التأثير الفسيولوجى والكيميائى للأملاح السمادية وأيهما أصلح للتربة المصرية

للدكتور أحمد شلبى الاخصائى بقسم الكيمياء بوزارة الزراعة

أشير إلى هذا الموضوع لأول مرة فى مصر — على ما أعتقد — فى « المؤتمر الكيماوى المصرى الأول » المنعقد فى ديسمبر سنة ١٩٤٥ وذلك بمناسبة الشروع فى إخراج مشروع كهربة خزان أسوان الى حيز العمل وإمكان الإفادة منه فى صنع السماد . فقد ألقى حضرة صاحب العزة الدكتور أحمد رياض بك محاضرة قيمة عن « أى الأسمدة تصنع من كهربة خزان أسوان » . وقد أبان فيما ذكر تأثير الأسمدة الكيماوية ، وظاهر أن الظرف لم يكن مناسبا للإفاضة خلال اجتماع عام فى تبيان علاقة هذا التأثير بالنبات والتربة معاً .

والموضوع فى الواقع ذو شقين : أولهما « التأثير الفسيولوجى والكيميائى الأملاح السمادية » ويرجع كشفه إلى سنة ١٨٨١ حينما نشر علم من أعلام الكيمياء الزراعية هو « أدولف ماير » بحثا مستفيضا عنوانه « التأثير الفسيولوجى للأسمدة الكيماوية فى التربة الزراعية » .

والشق الثانى هو « أى الأسمدة الكيميائية أصلح للاستعمال فى التربة المصرية » وقد ذكر منذ سنة ١٩٣٢ فى رسالة [1] عن « بحث فى تقدير خصب الأرض » وكانت الأرض التى أجرى عليها البحث خمسة أنواع من التربة المصرية تختلف بين خفيفة وطينية ثقيلة ومن ضمنها طمى النيل أيضا .

وقد بدىء بهذا البحث سنة ١٩٢٩ ، ونتقل هنا بإيجاز ماجاء فى الكلمة الختامية منه خاصا بالموضوع :

« المادة العضوية قليلة جدا فى الأرض المصرية ويجب العمل على توفيرها » كما أن مادة الفوسفات الصالحة للامتصاص بواسطة النبات قليلة لإنتاج محصول كامل يتناسب مع وفرة البوتاس التى بالأرض .

(١) رسالة الدكتوراه المقدمة من المحاضر فى سنة ١٩٣١

على أن مادة الفوسفات الكلية متوفرة فى كل الأنواع ، ولكن على حالة غير ذائبة فى محلول التربة القلوى ، وعلاج هذه الحالة الأخيرة يكون بإضافة مادة إلى الأرض تذيب ما بها من فوسفات وتجعلها قابلة للامتصاص . وتحتوى فى نفس الوقت على عنصر الأزوت . وهذا العلاج له أهميته الاقتصادية ، ولا يكون إلا باستعمال الأسمدة الكيماوية ذات التأثير الفسيولوجى الحمضى كسلفات النشادر ونترات النشادر .

فالموضوع بشقيه إذاً ليس حديثا كما يظن .

ونعود إلى الشق الأول من الموضوع فنقول إن « ماير » كان قد قسم الأسمدة الكيماوية من حيث تأثيرها الفسيولوجى إلى قلوية وحمضية ومتعادلة . وبعد مضى عشرات السنين على هذا التقسيم عاد الباحثون — بعد أن أدركوا أهمية الموضوع إلى معالجته من جديد ، وأولوه عناية كبيرة ، ولكنهم لم يستطيعوا إدخال جديد على تقسيم « ماير » . ولكى نوضح نظرية هذا التقسيم لا بد ن نشير إلى أن الأسمدة الكيماوية — كما هو معروف — مركبات تنتسب فى الكيمياء إلى مجموعة الأملاح ، وأن الأملاح تنشأ عن اتحاد بين أفراد مجموعتين مهمتين هما القواعد والأحماض .

ولما كانت هذه المركبات نتيجة من اندماج الأصلين المذكورين فيمكن كذلك بوسائل مختلفة فصل شقيها القاعدى والحامضى . وهذه الأملاح السمادية عندما تكون فى متناول النبات « سواء أعطيت اليه وهو نام فى الأرض أم فى زرعة مائية أم رملية » فإنه يمتص فى الغالب أحد الشقين دون الآخر ، فيتأثر الوسط بالشق المتروك تأثيراً يختلف بحسب نوعه فيصير قلويا أو حامضيا . وعملية الفصل هذه فسيولوجية يقوم بها النبات فى ظروف مؤاتية دون كبير عناء ، بينما قد يحتاج هذا الفصل كيماويا إلى مجهود كبير . وقد يحدث أحيانا أن يمتص النبات الشقين معا فلا يترك فى الوسط ما يغيره .

وعلى ذلك فإن هذه العملية الفسيولوجية ينشأ عنها فى الوسط المغذى للنبات حالات ثلاث :

(أولا) التأثير الفسيولوجى القلوى . وينشأ عن الأملاح السمادية التى يمتص النبات جزءها الحامضى تاركا الجزء القاعدى « والمثل الرئيسى لهذه المجموعة « نترات الصودا » ، إذ يحتاج النبات منها إلى الأزوت الموجود فى حامض الأزوتيك تاركا

الصوديوم فى المحلول ، وقد أطلق « ماير » على هـذه المجموعة « الأسمدة الكيماوية ذات التأثير الفسيولوجى القلوى » .

(ثانيا) التأثير الفسيولوجى الحمضى ، وقد ينشأ عن الأملاح السمادية التى يمتص النبات منها الجزء القاعدى تاركا جزءها الحمضى ، وتمثل هذه المجموعة سلفات النشادر إذ يحتاج النبات منها إلى الأزوت النشادرى تاركا حمض الكبريتيك. وقد سماها « ماير » طائفة « الأسمدة ذات التأثير الفسيولوجى الحمضى » .

(ثالثاً) التأثير الفسيولوجى المتعادل ، وينشأ عن طائفة الأملاح السمادية التى يمتص النبات شقيها فلا يبقى فى الأرض شىء منها ، وقد أطلق « ماير » عليها طائفة « الأسمدة ذات التأثير الفسيولوجى المتعادل » .

