# تأثير
# بعض أملاح الصوديوم المتعادلة

## على ذوبان كربونات الكالسيوم وإنتاج ص$_{٢}$ ك$_{١}$

للدكتور أمين أحمد عبد البر
قسم الأراضى بكلية الزراعة
( جامعة القاهرة )

و

المهندس الزراعى يحيى زكى
قسم النبات الزراعى (بكتريا) بكلية الزراعة
( جامعة القاهرة )

مقدمة :

أوضح Hilgard ( ٥ ) أن ص$_{٢}$ ك$_{١}$ من الممكن أن تتكون فى الأراضى بتفاعل ص كل و ص$_{٢}$ كب$_{١}$ مع كاك$_{١}$ ، والمعادلتان الآتيتان توضحان ذلك :

كاك$_{١}$ + ٢ ص كل = كا كل$_{٢}$ + ص$_{٢}$ ك$_{١}$ (١)

كاك$_{١}$ + ص$_{٢}$ كب$_{١}$ = كا كب$_{١}$ + ص$_{٢}$ ك$_{١}$ (٢)

وكان هذا التفاعل هو ما تبناه Berthollet ( ١ ) العالم الفرنسى فى الحملة الفرنسية على مصر سنة ١٧٩٨ ودرس ونوقش بواسطة عدد كبير من الباحثين ، وجاء de Sigmond المجرى ( ٨ ) فأيد هذه النظرية تأييداً تاماً حتى لقد قال إن هذا التفاعل قد يكون هو التعليل الوحيد لسبب تكوين ص$_{٢}$ ك$_{١}$ الأراضى . وقد يرجع تأثر كل من Hilgard ، de Sigmond بهذه الفكرة إلى أن أكثر الأراضى التى توجد بها ص$_{٢}$ ك$_{١}$ تكون محتوية على نسبة مرتفعة من كاك$_{١}$ .

وفى سنة ١٩٢٦ درس Cummins ( ٧ ) عملياً نظرية Berthollet عن تكوين ص$_{٢}$ ك$_{١}$ فى الأراضى ، وتبين من هذه الدراسة أن درجة ذوبان كاك$_{١}$ فى محاليل أملاح الصوديوم المتعادلة تزيد بازدياد التركيز حتى ٢ أساسى ( س ) ، فإذا زاد التركيز عن ذلك أخذت درجة ذوبان كاك$_{١}$ فى النقصان ، وأنه فى حالة ص$_{٢}$ كب$_{١}$ يكون تركيز ٢ أساسى قريباً جداً من درجة تشبع المحلول ، أما فى حالة ص كل فإن هذا الملح يكون أكثر قابلية للذوبان ، والنهاية القصوى لذوبان كاك$_{١}$ فى محاليل ص كل على وجه عام نحو ٥٧,٥ مليجراما فى اللتر ، أما فى حالة ص$_{٢}$ كب$_{١}$ فإن الكمية تكون نحو ١٥٠ ملليمتراً فى اللتر . وكمية ( ك$_{١}$ ) الذائبة بهذه

العملية تكافئ بالضبط كمية كا ك ١ م الذائبة ، كما أن درجة ذوبان كا ك ١ م تزيد بوضوح عند وجود غاز ك ٢ في المحلول ، ولكن في هذه الحالة يكون مقدار (كا) الذائب مكافئاً لمجموع أيونات ك ١ م ، يدك ١ م الذائبة ، وإذا بخرت هذه المحاليل للجفاف فإن التفاعل يصبح عكسياً منتجاً نفس كميات كا ك ١ م وملح الصوديوم المتعادل التي بدأ بها التفاعل أولا .

وأظهر Cummins أيضاً أنه بالنسبة لأي ملح متعادل للصوديوم عند وجوده في حالة اتزان مع كا ك ١ م فإن النواتج (كا) × (ك ١ م) = عدداً ثابتاً . وهذا يعني أن وجود ص ٢ ك ١ م أو (كا) في المحلول قبل التفاعل مع كا ك ١ م يؤدي إلى نقص درجة ذوبان كا ك ١ م دون شك .

