى الصفر عندما تقترب من لانهاية . اذا اعتبرنا (ج) تساوى المجموع حتى لانهاية ينتج :

$$\frac{ك}{ج} = \frac{ر-١}{ر}$$

وبالتعويض في المعادلة (١) بقيمة ك = ج (أ - رن) ينتج م = ج - أ - رن  
وبتوقيع (م) ، (ن) على رسم بياني مع التعويض عنهما بالقيم ص = م و س = ن  
تنتج المعادلة ص = ج - (١ - ر س)

والمعادلة ص = ج - (١ - ر س) تعطى الزيادة في المحصول نتيجة  
استعمال (س) وحدة من العنصر المغذي وللحصول على المحصول نفسه الناتج  
عن استعمال العنصر المغذي يحول سبلمان المعادلة كما يأتي .

إذا فرض أن (ص = صفر) المحصول بدون سماء (ص س) المحصول  
باستعمال (س) وحدة و (١) المحصول الأعلى الذي يمكن الحصول عليه باستعمال  
السماد أى .

$$ص = ص س = ص صفر ، (ج - ١ = ص صفر)$$

وبالتعويض عن هذه المقادير في المعادلة ص = ج - (١ - ر س)  
ص س - ص صفر = (١ - ص صفر) (١ - ر س) = ١ - ص صفر - (١ - ص صفر) ر س

$$\therefore ص س = ١ - ج - ر س$$

ولما كانت (س) هنا هي مقدار العنصر المغذي كله فإن ص صفر = صفر  
وتصبح ١ - ج - وتتحوّل المعادلة إلى : ص س = ١ (١ - ر س)

وللتعبير عن المحصول الناتج عن العناصر المغذية الثلاث ن ، فو ، بو يرى  
سبلمان أن المعادلة تكون كما هي الحال في معادلة متشربلش :

$$ص ن و فو و بو = ١ ن و فو و بو (١ - رن) (١ - ر فو) (١ - ر بو)$$

حيث ن ، فو ، بو هي جملة مقادير النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم  
الموجودة ، أى المضافة أو الموجودة أصلاً بالأرض .

وتتقد معادلتا متشرلش وسيلمان بأنهما لاتصلحان للتعبير عن استجابة النباتات لكميات كبيرة من العنصر الغذائى ، اذ يلاحظ أن الإضافات العالية من السماد النتروجينى مثلا قد لاتزيد النمو بل على العكس قد تقلل المحصول الناتج ، فالمعادلات الأسية فى هذه الحالة لاتصلح للتعبير عن الاستجابة السلبية ، وقد قام متشرلش باجراء تعديل فى المعادلة حتى يمكنها أن تؤدى هذا الغرض ويظهر هذا العيب بوضوح عند استعمال معادلة متشرلش أو سيلمان فى حساب أوفق اضافة اقتصادية من السماد ، فأرقام التجربة التى تستعمل فى حساب ثوابت المعادلة لاتوضح فى أكثر الاحيان اتجاه المحصول للنقص ولذا كان حساب الأضافة الاقتصادية من منحنى صاعد الى أعلى باستمرار قد يعطى مقادير كبيرة من السماد ، بينما لو أضيف هذا السماد فعلا فإن النبات قد يستجيب بالنقص لا بالزيادة.

وتوجد أنواع أخرى من العلاقات الرياضية للتعبير عن استجابة النبات الى السماد المضاف ومن أكثر هذه المعادلات شيوعا :

$$١ - معادلة الدرجة الثانية : ص = أ + ب س + ج س ٢$$

حيث (ص) هو المحصول الناتج و (س) مقدار السماد المضاف و أ و ب و ج مقادير ثابتة تحدد استجابة (ص) الى السماد (س) .  
ومن الناحية الرياضية تعتبر ( أ ) الجزء المقطوع من المحور الصادى وتعبير عن المحصول الناتج بدون اضافة سماد ، وتعبير (ب) عن ميل المنحنى عند نقطه ( أ ) أى عندما تكون س = صفر وتعتبر (ج) مقياسا للاتجاه نحو الانخفاض عندما تكون بالسالب ، أما اذا كانت موجبة فان المنحنى يتجه الى أعلى .  
ويمكن حساب ثوابت المعادلة بطريقة المربعات الصغرى المعروفة فى الاحصاء ولكن توجد طريقة حسابيه مبسطة فمن الشكل رقم (٢) الناتج من توقيع قيم نواتج التجربة تكون : ١ = ك

$$\text{وب} = \frac{٤ل - م - ٣ك}{٢}$$

$$\text{وجـ} = \frac{\text{م} + \text{ك} - \text{ل}}{2}$$

وتتبع هذه الطريقة في التجارب التي تكون فيها معدلات الاضافة صفر ، ١ ، ٢ وحدة سمادية وتكون (جـ) عادة مقدارا سالبا ، وبذا يتجه المنحنى الى أسفل وذلك طبعا بعد أن يصل الى نهاية عظمى .  
وواضح أن هذه المعادلة تعكس الاستجابة السالبة للنبات عندما يزداد مقدار السماد المضاف عن قدر معين يختلف حسب ظروف النمو لكل نبات أو لكل أرض أو لكل سماد .

ويكون معدل التسميد الذي يعطى أعلى محصول هو :

$$\text{ب} \\ \text{س أعلى} = \frac{\text{ب}}{2}$$

ولحساب المحصول الأعلى يعوض عن س أعلى في المعادلة الأصلية ، أو يمكن أستخدام العلاقة الآتية للسرعة :

$$\text{ص أعلى} = 1 + \text{ب س أعلى}$$

وزيادات المحصول فوق محصول المقارنة حيث س = صفر وهي قيم (ل) ، (م) في شكل (٣) إذا وقعت مع اضافات السماد ينتج خط منحنى ينبع من نقطة الأصل .

ويمثل محور السينات الخط المنقط في الرسم وتختصر المعادلة الى .

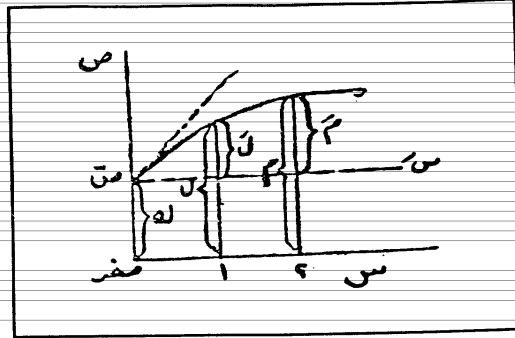
$$\text{ص} = \text{ب س} + \text{جـ س} 2$$

وتحسب (ب) و (جـ) من العلاقتين :

$$\text{ب} = \frac{\text{ل} - \text{م}}{2}$$

$$\text{جـ} = \frac{\text{م}}{2} - \text{ل}$$

وسواء استخدمت معادلة المحصول أو معادلة الزيادات فقيم (ب) و (ج) -  
والمحصول الأعلى الناتجة من كلا المعادلتين واحدة .



شكل (٣) : منحنى الدرجة الثانية الذى يعبر عن العلاقة بين المحصول السمادى المضاف

وتكون معادلة الدرجة الثانية التى تعبر عن الاستجابة لإضافات سمادين معا -  
فوسفور ونتروجين مثلا = كما يأتى :

$$ص = ١ + ب١ن + ب٢ف + ف١ن + ج١ن + ج٢ف + د١ن + د٢ف$$

حيث (ن) ، (ف) معدل اضافة السماد النتروجينى أو الفوسفورى على التوالى .

، (ا) ، (ب) ، (ب١) ، (ب٢) ، (ج١) ، (ج٢) ، (د) ثوابت ، (ص) هى

المحصول الناتج .

وتحسب قيم الثوابت بطريقة المربعات الصغرى أو بطريقة مبسطة فى حالة

(٣) معدلات من كل سماد : صفر -١-٢ وحدة من الجدول التالى حيث (ك) ،

(ل) ، (م) ، .. (هـ) قيم متوسطات لمحصول ، (ن) ، (ف) هى مجموع الأعمدة

أو السطور على التوالى ١١ ، ٢١ هى المجاميع المتقاطعة .

وحساب قيمة (ص) الأعلى باستخدام قيمتي ن أعلى فو أعلى بطريقة سريعة  
يكون من المعادلة الآتية :

$$11 = ك + فو + ى ، \quad 21 = م + و + ح$$

$$\frac{12فو - 4(ن-1) + 4(ن-2) + 9(11-21)}{36} = 1$$

$$\frac{8(ن-1) - 4(ن-2) - 3(11-21)}{12} = 1$$

$$\frac{8(فو-1) - 2(فو-2) - 3(11-21)}{12} = 2$$

$$\frac{ن + 2ن - 1ن^2}{6} = 1$$

$$\frac{فو - 2فو - 2فو + 1فو}{6} = 2$$

$$\frac{11-21}{4} = 2$$

وحساب قيمة ص أعلى باستخدام قيمتي (ن) أعلى و (فو) أعلى بطريقة  
سريعة يكون من المعادلة :

$$ص أعلى = 1 + \frac{1}{4} (ب + 1ن أعلى + 2فو أعلى) .$$

### إستخدام معادلات الدرجة الثانية :

أولاً: التعبير الكمي عن أستجابة الحاصلات لإضافات الأسمدة المختلفة وهو المجال الشائع لأستخدام هذه المعادلات ، ويستنتج منه عادة الأضافة التي تعطى أعلى ربح وسيأتى تفصيل استخدام المعادلة فى هذا المجال فى الصفحات التالية .