أهمية التأثير الفسيولوجى ونتائجه :

ولكى ندرك أهمية هذه العملية الفسيولوجية وما ينشأ عنها من تغيرات ذات أثر كبير فى تركيب الأرض وفى حياة النبات النامى عليها يجب أن نعلم أولا الحقائق التالية :

(أولا) أن النبات يأخذ معظم مواده الغذائية من المحلول الأرضى ، وأنه يمتصها على شكل أيونات .

(ثانياً) أن أنسب تركيز أيدروجينى لهذا المحلول حتى يكون صالحا لأن تسير فيه عملية الامتصاص على أتم وجه يقع بين الرقمين ٥و٦ و٨و٧ « PH » .

وليس معنى هذا أن النبات لا ينمو فى محاليل تركيزها أكثر أو أقل من هذا فإنه يستطيع الحياة فى محاليل يختلف تركيزها ما بين ٣و PH ٩ ولكنها تكون إذ ذاك حياة هزيلة ترافقه فيها الأمراض كلما اقترب التركيز من هذين الطرفين .

فالتغيرات التى يحدثها فى المحلول الأرضى شق السماد الذى تخلف من عملية الامتصاص لها إذاً نتائج خطيرة تبعا للتأثير الكيماوى لهذا الشق ، فإن كان الجزء المتخلف قلويا — كما فى حالة التسميد بنترات الصودا — فإن خواص الأرض الطبيعية والكيماوية تسوء من جراء تراكم كميات الصوديوم المتخلفة ، وتحدث

تغيرات فى المحلول الأرضى تدفع به إلى مسافة بعيدة فى محيط القلوية ، ونتيجة ذلك إعاقة عملية الامتصاص وظهـــور أمراض فسيولوجية على النبات بسبب اضطراب التغذية، وهذا مما يفسد حياته وينتهى به إلى الاضمحلال فالموت ، وتصبح العمليات الزراعية فى الأرض عسيرة فإذا ابتلت صارت لزجة غير منفذة للماء وعند الجفاف تتحجر إلى كتل . وتعالج مثل هذه الحالة بإضافة المقادير اللازمة من سلفات النشادر والسوبرفوسفات والمادة العضوية .

وقد يحدث تحت ظروف خاصة أن تتحول كميات الصوديوم المتجمعة إلى كربونات بسهولة فينشأ عنها ما يسمى بالأرض الصودية أو القلوية ، وهى إن وصلت إلى هذا الحد خرجت من عداد التربة الخصبة وأصبحت حياة البكتريا التى تجهز الغذاء النباتى والتى تثبت الأزوت الجوى مستحيلة فى مثل هذه التربة .

أما إن كان الجزء المتخلف حمضيا كما فى حالة التسميد بسلفات النشادر وكان مركب الامتصاص فى التربة غير مشبع بالقواعد لدرجة لا تكفى لمعادلة الجزء المتخلف اندفع التركيز الأيدروجينى بالمحلول الأرضى فى محيط الحموضة ، وفقد مركب الامتصاص جزءا كبيرا مما به من القواعد تذهب بعيدا مع الماء إلى مناطق غير التى ينمو فيها النبات ، ويصبح بذلك هذا المركب غير ملائم لحياة النبات ، إذ لا يستطيع فى هذه الحالة إمداده بالغذاء اللازم له ، وقد فقد قواعده وفقدت التربة بذلك خواصها الطبيعية والكيماوية الجيدة ، فتبقى رطبة فى باطنها ، غدقة يجف سطحها مكونا قشرة رقيقة متماسكة ، وقد انعدمت فيها الحياة ليس بالنسبة للنبات فحسب بل وللكائنات الدقيقة من بكتريا التأزت وغيرها .

وليس لدينا فى مصر لحسن الحظ هـــذا النوع الأخير من التربة ، فمركب الامتصاص فى تربتنا مشبع بالقواعد لدرجة كبيرة ، وليست أرضنا معرضة لظروف الحموضة مهما أكثرنا من إضافة الأملاح السمادية ذات التأثير الفسيولوجى الحمضى كما سيجىء بعد .

أما فيما يختص بطائفة الأسمدة ذات التأثير الفسيولوجى المتعادل تلك التى لا يتخلف منها فى الأرض شىء إذ يمتص النبات شق الملح فنحن فى غنى عن الكلام عنها ، إذ ليس لها تأثير رجعى يحدث تغييرا فى التركيز الأيدروجينى لمحلول التربة ، ولذلك نقتصر على ذكر بعض نتائج التجارب الخاصة بأهم الأملاح السمادية المتداولة التابعة للحالتين الأولى والثانية والتى يتأثر بهما التركيز الأيدروجينى للوسط الذى ينمو فيه النبات ، وفيما يلى نتائج بعض التجارب :

يتبين من الجدول رقم ١ نتائج تجربة عملت فى أصص احتوى كل منها على ٧٫٨ كيلوجرام من التربة الصفراء الطينية ، ويلغ رقم « PH » فيها ٧٫٥ ، وكانت فقيرة فى الآزوت ولا تحتاج إلى التسميد بحامض الفوسفوريك أو البوتاس ، وقد أضيف لكل وعاء ٢٫٧ جرام آزوت على دفعتين (١٫٩ + ٠٫٨) ثم زرعت مرتين . وكان يترك وعاء من غير زرع ، ولكنه كان يسمد بالآزوت الذى سمدت به الأوعية المزروع فيها النبات .

والأرقام التى بهذا الجدول توضح كيف كان تأثير سلفات النشادر فى رقم « PH » بالتربة فبعد أن كان ٧٫٥ اندفع نحو الحموضة ، فأصبح بعد الزرعة الأولى ٥٫٥ ، ثم زاد التركيز الأيدروجينى لمحلول التربة فأصبح الرقم بعد الزرعة الثانية ٥٫١ ، وعلى النقيض من ذلك فى حالة التسميد بنترات الصودا إذ اندفع الرقم نحو القلوية فارتفع بعد الزرعة الأولى إلى ٨٫٢ ثم زاد بعد الثانية إلى ٨٫٦ .