وأيد Cummins ذلك ، فقد ظهر له أن كا ك ١ م تذوب بقلة إلى أدنى حد في محلول ص كل المحتوى على ١٠٠ جزء (ك ١ م) في المليون ، وأنه في محاليل ص كل المحتوية على ١٠٠ جزء (كا) في المليون (الكالسيوم على صورة كا كل ٢) تقل درجة ذوبان كا ك ١ م إلى أدنى حد . وهذه النتائج تتمشى مع نتائج تجارب Breazeale [٣] التي أجريت سنة ١٩١٧ أي قبل بحوث Cummins بنحو ١٠ سنوات .

وطبيعي أن التأثير السابق إيضاحه يفسر بالحقيقة التي تقول إن (كا) × (ك ١ م) تكون ثابتة المقدار عند تركيز معين من ص كل . وتبعاً لذلك فإن أملاح الصوديوم التي تتراكم في مكان معين يجب عملياً أن تكون خالية من كل من (ك ١ م) الذائبة و (كا) الذائب ، وإلا فإن كا ك ١ م الموجودة في الأرض تبقى بلا ذوبان ، وبذلك لا تكون أية مقادير من ص ٢ ك ١ م فيها .

وإذا أمكن الفصل بين (كا) الذائب ، ك ١ م الذائبة الناتجين من تفاعل ملح الصوديوم المتعادل ، كا ك ١ م فإننا إذا بخرنا المحلول بعد ذلك فإن تركيزاً كبيراً من ص ٢ ك ١ م يتكون في هذه الحالة . ويعتقد Cummins أن اختلاف مدى الحركة الشعرية للأملاح قد يؤدي إلى حالة ميكانيكية ينجم عنها انفصال (كا) عن ك ١ م . ولكن لما كانت الحركة الشعرية تعمل في مسافات قصيرة نسبياً ، فإن الإيونات التي انفصل بعضها عن بعض يحتمل أن تعود ثانياً إلى التلاقي

وما يتبع ذلك من أن ص٢ ك ا٢ التى قد تنشأ تكون ضئيلة المقدار . ومن ناحية أخرى فإن Kelley (٦) لا يغفل أن تبادل الكاتيونات يحدث حال تجمع أملاح الصوديوم فى الأرض ، وهذا ينتج عنه فى أغلب الحالات ظهور (كا) فى المحلول الأرضى . وتبعاً لذلك فإن درجة ذوبان كا ك ا٢ تتناقص ويقل تكون ص٢ك ا٢ فى الوسط ، وذلك كله يرجع إلى تبادل الكاتيونات .

وعلى وجه عام فإن Kelley يقول إنه على الرغم من أن تفاعل Berthollet قد يؤدى إلى ذوبان كا ك ا٢ فى الأراضى القلوية مع إنتاج إيونات (ك ا٢) إلا أن هذا التفاعل لا يعتبر أكثر أهمية فى إنتاج ص٢ ك ا٢ فى الأراضى حسب زعم de Sigmond ، Hilgard كما سبق الذكر .

وليس من شك فى أن بعض حالات القلوية بالأراضى المصرية ليس لها تفسير على إلا أن يقال إنه نتيجة تفاعل بين كربونات الكالسيوم وأملاح كلوريد وكبريتات الصوديوم الموجودين بالأرض أيضاً ، ففى بعض المناطق ـ كما فى المنطقة التى حول البرنوجى وحرارة بمديرية البحيرة ـ يوجد نطاق من الأراضى الغدقة القلوية تحتوى الطبقة السطحية منها (ذات الأملاح المتزهرة) على نحو ٢٠٪ من ص٢ك ا٢ (٢) ، وهذا التركيز الكبير من ص٢ك ا٢ يعزى دون شك إلى التأثير السابق ذكره مضافاً إليه ما قد يحدثه فعل بكتريا اختزال الكبريتات (خصوصا أن الظروف لاهوائية، لأن الأرض غدقة (٤) وهو ما ليس بمجال هذه الدراسة .

ولقد حدت بنا الحقائق العلمية السابقة الذكر إلى بحث معملى عن حدود تكوين ص٢ك ا٢ من تفاعل بعض أملاح الصوديوم المتعادلة مثل كلوريد وكبريتات ونترات الصوديوم مع كربونات الكالسيوم فى وجود إيونات (كا) فى وسط التفاعل، وفى غياب هذه الأيونات للوصول إلى بعض النقط التى تزيد هذه المسألة وضوحاً .