ثانياً: تقدر الكفاءة النسبية لصور العنصر لمد النبات بحاجته من هذا العنصر

( Balba 1975)&Balba ) .

استخدمت هذه المعادلة للتعبير عن العلاقة بين الكمية الممتصة من البوتاسيوم (ص) ومقدار البوتاسيوم فى بيئة النمو (س) ، فى صورة نترات بوتاسيوم أو كلوريد بوتاسيوم أو فوسفات بوتاسيوم أو كبريتات بوتاسيوم ونتاجت المعادلات الآتية :

$$\text{ص} = 0.37 + 0.0994 \text{س} - 0.00180 \text{س}^2$$

$$\text{وص} = 0.37 + 0.0890 \text{س} - 0.00165 \text{س}^2$$

$$\text{وص} = 0.37 + 0.0718 \text{س} - 0.00158 \text{س}^2$$

$$\text{وص} = 0.37 + 0.0711 \text{س} - 0.00163 \text{س}^2$$

حيث 0.37 هى مقدار الجزء المقطوع من المحور الصادى (ا) ويمثل مقدار البوتاسيوم الممتص فى حالة عدم أضافة بوتاسيوم ، ونلاحظ أنه مقدار مشترك فى المعادلات الأربعة .

ومقارنة قيم (ب) فى المعادلات الأربعة تعطى مقارنة كمية لكفاءة أملاح البوتاسيوم بالنسبة الى بعضها فى مد بادرات الشعير بحاجتها من البوتاسيوم .

ويتضح من هذه المقارنة ما يأتى :

كفاءة أمتصاص البوتاسيوم بواسطة بادرات الشعير تحت ظروف التجربة هى:

بون ٣ : بو كل = ٠,٠٩٦٤ : ٠,٠٨٩٠ = ١,١١ مرة

بون ٣ : بو يد ٢ فو ا ع = ٠,٠٩٩٤ : ٠,٠٧١١ = ١,٣٨ مرة

بون ٣ : بو ٢ كب ا ع = ٠,٠٩٩٤ : ٠,٠٧١١ = ١,٤٠ مرة

أو بمعنى آخر كفاءة :

بون ٣ :	بو كل :	بو يد ٢ فو ا ع :	بو ٢ كب ا ع :
١	٠,٩٠	٠,٧٢٥	٠,٧١٤

ومن الواضح أن استخدام هذه المعادلة قد مكن من التعبير الكمي عن أمتصاص البوتاسيوم بواسطة بادرات الشعير من مصادر بوتاسيوم مختلفة بدلا من مجرد نكر أن الأمتصاص من نترات البوتاسيوم يزيد عن الأمتصاص من كل من المصادر الأخرى .

#### كفاءة السماد :

يتحدث كثير من الباحثين عن كفاءة السماد ولو أن تعريفا محددًا لهذه الكفاءة قلما نجده فيما نشر من دراسات التسميد .

ويمكن القول إن كفاءة السماد هي معدل زيادة المحصول الناتج عن كل وحدة سماد مضاف فعندما يمثل الخط المستقيم العلاقة بين وزن النبات ووحدات السماد يكون معدل زيادة وزن النبات لكل وحدة سماد هو ميل الخط المستقيم وفي حالة التعبير عن هذه العلاقة بمعادلة متشرلش أو صورتها الأسية :

ص = أ ( ١ - ١٠<sup>-٣</sup> ) يكون م هي معدل الكفاءة وكذا الحال في حالة التعبير عن هذه العلاقة بخط منحنى بمعادلة من الدرجة الثانية :

$$ص = أ + ب س - ب ٢ س ٢$$



يعتبر أن " ب " ممثلة للكفاءة على وجه تقريبي لأن ميل هذا المنحنى غير ثابت بل يتغير حتى يصل إلى المحصول الأعلى ثم تتجه إلى الانخفاض وأقترح Voss & Capurro دليل الكفاءة EX في حالة معادلات الدرجة الثانية :

$$\text{ص} = \text{ب} + \text{ب س} + \text{ب س}^2 \text{ كما يلي :}$$

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2$$

$$EX = \frac{1}{10} \sqrt{B_1^2 - 4B_2 B_0}$$

وتتميز هذه الطريقة بأنها تأخذ في الاعتبار قيمة (ا) أي B. أي قيمة الجزء المقطوع أو المحصول في حالة عدم إضافة السماد . وقد يختلف هذا الحد من معادلة إلى أخرى فضلا عن إدخال المعامل (حـ) أو ب ٢ .  
وقد طبقنا هذه الطريقة على نتائج تجربة تغذية الشعير بصور مختلفة من أملاح البوتاسيوم التي أشرنا إليها لمقارنة النتائج المتحصل عليها من قيم (م س) دليل الكفاءة النسبية « EX » والنتائج المتحصل عليها بطريقة تقريبية من مقارنة قيم (ب) في المعادلات كما أوضحنا وكانت النتيجة :

بون ٣	بوكل	بويد ٢ فو أ ع	بو ٢ كب أ ع
١	٠,٩١	٠,٧٧	٠,٧٧

أستخدام المعادلة الأسية (Soliman & Balba) :

$$\text{ص} = \text{ا هـ} - \text{م س}$$

تعبر هذه المعادلة عن التناقص في أوزان النباتات أو أمتصاص العناصر الغذائية نتيجة لتواجد عوامل تؤدي إلى هذا التناقص . وقد أستخدم الكاتب هذه المعادلة للتعبير الكمي عن تناقص وزن نباتات حشيشة السودان نتيجة لتزايد

تركيز أنواع مختلفة من الأملاح في ماء الري وكذا تناقص ، تصاص هذه النباتات لعناصر البوتاسيوم والفسفور والنتروجين .

في حالة أوزان النبات :

أمكن الحصول على المعادلات الآتية التي تعبر عن انخفاض وزن حشيشة السودان بإضافات متزايدة من أملاح مختلفة كما يأتي :

في حالة ملح ص كل : ص = ٨١,١٥ هـ - ٠,٠١٧ س

وفي حالة ملح ص ٢ كب أ ع : ص = ٨١,١٥ هـ - ٠,٠١٧ س

وفي حالة ملح ص كل ٢ : ص = ٨١,١٥ هـ - ٠,٠٣٠٢ س

حيث (ص) هي وزن النباتات الجاف ، (أ) ٨١,١٥ جم هي وزن النباتات بدون وجود أملاح (المحصول الأعظم) ، (هـ) أساس اللوغاريتم الطبيعي ، (م) هي معدل انخفاض وزن النباتات و(س) تركيز الملح المستخدم .

ومقارنة قيم (م) توضح أن انخفاض الوزن الجاف لنباتات حشيشة السودان نتيجة لاستخدام مياه ري بالطريقة التي استخدمت بها في التجربة (رى تحت سطحى) وتحتوى أملاح مختلفة كما يأتي :

في حالة ملح ص كل : ص ٢ كب أ ع : ص كل ٢ تعادل ١,٠ : ١,٥٩ : ٢,٨٦

فإستخدام هذه المعادلة يمكن التعبير الكمي عن الأضرار التي تسببها الأملاح المختلفة بدلا من أن نشير الى أن ص كل ٢ أشد ضررا من ص كل وهو تعبير وصفى لايقوم أثر الملحين تقويما واضحا .

وقد سبق أن أشرنا الى تقويم أثر كل من هذه الأملاح كميًا على امتصاص نباتات حشيشة السودان لكل من البوتاسيوم والفسفور والنتروجين .

#### إستخدام معادلة الخط المستقيم :

سبق أن أشرنا الى أن العلاقة بين العنصر الغذائي والمقدار الممتص منه بالنبات يمثلها خط مستقيم عندما تؤدي ظروف التجربة الى أستنزاف النباتات النامية للصورة الميسورة له من العنصر الغذائي المختبر .

ويحصل كثير من الباحثين على هذه العلاقة في دراستهم خصوصا اذا كانت طريقة الدراسة مماثلة لطريقة نيوباور حيث يزداد عدد النباتات - ١٠٠ نبات - بالنسبة لمقدار الأرض التي تنمو فيها هذه النباتات - ١٠٠ جم أرض . ومن الأمثلة التي نعرضها لتوضيح الأستنتاج من معادلات الخط المستقيم الدراسات الآتية :

#### أولا- تقدير الكفاءة النسبية لصور مختلفة من النتروجين بأستخدام بادرات بادرات الشعير :

أستخدمت أرض مزروعة الجميزة تحتوى على ٨٨,٧ مجم نتروجين لكل ١٠٠ جم أرض وقدر فيها النتروجين المستخلص بواسطة كلوريد البوتاسيوم ووجد أنه ٣,٦ مجم ن/١٠٠ جم أرض ، وعومل جزء من الأرض بحيث أصبح مشبعا بالأمونيوم المثبت ( ملليمكافى / ١٠٠ جم أرض ) وعينت أوعية نيوباور بمقدار ١٠٠ جم من الأرض المشبعة بالأمونيوم المثبت و بالأرض غير المعاملة بالنسب الآتية :

( أ ) - ١٠٠ جم أرض بدون أمونيوم مثبت .