وهذا راجع بالطبع إلى تأثير الشق الذى لم يمتصه النبات من الملح السمادى ، ففى حالة سلفات النشادر كان هذا الشق « حامض الكبريتيك » فزاد التركيز الأيدروجينى لمحلول التربة حتى وصل إلى حالة تتطلب العلاج ، إذ فى بقائها مستمرة تجريد لمركب الامتصاص من قواعده التى تمد النبات بالغذاء ، أما فى حالة نترات الصودا فالشق المتروك هو الصوديوم ، وتأثيره كما هو معروف قلوى شديد ، فصير محلول التربة فى النهاية إلى درجة من القلوية أصبح معها من العسير على النبات امتصاص مواده الغذائية ، إذ أصبحت على صورة غير ذائبة كما فى حالة الفوسفات ، وتعذر على جذور

النبات السير فى هذه الأرض متلمسة الغذاء ، وقد بدأت تفقد تركيبها المناسب كأرض خصبة .

ويتضح من الجدول أيضا أن الأوعية التى تركت دون زرع نزل رقم « PH » إلى ٤٫٩ فى حالة التسميد بسلفات النشادر ، وهذا راجع بالطبع إلى عمل البكتريا فإن الجزء النشادرى تحول كله بعملية التأزت فى النهاية إلى حمض الأزوتيك ، فشارك بذلك حمض الكبريتيك الموجود فى السماد .

والحقائق التالية — كما هو مبين بالجدول رقم ٢ — تبين بوضوح أثر هذه الحالة فى النبات نفسه :

(أولا) فى حالة سلفات النشادر :

بلغ متوسط المحصول فى أول زراعة ٧١٫٨ جرام حين كان رقم « PH » ٧٫٥ ثم هبط إلى ٢٠٫١٥ جرام حين بلغ رقم « PH » ٥٫١ .

(ثانيا) فى حالة نترات الصودا بلغ متوسط المحصول ٦٦٫٧ جرام حينما كان رقم « PH » ٧٫٥ ثم هبط إلى ٢٦٫٨٥ جرام حين بلغ هذا الرقم ٨٫٦ .

وليس هذا التأثير بقاصر على تجارب تعمل فى الأصص ، فقد عملت تجربة فى الحقل لمدة ثمانى سنين بأرض خفيفة صفراء ورقم « PH » فيها ٦٫٦ وسمدت بمعدل الفدان ١٢٫٥ إلى ١٦٫٥ كيلو جرام أزوت فى شكل سلفات نشادر حسب نوع المحصول . ففى نهاية السنة الرابعة كان رقم « PH » فى تلك الأرض ٤٫٩ ثم هبط متوسط محصول الشعير من ١٢٫٢٥ إردب فى السنة الثانية إلى ٦٫٦٦ إردب فى السنة الرابعة .

يتضح مما سبق التأثير الفسيولوجى الحمضى لسلفات النشادر ، على أن لهذا الملح السمادى مزايا لا توجد فى نترات الصودا بشرط توقى ما يحدث من الحموضة الشديدة عند استعماله ، أو بعبارة أخرى المحافظة على قواعد مركب الامتصاص من الضياع ، وبيان ذلك فيما يأتى :

نرى فى الجدول رقم ٢ « تجربة بالأصص » أن متوسط محصول الشعير فى الأوعية التى سمدت بنترات الصودا فى أول زرعة بلغ ٦٦٫٧ جرام بينما فى حالة سلفات النشادر بلغ هذا المتوسط ٧١٫٨ جرام .

والجدول رقم ٣ يبين بوضوح نتائج تجربة أخرى ، إذ نرى نبات القمح يتفوق فى محصوله فى حالة التسميد بسلفات النشادر تفوقا ظاهرا عنه فى حالة نترات الصودا وذلك فى كل الظروف .

ولا يقتصر ذلك على القمح والشعير،فالجدول رقم ٤ موضحة به نتائج تجربة أخرى يظهر منها هذا التفوق فى محاصيل البرسيم والكتان والجزر ، ولكن يجب ملاحظة أن هذه الأرض قلويتها خفيفة أى مشبعة على كل حال بالقواعد ، فتأثير سلفات النشادر الحمضى فيها أنه يذيب فوسفات التربة فيصبح فى متناول النبـــات ، بعكس التأثير القلوى لنترات الصودا . هذا فضلا عن تفاعلاته الأخرى مع مركب الامتصاص مما لا يتسع له الحديث الآن « مركب الامتصاص يثبت النشادر فيحفظها من الضياع » .

ونورد بالجدول رقم ٥ نتيجة تجربة الحقل التى سبق ذكرها ، ولكن على محصول البطاطس ومنها يتضح أن متوسط محصول القطع التى سمدت بسلفات النشادر بلغ ٣٦٠ قنطاراً للفدان بينما كان متوسط تلك التى سمدت بنترات الصودا ٣٣١ قنطارا ، فإذا أخذنا متوسط محصول الأرض التى لم تسمد كمقياس وهو ٢٥٩ قنطاراً كانت الزيادة فى حالة سلفات النشادر ١٠١ قنطار ولكنها فى حالة نترات الصودا ٧٢ قنطارا فقط .

وبرجوعنا إلى الجدول رقم ٣ متأملين النتائج المدونة بالخانتين الثانية والرابعة من الصف الأفقى الأخير يتضح مدى تأثير سلفات النشادر فى إذابة الفوسفات المعدنية ، وأثر ذلك فى المحصول .

ونورد هنا تجربة قائمة بذاتها توضح هذه الصورة على أكمل وجه ، فعند مراجعة النتائج الواردة بالجدول رقم ٦ تبرز لنا الحقائق التالية :

(أولا) فى حالة سلفات النشادر بلغت زيادة المحصول ١١٫٥٩ عنـــد استعمال الفوسفات المعدنى [كا٣ (فو٤)٢] بينما كانت هذه الزيادة فى حالة نترات الصودا ٢٫٩٤ وهى ضئيلة نسبيا وقد تكون فى حدود الخطأ التجريبى.

(ثانيا) أنه أمكن إضعاف تأثير إذابة سلفات النشادر فى الفوسفات إلى حد كبير عندما أضيف معها كربونات الجير ، وليس هناك دليل أقطع من ذلك فى إثبات أن لهذا الملح السمادى من قوة فى إذابة ما قد يتعذر على النبات امتصاصه من فوسفات التربة ، إذ أنها فى التربة المصرية على حالة لا يستطيع النبات أن يمتصها بسهولة .