## تجارب المعمل

تنقسم هذه التجارب إلى شطرين أساسيين :

(أولا) تأثير تركيزات مختلفة من أملاح كلوريد وكبريتات ونترات

الصوديوم على كربونات الكالسيوم وما يتبعه من تكوين ص$_2$ك$_1$م وذلك فى حالة عدم وجود كالسيوم ذائب فى وسط التفاعل .

( ثانياً ) حدوث التفاعلات السابقة الذكر فى حالة وجود كالسيوم ذائب بتركيزات مختلفة ، وقد اتبع فى تكوين الكالسيوم الذائب استعمال مصدرين :

(أ) ملح كلوريد كالسيوم لا مائى ، وهو سريع الذوبان فى الماء ، وقد عملت منه معاملتان :

(١) أن يكون تركيز الكالسيوم ١٪ بالنسبة إلى ١٠٠سم$^3$ معلق .

(٢) « « « « ٢٪ « « « «

(ب) ملح كبريتات الكالسيوم المائى ( الجبس ) وهو شحيح الذوبان فى الماء وقد عملت منه معاملتان مع ملح ص$_2$كب$_1$ فقط هما :

(١) أن يكون تركيز الجبس ٤,٣٪

(٢) « « « « ٨,٦٪

وعلى هذه الأسس يمكن ترتيب التجارب ونتائجها كما يأتى :

## أولا — فى حالة غياب الكالسيوم الذائب من وسط التفاعل :

تتبع خطوات العمل هكذا :

١ — جهزت ٧ دوارق معيارية سعة ١٠٠سم$^3$ ووضع فى كل دورق ٥ جرامات بالضبط من ملح كربونات الكالسيوم النقية .

٢ — وزنت كميات متزايدة من كلوريد الصوديوم ( ٤ ، ٨ ، ١٢ ، ١٦ ، ٢٠ ، ٢٤ ، ٢٨ جراما ) ووضعت فى الدوارق السبعة فأصبحت لدينا بذلك سبع معاملات هى ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ على الترتيب . أكمل بالماء المقطر للعلامة ورج جيداً ٥ دقائق ثم ترك المعلق إلى اليوم التالى ، ورشح . ثم قدر فى المرشح عدد ملليجرامات ك$_1$م ، يد ك$_1$م فى ١٠٠سم$^3$ من المترشح وقيس كذلك رقم pH لكل مترشح .

٣ — كرر ما عمل مع كلوريد الصوديوم فى أملاح كبريتات الصوديوم حيث كانت المعاملات هى ٨ ، ٩ ، ١٠ ، ١١ ، ١٢ ، ١٣ ، ١٤ وفى نترات الصوديوم حيث كانت المعاملات هى ١٥ ، ١٦ ، ١٧ ، ١٨ ، ١٩ ، ٢٠ ، ٢١ .

ورئى استعمال كلوريد الأمونيوم لاستعمال نتائجه لمقارنة النتائج السابقة بها، لأن مثل هذا الملح ( ذا التأثير الفسيولوجى الحامضى ) يذيب كمية كبيرة نسبياً من كا ك ا٣ منتجاً إيونات ( يد ك ا٣ ) وكانت المعاملات هى ٢٢ ، ٢٣ ، ٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦ ، ٢٧ ، ٢٨ .

والجدول رقم (١) المنشور فى الصفحة ٥٨٤ يوضح نتائج التقديرات المذكورة :

وإتماماً للجدول رئى حساب نسبة ذوبان كل من ( ك ا٣ ) ، ( يد ك ا٣ ) لكل معاملة .