(ب) - ٧٥ مجم أرض بدون أمونيوم مثبت + ٢٥ جم أرض مشبعة بالأمونيوم المثبت تحتوى ١٧,٥ مجم ن .

(ج) - ٥٠ مجم أرض بدون أمونيوم مثبت + ٥٠ جم أرض مشبعة بالأمونيوم تحتوى ٣٥ مجم ن .

أضيفت نترات الكالسيوم للأوعية بالمعدلات صفر و ٢ و ٤ و ٦ مجم ن / وعاء وكل معاملة مزدوجة مع وجود وعائين من الرمل المغسول ووزعت ١٠٠ حبة من الشعير (بلدى ١١٦) بكل وعاء وتركت لتنمو مدة ٢١ يوما فى وجود ماء يعادل ٧٠% من السعة الحقلية ثم قدر النتروجين الكلى فى نباتات كل وعاء .  
يوضح الجدول رقم (٨) النتروجين الذى أمتصته النباتات بزيادة معدل إضافة نترات الكالسيوم وكذا بزيادة الأمونيوم المثبت . وبطرح الناتج فى الصف الخامس ( النتروجين الكلى بدون إضافة أمونيوم مثبت ) من النتائج المقابلة باستخدام أمونيوم مثبت (٣٥,١٧٠ مجم ن) فى الصف العاشر والخامس عشر على الترتيب ، ينتج مقدار الزيادة فى النتروجين الممتص كنتيجة لزيادة الأمونيوم المثبت بالأرض .  
ويمكن وضع هذه النتائج فى صورة معادلة الخط المستقيم .

$$\text{ص} = ٥,٥٢ + ٠,٢٧ \text{ ب} \quad [١]$$

حيث (ص) مقدار النتروجين الممتص و(ب) مقدار النتروجين المثبت وذلك بدون إضافة نترات الكالسيوم .

ومن المعادلة (١) يمكن حساب مقدار ما تحتويه الأرض أصلا ( طريقة دين البيانية ) بوضع ص = صفر وينتج أن الأرض تحتوى ما يعادل ٢٠,٥ مجم ن لكل ١٠٠ جم أرض فى صورة أمونيوم مثبت ، وقد سبق أن أوضحنا أن الأرض تحتوى ٨٥,١ ( ٨٨,٧ - ٣,٦ مجم ن ) غير مستخلص بكلورور البوتاسيو وبالتالي فإن هذا المقدار يعادل ٢٠,٥ مجم ن أى أن كل ٤,١٨ مجم نتروجين أرضى يعادل ١ مجم ن مثبت .

ومن معادلة (١) نلاحظ أن مقدار النتروجين الممتص من النتروجين الأرضى (عندما تكون ب = صفر) هو ٥,٥٢ مجم وبالتالي فإن معدل أمتصاص النتروجين

$$\text{الأرضى} = \frac{٥,٥٢}{٨٥,١} = ٠,٠٦٥ \text{ مجم ن / ١ مجم نتروجين أرضى (أ)}$$

وبذا يمكن كتابة المعادلة (١) كما يأتي :

$$\text{ص} = ٠,١٧ + ١٠,٠٦٥ \text{ ب}$$

جدول (٨) : مقدار النتروجين الذي أمتصته بادرات الشعير

مقدار النتروجين المضاف في صورة نترات كالسيوم مجم / ١٠٠ جم أرض				
٦	٤	٢	صفر	
بدون أمونيوم مثبت				
٢,٧٧	٢,٧٠	٢,٦٥	٢,٦٠	الوزن الجاف للنباتات جم / وعاء
١٧,٦	١٢,٩	٩,٣	٥,٦	ن كل ، مجم / وعاء
١١,٦	٨,٩	٧,٣	٥,٦	ن من الأرض مجم / وعاء
٦,٠	٣,٣	١,٧	-	زيادة من الأرض لأضافة ن أ٣
١٧,٥ مجم أمونيوم مثبت				
٢,٩١	٢,٨٢	٢,٧٩	٢,٧٣	الوزن الجاف ، جم / وعاء
٢٩,٦	٢١,٩	١٥,٥	١٠,١	ن كل ، جم / وعاء
١٢,٠	٩,٠	٦,٢	٤,٥	ن من المثبت ، مجم / وعاء
٧,٥	٤,٥	١,٧	-	زيادة المثبت لأضافة ن أ٣
٣٥ مجم ن أمونيوم مثبت				
٢,٩٠	٣,٠٠	٣,٠٠	٢,٨٥	الوزن الجاف ، جم / وعاء
٢٧,٧٠	٢٩,١٠	٢٠,٨٠	١٥,٢٠	ن كل ، جم / وعاء
-	١٢,٢	١١,٥	٩,٥	ن من المثبت ، مجم / وعاء
-	٦,٧	٢,٠	-	زيادة المثبت لأضافة ن أ٣

- أقل فرق معنوي لقيم النتروجين الكلي ٠,٢٩ مجم ن / وعاء

- طرح ٥٣,١ مجم ن / وعاء في النباتات النامية على الرمل المغسول بدون أضافة نترات .  
- Balba & Shabana (1971).

وباعتبار أن نتروجين النترا ت يمتص كله في طريقه نيوباور لأستخدام مقدار صغير من الأرض مع عدد كبير من البادرات ، يصبح معدل أمتصاص النترا ت ١٠٠ أى ١٠٠% تحت هذه الظروف ، وبطرح مقدار ما أضيف من النتروجين يتضح أن المقدار الممتص من النتروجين العضوى الأرضى والنتروجين المثبت يزداد بأضافة النترا ت وهو ماسبق أن أوضحناه فى دراسة سابقة .  
وبحساب معدل زيادة أمتصاص كل من النتروجين المثبت لكل مجم ن سمدى مضاف يتضح أنه كما يأتى :

من ن مثبت ، ص = ١,٢٥ × مقدار السمد المضاف (حـ)

من ن عضوى ، ص = ٠,٨٨ × مقدار السمد المضاف (حـ)

وبذا تصبح المعادلة التى تعبر عن أمتصاص بادرات الشعير للنتروجين من النتروجين العضوى الأرضى ، والنتروجين من الأمونيوم المثبت ، والنتروجين السمدى وأثر النتروجين السمدى على أمتصاص النتروجين من المصدرين ، الأولين كما يأتى :

$$\text{ص} = ٠,٠٦٥ + ٠,٢٧ \text{ ب} + ٠,٨٨ \text{ حـ} / \text{أ} + ١,٢ \text{ حـ} / \text{ب}$$

ثانيا - تقدير أثر كربونات الكالسيوم وكبريتات البوتاسيوم على كفاءة الأمونيوم :

(أ) أثر كربونات الكالسيوم :

أستخدمت ٢٥ جم أرض طينية تحتوى ٣,٤ % كربونات الكالسيوم وخلطت مع ٧٥ أو ٦٢,٥ أو ٥٠ جم رمل مغسول وكمل وزن المخلوط الى ١٠٠ جم باضافات من كربونات الكالسيوم وأضيف النتروجين فى صورة نترا ت كالسيوم أو كبريتات أمونيوم بمعدلات صفر أو ٢,٥ أو ٥ أو ٧,٥ مجم ن لكل وعاء ونفذت الدراسة طبقا لطريقة نيوباور .

(ب) أثر كبريتات البوتاسيوم :

أستخدمت نفس الطريقة بأستخدام مخالط من الأرض ٢٥ جم والرمل ٧٥ وأضيف النتروجين بنفس المعدلات وكبريتات البوتاسيوم بمعدلات صفر و ٢ و ٤ و ٦ مجم بو .

أثر كربونات الكالسيوم :

يتضح من الأرقام الواردة بالجدول رقم (٩) أنه بزيادة كربونات الكالسيوم فى المخلوط نقص مقدار النتروجين الممتص بواسطة النباتات التى أضيف إليها كبريتات أمونيوم بمقارنتها بتلك التى أضيف إليها نترات الكالسيوم كما يلاحظ أن مقدار النتروجين الذى أمتص من الأرض بدون إضافة سماد ولكن مع وجود زيادات من كربونات الكالسيوم لم ينخفض نتيجة لوجود هذه الزيادات . يتوقع مقدار النتروجين الكلى الممتص بواسطة النباتات ومقدار النتروجين المضاف فى صورة كبريتات الأمونيوم فى وجود صفر و ١٢,٥ و ٢٥,٠ جم كربونات كالسيوم بالمخلوط الأرضى كل على حدة ينتج لدينا ٣ خطوط مستقيمة ، يمثل الجزء المقطوع من المحور الصادى فيها مقدار النتروجين الممتص من الأرض عند عدم إضافة السماد، ويمثل ميل المستقيم فى كل حالة معدل أمتصاص النتروجين الكلى نتيجة لأضافة السماد . حسبت المعادلات المعيرة عن هذه المستقيمات بطريقة المربعات الصغرى فكانت كما يأتى :

$$\text{ص} = ٦,٧٣ + ١,٠٨ \text{ س (أ - ٤)}$$

$$\text{ص} = ١٢,٥ = ٦,٥٥ + ٠,٧٧ \text{ س (ب - ٤)}$$

$$\text{ص} = ٢٥ = ٦,٦٦ + ٠,٦١ \text{ س (ج - ٤)}$$

حيث ص هى المقدار الكلى للنتروجين الممتص عند وجود صفر أو ٢٧,٥ أو ٢٥ جم كربونات كالسيوم بالمخلوط الأرضى و(س) مقدار النتروجين المضاف فى صورة كبريتات أمونيوم .

