# حدود تأثير أيونات الكالسيوم والمغنسيوم في تثبيت الفوسفات بالأراضي

للدكتور أمين أحمد عبد البر

بقسم الأراضي في كلية الزراعة ، بجامعة القاهرة

مقدمة عامة :

يمكن القول بان دراسة الفوسفات من ناحيتي حالتها في الأرض وعلاقتها بالنبات كان ولازال من الأمور التي لقيت عناية كبيرة من مختلف العلماء ، وأن هذا الاهتمام بدأ منذ سنة ١٨٤٠ عند ما ظهرت نظرية Liebig عن أهمية المادة المعدنية للنبات . وعلى سبيل المثال لا الحصر أذكر أسماء بعض العلماء الذين درسوا الفوسفات في أواخر القرن الماضي وأوائل هذا القرن : ففي سنة ١٨٤٧ بين Lawes أهمية الفوسفات في زيادة نمو جهاز الامتصاص ( الجذور ) للنبات . وفي سنة ١٨٥٣ أجرى العالم Ville ( ١٨ ) تجارب على المزارع الرملية عن أهمية الفوسفات في نمو النبات . وفي سنة ١٩٠٩ بدأت البحوث على الفوسفات في مصر بواسطة Hughes ( ٩ ) ثم في سنة ١٩١١ بواسطة Hughes ، Aladjem ( ١٠ ) ، وفي سنة ١٩٢١ بواسطة Mosséri ( ١٣ ) وفي سنة ١٩٣٤ بواسطة محمود ( ١٢ ) . . وهكذا اطرد البحث حتى يومنا هذا ، ذلك لأن الفوسفات والأسمدة الفوسفاتية تلقى اهتماما كبيراً من المتصلين بالزراعة والتسميد .

ومن الصعاب التي تعترض استعمال الأسمدة الفوسفاتية الذائبة دائماً أنها بعد إضافتها الأرض واختلاطها بها تتحول إلى غير ذائبة نتيجة لتفاعلات بسيطة أو معقدة بحسب التركيب الكيماوي للتربة وعوامل أخرى ، وأنه تبعاً لذلك تختلف درجة هذا التحول ، وعلى وجه عام كلما كانت درجة تشبع الأرض بالقواعد كبيرة كان المقدار المتحول إلى غير ذائب من الفوسفات كبيرا . ويطلق على تحويل الفوسفات الذائبة في التربة إلى غير ذائبة اسم « تثبيت الفوسفات » والمقصود إجمالا من « التثبيت » نقص قابلية ذوبان الفوسفات في التربة وما يتبع ذلك

من نقص صلاحيتها للنبات . ويرى Hall (٨) أن حمض الفوسفوريك الذائب سرعان مايترسب فى التربة على صورة « كا يد فوا ٤ » والمعتقد أن هذه الصورة من الفوسفات تتحول فى التربة إلى مركب آخر له نفس تركيب فوسفات الكالسيوم الرباعية (كا ٤ فو ٢ ا ٩) وهو يحفظ فى التربة إلى مدى طويل على حالة فعالة كسماد نظراً إلى دقة تجزئة الملح الأخير تجزئة تجعله منتشرا بين حبيبات التربة فيكون فى مجال نشاط المجموع الجذرى. أما Williams (١٩) فإنه يعتبر أن تثبيت الفوسفات يرجع إلى نقص درجة ذوبان الفوسفات المضافة للتربة ، ولكن ليس معنى ذلك أن صلاحية الفوسفات المثبتة قد نقصت تبعاً لذلك ، لأن صلاحية الفوسفات الأرضية للنبـــات شىء ودرجة ذوبانها شىء آخر ، ومن أجل هذا لايجب أن نعتقد أن التثبيت يؤثر فى الفاعلية بنفس درجة تأثيره فى القابلية للذوبان ، خصوصاً إذا أدخل فى اعتبارنا أن كمية الفوسفات فى المحلول الأرضى تكون عادة ضئيلة (نحو ١٠ أجزاء فى المليون) .

ويظهر على وجه عام أن مشكلات الفوسفات فى الأرض تعزى دائماً إلى التثبيت دون شىء آخر ، وهذا حقيق ، لأن Kurtg (١١) علق مسالة التثبيت على بذل مجهود كبير واهتمام جدى نحوها بقوله « لايجب أن نعتبر تثبيت الفوسفات فى الأرض ذا صبغة جدية ولا يجب أن نبرر بها دائماً المناقشات التى تدور فى غير صالح استعمال الأسمدة الفوسفاتية الذائبة . . . . . » على أننى أؤيد Williams ، Hall فى أنه على الرغم من تثبيت الفوسفات فى التربة بالترسيب فإن هذه الفوسفات يمكن للنبات الحقلى العادى المحدود النمو أن يمتص منها حاجته بفضل مجهود المجموع الجذرى، وأن فوسفات التربة ـ وهى غير ذائبة عادة ـ تعتبر مصدراً فعالا للفوسفات يستند إليها النبات فى الحصول على نسبة لا بأس بها من الفوسفات التى تلزمه فى حياته .

وقد أظهرت أبحاث Truog سنة ١٩١٦ (١٧) أن فوسفات الحديد والالومنيوم الحديثة الترسيب فى التربة تكون أكثر مفعولا لبعض النباتات خصوصا الشعير من السوبرفوسفات أو كا٣ (فو ا ٤)٢ ، مغ٣ (فو ا ٤)٢ فقد كان وزن الشعير مثلا مع فوسفات الحديد ١٣٣ فى حين أن وزنه مع السوبرفوسفات

كان ١٠٠ ، ولكن يجب أن نعلم أن تجارب Truog كانت فى مزرعة من الكوارتز النقى وليس فى التربة ، وهو ما كان موضع نقد أو نقطة ضعف ، لأن المعروف أن الأملاح النقية لفوسفات الحديد أو ( الالومنيوم ) تكون فعالة إلى درجة كبيرة ، ولكنها فى التربة تتأدرت وينتج عن ذلك هبوط كبير فى درجة ذوبانها وما يتبع ذلك من خفض درجة فاعليتها للنبات . ورغم ذلك فإن Truog أثبت قدرة النبات على امتصاص الفوسفات المرسبة ( المثبتة ) بدرجات مختلفة وانه تبعاً لذلك ينمو ويزيد مقدار محصوله ، وفى ذلك تأييد لرأى المؤلف السابق ذكره .