والآن بعد أن تبين لنا بصورة جلية ما لهذا الملح السمادى من تفوق كبير على نترات الصودا نعرض إلى الإجابة على السؤال الآتى :

« هل استعمال سلفات النشادر فى الأرض المصرية يؤدى بها إلى الحموضة المخيفة وهى مشكلة خطيرة تزيد مشاكلنا فى التسميد تعقيدا فنضطر معها إلى معادلة الحموضة بالجير كما يفعل غيرنا ؟ » .

والجواب على هذا السؤال جدير بأن يدعم بأسانيد من الكيمياء وبنتائج البحث العلمى ، لا بالفروض النظرية ، وليس ذلك لأهمية المعلومات الناتجة من الوجهة العلمية فحسب ، بل لأهميتها البالغة أيضا من وجهة الاقتصاد القومى . ونحن قادمون على تنفيذ مشروع كهربة خزان أسوان للإفادة منه فى صنع السماد الأزوتى الذى نستورده وندفع فيه ملايين عديدة من الجنيهات سنويا .

وقد علمنا مما سبق أن استعمال سلفات النشادر قد أحدث فعلا حموضة فى الأرض التى سمدت به ، وأنه جرد مركب الامتصاص من كثير مما به من قواعد حتى ظهر ذلك سريعاً فى المحلول الأرضى .

ونود الآن أن نتعرف مركب الامتصاص هذا وصفته فى التربة المصرية ، ذلك المركب الذى يتأثر بهذه العملية فتتأثر معه الأرض والنباتات :

من المعلوم أن مركب الامتصاص فى التربة الزراعية هو الجزء الفعال فيها ، أى أنه « حامل الغذاء النباتى » وهو يتركب من شقين : عضوى ومعدنى .

أما الجزء العضوى فى تربتنا المصرية فضئيل جداً للأسف ، إذ لا تكاد تبلغ نسبة المادة العضوية فيها على صورة دبال ٢ ٪ ، وهى فى الواقع ١,٥ ٪ فى المتوسط ، مع أنها أرض معدنية ، والأرض المعدنية تقبل أن تكون نسبة المادة الدبالية فيها ٨ ٪ ونحن لا نطمع أن نصل إلى هذه النسبة فى ظروفنا ، ولكن نستطيع رفعها من غيرشك إلى نسبة أعلى مما هى عليه الآن .

وأما الجزء المعدنى وهو سلكات الألمنيوم الإيدراتى « الزيولايت » وما به من قواعد فهو غنى جدا بها إلى حد كبير . ويشبه هذا الجزء شبها كبيرا البرموتيت [1] الذى يمكن

(١) Permutit

تحضيره بالمعمل ، ولولا ضيق المجال لبنيت النتائج التى تحدث فى البروتيت من جراء غسله بحامض مخفف كحمض الخليك مثلا ومقدار ما يفقد منه من قواعد فى كل مرة على نحو مايحدث لمركب الامتصاص فى الأرض حتى ينتهى به الحال إلى مركب حمضى بعد أن كان متعادلا ، وقد اتفق العلماء وعلى رأسهم « جانسن » على أن مركب الامتصاص المعدنى هذا يكون مشبعا بالقواعد إذا كانت نسبة الوزن الجزيئى فيه كما يأتى :

القواعد : لو ٢ أ ٢ : س أ ٢

١ : ١ : ٣

وفى اجتماع اللجنة الثالثة لمؤتمر علم التربة الدولى المنعقد فى مدينة « جرونينجن » [١] تمت الموافقة على النظرية القائلة بأن التركيز الأيدروجينى للأرض يكون قلويا إذا كانت نسبة الوزن الجزيئى فى مركب الامتصاص المعدنى هى :

القواعد : لو ٢ أ ٢ : س أ ٢

١ : ١ : ٣ أى أن القواعد أكبر من الواحد الصحيح .

فإذا كانت نسبة القواعد أكبر من الواحد الصحيح كانت الأرض قلوية « أى أن رقم « PH » فيها أصبح فى المحيط القلوى » وظهرت صورة ذلك فى المحلول الأرضى أيضا لذلك جرت العادة أن نقيس التركيز الأيدروجينى فى هذا المحلول ونحكم من « PH » إن كان قلويا أو حامضيا أو متعادلا . وعملية التقدير هذه سهلة جـــدا يمكن أداؤها الآن بأجهزة خاصة على مئات العينات من التربة فى وقت وجيز ، ولكن إن اكتفينا بعملية التقدير هذه نكون كمن يرى أنواعا من الأطعمة تخرج من مخزن فيقع عليها بصره دون أن يدرى شيئا عما بداخله ، لأنه لم يكلف نفسه مشقة الذهاب إلى داخل المخزن ورؤية ما فيه كى يرتب نفسه للحالة الملائمة على ضوء ما علم ، والواقع أن تقدير النسبة الجزيئية فى مركب الامتصاص عملية شاقة تتطلب وقتا ومجهودا ، ولكن يعزينا فى ذلك أنها لا تتكرر على نوع من الأرض إلا إذا بدأت فيه حالة من التغير تقتضى التحليل .

وقد اتبع فى تقدير مركب الامتصاص المعدنى طريقة « هسنك » [٢] وهى التى أقرها المؤتمر الدولى لعلم التربة والنتائج الواردة بالجدول رقم ٧ هى خمسة أنواع من التربة

(١) Groinnge (٢) Hissink

المصرية ونوع من أرض الجزيرة بالسودان مقارنة نتائجها ببعض الأنواع من الأرض الأوربية .

ويرى فيما يختص بالأجيرة « الأرض الأوربية » أنه كلما قلت نسبة القواعد فى مركب الامتصاص انخفض رقم «PH» ويدل ذلك على أنه فقير فى القواعد . ومثل هذه الأرض إن سمدت بسلفات النشادر تحتم تسميدها بالجير قبل ذلك لتنتج محصولا . أما هذه النسبة الجزيئية فى أرض السودان فقد زادت فى القواعد على الواحد الصحيح، ولذلك دل رقم « PH » وهو ٧٫٨ على التأثير القلوى فيها . وهى أكثر من ذلك بكثير فى الأرض المصرية ، فإذا استعرضناها الواحدة بعد الأخرى وجدنا أن نسبة القواعد فيها مرتفعة جدا أى أن رقم « PH » فيها أصبح فى المحيط القلوى ، وذلك يدل على أن مركب الامتصاص المعدنى مشبع بالقواعد إلى أقصى حد .