وتحسب هذه النسبة على الأساس الآتى :

∵ ٥ جرامات كا ك ا٣ تحتوى على ٣ جرامات ك ا٣ أى ٣٠٠٠ مجم ك ا٣ كلية

و ∵ « « « ٣,٠٥ جرامات يد ك ا٣ أى ٣٠٥٠ مجم يد ك ا٣ «

فى حالة الكربونات ( ك ا٣ ) :

$$\text{نسبة الذوبان } \% = \frac{\text{ك ا٣ الذائبة الناتجة من تأثير الملح المتعادل}}{٣٠٠٠} \times ١٠٠ = \%$$

وفى حالة ( يد ك ا٣ ) :

$$\text{نسبة الذوبان } \% = \frac{\text{يد ك ا٣ الناتجة من تأثير الملح المتعادل}}{٣٠٥٠} \times ١٠٠ = \%$$

والجدول رقم (٢) المنشور فى الصفحة ٥٨٥ يوضح نسبة الذوبان لكل معاملة مقترنا ذلك برقم pH :

الجدول رقم ١ـ ملليجرامات ك ١٣ ٠/٠ ، يد ك ١٣ ٠/٠ ورقم pH لمرشح المعاملات المختلفة

| المعاملات | ك ١٣ مجم/١٠٠ سم٣ | يد ك ١٣ مجم/١٠٠ سم٣ | رقم pH |
|---|---|---|---|
| ١ | ٢,٢٥ | ٥,٣٤ | ٩,١ |
| ٢ | ٢,٢٥ | ٥,٣٤ | ٨,٦ |
| ٣ | ٢,٢٥ | ٥,٣٤ | ٨,٨ |
| ٤ | ٢,٢٥ | ٥,٣٤ | ٨,٧ |
| ٥ | ١,٥٠ | ٦,٨٦ | ٨,٦ |
| ٦ | ٠,٧٥ | ٨,٣٩ | ٨,٥ |
| ٧ | ٠,٧٥ | ٨,٣٩ | ٨,١ |
| ٨ | ٣,٧٥ | ٧,٦٣ | ٩,٤ |
| ٩ | ٤,٥٠ | ٦,١٠ | ٩,٤ |
| ١٠ | ٦,٠٠ | ٦,١٠ | ٩,٥ |
| ١١ | ٦,٧٥ | ٥,٣٤ | ٩,٤٥ |
| ١٢ | ٦,٧٥ | ٦,١ | ٩,٤ |
| ١٣ | ٧,٥٠ | ٦,١ | ٩,٤ |
| ١٤ | ١١,٢٥ | ٥,٣٥ | ٩,٤ |
| ١٥ | ٠,٧٥ | ٧,٦٣ | ٩,١ |
| ١٦ | ١,٥٠ | ٦,١٠ | ٩,٠ |
| ١٧ | ٢,٢٥ | ٥,٣٤ | ٩,٠ |
| ١٨ | ٣,٠٠ | ٥,٣٤ | ٨,٩ |
| ١٩ | ٣,٠٠ | ٥,٣٤ | ٨,٨ |
| ٢٠ | ٣,٠٠ | ٥,٣٤ | ٨,٦ |
| ٢١ | ٣,٠٠ | ٥,٣٤ | ٨,٣ |
| ٢٢ | — | ٦١,٧٦ | ٧,٣ |
| ٢٣ | — | ٨١,٥٩ | ٧,٢ |
| ٢٤ | — | ٨٨,٤٥ | ٧,٢ |
| ٢٥ | — | ٩٤,٥٥ | ٦,٩٥ |
| ٢٦ | — | ١٠٠,٦٥ | ٧,٠٠ |
| ٢٧ | — | ١٠٧,٥١ | ٦,٨٠ |
| ٢٨ | — | ١١٥,١٤ | ٦,٧٠ |