ومن ناحية أخرى فإن Spencer (١٦) يفسر اصطلاح ( available ) على مدى أوسع ، وذلك من ناحية صلاحية عنصر ما كغذاء للنبات فلا يكتفى بملاءمة صور مركبات العنصر المختلفة للنبات النامى ، ولكنه يقرن ذلك بموضع ( position ) المركب فى التربة بالنسبة إلى جذور النبات ، وهذا رأى منطقى ، لأن بعد أو قرب المركب السمادى من مجال نشاط جهاز امتصاص النبات (الجذور) له دخل كبير فى مدى صلاحية ذلك المركب للغذاء النباتى، وله كذلك بالتالى دخل فى مدى قدرة النبات على امتصاصه . وللتدليل على مدى أهمية موضع المادة السمادية من النبات أجريت تجارب على الفوسفور المشع ( radioactive $P^{32}$ ) حيث وضع السماد المعامل بالفسفور الشعاع فى التربة على أحد جوانب شجرة « بكان » فظهر الفوسفور الشعاع فى أنسجتها الموجودة على هذا الجانب بنسبة كبيرة ، فإنه بعد مضى ٤٥ يوما كانت الأوراق التى فى الجانب القريب تحتوى على كمية من الفوسفور الشعاع تعادل ١٠ مرات ما تحتويه الأوراق فى الجانب البعيد من السماد للشجرة نفسها .

ويمكن القول من ناحية حالة التسميد الفوسفاتى للأراضى المصرية بأن تشبع هذه الأراضى بالقواعد ، ( خصوصا كا ، مغ ) يعتبر العامل المحدد لسعة تثبيت هذه الأراضى للفوسفات فالمشاهد على وجه عام أن الأراضى المصرية الزراعية ذات قدرة كبيرة على ترسيب الفوسفات الذائبة ، أى تثبيتها ، وأن هذه القدرة تتناسب طرديا مع كمية أملاح الكالسيوم أو المغنسيوم فيها خصوصاً ما كان ذائباً

منها فى الماء ، وأنه فى الأراضى الغنية بكربونات أو كبريتات الكالسيوم تصل سعة هذه الأراضى لتثبيت الفوسفات إلى ١٠٠ ٪ ( ١ ) ومعنى ذلك أن كل الجزء الذائب من حمض الفوسفوريك فى السماد المضاف إلى مثل هذه الأراضى يترسب على حالة غير قابلة للذوبان فى الماء وما يتبع ذلك من نقص درجة صلاحيته لغذاء المحاصيل المسمد بها ، ويكفى لإظهار أثر ذلك فى المحصول أن نقول إن الذرة المسمدة بالسوبرفوسفات والنامية فى بيئة من الكوارتز أنتجت محصولا يعادل أربعة أمثال محصول الذرة المسمد بفوسفات كالسيوم ثلاثية نامية فى نفس البيئة ( الكوارتز ) ، كما أنتج محصولا يعادل خمسة أمثال محصوله المسمد بفوسفات المغنسيوم الثلاثية (١٧) واننا إذا قارنا ذلك بدرجة ذوبان فوسفات الكالسيوم الأحادية ، والثلاثية ، وفوسفات المغنسيوم الثلاثية فى الماء لوجدنا أن هناك بعض الارتباط ، لأن هذه الدرجة وهى ٤ ٪ و ٠٠٥٥ , ٪ و ٠٢١ , ٪ على الترتيب وإن كنت أرى أن قابلية ذوبان الفوسفات فى الماء شىء وصلاحيتها لغذاء النبات شىء آخر ، كما ابدى ذلك Williams (١٩) وسبق ذكره آنفا .

وبدهى أن يتجه نظر القائمين بالبحوث المتعلقة بالتسميد الفوسفاتى فى مصر إلى دراسات مختلفة النواحى عن العلاقة بين الكالسيوم والمغنسيوم والفوسفات الذائبة فى المحلول الأرضى ما دامت هذه المواد توجد دائماً معاً حيثما يضاف السماد الفوسفاتى للأرض التى ستزرع .

وقد قمت بعدة جهود عن أثر الكالسيوم الذائب فى تثبيت الفوسفات بالأرض (١) و (٢) و (٥) ، كما أن قسم الكيمياء الزراعية بوزارة الزراعة يولى العناية بدراسات مختلفة حول هذه العلاقة ، وعلى سبيل المثال لا الحصر أذكر أن أنور (٣) أجرى تجارب معملية عن تأثير كلوريد الكالسيوم والمغنسيوم على تثبيت الفوسفات فى التربة المصرية ، وكان أساس تجاربه هو معاملة وزن معين من التربة ( ٣٠ جم ) بمقدار ١٠٠ سم٣ من الماء المقطر تحتوى على ١٢,٢٢ جم من الفوسفور الذائب ، وذلك كله فى زجاجات رج ، ثم تضاف بعد ذلك كميات متزايدة من كل من كلوريد الكالسيوم ، والمغنسيوم بحسب المعاملات المختلفة للتجارب ، ثم ترج الزجاجات جيداً لمدة معينة وتترك إلى اليوم التالى ثم يرشح

ويقدر الفوسفور فى المرشح ،ومن ذلك يمكن حساب سعة التربة لتثبيت الفوسفات بحسب المعاملات المختلفة ، والجدول رقم ١ التالى يوضح ذلك :

الجدول رقم١ — تأثير كل من كلوريد المغنيسيوم فى سعة تثبيت الفوسفات بأرض تربية النباتات بوزارة الزراعة

| كلوريد الكالسيوم بالمليجرام | سعة تثبيت الفوسفات ٪ | كلوريد المغنسيوم بالمليجرام | سعة تثبيت الفوسفات ٪ |
|---|---|---|---|
| صفر | ٦٠ | صفر | ٦٠ |
| ٥ | ٦٧,٥ | — | — |
| ١٠ | ٧٣,٢ | — | — |
| ٢٠ | ٧٧,٢ | — | — |
| ٢٥ | ٧٩,٣ | — | — |
| ٣٠٠ | ٩٥,٥ | ٣٠٠ | ٧١,٨ |
| ٦٠٠ | ٩٧,٢ | ٦٠٠ | ٧١,٩ |
| ١٥٠٠ | ٩٩,٣ | ١٢٠٠ | ٧١,٩ |