أما في حالة إضافة نترات الكالسيوم فان المعادلة (٤) -

$$\text{ص} = 6,73 + 1,08 \text{ س}$$

تمثل أثر إضافات النتروجين في صورة نترات الكالسيوم (س) على مقدار النتروجين الممتص في وجود النسب المختلفة من كربونات الكالسيوم بالأرض .

جدول (٩) : أثر كربونات الكالسيوم بالأرض على مقدار النتروجين الممتص بواسطة بادرات الشعير من كبريتات الأمونيوم ونترات الكالسيوم

كالك أس مضافة الى المخلوط									
٢٥			١٢,٥			صفر			مجم ن
ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن
مفقود	أرضى	سماوى	كلى	مفقود	مفقود	سماوى	كلى	أرضى	كلى
%		جم / وعاء	%		مجم / وعاء	مجم / وعاء			
كبريتات أمونيوم									
٠,٠	٠,٠	٠,٠	٦,٧	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٦,٧	٦,٧	٦,٧
٥٦,٠	١,٤	١,١	٨,٠	٥٢,٠	١,٣	١,٢	٨,١	٦,٩	٩,٤
٥٦,٠	٢,٨	٢,٢	٩,٣	٣٨,٠	١,٩	٣,١	١٠,٢	٧,١	١٢,١
٦٦,٦	٣,٥	٤,٠	١١,٤	٢٩,٣	٢,٣	٥,٣	١٢,٧	٧,٤	١٤,٩
نترات الكالسيوم									
٠,٠	٠,٠	٠,٠	٦,٧	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٦,٧	٦,٧	٦,٧
٨,٠	٠,٢	٢,٣	٩,٣	٠,٠	٠,٠	٢,٥	٩,٥	٧,٥	٩,٥
٤,٠+	٠,٢+	٥,٢	٣,٣	٦,٠+	٠,٢+	٥,٣	١٢,٤	٧,١	١,٢١
١,٣+	٠,١+	٧,٦	١٥,٠	٠,٠	٠,٠	٧,٥	١٤,٩	٧,٤	١٤,٨

ملاحظات : ٣٥,٦ مجم ن/ وعاء في نباتات الشعير النامية في رمل مغسول طرحت من النتروجين الكلى ، الأرقام متوسط وعائين تحتوى ٢٥ جم من الأرض المستعملة في المخلوط ٠,٧ جم كالك أس . لكل معاملة .



ومقارنة ميول المستقيمات هي التعبير الكمي عن التغير في كفاءة كبريتات  
الأمونيوم منسوبة الى كفاءتها في حالة عدم وجود كربونات كالسيوم أو الى كفاءة  
نترات الكالسيوم ، فمثلا تكون كفاءة كبريتات الأمونيوم في وجود ١٢,٥ كربونات  
كالسيوم منسوبة الى كفاءتها في حالة عدم وجود كربونات كالسيوم أو الى كفاءة  
نترات الكالسيوم مساوية للنسبة ٠,٧٧ : ١,٠٨ = ٧١% .

وكفاءتها في وجود ٢٥ جم كربونات كالسيوم منسوبة الى كفاءتها في وجود  
صفر كربونات كالسيوم أو الى كفاءة نترات الكالسيوم مساوية للنسبة ٠,٦١ :  
١,٠٨ = ٥٦% أي أن كفاءة كبريتات الأمونيوم في وجود ١٢,٥ و ٢٥ جم  
كربونات كالسيوم تعادل ٧١% و ٥٦% على التوالي من كفاءتها في حالة عدم  
وجود كربونات كالسيوم أو من كفاءة نترات الكالسيوم .

الكفاءة المشار اليها هي الكفاءة الكلية للسماد التي تمثل أثره على امتصاص  
النتروجين الكلي بالنبات من مصدريه الأرضي ، والسمادي ولحساب الكفاءة  
النسبية لامتصاص النتروجين السمادي وحدة يقتضى أن نقدر النتروجين الممتص  
من المصدر السمادي . وطريقه نيويورك المتبعة في هذه الدراسة تسمح بذلك بدون  
خطأ كبير . فاستخدام عدد كبير من البادرات (١٠٠ بادرة) ، ومقدار محدود من  
الأرض يسمح باعتبار أن النباتات تمتص كل مقدار النتروجين المضاف في  
صورة أمونيوم أو نترات في حالة عدم وجود كربونات كالسيوم ، وبالتالي فإن  
طرح مقدار النتروجين المضاف في هذه الحالة من جملة النتروجين الممتص  
يعطى مقدار النتروجين الذي أمتصه النبات من الأرض .

وبافتراض أن مقدار النتروجين الذي تمتصه النباتات من الأرض في حالة  
عدم وجود كربونات كالسيوم في النظام الأرضي يظل ثابتا عند إضافة كربونات  
كالسيوم ، وهو ما أشرنا الى حدوثه فعلا ، أي أن أي نقص في النتروجين عند  
وجود كربونات الكالسيوم وأمونيوم مضاف عنه في حالة وجود كربونات كالسيوم  
ونترات يعتبر نقصا في المقدار الممتص من الأمونيوم المضاف . وتوقيع المقدار  
الممتص من السماد فقط بعد طرح مساهمة الأرض عند كل إضافة ينتج لنا ٣  
خطوط جديدة تعبر المعادلات الآتية عنها .

ص = ١,٠٠ س	(د - ٤)
ص = ١٢,٥ - ٠,٦٠ س	(هـ - ٤)
ص = ٢٥ - ٤٧ ر س	(و - ٤)

حيث (ص) مقدار النتروجين الممتص من السماد و (س) هي مقدار النتروجين المضاف في صورة كبريتات أمونيوم ، كما أن المعادلة (د - ٤) تعبر أيضا عن تأثير نترات الكالسيوم في جميع مستويات كربونات الكالسيوم ، والميل هنا يعبر عن معدل امتصاص النتروجين السمادى وحده وباستخدام النسبة بين الميول لتقدير الكفاءة النسبية لكبريتات الأمونيوم في وجود ١٢,٥ جم أو ٢٥ جم كربونات كالسيوم منسوبة الى كفاءتها في حالة عدم وجود كربونات الكالسيوم بالأرض أو الى نترات الكالسيوم يتضح أنها ٦٠% و ٤٧% على الترتيب . أى أن وجود كربونات الكالسيوم بالأرض قد أدى الى انخفاض كفاءة كبريتات الأمونيوم الى درجة كبيرة .

### ثالثا - أثر إضافات البوتاسيوم على امتصاص النتروجين :

بأستخدام نفس طريقة الأستنتاج السابقة يوقع مقدار النتروجين الكلى الممتص وإضافات النتروجين في رسم بيانى ينتج لنا ، مستقيمات يمثل كل منها العلاقة بين النتروجين الكلى الممتص والنتروجين المضاف عند مستوى معين من البوتاسيوم المضاف ، ويلاحظ أنه كلما زاد البوتاسيوم المضاف نقص ميل المستقيم ، ومقارنة هذه الميول كما أتبع سابقا يعطى الكفاءة النسبية لإضافات النتروجين في حالة وجود مقادير مختلفة من البوتاسيوم منسوبة الى كفاءتها في حالة عدم وجوده ، والمعادلات المعبرة عن امتصاص النتروجين الكلى عند كل مستوى من البوتاسيوم هي :

ص صفر = ١,١٠٥ + ٦,٧ س	(أ)
ص ٢ = ١,١٠٤ + ٦,٦ س	(ب)

ص ٤ = ٦,٥ + ٠,٧٥٦ س (٥ حـ)

ص ٦ = ٦,٧ + ٠,٤٦٢ س (٥ د)

حيث (ص) مقدار النتروجين الكلى الممتص في وجود ٢ صفر ٢ و ٤ و ٦ جم من كبريتات البوتاسيوم و(س) مقدار النتروجين المضاف في صورة كبريتات أمونيوم.

وتمثل المعادلة ص = ٦,٧ + ١,١٠٥ س أثر إضافات نترات الكالسيوم

(س) على مقدار النتروجين الممتص في وجود إضافات مختلفة من كبريتات البوتاسيوم.