ومثل هذه التربة المشبعة بالقواعد يجب الامتناع بتاتا عن تسميدها بسماد تأثيره الفسيولوجى قلوى إن أردنا أن نحافظ على خصبها ونزيد فى طاقتها على الإنتاج . وإذا رجعنا إلى الجدول رقم ٢ واستعرضنا النتائج رأينا أنه فى السنة الأولى عند ما بدأنا برقم « PH » ٧٫٥ فى الزرعة الأولى انتهينا برقم « PH » ٨٫٦ فى الزرعة الثانية ، لذلك بلغ متوسط المحصول ٦٦٫٧ فى أول سنة ثم هبط فى السنة الثانية إلى ٢٦٫٨٥ وكان التسميد بنترات الصودا .

نتناول بعد ذلك بالبحث نقطة أخرى هى ماء الرى فى مصر فنقول إنه يحمل إلى الأرض من القواعد « الكالسيوم والمغنيزيوم والصوديوم والبوتاسيوم » مقادير تختلف بين حين وآخر ، ولكنا ندخل فى الحساب منها ما كان على حالة بيكربونات فقط .

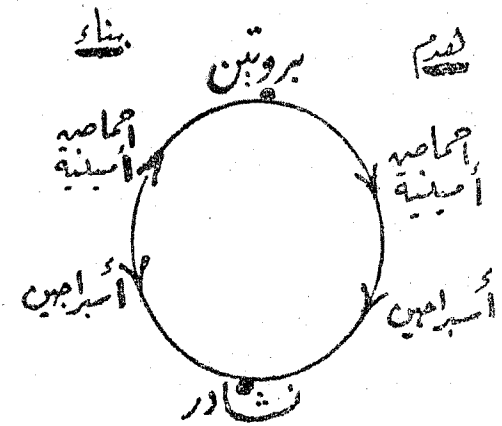
فقد قدر رقم « PH » فى ماء النيل عند « كبرى امبابة » فوجد أنه يختلف بين ٧٫٤٢ و ٨٫٨٦ ، فهو فى أكثر الأوقات قلوى ، ثم حلل هذا الماء فكان متوسط ما به من بيكربونات طول العام هو ١١٧ جراما فى المتر المكعب ، وهذا للايون «بدك ٣ » فقط ، فإذا قدرنا ما يلزم لرى الفدان فى كل عام بنحو ٣٥٠٠ متر مكعب فإن الفدان ينال نحو ٤١٠ كيلو جرامات من البيكربونات ، وهذه يمكن أن تعادل حامض الكبريتيك المتخلف من ٤٥٠ كيلو جرام سلفات نشادر ، وفى هذا الدليل الكافى على أن مركب

الامتصاص لا يتأثر مطلقا من حيث فقد شيء من القواعد نتيجة لاستعمال سلفات النشادر باستمرار ، على أن الذى سيتأثر هو الفوسفات التى قد تكون عسيرة على النبات فى مثل المحلول القلوى لهذه الأرض المشبعة بالقواعد ، إذ ستصبح به لحد ما ذائبة يستطيع النبات امتصاصها كما يتضح من النتائج الواردة بالجدولين رقمى ٣ و ٦ .

ولهذا كله لا بد أن نسقط من حسابنا طائفة الأملاح السمادية ذات التأثير القلوى من حيث استعمالها فى التربة المصرية ، ثم ننتقل إلى طائفة الأملاح ذات التأثير الحمضى وهى التى تصلح للاستعمال فى الأراضى المصرية فنعرض لاثنين منها هما سلفات النشادر ونترات النشادر . ولكنا نرى أن نثير نقطة قبل ذلك وهى أنه قد قيل فى وقت ما إن النبات لا يمتص الأزوت اللازم له إلا إذا كان على هيئة نترات ، وكان ذلك فى الواقع ناشئا عن أن نمو النباتات فى الزراعات المائية التى أعطيت الأزوت على صورة نترات أحسن منه فى تلك التى أعطيته على صورة أمونيا ، حتى أنه لما لوحظ أن تسميد الأرض بسماد نشادرى أنتج محصولا أكثر من تلك التى سمدت بنترات قيل أيضا إن الأزوت النشادرى لا بد أن يكون قد تحول كله إلى أزوتات قبل أن يأخذه النبات . ولكن الزراعات المائية والتى عقمت حتى لا تحدث فيها عملية التأزت دلت على أن النبات يأخذ أيضا الأزوت على صورة أزوت نشادرى ، بل إنه يفضله على أزوت النترات بشرط أن يكون محلول الملح النشادرى مخففا فلا يكون ساما ، ذلك لأن النبات يبنى من الأزوت الممتص مادة البروتين ، فهو إن أخذه على صورة نترات اضطر أن يقوم بمجهود لاختزاله إلى أزوتيت فنشادر فاسبراجين حتى يصل به فى النهاية إلى مادة البروتين ، فى حين أنه لو أخذه على صورة نشادر وفر عليه هذا المجهود ليصل به إلى اسبراجين ثم إلى مادة البروتين كما يتضح من بيان أحد علماء الروس فى الشكل المنشور بالصفحة التالية

وقد أثبتت نتائج التجارب التى أجريت فى الزراعات المائية والرملية أن النبات يمتص الأزوت على صورة أزوت نشادرى ، بل إذا وجد الشكلان جنبا إلى جنب كما فى نترات النشادر كانت الكمية الممتصة من الأزوت النشادرى أكثر من الأزوت النتراتى كما يتضح من النتائج الواردة بالجدول رقم ٨

وبما أن نسبة أزوت الأزوتات والأزوت النشادرى فى هذا الملح هى ١ : ١ فإن النتائج توضح لنا أيضا أن التأثير الفسيولوجى له كان حمضيا .