ولسنا فى مجال مناقشة هذه النتائج ، ولكن يظهر بجلاء أن زيادة سعة التربة لتثبيت الفوسفات تتزايد تدريجياً تبعاً للزيادة التدريجية لتركيز الكالسيوم الذائب ، فى حين أن زيادة السعة بزيادة تركيز المغنسيوم الذائب بدأت أولا ثم وقفت دون زيادة عند تركيز معين من المغنسيوم ( ٣٠٠ مجم مغ كل$_{٢}$ ) ، كما ظهر أيضا أن مفعول الكالسيوم فى التثبيت كان كبيراً فى التركيزات المنخفضة وصغيراً فى التركيزات الكبيرة ، فقد أدت إضافة ٢٠ مجم كا كل$_{٢}$ مثلا إلى زيادة سعة التثبيت من ٦٠٪ إلى ٧٧,٢٪ ( أى ١٧,٢٪ ) فى حين أن إضافة ٣٠٠ مجم كا كل$_{٢}$ أدت إلى زيادة السعة بمقدار ٣٥,٥٪ فقط وهكذا . . . وظهر أيضاً أن مفعول ١٥٠٠ مجم كا كل$_{٢}$ فى التثبيت لم يزد كثيراً عن مفعول ٣٠٠ مجم كا كل$_{٢}$ ، وهذا حقيقى ، لأنه توجد درجة توازن بين ايونات فو ا$_{٤}$ و كا فى الوسط يكون فيها الترسيب على صورة كا$_{٣}$ ( فو ا$_{٤}$ )$_{٢}$ وأن درجة الترسيب تنقص بزيادة أو نقص

تركيز كل من (كا) أو فوا عن نقطة التوازن ، ونتيجة لذلك فإن وجود ايونات (كا) فى الوسط بتركيز عادى ينتج عنها مفعول ترسيبى مثلما تؤديه هذه الايونات عندما تكون بتركيز يصل إلى خمسة أمثال هذا التركيز ( $\frac{١٥٠٠}{٣٠٠} = ٥$ ) تقريبا .

وقد أجرى عيد ( ٤ ) تجارب من ناحية أخرى تهدف إلى ما هدف إليه أنور عن أثر إضافة كميات متزايدة من الكالسيوم ( على صورة جبس ) فى تثبيت الفوسفات بالتربة ، وأدت إلى نفس نتائج أنور . وخلاصة التجربة أنه عامل تربة صفراء ثقيلة بكميات متزايدة من الجبس فى حدود ½ و ١ و ٢ و ٤ أطنان للفدان ، وكانت التربة غير المعاملة بالجبس تحتوى على ٨٥١ جزءا فى المليون من الفوسفور المثبت ، وقد ظهر أن هذا المقدار المثبت قد تزايد بزيادة الجبس فى التربة والجدول التالى يوضح ذلك :

الجدول رقم ٢ — تزايد سعة التربة لتثبيت الفوسفات بزيادة الجبس

| الجبس بالطن للفدان | الفوسفور المثبت ( جزء فى المليون ) |
|---|---|
| صفر | ٨٥١ |
| ½ | ٩٧٢ |
| ١ | ١٠٧٤ |
| ٢ | ١١١٧ |
| ٤ | ١٢٣٥ |

ويعلق « عيد » على نتائج الجدول الثانى بنفس ما علقنا به على نتائج الجدول الأول ، وهو أن سرعة ، أو درجة تثبيت التربة للفوسفور كانت أكبر فى التركيزات المنخفضة للجبس عنها فى التركيزات المرتفعة وأننى أضيف أن درجة التثبيت زادت بمقدار ٢٢٣ جزءا فى المليون عند زيادة الجبس من صفر إلى طن جبس ، فى حين أنها زادت بمقدار ١٦١ جزءا فى المليون عند زيادة الجبس من طن واحد إلى أربعة أطنان ، ومعنى ذلك أن الطن الأول من الجبس سبب زيادة فى الفوسفور المثبت

مقدارها ٢٢٣ جزءا فى المليون فى حين أن متوسط الزيادة بسبب إضافة طن جبس واحد بعد ذلك هو ٥٤ جزءا فى المليون فقط ( $\frac{١٦١}{٣} = ٥٤$ ) .

وفى ضوء ما سبق أرى استكمال دراسة أثر اختلاف تركيز ايونات الكالسيوم والمغنسيوم فى تثبيت الفوسفات بالوسط الذى يحدث فيه التفاعل بينهما خصوصا فى التربة . ولأجل دراسة عملية ترسيب الفوسفات الذائبة فى التربة بتأثير زيادة تركيز ايونات كا ، مغ فقط ولتحديد عامل الترسيب فى ناحية واحدة وهى ايونات كا أو مغ ولكى تكون عملية الترسيب حادثة تحت نفس ظروف الحقل العادية رأيت استبدال التربة برمل أبيض ناعم مغسول جيداً حتى يكون اختلاف ترسيب الفوسفات باختلاف تركيز كا ، مغ راجعاً فقط إليهما دون سواهما ، وبذلك يمكن ضبط حدود تركيز كا , فو ا أو مغ ، فو ا فى وسط التفاعل وأثر ذلك فى كمية الفوسفات المرسبة لإمكان الوصول إلى الغرض المطلوب من الدراسة .

## تجارب المعمل والنتائج :

أساس هذا البحث يستند إلى النقط الآتية :

١ — استخدام الرمل الأبيض الناعم كوسط نقى لحدوث التفاعل الترسيبى بين ايونات الفوسفات ( فو ا ) ، كا أو مغ ويكون ذلك كما يأتى :

(ا) تجهز كئوس سعة ٦٠٠سم$^{٣}$ بعدد المعاملات وهى :

H ، G ، F ، E ، D ، C ، B ، A

ويوضع فى كل كأس ١٠٠ جرام بالضبط من الرمل الأبيض الناعم .

(ب) تضاف إلى كل كأس كمية من محلول (صم$_{٢}$ يد فو ا$_{٤}$ و ١٢ يد$_{٢}$ ا ) تحتوى على ١٠٠ مجم فو ا$_{٤}$ فى جميع المعاملات .