ومقارنة الميول توضح أن الكفاءة الكلية للنتروجين المضاف في صورة كبريتات أمونيوم مع إضافة ٢ مجم بو/وعاء تعادل تقريبا كفاءته عند عدم إضافة بوأ وكفاءة نترات الكالسيوم .

وأن الكفاءة الكلية للنتروجين المضاف عند إضافة ٤ مجم بو تعادل ٠,٧٥٦ :

$١,١٠٥ = ٠,٦٩$  كفاءته عند عدم إضافة بو أو لكفاءة نترات الكالسيوم .

وأن الكفاءة الكلية للنتروجين المضاف عند إضافة ٦ مجم بو تعادل ٠,٤٦٢ :

$١,١٠٥ = ٠,٤٣$  مرة قدر كفاءته عند عدم إضافته أو لكفاءة نترات الكالسيوم .

ويطرح مقدار النتروجين الممتص من الأرض عند كل مستوى من مستويات

إضافة النتروجين بأستعمال نتائج إضافة الأمونيوم عند عدم إضافة بوتاسيوم ينتج

لدينا مقدار النتروجين الممتص بواسطة النباتات من سماد كبريتات الأمونيوم

المضاف وحده والخطوط المستقيمة تعبر عنها المعادلات الآتية :

ص صفر = ١,٠ س (٥ هـ)

ص ٢ = ١,٠٠١ س (٥ و)

ص ٤ = ٠,٥٦٢ س (٥ ر)

ص ٦ = ٠,٣٢٦ س (٥ ح)

حيث (ص) هي مقدار النتروجين الممتص من السماد (س) فقط . كما أن المعادلة (هـ) تعبر أيضا عن تأثير نترات الكالسيوم مع إضافات مختلفة من البوتاسيوم .

ومن مقارنة الميول يتضح أن إضافة ٢ جم بو للوعاء لم يغير من كفاءة نتروجين الأمونيوم المضاف ، بينما إضافة ٤ بو لكل وعاء أنخفضت الكفاءة إلى ٠,٥٦ منسوبة إلى كفاءته في حالة عدم الأضافة أو كفاءة نترات الكالسيوم وكذا أنخفضت كفاءة الأمونيوم في حالة إضافة ٦ مجم بو إلى ٠,٣٢٦ منسوبة إلى كفاءته في حالة عدم إضافة بو أو إلى كفاءة نترات الكالسيوم .

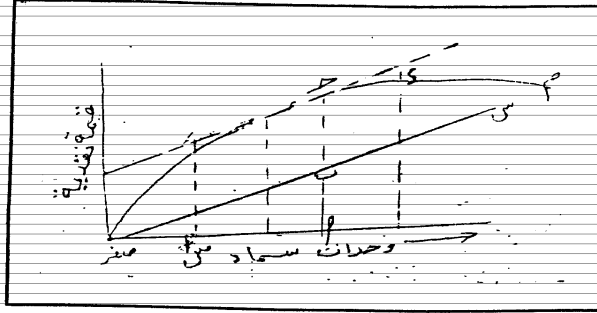
من النتائج السابقة يتضح أن كفاءة كبريتات الأمونيوم كسماد تتأثر تأثيرا واضحا عند أحتواء الأرض على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم أو عند التسميد بأسمدة بوتاسية .

والعامل الأول واضح الأهمية ، لأن كربونات الكالسيوم مكون هام في أكثر الأراضي بمصر والبلاد العربية خصوصا المساحات المستصلحة شمال غرب الدلتا والتي تحتوى من ٤٠ - ٧٠ بالمائة من كربونات الكالسيوم . ونوجه النظر إلى أن كبريتات الأمونيوم قد أضيفت على سطح مخلوط الأرض في هذه التجربة ومن رأى Steenbjerg أن تغطية كبريتات الأمونيوم يقلل ما يتطاير إلى حد كبير .

والعامل الثانى أقل أهمية لأن أغلب الأراضي العربية غنية بالبوتاسيوم ما عدا الرملى منها ، وأوضح البحث أن إضافة ٢ مجم بو لم يؤثر كثيرا فإذا أعتبرنا المخلوط كله الأرض + الرمل ممثلا لبيئة النمو فإن الأضافة تكون ٢٠ مجم / كجم أما إذا أعتبرنا أن الرمل هنا مادة مالئة غير فعالة فإن معدل الأضافة تكون ٢ مجم / ٢٥ جم أرض أى ما يعادل ٨٠ مجم / ١ كجم أرض وهذه تعتبر أضافة عالية جدا ، ولم يحدث عندها نقص فى أمتصاص الأمونيوم وبالتالي نستطيع أن نتوقع الأثر الضار للبوتاسيوم عندإضافات شديدة الأرتفاع أما الإضافات التى تعطى عادة فى التسميد بالحقل فلا يتوقع منها ضرر .

#### إضافة السماد للحصول على أعلى ربح :

تهدف تجارب معدلات التسميد الى معرفة مقدار السماد الذي يضاف ليحقق  
أما أعلى محصول أو أعلى ربح أو أعلى نسبة استغلال لرأس المال أى النسبة  
بين القيمة النقدية لزيادة المحصول وتكاليف السماد ويوضح الشكل رقم (٤) هذه  
العلاقات .



شكل (٤) : تحديد الإضافة الاقتصادية من السماد بيانيا

توقع معدلات السماد على المحور السيني وقيمة العائد النقدى على المحور  
الصادى ويمثل المنحنى (م) القيمة النقدية للزيادة الناتجة فى المحصول عند كل  
أضافة سمادية ، ويمثل الخط المستقيم (س) القيمة النقدية للسماد المضاف .  
عند معدل أضافة (أ) وحدة سمادية تكون المسافة بين المنحنى (م) والخط  
المستقيم (س) أكبر ما يمكن ، وعند هذه النقطة ( أ ) يتحقق أعلى ربح ، ونقطة  
(جـ) على المنحنى هى النقطة التى يكون فيها المماس للمنحنى موازيا لخط  
السماد (س) والمسافة (أ ب) هى القيمة النقدية للسماد المضاف والمسافة (أ جـ)  
هى العائد الكلى والمسافة (ب جـ) هى الربح الكلى ونسبة أ جـ : أ ب هى نسبة

قيمة الزيادة في المحصول - العائد الكلى - الى تكاليف التسميد ، وعلى الجانب الأيمن نجد نقطة (د) حيث يكون المماس لمنحنى الزيادة موازيا للمحور السيني وهى النقطة التى يتحقق عندها للمحصول الأعلى . بينما تكون قيمة السماد مرتفعة ويكون الربح الكلى أقل منه عند نقطة (جـ) ونسبة القيمة : التكاليف أقل . وعلى الجانب الأيسر من نقطة (جـ) تتناقص قيمة السماد بسرعة أكبر من تناقص الربح الكلى أى أن القيمة : التكاليف هنا تكون أعلى من نقطة (جـ) ويكون الربح الكلى أقل منه عند نقطة (جـ) .

وتقدم للزراع القادر على دفع ثمن المعدلات العالية من الأسمدة التوصية التي تعطى أعلى ربح ( الأضافة عند النقطة « أ » ) أما الزارع الذى لا يستطيع ذلك لقله رأس المال أو لأنساع المساحة بحث لا يستطيع استخدام هذه المعدلات العالية فى المساحة كلها ، يكون من الضرورى خفض المعدل الذى يعطى أعلى ربح فتتخفض تكاليف التسميد أسرع من أنخفاض قيمة الزيادة فى المحصول ، وبالتالي تتحقق زيادة فى نسبة العائد لرأس المستغل ، وكذا الحال فى الحاصلات ذات السعر المنخفض أو أى ظرف يحدد استخدام السماد .  
تتدخل عدة عوامل لحساب المقدار الواجب أضافته للحصول على أعلى ربح وأهم هذه العوامل هى :

١. استجابة النبات للأضافات المتتالية .
٢. الأثر المتبقى من هذا السماد فى الأرض .
٣. ثمن السماد .
٤. السعر المتوقع للحصول .
٥. تكاليف الحصاد والتسويق الأضافية الناتجة عن الزيادة .

وتوجد عدة طرق لحساب المقدار الأقتصادى من السماد الذى يعطى أعلى ربح :

#### الطريقة الحسابية :

إذا صرفنا النظر عن التكاليف الإضافية للحصاد والتسويق ، أو أضفناها بعد أتمام حساب مقدار السماد ، وكذا صرفنا النظر عن الأثر المتبقي من السماد في الأرض لصعوبة تقديره كمياً وتقدير أثره على المحصول التالي فإن هذه الطريقة تدخل في الاعتبار أستيجابة النبات للأضافات السمادية وهذه تعرف من التجارب الحقلية وثمان السماد والسعر المتوقع للمحصول .

#### مثال :

توفرت البيانات الآتية من تجربة تسميد الذرة بالنتروجين وكان سعر أردب الذرة ٢٠٠ قرش وسعر وحدة النتروجين ٢٠ كجم = ٢٤٠ قرش أي ١ كجم = ١٢ قرش والمطلوب معرفة الأضافة من السماد التي تعطى أعلى ربح .