الجدول رقم ٢ نسبة ذوبان ك ا٣ ، تد ك ا٣ فى المعاملات المختلفة ، رقم pH

| المعاملات | ك ا٣ ٪ | تد ك ا٣ ٪ | رقم pH |
|---|---|---|---|
| فى حالة ص كل : | | | |
| ١ | ,٠٧٥ | — | ٩,١ |
| ٢ | ,٠٧٥ | — | ٨,٦ |
| ٣ | ,٠٧٥ | — | ٨,٨ |
| ٤ | ,٠٧٥ | — | ٨,٧ |
| ٥ | ,٠٥٠ | ,٠٥٠ | ٨,٦ |
| ٦ | ,٠٢٥ | ,١٠٠ | ٨,٥ |
| ٧ | ,٠٢٥ | ,١٠٠ | ٨,١ |
| فى حالة ص٢ كب ا٤ : | | | |
| ٨ | ,١٢٥ | ,٠٧٥ | ٩,٤ |
| ٩ | ,١٥٠ | ,٠٢٥ | ٩,٤ |
| ١٠ | ,٢٠٠ | ,٠٢٥ | ٩,٥ |
| ١١ | ,٢٢٥ | — | ٩,٤٥ |
| ١٢ | ,٢٢٥ | ,٠٢٥ | ٩,٤ |
| ١٣ | ,٢٢٥ | ,٠٢٥ | ٩,٤ |
| ١٤ | ,٣٧٥ | — | ٩,٤ |
| فى حالة ص ح ا٣ : | | | |
| ١٥ | ,٠٢٥ | ,٠٧٥ | ٩,١ |
| ١٦ | ,٠٥٠ | ,٠٢٥ | ٩,٠ |
| ١٧ | ,٠٧٥ | — | ٩,٠ |
| ١٨ | ,١٠٠ | — | ٨,٩ |
| ١٩ | ,١٠٠ | — | ٨,٨ |
| ٢٠ | ,١٠٠ | — | ٨,٦ |
| ٢١ | ,١٠٠ | — | ٨,٣ |
| فى حالة ح يد ٤ كل : | | | |
| ٢٢ | — | ١,٨٤٥ | ٧,٢ |
| ٢٣ | — | ٢,٥٢٥ | ٧,٣ |
| ٢٤ | — | ٢,٧٥٥ | ٧,٣ |
| ٢٥ | — | ٢,٩٢٥ | ٦,٩٥ |
| ٢٦ | — | ٣,١٢٥ | ٧,٠٠ |
| ٢٧ | — | ٣,٣٤٥ | ٦,٨٠ |
| ٢٨ | — | ٣,٥٩٥ | ٦,٧٠ |

## ثانياً — فى حالة وجود الكالسيوم الذائب فى وسط التفاعل :

( ا ) فى حالة استعمال كلوريد كالسيوم اللامائى على اعتبار أنه ملح سريع الذوبان فى الماء أجريت التقديرات السابقة الذكر فى ( أولا ) مع إضافة ٢,٨ جرام ( تحتوى على جرام واحد من الكالسيوم ) لكل معاملة بحيث يكون تركيز الكالسيوم ١ جرام/١٠٠سم٣ معلق . وكانت المعاملات كما يأتى .

فى حالة كلوريد الصوديوم : ٢٩ ، ٣٠ ، ٣١ ، ٣٢ ، ٣٣ ، ٣٤ ، ٣٥
، فى حالة كبريتات الصوديوم : ٣٦ ، ٣٧ ، ٣٨ ، ٣٩ ، ٤٠ ، ٤١ ، ٤٢
، فى حالة نترات الصوديوم : ٤٣ ، ٤٤ ، ٤٥ ، ٤٦ ، ٤٧ ، ٤٨ ، ٤٩
، فى حالة كلوريد الأمونيوم : ٥٠ ، ٥١ ، ٥٢ ، ٥٣ ، ٥٤ ، ٥٥ ، ٥٦

والجدول رقم ٣ يوضح نتائج التقدير :

(ب) استعمال كلوريد الكالسيوم بكمية تساوى ضعف الكمية السابقة ( ٢ جرام كالسيوم/١٠٠سم٣ معلق ) مع المعاملات بكبريتات الصوديوم فقط لإظهار أثر ذلك فى زوال تكوين إيونات ( $CaH^{+}$ ) التى كانت تظهر أيضاً فى حالة إضافة ١٪ من الكالسيوم ( انظر الجدول رقم ٣ ) ، وكانت المعاملات فى هذه الحالة هى :

٧١ ، ٧٢ ، ٧٣ ، ٧٤ ، ٧٥ ، ٧٦

والجدول رقم ٤ يوضح نتائج التقدير :