(حـ) تضاف إلى كل كأس كمية من محلول كلوريد الكالسيوم أو كلوريد المغنسيوم بحسب المعاملات المختلفة ، كما فى الجدول الآتى :

الجدول رقم ٣ — كميات الكالسيوم والمغنسيوم المضافة على صورة محلول كلوريد هما الـ ١٠٠ جم رمل أبيض ناعم تحتوى على ١٠٠ مجم فو ٤

| المعاملات | الكالسيوم المضاف بالمليجرام | المغنسيوم المضاف بالمليجرام |
|---|---|---|
| A | — | — |
| B | ٢٠ | ٢٠ |
| C | ٥٠ | ٥٠ |
| D | ١٠٠ | ١٠٠ |
| E | ٢٠٠ | ٢٠٠ |
| F | ٥٠٠ | ٥٠٠ |
| G | ١٠٠٠ | ١٠٠٠ |
| H | ١٥٠٠ | ١٥٠٠ |

(ى) يضاف ماء مقطر إلى كل كأس حتى يكون حجم العلق فى الكئوس المختلفة متساويا (١٠٠ سم٣) .

وبذلك هيئت ظروف التفاعل بحيث لا يكون العامل المحدد لها اختلاف تركيز كا أو مغ فقط .

٢ — إحداث الفعل الترسيبى تحت ظروف أقرب إلى ظروف الحقل وأهمها التبخير بفعل درجة حرارة الجو ، وفى خلال هذا النقص التدريجى فى رطوبة التربة يحدث الترسيب للفوسفات على صورة كا يد فو ٤ ، كا٣ (فو ٤)٢ وقد نفذ هذا فى المعمل بوضع الكئوس السابقة على الحمام المائى حتى جفت تماما وأصبح الرمل الأبيض الناعم يحتوى على :

(ا) فوسفات مرسبة غير قابلة للذوبان فى الماء .

(ب) فوسفات غير مرسبة وقابلة للذوبان فى الماء .

وطبيعى أن كمية الفوسفات المرسبة تتوقف على عامل واحد فقط هو درجة تركيز ايونات ( كا ) أو ( مغ ) فى وسط التفاعل .

٣ ــ استخلاص الفوسفات القابلة للذوبان فى الماء فقط للاستفادة من نتائج ذلك فى دراسة ما يمكن لماء الرى أن يذيبه واستخلاص الفوسفات القابلة للذوبان فى محلول Egner ( لاكتات كالسيوم ـ حامض يدكل ) المنظم الذى رقم pH له ٣,٥٥ حيث إن المذاب فى هذا المحلول يمثل تقريباً ٩٤٪ مما يمكن لنبات الحقل العادى استخلاصه من الفوسفات الموجودة فى الوسط النامى فيه النبات .

ومن تقدير المذاب فى الماء فقط ثم فى محلول Egner المنظم لكل من حالتى ( كا ) و ( مغ ) يمكن الوصول إلى نتائج فعالة فى دراسة هذه المشكلة .

وقد ظهرت لى خلال هذه الدراسة المعملية حقيقة هامة ، وهى أن الرمل الأبيض الناعم له سعة كبيرة نسبياً لتثبيت الفوسفات الذائبة على سطوحه ، فعلى الرغم من أن تجارب Perkins (١٥) عن مسحوق الكوارتز أظهرت أن سعة هذا المسحوق لتثبيت الفوسفات كانت ٩,٧ مليجرامات فو ا ٤٪ فإن تجاربى أظهرت أن سعة الرمل الأبيض الناعم لتثبيت الفوسفات تحت ظروف التجارب السابقة الذكر هى ٥٦,٤٥ مليجرام فو ا ٤٪ وهذا يوجه النظر إلى نقطة شديدة الأهمية فى الحياة الزراعية ، وهى أن الرمل الناعم قادر على الاحتفاظ بنحو ٥٠ مجم فو ا ٤٪ من الفوسفات الذائبة على سطوحه فلا تفقد مع ماء الصرف ، وهى نتيجة مشجعة للقائمين باستغلال الأراضى الرملية فى الزراعة .

ونتائج تقدير الفوسفات على وجه عام فى كل من المستخلص المائى ومستخلص محلول Egner المنظم للمعاملات بالكالسيوم هى الموضحة فى الجدول التالى :

الجدول رقم ٤ — الفوسفات الذائبة فى الماء ،ومحلول Egner المنظم حسب الكميات المتزايدة من كلوريد الكالسيوم ( بالمليجرام فو ٤ ٪ ) :

| المعاملات | المستخلص المائى | | مستخلص محلول Ehner المنظم | |
|---|---|---|---|---|
| | فو ٤ ذائبة ٪ | فو ٤ مثبتة ٪ | فو ٤ ذائبة ٪ | فو ٤ مثبتة ٪ |
| A | ٤٣,٥٥ | ٥٦,٤٥ | ٤٣,٥٥ | ٥٦,٤٥ |
| B | ٣٦,٨٥ | ٦٣,١٥ | ٣٨,١٩ | ٦١,٨١ |
| C | ٣٣,٥٠ | ٦٦,٥٠ | ٣٦,٨٥ | ٦٣,١٥ |
| D | ٢٩,٤٨ | ٧٠,٥٢ | ٣٦,٢٥ | ٦٣,٧٥ |
| E | ٢٨,٤٨ | ٧١,٥٢ | ٣٥,٨٥ | ٦٤,١٥ |
| F | ٢٦,٨٠ | ٧٣,٢٠ | ٣٤,٩٥ | ٦٥,٠٥ |
| G | ٢٤,٤٦ | ٧٥,٥٤ | ٣٣,٥٠ | ٦٦,٥٠ |
| H | ٢٣,١٢ | ٧٦,٨٨ | ٣٢,١٦ | ٦٧,٨٤ |

كذلك كانت نتائج تقدير الفوسفات فى كل من المستخلص المائى ومستخلص محلول Egner المنظم للمعاملات بالمغنسيوم هى الموضحة فى الجدول التالى :