والآن نتكلم عن سلفات النشادر ونترات النشادر وتأثيرهما الفسيولوجى حمضى ، وإن كان تأثير الأول أشد من الثانى إلا أن أملاح الأمنيوم تعتبر كلها ذات تأثير فسيولوجى حمضى. فإذا رجعنا إلى الجدول رقم ١ نرى أن رقم «PH» فى حالة نترات النشادر تغير من ٧٫٥ إلى ٦٫٤ ثم إلى ٦٫٠ ولكنه فى حالة سلفات النشادر تغير من ٧٫٥ إلى ٥٫٥ إلى ٥٫١ كذلك الحال فى الأوعية التى لم تزرع إذا تركت كميات السماد كلها لعملية التأزت فقد تحول رقم « PH » فى حالة استعمال سلفات النشادر من ٧٫٥ إلى ٦٫١ ثم إلى ٤٫٩ بينما هو فى حالة نترات النشادر قد تغير من ٧٫٥ إلى ٦٫٢ ثم إلى ٥٫٦

على أن هذا الملح السمادى الأخير ينفرد بمنزلة خاصة بين أملاح النشادر ، فهو فى الواقع ذو تأثير فسيولوجى حمضى ، ولكنه فى ظروف خاصة يكون ذا تأثير قلوى ، فهو إذن « أمفوتير »[1] ذلك لأنه إذا تغلبت أيونات الأيدروكسيل (أيونات ا يد) فى محلول التربة — بأن كان قلويا — فإن التأثير الفسيولوجى لهذا الملح يكون حمضيا ، وإذا تغلبت ايونات الايدروجين « ايونات يد » بأن كان المحلول حمضيا ، — كان تأثيره قلويا . ومعنى ذلك أن الأيونات الأولى تسهل للنبات امتصاص النشادر بينما الثانية تسهل له امتصاص الأزوتات .

والذى يهمنا من ذلك هو أن المحلول الأرضى عندنا قلوى ، فالأزوت النشادرى هو الذى يمتص أولا تاركا الجزء الحمضى مؤقتا .

(١) Amphoter

والواقع أن النبات يحاول فى عملية الامتصاص أن يعدل الوسط الذى يتغذى منه تعديلا يناسبه ، فإذا كانت درجة الحموضة به لا تلائمه أخذ الجزء الحمضى من نترات النشادر تاركا الجزء القلوى ، وعلى النقيض إذا كان الوسط قلويا فإنه يترك الجزء الحمضى مفضلا عليه الأزوت النشادرى .

ونود بعد ذلك أن نعرض للنتائج الواردة بالجدول رقم ٩ فهى نتائج تجربة فى أرض قلويتها ضعيفة ، إذ أن رقم « PH » فيها ٧٫٥ ، فنجد أنه فى حالة التسميد بنترات النشادر بلغ متوسط المحصول ٩١٫٤٥ بينما كان هذا المتوسط فى حالة سلفات النشادر بلغ ٧٥٫٥ على أنه يجب أن نعترف بان عملية امتصاص النبات للمواد الغذائية اللازمة له من المحاول الأرضى تصحبها ظواهر مختلفة لا نستطيع حتى الآن رسم حدود معينة لها بصفة قاطعة . فعند التسميد بأملاح النشادر قد تتجمع الأمونيا تحت ظروف خاصة فى المنطقة الجذرية فإذا لم تكن عملية التمثيل الكربونى على وجه كاف وقفت عملية الامتصاص مؤقتا ، وذلك لعدم وجود مواد كربوايدراتية يمكن النبات بها التخلص مما تجمع فى جذوره من يونات النشادر ، فإذا صاحب هذا الظرف السيء عملية الامتصاص وقتا ما ، كان للنبات من غير شك أن يفضل امتصاص الأزوت على صورة أزوتات . وهو إن تجمع فى جذوره فليس بسام كما فى حالة الأمونيا ، فاحتواء نترات النشادر على الصورتين مما يجعل له أيضا علاوة على ما ذكر مركزا ممتازا بين أملاح النشادر .

وبناء على ذلك لابد أن نتردد — ولو قليلا — عند تفضيل سلفات النشادر على نترات النشادر فى استعماله سمادا بالتربة المصرية ، وخاصة أن تكاليف صنع السماد الأخير تبلغ ثلث تكاليف الأول عند تنفيذ مشروع كهربة خزان أسوان والإفادة منه فى عمل السماد ، كما ورد بالمحاضرة القيمة التى ألقاها حضرة صاحب العزة المدير السابق لقسم الكيمياء بوزارة الزراعة فى المؤتمر الكيماوى .

وبهذه المناسبة نذكر أن اللجنة التى تتولى هذا المشروع قد استقر رأيها على عمل التصميم لصناعة النتروشوك بادئ ذى بدء ، على أن يغير هذا التصميم إذا أريد صناعة نترات النشادر وقضت الضرورة بهذا التغيير . وسماد النترشوك يحتوى على ٤٨٪ من كربونات الجير علاوة على مابه من نترات النشادر . وكانت الفكرة فى عمل هذا السماد

فى المجر وانجلترا هى فى الواقع كما يقول المثل عندنا « ضرب عصفورين بحجر واحد » أى للتسميد به فى أرض حمضية أيضا بدلا من إضافة كربونات الجير وحدها .

ومما سبق عرضه من نتائج سواء منها ما كان خاصا بالمحصول أو بحالة التربة المصرية يتضح أننا نفتقد كثيرا إذا ما نفذ هذا المشروع لإنتاج سماد النتروشوك .

ولا أريد أن أختتم كلمتى قبل أن أشير إلى نقطة هامة ، فقد سبق أن ذكرت أن الجزء العضوى من مركب الامتصاص ضئيل فى التربة المصرية ، والواقع أنه من الضآلة بحيث يحد من كفاءة تربتنا على الإنتاج ، فهو فى وضعه الحالى فى مستوى أدنى بكثير من الشق المعدنى مع أن قوة امتصاصه للقواعد وحفظها لمد النبات بها أكثر من قوة الآخر فلا بد إذن أن نقويه حتى يتكافأ مع الشق المعدنى ، وتحضرنى بهذه المناسبة تجربة أقيمت سنة ١٩٣٩ والغرض منها إمكان الإجابة على السؤال الآتى :

« هل يمكن رفع مستوى المادة العضوية فى التربة المصرية » ؟

لقد أقيمت التجربة بأرض قلوية تصعب فيها العمليات الزراعية ، إذ بلغ رقم « PH » فيها ٨٫٤٥ ، وكانت نسبة المادة العضوية فيها ١٫٦٨ فرفعت علاوة على ما بها إلى ٠٫٥٪ ثم إلى ٠٫٧٥٪ ثم إلى ١٪ وبذلك أصبح أعلى مستوى لها ٢٫٦٨٪ وكان العامل المتغير هنا هو المادة العضوية ، أما الأزوت فكان ثابتا فى كل المعاملات .