وحدة النتروجين المستعملة مقسومة على الزيادة الناتجة عنها تعطى عدد كيلو جرامات النتروجين اللازمة لإنتاج أردب واحد من كل اضافة على حدة .

يتضح أنه يلزم لإنتاج أردب واحد :

٤ كجم نتروجين في الأضافة الأولى ثمنها ٤٨ قرش

٥ كجم نتروجين في الأضافة الثانية ثمنها ٦٠ قرش

٩,١ كجم نتروجين في الأضافة الثالثة ثمنها ١٠٩ قرش

٢٠ كجم نتروجين في الأضافة الرابعة ثمنها ٢٤٠ قرش

ولما كان سعر الذرة كما فرضنا في المثال ٢٠٠ قرش للأردب فتكون الأضافة الثالثة هي أعلى اضافة اقتصادية لأن الأردب الناتج عن الأضافة الرابعة يحتاج إلى سماد قيمته ٢٤٠ أي أعلى من قيمة أردب الذرة الناتج (جدول ١٠) .

جدول (١٠) : حساب الأضافة التي تعطى أعلى ربح

ن مضاف كجم/ف	الزيادة في كل وحدة كجم/ف	المحصول الناتج أردب/ف	الزيادة عن كل وحدة أردب/ف	قيمة النتروجين الضروري لإنتاج أردب ذرة واحد
صفر	-	٨	صفر	بالقرش
٢٠	٢٠	١٣,٠	٥	$٤٨ - ١٢ \times \frac{20}{5}$
٤٠	٢٠	١٧,٠	٤	$٦٠ - ١٢ \times \frac{20}{4}$
٦٠	٢٠	١٩,٢	٢,٢	$١٠٩,٢ - ١٢ \times \frac{20}{22}$
٨٠	٢٠	٢٠,٢	١,٠	$٢٤٠,٠ - ١٢ \times \frac{20}{1}$

طريقة استخدام الدوال الرياضية :

يمكن النصح بأضافة السماد في صورة وحدات متوالية منه متى كانت القيمة النقدية للوحدة السمادية المضافة أقل من القيمة النقدية للمحصول الناتج عنها ، حتى اذا ساوت قيمة الوحدة السمادية المضافة قيمة الزيادة في المحصول الناتجة عنها فإن هذه الوحدة تعتبر الحد الأعلى للأضافة الاقتصادية .  
 فإذا رمزنا للزيادة في المحصول الناتجة عن الوحدة السمادية المضافة بالرمز ( $\Delta$  ص) وإلى الوحدة السمادية المضافة بالرمز ( $\Delta$  س) فإن أوفق أضافة من الناحية الاقتصادية هي عندما تكون :

$$\frac{\Delta \text{ ص}}{\Delta \text{ س}} = \frac{\text{سعر وحدة السماد}}{\text{سعر وحدة المحصول}}$$



ومن الواضح أنه في هذه الحالة تكون  $\Delta$  ص  $\times$  سعر المحصول =  $\Delta$  س  $\times$  سعر السماد . أما إذا كانت  $\Delta$  ص  $\times$  سعر المحصول أقل من  $\Delta$  س  $\times$  سعر السماد فمعنى ذلك أن الوحدة السمادية المضافة لم تزد المحصول بما يساوي قيمتها النقدية على الأقل . ي أن الزارع في هذه الحالة قد خسر الفرق بين قيمة السماد وقيمة الزيادة الناتجة في المحصول . أما إذا كانت  $\Delta$  ص  $\times$  سعر المحصول أعلى من  $\Delta$  س  $\times$  سعر السماد فإن الزارع يستطيع أن يضيف مزيداً من السماد .

وعندما تكون  $\Delta$  ص و  $\Delta$  س مقادير صغيرة يعبر عنهما بالرمزين ( د ص )

و ( د س ) وواضح أن  $\frac{د ص}{د س}$  هو تفاضل ( ص ) بالنسبة إلى ( س ) فحساب

أوفق أضافة اقتصادية من السماد تحسب المعادلة التي تعبر عن أستجابة النبات

إلى السماد المستخدم، ثم يؤخذ تفاضل ( ص ) فيها بالنسبة إلى ( س ) ويسوى

التفاضل بالنسبة  $\frac{د ص}{د س}$  وتكون قيمة ( س ) التي تحقق هذه

المتساوية هي المقدار الذي يضاف ليحقق أكبر ربح .

فإذا كانت معادلة متشرلش هي المعادلة التي تعبر عن أستجابة المحصول

للسماد مثلاً فيمكن أستنتاج الآتي :

من المعادلة ص = أ ( ١ - ١٠ - م - م - م - ب )

يأخذ تفاضل ( ص ) بالنسبة إلى ( س ) ومساواته بنسبة سعر السماد إلى سعر

المحصول ينتج :

$$\frac{د ص}{د س} = \frac{أ - ١٠ \times ب - ١٠ \times م - م - م - ب}{١٠ - م}$$

سعر وحدة السماد

سعر وحدة المحصول

أما في حالة ما تكون معادلة الدرجة الثانية هي التي تعبر عن استجابة المحصول للتسميد أي  $ص = أ + ب س + ج س^2$  فيكون تفاضل (ص) بالنسبة إلى (س) ومساواة التفاضل بنسبة سعر السماد إلى سعر المحصول كالآتي :

$$\frac{د ص}{د س} = \frac{ب + ٢ ج س}{سعر وحدة المحصول} = \frac{سعر وحدة السماد}{سعر وحدة المحصول}$$

وبالتعويض عن حدود معادلة متشرلش أو معادلة الدرجة الثانية بقيمتها حسب النتائج يمكن حساب قيمة (س) وهي التي تعطى أعلى ربح .  
مثال :

( أ ) في تجربة تسميد القطن بنترات الكالسيوم حصلنا على نتائج والتي يمكن التعبير عنها بمعادلة متشرلش كما يأتي :

$$ص = ٩,٢٧ - ١ - ١٠ - ٠,٠٨٦٢ ( س + ٦,٢٧ ) \quad \text{وكان سعر قنطار القطن } ١٥ \text{ جم وسعر } ١٠٠ \text{ كجم نترات كالسيوم } ٢,١ \text{ جم}$$

$$\therefore \frac{د ص}{د س} = \frac{١٠ \times ٩,٢٧ - ١٠ \times ٠,٠٨٦٢ ( س + ٦,٢٧ ) - ١٠ \times ٠,٠٨٦٢ \times ٢,٣}{٢,١} = \frac{١٥}{١٥}$$

وبإجراء العمليات الحسابية ينتج أن (س) تساوي ٦,٦٩ وحدة نتروجين أي ١٣٠,٦٩ كجم/ف. وثمان هذا المقدار من السماد ١٤,٠٤٩ جنيهاً ، وحسب المحصول الذي ينتج من استعمال هذا المقدار من معادلة الاستجابة ووجد أنه ٨,٥٥ قنطاراً من القطن قيمتها بالأسعار المشار إليها سابقاً ١٢٨,٢٥ .

(ب) في حالة استعمال سمادى النتروجين والفوسفور معا :  
باعتبار أن المعادلة الأصلية التي تعبر عن تأثير النتروجين والفوسفور معا هي:

$$\text{ص} = (1 - 10^{-1}) (10^{-1} - 1) (20 - 10 - 1) \text{ فو}$$

باعتبار أن (ن) هي مجموع (ب ن + س ن) و فو هي مجموع (ب فو + س فو) أي المقدار الموجود أصلاً من كل من العنصرين والمضاف من كل منهما.

وكانت المعادلة التي تعبر عن استجابة القطن للسمادين معا هي :

$$\text{ص} = 10,23 [ 10 - 1 ] 0,969 - 10 - 1 = 0,969 (س ن + 4,83) [$$

$$[ 10 - 1 ] 0,301 - 10 - 1 = 0,301 (ف ن + 4,04) ]$$

$$\frac{\partial \text{ص}}{\partial \text{ن}} = \frac{10,23 \times 0,969 - 10 - 1}{10 - 1} = 0,969 (س ن + 4,83) - 10 - 1$$

$$\frac{\partial \text{ص}}{\partial \text{فو}} = \frac{10,23 \times 0,301 - 10 - 1}{10 - 1} = 0,301 (ف ن + 4,04) - 10 - 1$$

وبالتعويض عن كل من هاتين المعادلتين التفاضلتين بما تساويه واعتبار أن

سعر القطنار 15 جنيه وسعر 100 كجم نترات جير 2,1 جنيه وسعر 100 كجم

سوبر فوسفات كالسيوم 1,12 جنيه ينتج أن :

$$\frac{\partial \text{ص}}{\partial \text{ن}} = 0,969 (س ن + 4,83) - 10 - 1 = 0,969 \times 2,3026 \times ن - 10 - 1$$

$$\frac{\partial \text{ص}}{\partial \text{فو}} = 0,301 (ف ن + 4,04) - 10 - 1 = 0,301 \times 2,3026 \times ف ن - 10 - 1$$

ثم نحل المعادلتان معا وينتج لدينا قيمة كل من ( ن ) و ( فو ) للكليتين ،

ويطرح منهما قيمة (ن) و (فو) بالأرض فيكون الناتج هو الأضافة المشتركة بين

كل من السمادين التي تحقق أعلى ربح تحت ظروف التجربة وأجريت العمليات

الحسابية وأتضح أن ٨,٣ كجم نترات كالسيوم تحتوى ١٢٤,٨٥ كجم ن و ٢٥٣ كجم سوبر فوسفات كالسيوم تحتوى ٣٨,١ كجم فو هي أوفق اضافة والمحصول الناتج بأستعمال هذا السماد هو ٩,٦٥ قنطار قيمته النقدية ١٤٤,٨٥ جنيه والقيمة النقدية للسماد المستعمل ١٩,٦٩ جنيه منها ١٦,٨ جنيه للسماد النتروجينى و ٢,٨٣ للسماد الفوسفاتى .