الجدول رقم ٥ — الفوسفات الذائبة فى الماء ومحلول Egner المنظم حسب الكميات المتزايدة من كلوريد المغنسيوم ( بالملليجرام فو٢ ٥ ٪ ) :

| المعاملات | المستخلص المائى | | مستخلص محلول Egner المنظم | |
|---|---|---|---|---|
| | فو٢ ٥ ذائبة ٪ | فو٢ ٥ مثبتة ٪ | فو٢ ٥ ذائبة ٪ | فو٢ ٥ مثبتة ٪ |
| A | ٤٣,٥٥ | ٥٦,٤٥ | ٤٣,٥٥ | ٥٦,٤٥ |
| B | ٢٥,٨٥ | ٦٤,١٥ | ٣٦,٨٥ | ٦٣,١٥ |
| C | ٣٣,٥٠ | ٦٦,٥٠ | ٣٥,٨٥ | ٦٤,١٥ |
| D | ٢٩,٤٨ | ٧٠,٥٢ | ٣٢,٧٨ | ٦٧,٢٢ |
| E | ٢٨,٤٨ | ٧١,٥٢ | ٣٢,١٦ | ٦٧,٨٤ |
| F | ٢٦,٨٠ | ٧٣,٢٠ | ٣١,٨٢ | ٦٨,١٨ |
| G | ٢٤,٤٦ | ٧٥,٥٤ | ٣٠,٨٢ | ٦٩,١٨ |
| H | ٢٣,١٢ | ٧٦,٨٨ | ٢٩,٤٨ | ٧٠,٥٢ |

المناقشة :

لا يخفى أن مشكلة تثبيت الفوسفات فى الأراضى تعتبر أحد العوامل التى تقلل من مفعول الأسمدة الفوسفاتية الذائبة للنباتات النامية فينقص تبعاً لذلك ما يمتص منها وما يعقب ذلك من نقص فى المحصول الناتج .

وفى الأراضى المصرية تشترك أملاح الكالسيوم والمغنسيوم فى العمل على تثبيت الفوسفات الذائبة بدرجة أكبر مما تشترك فيه عوامل أخرى ، وعلى هذا الأساس قمت بالبحث عن حدود تأثير كل كاتيون على التثبيت ، وعن حدود ما يتأثر به المقدار الممكن للنبات العادى امتصاصه من الفوسفات المثبتة حتى يمكن استيضاح بعض نواحى مشكلة استعمال الأسمده الفوسفاتية فى الأراضى المشبعة بالقواعد . ورأيت تقسيم مناقشة نتائج التجارب المعملية إلى ما يأتى :

أولا ــ أثر التثبيت فى ذوبان الفوسفات فى الماء :

من مقارنة نتائج الجدولين ( ٤ و ٥ ) ظهر أن المقدار الذائب فى الماء من كل من فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم متساو ( المعاملات من B إلى H ) ، كذلك ظهر أن الذائب من فوسفات الصوديوم فى الماء بالمعاملة A كان ٤٣,٥٥ ٪ فقط ، وذلك لأن الباقى وهو (٥٦,٤٥ ٪ ) ثبت على سطح الرمل الأبيض الناعم، وطبيعى أن يكون المقدار المثبت على سطح هذا الرمل الشديد النعومة كبيراً ، لأن المعروف أن سطوح المواد المرتفعة فى نسبة $\frac{س^{٢}}{لو^{٢}+ح^{٢}}$ ذات قدرة على امتصاص ( تثبيت ) الفوسفات ( ١٤ ) وهذه الحقائق يمكن أن توضح لنا إمكان احتفاظ الأراضى الرملية بجانب كبير من الفوسفات المضافة إليها على حالة ذائبة فلا تتسرب إلى أسفل أو تذهب مع ماء الصرف ، وبذلك يمكن للمحاصيل النامية أن تمتص منها حاجتها . ولعل القائمين بمشروعات استغلال أراضى الصحارى المصرية يستفيدون من ذلك عند استعمال الأسمدة الفوسفاتية .

نعود فنقول : إن زيادة تركيز ايونات ( كا ) ، ( مغ ) تدريجاً أدت إلى نقص تدريجى فى المقدار القابل للذوبان من الفوسفات ، ولكن ليس بنفس الدرجة ، فمثلا فى المعاملة B عندما كان مقدار ( كا ) المضاف إلى الرمل الناعم هو ٢٠ مجم كان نقص فوا ٤ بالمليجرام ٪ فى الذائب بالماء فى المعاملة B عنه فى المعاملة A = ٦,٧ ٪ فى حين أن هذا النقص عند معاملة الرمل بمقدار ١٥٠٠ مجم ( كا ) ( فى المعاملة H ) قد أصبح ٢٠,٤٣ ٪ فقط ، وظهر أيضاً أن قدرة ايونات (كا) فى التركيزات المرتفعة منها ( ٥٠٠ مجم و ١٠٠٠ مجم و ١٥٠٠ مجم فى المعاملات F و G ، H على الترتيب ) على تثبيت الفوسفات أقل كثيراً من قدرة هذه الايونات فى التركيزات المنخفضة ( ٢٠ مجم و ٥٠ مجم و ١٠٠ مجم فى المعاملات B و C و D على الترتيب ) والجدول التالى يوضح ذلك :

الجدول رقم ٦ — تأثير التركيزات المختلفة لايونات ( كا ) على ذوبان الفوسفات فى الماء

| المعاملات | تركيز ( كا ) بالمليجرام فى ١٠٠ جرام رمل ناعم | المقدار الذائب فى الماء نتيجة لتركيز ايونات ( كا ) محسوبا بالمليجرام فو ٤ ا ٪ | نقص فو ٤ ا الذائبة حسب زيادة تركيز كا ٪ |
|---|---|---|---|
| A | صفر | ٤٣,٥٥ | ٠٠ ٠٠ |
| B | ٢٠ | ٣٦,٨٥ | ٦,٧ |
| C | ٥٠ | ٣٣,٥٠ | ١٠,٠ |
| D | ١٠٠ | ٢٩,٤٨ | ١٤,٠٧ |
| F | ٥٠٠ | ٢٦,٨٠ | ١٦,٧٥ |
| G | ١٠٠٠ | ٢٤,٤٦ | ١٩,٠٩ |
| H | ١٥٠٠ | ٢٣,١٢ | ٢٠,٤٣ |