ولتوخى الدقة جعلت المكررات ١٤ واستمرار التجربة خمس سنين وكانت تقدر المادة العضوية فى المعاملات المختلفة فى فترات تطول وتقصر حسب الظروف ، وكانت نسبة المادة العضوية تتأرجح ما بين هبوط وصعود ، ولكنها لم تهبط إلى المستوى الأول

وكان متوسط المحصول الأول ٩ أرادب ونصف إردب من القمح البلدى ، بعد إضافة المادة العضوية للمعاملة التى بلغت النسبة فيها ٢٫٦٨ ٪ بينما كان هذا المتوسط ٩٫٦ أرادب قمح فى المعاملة التى سمدت بمعدل ٣٣٤ كيلو جرام سلفات نشادر ولم تضف إليها مادة عضوية ، وكان متوسط المحصول فى حوض أرض التجربة المسمد بنترات الصودا ٤٫٥ أرادب للفدان .

وكان فى النية بقاء هذه التجربة مستمرة ، ولكن لظروف خارجة عن إرادتنا لم تستمر سوى خمس سنين .

ومن النتائج هذه التجربة نقف على الحقائق الآتية :

(أولا) يمكن رفع نسبة المادة العضوية فى التربة المصرية إلى مستوى أعلى من المستوى الحالى، أو بعبارة أخرى يمكن تقوية الشق العضوى فيها .

(ثانيا) عند تقوية هذا الشق من مركب الامتصاص زادت كفاءة الأرض على الإنتاج حتى عادلت فيه ما أنتجه مقدار ٣٣٤ كيلو جراما من سماد سلفات النشادر .

(ثالثا) فى تدعيم الشق العضوى محافظة على الأرض من التدهور وتسهيل كبير لإجراء مختلف العمليات الزراعية .

(رابعا) يمكن الاستغناء عن مقدار كبير من السماد الأزوتى الصناعى الذى نستعمله بكثرة ، وربما كنا أكثر بلاد العالم استعمالا له ، فقد اتضح من أرقام هذه التجربة أنه لما كانت المادة العضوية المضافة ٣٤ طنا مع ١٦٨ كيلو جرام سلفات نشادر بلغ المحصول ١٠ أرادب ، وهكذا حافظت الأرض على مقدرتها على هذا الإنتاج العالى كلما زادت المادة العضوية رغم النقص التدريجى فى سلفات النشادر .

والواقع أن درجة الاستغناء عن السماد الأزوتى تسير فى خط متواز لذلك الذى تسير فيه القدرة على رفع مستوى المادة العضوية .

ولا نستطيع الادعاء بأن هذه التجربة قد رسمت لنا حدود هذا الاستغناء بصفة نهائية إنما هى قد ألقت بصيصا من النور على الاتجاه الذى يجب أن نتجه وهو لا شك فى مصلحة الاقتصاد القومى إذا ما علمنا أننا كنا ندفع قبل الحرب ما يقرب من أربعة ملايين من الجنيهات سنويا لنا للأزوت المستورد من الخارج ، بل لقد بلغ ما دفع فى أثناء الحرب فى سنة واحدة ١٤ مليون جنيه على الرغم من أن هذه البضاعة كانت من القلة بحيث لم تكف للإنتاج الزراعى المنتظر من التربة .

الجدول رقم ١

يبين التأثير فى الأرض

(تجربة بالأصص)

نترات الصودا			نترات النشادر			سلفات النشادر		
رقم PH			رقم PH			رقم PH		
قبل الزراعة	بعد أول زرعة	بعد ثانى زرعة	قبل الزراعة	بعد أول زرعة	بعد ثانى زرعة	قبل الزراعة	بعد أول زرعة	بعد ثانى زرعة
٧٫٥٠	٨٫٢	—	٧٫٥	٦٫٤	٦	٧٫٥	٥٫٥	٥٫١
٧٫٥	٨٫١	٨٫٦	٧٫٥	٦٫٧	٦٫٧	٧٫٥	٥٫٧	٥٫١
أوعية من غير زراعة								
٧٫٥	٧٫٥	٧٫٦	٧٫٥	٦٫٢	٥٫٦	٧٫٥	٦٫١	٤٫٩

الجدول رقم ٢

يبين التأثير فى محصول الشعير

(تجربة بالأصص)

	نترات الصودا		نترات النشادر		سلفات النشادر	
	أول زرعة	ثانى زرعة	أول زرعة	ثانى زرعة	أول زرعة	ثانى زرعة
	جرام	جرام	جرام	جرام	جرم	جرام
وزن المحصول	٦٤	٢٥٫٢	٧٤٫٨	٢٨٫٥	٧٤٫٥	١٩٫٨
« «	٦٩٫٤	٢٨٫٥	٧٣٫٩	٣٠٫٠	٦٩٫١	٢٠٫٥
المتوسط ...	٦٦٫٧	٢٦٫٨٥	٧٤٫٣٥	٢٩٫٢٥	٧١٫٨	٢٠٫١٥

الجدول رقم ٣

يبين التأثير فى محصول القمح

ويبين مدى تأثير سلفات النشادر فى إذابة فوسفات التربة

(تجربة بالأصص فى التربة القلوية)

المعاملة بالفوسفات	التسميد بنترات الصودا (١٫٥+١) جرام أزوت		التسميد بسلفات النشادر (١٫٥+١) جرام أزوت	
	وزن الحبوب (مادة جافة)		وزن الحبوب (مادة جافة)	
	محصول الوعاء	المجموع	محصول الوعاء	المجموع
	جرام	جرام	جرام	جرام
بدون فوسفات	٦٠٫٨ ٦٣٫٢ ٥٨٫٣	١٨٢٫٣	٧٤٫٢ ٧٥٫٨ ٧٤٫٧	٢٢٤٫٨
سوبر فوسفات تحوى ١ جرام من فو ٢ أ٥	٧٧٫٩ ٧٨٫٣ ٧٨٫٢	٢٣٤٫٤	٨٢٫٤ ٨١٫٣ ٨٠٫٢	٢٤٣٫٩
خبث المعادن تحوى ١ جرام من فو ٢ أ٥	٧٠٫٣ ٧٧٫٢ ٤٧٫٤	٢١١٫٩	٨٩٫٠ ٨٩٫٧ ٨٣٫٣	٢٦٢٫٠
فوسفات معدنى تحوى ١ جرام من فو ٢ أ٥	٥٩٫٢ ٦١٫٠ ٦٤٫٠	١٨٥٫٠	٨٤٫٠ ٨٣٫٦ ٨٥٫٢	٢٥٢٫٨