أستخدام معادلة الدرجة الثانية لحساب الأضافة التى تحقق أعلى ربح :

١- تجربة تسميد القمح جيزة ١٤٤ بمزرعة كلية الزراعة بالأسكندرية :  
حسبت ثوابت معادلة الدرجة الثانية التى تعبر عن أستجابة القمح فى هذه المنطقة ووجد أنها :

$$\text{ص} = ٦,٨٩ \times ٢,٤ \text{ س} - ٠,٤٥ \text{ س}^٢$$

حيث (ص) بالأردب من القمح ( ١٥٠ كجم ) للفدان ( ٢م٢٠٠ ) و (س) وحدات من النتروجين تعادل ١٥ كجم ن/فدان من أى نوع سمادى .  
ومن حساب أعلى إضافة اقتصادية أتضح أنها ٠,٥ كجم نتروجين / فدان والمحصول الناتج فى هذه الحالة ٩,٧ أردب / فدان . وذلك بأعتبار سعر أردب القمح ٥ جنيهات سعر النتروجين ١٤ قرش / كجم ن .

٢- فى تجربة القمح صنف جيزة ١٤٤ بالقطاع الجنوبى لمديرية التحرير :

$$\text{ص} = ١,٢ + ١,٩٧ \text{ س} - ٠,١٧ \text{ س}^٢$$

حيث (ص) بالأردب من القمح للفدان و(س) وحدات تعادل ١٠ كجم ن/فدان من أى نوع سمادى عدا اليوريا ، وأتضح أن أعلى إضافة اقتصادية هي ٤٩,٧ كجم ن تعطى محصولاً ٢,٤ أردب / ف وذلك بأعتبار الأسعار كما سبق فى (١).

٣- فى تجربة قمح بهتيم :

$$\text{ص} = ٧,٠٣ + ٣,٠٢ \text{ س} - ٥,٦ \text{ س}^٢$$

حيث (ص) بالأردب من القمح للفدان و(س) وحدات تعادل ١٠ كجم ن/فدان من أى نوع سمادى وأنضح أن أعلى إضافة إقتصادية هي ٢٢ كجم نتروجين /ف تعطى ١٠,٧٧ أردب / فدان وذلك باعتبار الأسعار كما سبق فى (١) .

٤- فى تجربة المنيا :

$$\text{ص} = ٧,٣٢ + ٤,١٢ \text{ س} - ٠,٥٩ \text{ س}^٢$$

حيث (ص) بالأردب من القمح و س وحدات تعادل ١٠ كجم ن/فدان من أى نوع سمادى ، وأنضح أن أعلى إضافة إقتصادية هي ٣٢ كجم نتروجين والمحصول الناتج ١٤,٤٩ أردب / ف وذلك باعتبار الأسعار كما سبق فى (١) .

٥- فى تجربة الذرة صنف أمريكانى بدرى بمزرعة كلية الزراعة بالأسكندرية :

$$\text{ص} = ١٧,٠١ + ٤,٥٦ \text{ س} - ٠,٦٦ \text{ س}^٢$$

حيث (ص) بالأردب من الذرة و (س) وحدات نتروجين تعادل ١٥ كجم ن/فدان من أى نوع سمادى وأنضح أن أعلى إضافة إقتصادية هي ٤٥,٩ كجم نتروجين وتعطى محصولا ٢٤,٧٩ أردب /فدان وذلك باعتبار سعر إردب الذرة ٤٠٠ قرشا وسعر ١٥ كجم نتروجين = ٢,١٧ جنيه .

ويتضح من قسيم أعلى إضافة إقتصادية التى حصلنا عليها أنها تختلف بالنسبة للصنف الواحد من المحصول الواحد بأختلاف عدد من العوامل منها نوع الأرض والمنطقة المناخية والخدمة ، هذا طبعا مع تساوى الأسعار والتكاليف وإلا يجب إدخالها فى الحساب .

وهذا الأختلاف يشير الى أن إضافة من السماد قد تحقق أعلى ربح فى أرض ولكنها لا تناسب أرضا أخرى مما يستلزم من القائمين على شئون التسميد أن يقيموا عددا من التجارب لكل محصول بكل منطقة تختلف فى أرضها أو مناخها

أو طريقة الخدمة الشائعة فيها ولكل صنف من أصناف المحصول ، ومن هذه التجارب يمكن حساب مقدار السماد النتروجيني الذي يضاف للمحصول فيعطى أعلى ربح من اضافته بالنسبة لكل منطقة . ونرجو أن نتجه دراسات الأسمدة نحو هذا الميدان فلا تقف الدراسات عند توضيح الاستجابة أو عدم الاستجابة الى المقدار المضاف .

#### تقدير معدل التسميد الذي يعطى أعلى ربح

( الطريقة المتبعة في منظمة الغذاء والزراعة )

يوجد طريقتان لحساب معدل التسميد الذي يعطى أعلى ربح ، الطريقة المبسطة باستخدام الاستجابات الأساسية والطريقة الأكثر دقة وهو استخدام العلاقات الرياضية التي تعبر عن استجابة المحصول للسماد المضاف .

---

---

## REFERENCES

- Barber, S.A. (1969). A diffusion and mass flow concepts of soil, Soil Sci. 93 : 49.
- Barber, S.A.; J.M. Walker and E.H. Vaseg (1976). Mechanisms for the movement of plant nutrients from the soil and fertilizer to plant root Agric. And Food the. Vol.11: 204-207.
- Bartlet, A.T. (1964). Measurement of cation and anion exchange capacities of roots using NaCl exchange. Soil Sci. 98: 351-357.
- Blaney, H.F. and Criddle. W.D. (1950). Determining water requirements in irrigated data from climatological and irrigation data. LISDA S.C.S.T.P. 96, 488.
- Bortholic, J.F.; Namkiem and L.N. Weeg (1970). Combination equations used to calculate evaporation and potential evaporation ARS. USDA 41-170 C.F. Agron. J. 1974. 66: 490 – 499.
- Brown, D.S. and R.J. miller (1971). Bentonite instability and its influence on activation energy measurement Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 705 – 710.
- Broyer, T.G. (1965). Some aspects of inorganic plant nutrition including studies on selenium. Ankara symp. For Isotopes and Radiation. 181-205.
- Chapman, H.D.; GF. Lielrg and A.P. Vanseliw (1964). Some nutritional relationships revealed by a study of mineral deficiency and expressed symptoms. Soil Sci: Soc. Anaer. Proc. 1939: 196-200.
- Deifallah M. Dawod. (1968). Diffusion on of sodium in clays and soil systems using radioactive <sup>22</sup>N. MSc. Thesis, submitted to the University of Alexandria.
- El Gabaly M.M. and I. Wikl Ander (1962). The mechanism of ion uptake by plant roots jour soil Am. Soc. 52: 463-464.
- El Gawhary, S.M.; W.L. Lindiay and U.D. Kemper (1970). Effect of DTA on the self – diffusion of Zinc in aqueous solution and in Soil. Sci. Soc. Am. Profc. 34: 66 – 70.
- 
-

El Gawhary, S.M.; W. Lindsy and U.D. Kemper (1970). Effect of complexing agent and acids and acide on the diffusion of zinc % to a simulated root. Soil Soc. Am. Proc. 34: 211-214.

Evans, S.D. and S.A. Barber (1964). The effect of rubidium-86 diffusion on the uptake of ruidium 86 by corn. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28: 56 - 57.

Fried, M.M. and R.E. Shapiro Annual Review of plant physic. 12:19.

Graham, J. Bryc (1965). Diffusion of cations in soils. Plant Naturient Supply and movement. Int. Atomic Energy Agency, EAE Vienne Tech. Reports Series No. 48.

Hargreaves, G.H. (1968). Consumptive use derived from evaporation pan data Am. Soc. Civ. En. J. irri. Drainage Div. Pap. 5863 NR : 97 - 105.

Hayward, H.E. and Berns tein L. (1980). Plant growth relationships on salt - affected soils. Bot. Rev. 24 : 564 - 584.

Hayward, H.E. and Spurr. W.B. (1944). Effect of osmoti concentration of inorganic and organic stomata's on entry of water into corn roots Bot Gaz. 106 : 131 - 139.

Hasted, J.B.; Risten, D.M. and C.H. Calli (1948). J. Chem. Phys. 16: 1 Cited by Robinson R.A. and Stekes, R.H. 1959 : 20.