ومن الجدول السادس يتضح أن زيادة ٥٠٠ مجم ( كا ) فى المعاملة H عنها فى المعاملة G لم يتسبب عنه إلا نقص فى كمية فو ٤ ا الذائبة فى الماء مقداره ١,٣٤ مجم ٪ فقط فى حين أن زيادة ٣٠ مجم ( كا ) فى المعاملة C عنها فى المعاملة B سبب نقصاً فى كمية فو ٤ ا الذائبة فى الماء مقداره ٣,٣ مجم ٪ كذلك يمكن القول بأن زيادة ١٠٠ مجم كا فى المعاملة D عنها فى المعاملة A سبب نقصا فى كمية فو ٤ ا الذائبة فى الماء مقداره ١٤,٠٧ مجم ٪ فى حين أن زيادة ١٤٠٠ مجم ( كا ) فى المعاملة H عنها فى المعاملة D لم يسبب إلا نقصاً فى كمية فو ٤ ا الذائبة فى الماء مقداره ٦,٣٦ مجم ٪ فقط . ولعل هذه المقارنة لا تحتاج إلى ايضاح ، ويكفى نتيجة لذلك القول بأن وجود مقادير ضئيلة من ايونات ( كا ) فى الوسط المحتوى على فوسفات ذائبة يؤثر تأثيراً كبيراً على نقص ذوبان هذه الفوسفات ، وأنه يكفى أن تكون نسبة كا : فو ٤ ا فى الوسط ١ : ١ كما فى المعاملة D حتى يكون تثبيت الفوسفات أكبر ما يمكن ، وأن زيادة هذه النسبة إلى ٥ : ١ و ١٠ : ١ و ١٥ : ١ فى المعاملات F و G و H على الترتيب لم تسبب زيادة فعالة فى المقدار المثبت .

ولختام هذه الناحية من المناقشة نقول إن الحال مع المغنسيوم لا يختلف عنه مع الكالسيوم ، فقد سبق القول بأن المقدار الذائب فى الماء من فوسفاتها متساو كما يتضح من الجدولين ( ٤ و ٥ ) رجاء الرجوع إليهما للعلم بذلك .

ثانياً ـ مدى استفادة النبات من كل من فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم المثبتة :

اظهرت تجارب المعمل المقترنة بتجارب الحقل أن بعض المحاليل المنظمة تستخلص من فوسفات التربة كما تستخلصه نباتات الحقل العادية تقريباً ، وقد استعان أنور على كشف ذلك باستعمال الفوسفور الشعاع ( $P^{32}$ ) فقد عامل التربة بهذا الفوسفور وزرع بها نبات Italian Rye وأجرى تحليل أجزاء مختلفة من النبات بعد فترات من الزمن ، وفى نفس الوقت استخلص من التربة ببعض المذيبات ـ الفوسفات الصالحة للذوبان وقارن كمية الفوسفور الشعاع الممتصة بالنبات بكمية الفوسفور الشعاع الموجود فى المذيبات المختلفة ثم أجرى حساب درجة النشاط النسبى specific activity للفوسفور فى كل من النبات والمذيبات وانتهى إلى أن درجة النشاط النسبى للفوسفور فى محلول Egner المنظم ( لاكتات كالسيوم + حامض اندروكلوريك برقم $p^H$ بين ٣,٥٥ و ٣,٧٠ ) يساوى نحو ٩٤٪ منه فى النبات المذكور ( ٦ ) ، ومعنى ذلك أن محلول Egner المنظم قادر على إذابة فوسفات صالحة للنبات مثل ما يأخذه النبات الحقلى العادى ( مثل Italian Rye موضوع البحث ) بمقدار ٩٤٪ ولهذا استعملت محلول Egner المنظم لاستخلاص الفوسفات ، فدلت النتيجة على ٩٤٪ مما يأخذه النبات الحقلى إذا نما على الرمل الأبيض الناعم وأجرى تحليله ، . . . الخ كما اتبعه أنور مع الفوسفور الشعاع .

المذاب من الفوسفات فى محلول Egner ( ٧ ) هو الفوسفات الذائبة فى الماء + بعض الفوسفات المثبتة . وطبيعى أن المقدار المذاب فى محلول Egner ـ أو بمعنى آخر الممتص بالنبات ـ يختلف حسب الصورة المثبتة عليها الفوسفات وهى فى هذا البحث كـ $_{٣}$( فوا $_{٤}$ )$_{٢}$ أو مغ $_{٣}$ ( فوا $_{٤}$ )$_{٢}$ ، ويهمنا فى هذا المجال أن نوضح أن الفوسفات المثبتة على صورة فوسفات كالسيوم أو مغنسيوم ثلاثية

يمكن للنبات الحقلى العادى أن يمتص منها جانباً بخلاف ما امتصه بسهولة من الذائب فى الماء ، وأن الكمية الممتصة بالنبات تختلف باختلاف الفوسفات المثبتة سواء أكانت كا٣ ( فو ا٤ )٢ أو مغ٣ ( فو ا٤ )٢ .

ولإظهار ذلك بوضوح حُسب الفرق بين المذاب فى محلول Egner والمذاب فى الماء ، وكان هذا الفرق هو المقدار المذاب من الفوسفات المثبتة والذى ذاب فى محلول Egner ( أى امتص بالنبات ) فإذا نسب هذا المقدار الأخير إلى الفوسفات المثبتة الأصلية ( بعد الذائب فى الماء ) فإن النتيجة تبين حدود المقارنة المطلوبة . والجدول التالى يبين نسبة ما يذوب فى محلول Egner ( زيادة عن الذائب فى الماء ) محسوباً ٪ من الفوسفات المثبتة وذلك حسب إضافة كميات متزايدة من الكالسيوم .

الجدول رقم ٧ — الفوسفات الذائبة فى محلول Egner ( زيادة عن الذائب فى الماء ) محسوبة ٪ من الفوسفات المثبتة الأصلية كا٣ ( فو ا٤ )٢

| المعاملات | مليجرام فو ا٤ ٪ | | | (ب — ا) / الفوسفات المثبتة × ١٠٠ |
|---|---|---|---|---|
| | ذائب فى الماء (ا) | ذائب فى محلول Egner (ب) | ذائب فى Egner من الفوسفات المثبتة (ب — ا) | |
| B | ٣٦,٨٥ | ٣٨,١٩ | ١,٤٣ | ٢,١٠ |
| C | ٣٣,٥٠ | ٣٦,٨٥ | ٣,٣٥ | ٥,٠٠ |
| D | ٢٩,٤٨ | ٣٦,٢٥ | ٦,٧٧ | ٩,٦٠ |
| E | ٢٨,٤٨ | ٣٥,٨٥ | ٧,٣٧ | ١٠,٣٥ |
| F | ٢٦,٨٠ | ٣٤,٩٥ | ٨,١٥ | ١١,١٣ |
| G | ٢٤,٤٦ | ٣٣,٥٠ | ٩,٠٤ | ١١,٩٠ |

مع العلم بأن الفوسفات المثبتة ( بعد المذاب فى الماء ) موجودة فى الجدول الرابع السالف الذكر .