## الجدول رقم ٣

مليجرام ك ا٣/٠ ، يد ك ا٣/٠ ورقم pH لمرشح المعاملات المختلفة

| المعاملات | ك ا ٣ مجم / ١٠٠ سم٣ | يد ك ا ٣ مجم/١٠٠سم٣ | رقم pH |
|---|---|---|---|
| ٢٩ | — | ٣,٠٥ | ٦,٣ |
| ٣٠ | — | ٣,٠٥ | ٦,٨ |
| ٣١ | — | ٣,٠٥ | ٧,١ |
| ٣٢ | — | ٣,٠٥ | ٧,١ |
| ٣٣ | — | ٣,٠٥ | ٧,٠ |
| ٣٤ | — | ٣,٠٥ | ٦,٩ |
| ٣٥ | — | ٣,٠٥ | ٦,٨ |
| ٣٦ | — | ٣,٨١ | ٧,١ |
| ٣٧ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٧,٣ |
| ٣٨ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٧,٣ |
| ٣٩ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٨,٢ |
| ٤٠ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٨,٤ |
| ٤١ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٨,٥ |
| ٤٢ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٨,٤ |
| ٤٣ | — | ٣,٠٥ | ٧,٩ |
| ٤٤ | — | ٤,٥٨ | ٧,٦ |
| ٤٥ | — | ٤,٥٨ | ٧,٦ |
| ٤٦ | — | ٣,٠٥ | ٧,٥ |
| ٤٧ | — | ٣,٠٥ | ٧,٥ |
| ٤٨ | — | ٣,٠٥ | ٧,٥ |
| ٤٩ | — | ٣,٠٥ | ٧,٤ |
| ٥٠ | — | ٢٧,٤٥ | ٦,٩ |
| ٥١ | — | ٣٩,٦٥ | ٦,٩ |
| ٥٢ | — | ٤٧,٢٨ | ٦,٩ |
| ٥٣ | — | ٥١,٨٥ | ٦,٧٥ |
| ٥٤ | — | ٥٦,٤٣ | ٦,٧ |
| ٥٥ | — | ٥٤,٩٠ | ٦,٦ |
| ٥٦ | — | ٥١,٨٠ | ٦,٢ |

الجـــدول رقم ٤

مجم ك ا٣ / ١٠٠ سم٣ ، مجم بد ك ا٣ / ١٠٠ سم٣ ، رقم pH لمرشح المعاملات ٧١ — ٧٦

| المعاملات | ك ا٣ مجم / ١٠٠ سم٣ | بد ك ا٣ مجم / ١٠٠ سم٣ | رقم pH |
|---|---|---|---|
| ٧١ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٦,٢ |
| ٧٢ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٦,٦ |
| ٧٣ | ١,١٢٥ | ٣,٨١ | ٧,١ |
| ٧٤ | ١,٥٠٠ | ٣,٨١ | ٧,٥ |
| ٧٥ | ١,٨٧٥ | ٤,٥٨ | ٨,٠ |
| ٧٦ | ٢,٢٥٠ | ٥,٣٤ | ٨,٣٥ |

(ح) استعمال الجبس بدلا من كلوريد الكالسيوم كمصدر لايونات ( كا ) فى وسط التفاعل على أساس أنه شحيح الذوبان فى الماء ، وذلك لتحديد أدنى تركيز من الكالسيوم الذائب الواجب وجوده فى وسط التفاعل لوقف انتاج ك ا٣ الذائبة . وقد اضيفت كميات الجبس بتركيزين أحدهما ١ ٪ من الكالسيوم الكلى فى الجبس ، والثانى ٢ ٪ من الكالسيوم الكلى فى الجبس حيث أضيف الجبس فى الحالة الأولى بمقدار ٤,٣ (١) جرامات ، وفى الحالة الثانية بمقدار ٨,٦ (٢) جرامات ، مع ملاحظة أن درجة ذوبان الجبس فى الماء المقطر = $\frac{1}{400}$ .

فى حالة استعمال ٤,٣ جم جبس : أضيفت هذه الكمية إلى المعاملات بكلوريد الصوديوم ، بكبريتات الصوديوم ، ففى حالة كلوريد الصوديوم كانت المعاملات هى : ٥٧ ، ٥٨ ، ٥٩ ، ٦٠ ، ٦١ ، ٦٢ ، ٦٣ وفى حالة كبريتات الصوديوم كانت المعاملات هى : ٦٤ ، ٦٥ ، ٦٦ ، ٦٧ ، ٦٨ ، ٦٩ ، ٧٠ .