Hodgren, J.M. (1969). Contribution of metal - organic complexing agents to transport of metals to roots. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33: 68 - 75.

Hoffman, W.F. and Barber S.A. (1971). Phosphorus an uptake by wheat as influent by ion accumul ahion in the rhize cylander Soil Sci. 112 : 256 - 269.

Israelsen, O.W. and Hansen V.E. (1962). Irrigation principles and practices. rd. Ed. Pp. 231 - 264. Jom. Wilengason baz. N.Y. and London.

Jacobson, L.; Moore and D.D. Hanipal (1960). The role of calcium in the absorption of monovalent cations. Plant physiology 35: 312.



---

Jenny, H. (1957). Contact exchange phenomenon between adsorbents and their significance in plant nutrition in Mineral nutrition of plants by E. Troughton.

---

Jort, W.D. (1961). Movement of water as affected by free energy and pressure gradients. I – Application of classic equations for viscous and diffusional movements to the liquid phase in finely porous media. S. S. Soc Am. Proc. 25 : 255 – 256.

Katellapper, H. (1963). Stomatal physiology. Ann. Rev. Plant. Phys. 14 : 249 – 267.

Kelland, J. (1937). Amer. Chem. Soc. 59: 1675. C.F. Physical Chemistry by Duffy, C. H. 1962 pp. 370.

Kemper, W.D. and J.C. Schauk (1960). Diffusion of ions in bentonite and vermiculite. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 25: 353 – 357.

Khabil, M.A.; F. Amer and M.M. Elgabaly (1967). A slinity fertility interaction study on corn and cotton. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31: 683 – 686.

Khasauneh F.E. (1971). Soil solution activity and plant growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 425 – 436.

---

Kramer, F.J. (1959). Transpiration and the water economy of plants plant physi. by steward, F.C. 1959 Ch. 27: 627.

Lai, T.M. and M.M. Mortland (1961). Diffusion of ions in bentonite and vermiculite. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 25: 353 – 357.

Lunin, J.; Gallatin M.H. and Batchelder A.R. (1961). The effect of stage of growth at time of salinization on the growth and chemical composition of beans. I- Total salinization accomplished in one year of salinization on the growth of beans irrigation. Soil Sci. 91: 194 – 202.

---

Mahtab, S.K.; C.L. Gdfrey; A.R.S. Waboda and Thomas (1971). The effect of applied P clay content and water content. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 393 – 397.

Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. (1961). Miscible displacement in soils I- Experimental information. Soil. Sci. 91: 194 - 202. Proc. 25: 1 – 5.

---

- Nye, P.H. (1966). The measurement and mechanism of ion diffusion in soil. I- The relation between self diffusion and bulk effusion. *J. Soil Sci.* 17: 16 – 23.
- Olsen, S.R. and F.S. Watanabe (1963). Diffusion of phosphorus as related to soil texture and plant uptake. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27: 648 – 657.
- Olsen, S.R. and W.C. Kemper on Jackpon phosphate diffusion to plant roots 196 – 104. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26: 222 – 227.
- Rijtema, P.E.(1969). Derived meteorological data. *Transpiration Proc. Sym. Agric. Methods Reading.* 1966: 55 – 77.
- Soliman, F.M. (1975). Dynamics of Salt movement and distribution in soil related to evaporation transpiration and plant growth Ph.D. Thesis submitted to Univ. of Alex. 1975.
- Van Bavel, C.H.M. (1966). Potential evaporation. The combined concept and its experimental verification *Water Resources Res.* 2: 445 – 467. *C.F. Agron. J.* 1974, 66: 450 – 454.
- Wadleigh, C.H.; Gauch, H.G. and Kolisch. Mineral composition of orchard grass grown on pachapa a loam salinized with various salts. *Soil Sci.* 72 : 275 – 282.
- Wadleigh, C.H.; Gauch, H.G. and Strong D.G. (1947). Root penetration and moisture extraction in saline soil by clover plants. *Soil Sci.* 63: 341 – 349.

كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع  
Published Books by: Prof. Dr. A.M. Balba  
باللغة العربية

- ١- فحص الأراضى Soils Examination ١٩٦٩ (٢٠٠ صفحة) - دار المعارف .
- ٢- خصوبة الأراضى والتسميد (الطبعة الرابعة ١٩٨٠)  
Soil Fertility and Ferilization 4<sup>th</sup> Edn.  
(٥٨٠ صفحة ٥٦ جدول-رسوم توضيحية-مراجع) - دار المطبوعات الجديدة -الإسكندرية
- ٣- استصلاح وتحسين الأراضى - (الطبعة الخامسة ١٩٨١) ، دارالمطبوعات الجديدة .  
Land Reclamation and Improvement 4<sup>th</sup> Edn.  
(٦٦٤ صفحة - ٣٣ رسم توضيحي - مراجع)- دار المطبوعات الجديدة - الإسكندرية .
- ٤- الأرض والأمن فى الوطن العربى - (دار المطبوعات الجديدة) .  
Soils and Man In The Arab Countries
- ٥- أضواء على الزراعة العربية - (دار المطبوعات الجديدة) .  
Light on Arab Agriculture
- ٦- المجر - Hungary - ١٩٦٩ ، (دار المعارف) .
- ٧- الأثرية المتأثرة بالأملاح ، ١٩٧٩ ، ( الناشر FAO - روما )  
Salt - Affected Soils  
(١٣٥ صفحة قطع كبير - جداول - ٢٣ رسم توضيحي - مراجع) .
- ٨ - مصطلحات علم الأراضى الإنجليزية ومرادفاتها العربية - ١٩٨٢  
Arabic - English Expressions in Soil Science  
( ٢٠٠٠ مصطلح - ٨٠ صفحة - أ.د. عبد المنعم بلبع ) .

- ٩- أمس واليوم وغدا - ١٩٨٤ (آراء ومقترحات عن الجامعات المصرية)  
Yesterday, Today and Tomorrow (Suggestions Concerning The Egyptian Universities).
- ١٠- البحث العلمى...صانع التقدم Scientific Research The Maker of Progress  
١١- الماء مآزق...ومواجهات Water and its Role in Development  
(دار المطبوعات الجديدة - منشأة المعارف) .
- ١٢- الأسمدة والتسميد - ١٩٩٨ ، منشأة المعارف Fertilizers and Fertilization  
١٣- استزراع أراضي الصحارى والمناطق الجافة فى مصر والوطن العربى - ١٩٩٧  
- منشأة المعارف . Arab Countries&Utilization of Desert Soils in Egypt  
١٤- الأرض والماء والتنمية فى الوطن العربى - ١٩٩٩ ، منشأة المعارف.  
Soils, Water and Development in Arab Countries  
١٥- الأرض .. مورد طبيعى لخير البشر - ١٩٩٩ ، منشأة المعارف.  
The land, a Natural Resource for The Benefit of the People
- ١٦- التعبير الكمي عن استجابة المحاصيل للتسميد  
( الناشر : جمعية أ.د. عبد المنعم بلبع لبحوث الأراضى والمياه ) .
- ١٧- تلويم وتنمين الأراضى الزراعية .. ، ١٩٩٩ ، منشأة المعارف .
- ١٨- عالم يحاصره التلوث - عام ٢٠٠٠ ، منشأة المعارف .
- ١٩- أحياء تحت سطح الأرض - عام ٢٠٠٠ ، الشنهاى للطباعة والنشر.
- ٢٠- فحص الأراضى الزراعية وأختبار خصوبتها وصلاحيه الماء للرى - ٢٠٠١ ، الشنهاى.
- ٢١- تغذية النبات - عام ٢٠٠١ الشنهاى للطباعة والنشر.
- ٢٢- العناصر الثقيلة (الصغرى) فى الأرض والنبات والبيئة - عام ٢٠٠١ ، الشنهاى .

٢٣- إنتصارات للعلم والتكنولوجيا ضد الفقر والمرض والجوع - عام ٢٠٠٢ ، الشنهابى .

٢٤- التسميد العضوى - عام ٢٠٠٢ ، المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع .

٢٥- أفريقيا .. الأراضى والمياه والتنمية - عام ٢٠٠٣ ، المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع .

٢٦- أحياء تغذى النبات وأخرى تقاوم الآفات - عام ٢٠٠٣ ، المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع .

٢٧- الشرق الأوسط .. الأرض والماء والنشاط الإقتصادى - عام ٢٠٠٤ ، مركز الشنهابى للطباعة والنشر والتوزيع .

٢٨- معالم التصنيف الجديد لأراضى العالم (اسم لكل أرض) - عام ٢٠٠٤ ، مكتبة بستان المعرفة للطباعة والنشر والتوزيع .

كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع  
**Published Books by: Prof. Dr. A.M. Balba**  
باللغة الإنجليزية

29- **Management of Problem Soils in Arid Ecosystems.** CRC, N. Y.

30- **Calcareous Soils.**

31- **Nitrogen Relations with Soils and Plants.**

32- **Fifty Years of Phosphorus Studies in Egypt.**

(Pub. by: Prof. Dr. A.M. Balba Sco. for Soil & Water Research.)