والجدول الثامن يبين نسبة ما يذوب فى محلول Egner ( زيادة عن الذائب فى الماء ) محسوبا ٪ من الفوسفات المثبتة ، وذلك حسب اضافة كميات متزايدة من المغنسيوم .

الجدول رقم ٨ — الفوسفات الذائبة فى محلول Egner ( زيادة عن الذائب فى الماء ) محسوبة ٪ من الفوسفات المثبتة الأصلية ( مغ ٣ فو ا ٤ )٢

| المعاملات | مليجرام فو ا ٤ ٪ | | | ب — ا / الفوسفات المثبتة × ١٠٠ |
|---|---|---|---|---|
| | ذائب فى الماء (ا) | ذائب فى محلول Egner (ب) | ذائب فى Egner من الفوسفات المثبتة (ب — ا) | |
| B | ٣٥,٨٥ | ٣٦,٨٥ | ١,٠٠ | ١,٦٠ |
| C | ٣٣,٥٠ | ٣٥,٨٥ | ٢,٣٥ | ٣,٥٣ |
| D | ٢٩,٤٨ | ٣٢,٧٨ | ٣,٣٠ | ٤,٧٠ |
| E | ٢٨,٤٨ | ٣٢,١٦ | ٣,٦٨ | ٥,١٠ |
| F | ٢٦,٨٠ | ٣١,٨٢ | ٥,٠٢ | ٦,٨٦ |
| G | ٢٤,٤٦ | ٣٠,٨٢ | ٦,٣٦ | ٨,٤٠ |

مع العلم بأن الفوسفات المثبتة ( بعد المذاب فى الماء ) موجودة فى الجدول الخامس الآنف الذكر .

وتبدو لنا من مناقشة الأرقام فى الجدولين ( ٧ و ٨ ) الحقائق الآتية :

١ — زيادة عما هو ذائب فى الماء من الفوسفات فإن محلول Egner ( الذى يمثل ٩٤ ٪ مما يمتصه النبات ) قادر على اذابة كمية من الفوسفات المثبتة ، وأن هذه الكمية تتزايد بتزايد الكميات المثبتة من الفوسفات تبعاً لتزايد تركيز ايونات ( كا ) أو ( مغ ) المضافة الى الوسط الذى حدث فيه الترسيب وهو الرمل الأبيض الناعم .

فنى حالة الجدول رقم ٧ الخاص بالكالسيوم كان المذاب فى Egner من الفوسفات المثبتة ٢,١٪ فى المعاملة B و ١١,٩٪ فى المعاملة G .

وفى حالة الجدول الثامن الخاص بالمغنسيوم كان المذاب فى Egner من الفوسفات المثبتة ١,٦٪ فى المعاملة B و ٨,٤٪ فى المعاملة G ، ومعنى ذلك أنه فى حالة كل من الكالسيوم والمغنسيوم توجد زيادة تدريجية مما يمتصه النبات من الفوسفات المثبتة على صورة كا$_{٣}$ ( فو ا$_{٤}$ )$_{٢}$ أو مغ$_{٣}$( فو ا$_{٤}$ )$_{٢}$ وأنه كلما زادت كمية الفوسفات المثبتة زاد ما يمتصه النبات منها تبعاً لذلك وهو أمر جدير بالملاحظة ، ويؤيد ما سبق ذكره فى المقدمة من أن الفوسفات المثبتة فى التربة يمكن للنبات الحقلى أن يمتص منها كمية تختلف حسب نوع الملح المرسب وكميته فى الوسط النامى به النبات .

٢ ــ الكمية القابلة للذوبان فى الماء من فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم المثبتين فى الرمل الناعم متساوية تقريباً فى جميع المعاملات ، ولكن هناك اختلاف واضح فى المقدار الذائب بمحلول Egner المنظم من فوسفات الكالسيوم ، وفوسفات المغنسيوم غير القابلين للذوبان فى الماء ، لأن ما يذوب من فوسفات الكالسيوم أكبر مما يذوب من فوسفات المغنسيوم ، أو بمعنى آخر : إن ما يمكن للنبات استخلاصه من فوسفات الكالسيوم المثبتة أكبر مما يستخلصه من فوسفات المغنسيوم المثبتة . وذلك على الرغم من أن قابلية ذوبان مغ$_{٣}$ ( فو ا$_{٤}$ )$_{٢}$ فى الماء أكبر من كا$_{٣}$ ( فو ا$_{٤}$ )$_{٢}$ كما سبق ذكره فى المقدمة ، وهذا تأييد لرأى Williams (١٩) القائل بأن درجة قابلية ذوبان الفوسفات فى الماء شىء وصلاحيتها لغذاء النبات شىء آخر وهذا أيضاً يتمشى مع تجربة Truog (١٧) التى أجراها على فوسفات الكالسيوم الثلاثية وفوسفات المغنسيوم الثلاثية المرسبتين حديثاً فى زرعة من الكوارتز ثم نمى الشعير والذرة ، والبرسيم clover عليها فكان وزن المحصول مقياساً لما امتصه النبات من كل الفوسفاتين ، والجدول التالى يوضح ذلك :

الجدول رقم ٩ — مقارنة بين امتصاص بعض النباتات
لكل من كا٣ ( فو ا٤ )٢ ، مغ٣ ( فو ا٤ )٢ النامية فى زرعة من الكوارتز

| النباتات | وزن المحصول ٪ منه عند نمو النبات فى زراعة من السوبر فوسفات + الكوارتز | |
|---|---|---|
| | كا٣ ( فو ا٤ )٢ | مغ٣ ( فو ا٤ )٢ |
| ذرة | ٢٦,٨ | ٢١,٣ |
| شعير | ٦٢,٢ | ١٥,٥ |
| clover | ٦٤,٥ | ٢٦,٧ |

ويعلق Truog على نتائج التجربة بأن النباتات المحتوية على نسبة مرتفعة من الجير تكون ذات قدرة غذائية كبيرة للفوسفات الموجودة فى الفوسفات الصخرية ( كا٣ ( فو ا٤ )٢ ) ولعل ذلك كله لا يحتاج بعد ذلك الى أدنى شك .