الجدول رقم ٤

يبين التأثير فى محصول البرسيم والكتان والجزر

(تجربة بالأصص)

المحصول	متوسط محصول المادة الجافة فى ثلاثة أوعية بالجرام	
	التسميد بنترات الصودا	التسميد بسلفات النشادر
البرسيم	(١ جرام أزوت) حشة أولى ١٥٠٫٤	(جرام أزوت) حشة أولى ١٦٣٫٠
الكتان	(١ جرام أزوت) ١٠٩٫٠ قش	(١ جرام أزوت) ١٢٢٫٠ قش
الجزر	(٢ جرام أزوت) ت ١٩١٫٥ ... درنا	(٢ جرام أزوت) ٢١٧٫٦ درنات

الجدول رقم ٥

يبين التأثير فى محصول البطاطس

(تجربة بالحقل)

الكميات	أرض لم تسمد	نترات الصودا ٣٣ك.ج.أزوت للفدان	سلفات النشادر ٣٣ك.ج.أزوت للفدان
	قنطار	قنطار	قنطار
كمية المحصول فى السنة الثالثة ...	٢٥٩	٣٣١٫٢	٣٦٠٫٢
زيادة المحصول	—	٧٢٫٢	١٠١٫٢
رقم «PH» فى نهاية السنة الرابعة	--	٦٫٩	٤٫٩

ملاحظة — أجريت التجربة فى تربة خفيفة صفراء ورقم «PH» لهذه التربة ٦٫٦ وعدد مكررات التجربة ستة ، وأعطى الفدان ١٦٫٥ كيلوجرام أزوت

الجدول رقم ٦

يبين أن سلفات النشادر مذيبة للفوسفات فى التربة

التسميد الفوسفاتى	التسميد الأزوتى					
	نترات الصودا		سلفات النشادر		سلفات النشادر + كربونات الجير	
	متوسط المحصول	الزيادة	متوسط المحصول	الزيادة	متوسط المحصول	الزيادة
	جم	جم	جم	جم	جم	جم
بدون فوسفات	١٣٫٤٢	—	١٦٫٥٣	—	١٨٫٨٩	—
٠٫٧٥ جرام فو٢ه٥ على هيئة سوبر فوسفات	٢٩٫٤٥	١٦٫٠٣	٣١٫٧٤	١٥٫٢٠	٢٧٫٤١	٨٫٥٢
٠٫٧ جرام فو٢ه٥ على هيئة فوسفات معدنى	١٦٫٣٦	٢٫٩٤	٢٨٫١٢	١١٫٥٩	١٩٫٣٢	٠٫٤٣

الجدول رقم ٧

س ا٢ : لو٢ا٣ : القواعد		PH	لو٢ا٣	كا ا	مغ ا	بو٢ا	ص٢ا	س ا٢
		٪	٪	٪	٪	٪	٪	٪
(١) ٢٫٣٧	١ : ٠٫٥١	٤٫٧	٩٫٤٤	٠٫٢	١٫٣٩	٠٫٨٧	٠٫٠٣	١٣٫٣
(٢) ٣٫٧٨	١ : ٠٫٧٧	٤٫٩	١٫٣٥	٠٫١٦	٠٫٢٤	٠٫١٩	٠٫٠٧	٥٣٫٠١
(٣) ٤٫٠٥	١ : ٠٫٩٩	٦٫٠	٣٫٥٧	٧٫٤٣	١٫٤٢	٠٫٤٣	٠٫١٠	٨٫٥٣
(٤) ٤٫١٤	١ : ١٫٥٧٤	٧٫٨	١٠٫١٩	٤٫٣٣	٢٫٤٤	٠٫٧٦	٠٫٥٢	٢٤٫٨٨
(٥) ١٨٫١٣	١ : ١٢٫٠٣	٨٫٠٤	١٫٧١	٧٫١١٨	٢٫٤٨	٠٫٥٩	٠٫٣٣٨	١٧٫٦٣
(٦) ٩٫٦٦	١ : ٨٫٤٤	٨٫١٠	٤٫٠٥	٦٫٠١٤	٢٫٩٦	٠٫٥٥	٠٫٢٩٢	٢٢٫٦٤
(٧) ١٩٫٨٤	١ : ١٢٫٧٠	٨٫٠٥	١٫٤٢٢	٥٫٢٣٩	٢٫٤٣	٠٫٦٦	٠٫٣١٩	١٥٫٥٤
(٨) ١٣٫٥٢	١ : ٦٫٢٨	٨٫٤٥	١٫٩١٦	٤٫٢٠٦	٣٫١٦	٠٫٨٦	٠٫٤٧٧	٢٢٫٠٠
(٩) ٣٫٦٣	١ : ٢٫٤١	٧٫٩٥	٧٫٣٤	٥٫٧٨٨	٢٫٦١	٠٫٤٤	٠٫١٦٢	١٥٫٧٩

ملاحظة — ١و٢و٣أرض أوربية و٤أرض قلوية من السودان و٥إلى٩ أرض مصرية

الجدول رقم ٨

يبين نسبة امتصاص النباتات للأزوت النشادرى وأزوت الأزوتات
(تجربة بالعمل)

كمية السماد (نترات أمونيوم)	أزوت نشادرى	أزوت أزوتات	نوع المحصول
مليجرام			
٧٤	٢٫٨٣٩	١	قمح
١٤٨	٢٫٥٩٢	١	»
٧٤	٢٫١٣٩	١	شعير
٤٨	١٫٧٣٨	١	»

الجدول رقم ٩

يبين مقارنة بين نترات النشادر وسلفات النشادر
(تجربة بالأصص)

نترات النشادر		سلفات النشادر	
أول زرعة	ثانى زرعة	أول زرعة	ثانى زرعة
٩٣٫٧	٥٣٫٧	٧١٫٥	٥٤٫٦
٨٩٫٢	٥٥٫٨	٧٩٫٥	٤٩٫٨
المتوسط	المتوسط	المتوسط	المتوسط
٩١٫٤٥	٥٤٫٧٥	٧٥٫٥	٥٢٫٣٥