الملخص :

١ — يعترض استعمال الأسمدة الفوسفاتية فى الأراضى المشبعة بالقواعد أن جانباً كبيراً من هذه الفوسفات الذائبة تثبت فى الأرض وتصبح غير قابلة للذوبان ، وهذا مما يقلل من مفعول هذه الأسمدة بالنسبة للنبات النامى . وفى مصر قامت دراسات عدة بواسطة الكثيرين غيرى ، مثل Hughes و Mosséri ، Aladjem ومحمود ، أنور ، عيد ، وآخرين عن حالة الفوسفات فى الأراضى المصرية .

٢ — ومن أهم ما يلفت النظر الدور الذى يؤديه كل من ( كا ) ، ( مغ ) فى ترسيب الفوسفات الذائبة فى الأراضى المصرية ، فرايت الاتجاه فى دراستى بهذا البحث الى هذه الناحية :

استعملت الرمل الناعم الأبيض كوسط ليحدث فيه التفاعل بين ايونات فو ا٤ ، ( كا ) أو ( مغ ) باضافة ١٠٠ مجم فو ا٤ إلى ١٠٠ جم رمل ناعم ثم اضيفت كميات متزايدة من (كا) أو (مغ) وهى : ٢٠ ، ٥٠ ، ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٥٠٠

١٠٠٠ ، ١٥٠٠ مجم وبعد ذلك بخرتها للجفاف على حمام مائى ، وتدرس حالة الفوسفات فى الرمل بعد الجفاف .

٣ — ظهر أن الزيادة التدريجية لكل ايونات ( كا ) أو ( مغ ) تصحبها زيادة تدريجية فى سعة الرمل لتثبيت الفوسفات ، ونقص تدريجى فيما يذوب فى الماء ، كما ظهر أنه فى التركيزات المنخفضة من ايونات ( كا ) أو ( مغ ) يكون الفعل الترسيبى على الفوسفات أكبر منه فى التركيزات المرتفعة .

٤ — أظهر البحث أن فعل الماء فى اذابة الفوسفات بعد الجفاف فى وجود ايونات ( كا ) أو ( مغ ) متساو ، ولكن مفعول محلول Egner المنظم فى إذابة الفوسفات المرسبة ( المثبتة ) بسبب ( كا ) كان أكبر من المذاب بفعل هذا المحلول من الفوسفات المرسبة بسبب ( مغ ) ولما كان محلول Egner المنظم له قدرة على استخلاص الفوسفات = ٩٤٪ من قدرة النباتات على هذا الاستخلاص فإنه يتضح أن الفوسفات المرسبة بسبب ايونات ( كا ) أكثر صلاحية للنبات من الفوسفات المرسبة بسبب ايونات ( مغ ) .

٥ — أظهر البحث أيضاً أن الرمل الأبيض الشديد النعومة والمستعمل فى البحث له قدرة كبيرة على تثبيت الفوسفات على سطوحه ، وأن هذه السعة يعبر عنها بمقدار ٥٦,٤٥ مجم فو$_2$ا$_5$ : ١٠٠ جم رمل وهى حقيقة تفيد القائمين باستغلال الأراضى الرملية من ناحية أن هذه الأراضى قادرة على الاحتفاظ بنحو ٥٠٪ من الفوسفات الذائبة فلا تذهب مع ماء الرشح إلى الطبقات السفلى أو إلى المصارف.

# المراجع


١ — أمين عبد البر : « الدور الذى يؤديه الجير « كربونات الكالسيوم » فى التفاعلات الكيماوية بالأراضى خصوصاً فى زيادة تثبيت الفوسفات فيها »
مجلة الفلاحة « عدد يناير — فبراير ١٩٥٥ »

٢ — » » : « تركيز أملاح الصوديوم وآثارها »
مجلة الفلاحة « عدد مارس — ابريل سنة ١٩٥٥ » .

٣ — رفق أنور : تثبيت الفوسفور فى الأراضى المصرية ومدى نفاذه فيها
نشرة لجنة البحوث الزراعية بوزارة الزراعة « أكتوبر ، نوفمبر ١٩٥٣ »

٤ — طه عيد ومصطفى عبد السميع : « بعض العوامل التى تؤثر على تثبيت الفوسفات فى التربة »
نشرة لجنة البحوث الزراعية بوزارة الزراعة « ديسمبر ١٩٥٣ »

(5) Abdel - Barr, A.A., 1953:
A study of some of the Chemical methods for determination of the available phosphates in Egyptian soils, with particular reference to the Permanent fertilizing experimental field of the Faculty of Agriculture at Giza.
Ph. D. Thesis, University of Cairo, ( unpublished )

(6) Anwar, R. M., 1949:
The use of radioactive phosphorus in evaluating some of the chemical methods for the determination of available phosphorous in soils.
Ph. D. Thesis, University of California, ( unpublished ).

(7) Egner, H. et al, 1955:

The lactate method for the determination of easily soluble phosphorous in soils.

Ann. Landw. Hoehschal. Schwedens., 6: (253—298).

(8) Hall, A. D., 1935:

Fertilizers and Manures.

John Murray, Albemarle Street, W. London.

(9) Hughes, F., 1909:

Notes on Egyptian and Sudan soils.

Year book of the Khedivial Agricultural Society, pp. 131

(10) ———— , and Aladjem, R., 1911:

The Concentration of the phosphoric acid in the soil in the neighbourhood of the old centers of population.

Agric. Jour. of Egypt, Vol. I. pp. 81.

(11) Kurtz, T. E., et al, 1946:

Phosphate adsorption by Illinois soils.

Soil Sci., 61: 111

(12) Mahmoud, A., 1934:

Preliminary investigations on the phosphoric acid supply in the soils of the Bahtim permanent experiments.

Bull.No. 20, Chem. Sec., Royal Soc. of Agriculture, Egypt.

(13) Mosseri, V. M., 1921:

Les sebakh des koms ou sebakh koufri.

Bull. de l' Instutte d' Egypte.