والجدول رقم ٥ التالى يوضح نتائج التقدير :

---

(١) هذا المقدار يحتوى على ٠,١٠ وجم ( كا ) ذائبا فى الماء .

(٢) هذا المقدار يحتوى على ٢٠ وجم ( كا ) ذائبا فى الماء .

الجدول رقم ٥

مليجرام ك ا٣/١٠٠ سم٣ ، مليجرام بد ك ا٣/١٠٠سم٣ ، رقم p H
لمرشح المعاملات من ٥٧ إلى ٧٠

| المعاملات | ك ا ٣ مجم / ١٠٠ سم٣ | بد ك ا ٣ مجم/ ١٠٠ سم٣ | رقم p H |
|---|---|---|---|
| ٥٧ | — | ٣,٠٥ | ٧,٠ |
| ٥٨ | — | ٣,٠٥ | ٧,٢ |
| ٥٩ | — | ٣,٠٥ | ٧,٢ |
| ٦٠ | — | ٣,٠٥ | ٧,٠ |
| ٦١ | — | ٣,٠٥ | ٧,٣ |
| ٦٢ | — | ٣,٠٥ | ٧ |
| ٦٣ | — | ٣,٠٥ | ٧ |
| ٦٤ | — | ٦,١ | ٦,٨ |
| ٦٥ | ٠,٧٥ | ٧,٦٤ | ٧,١٠ |
| ٦٦ | ٠,٧٥ | ٩,١٥ | ٧,١٥ |
| ٦٧ | ٠,٧٥ | ١٠,٦٨ | ٦,٩٥ |
| ٦٨ | ٠,٧٥ | ١٢,٩٦ | ٧,٠٠ |
| ٦٩ | ٠,٧٥ | ١٢,٢٠ | ٧,١٠ |
| ٧٠ | ٠,٧٥ | ١٢,٢٠ | ٧,٢ |

وفى حالة استعمال ٨,٦ جم جبس : أضيفت هـذه الكمية إلى المعاملات بكبريتات الصوديوم فقط ، وكانت هذه المعاملات هى :

٧٧ ، ٧٨ ، ٧٩ ، ٨٠ ، ٨١ ، ٨٢

والجدول رقم ٦ التالى يوضح نتائج التقدير :

الجدول رقم ٦

ملیجرام ك ا٣ / ١٠٠سم٣ ، بد ك ا٣/١٠٠سم٣ ، رقم pH

لمرشح المعاملات ٧٧ — ٨٢

| المعاملات | ك ا٣ مجم/١٠٠سم٣ | بد ك ا٣ مجم/١٠٠سم٣ | رقم pH |
|---|---|---|---|
| ٧٧ | ٠,٧٥ | ٣,٠٥ | ٦,٥ |
| ٧٨ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٧,١ |
| ٧٩ | ٠,٧٥ | ٣,٨١ | ٧,١ |
| ٨٠ | ٠,٧٥ | ٤,٥٨ | ٧,٠ |
| ٨١ | ٠,٧٥ | ٤,٥٨ | ٧,٤ |
| ٨٢ | ٠,٧٥ | ٤,٥٨ | ٧,٤ |

## المناقشة

يمكن تقسيم مناقشة نتائج المعاملات المختلفة كما يلى :

( أولا ) سبق القول فى المقدمة بأن Cummins أظهر أن درجة ذوبان كربونات الكالسيوم فى محاليل أملاح الصوديوم المتعادلة تزداد بزيادة تركيز هذه المحاليل حتى يبلغ التركيز ٢ أساسى ، وبعدها تأخذ درجة الذوبان فى النقصان، فإذا ناقشنا هذه الحقيقة من واقع تجارب المعمل الخاصة بهذه الناحية أمكن الوصول إلى ما يلى :

( ا ) بالنسبة لمحاليل كلوريد الصوديوم : إذا رجعنا إلى نتائج الجدول رقم ١ للمعاملات من ١ — ٧ وحسبنا التركيز بالجرام فى اللتر لأمكن وضع النتائج فى الجدول رقم ٧ التالى :

الجدول رقم ٧

العلاقة بين تركيز محاليل كلوريد الصوديوم وإيونات ك ا ٣ فى المرشح

| التركيز جم/اللتر | القوة بالنسبة إلى المحلول الأساسى | مجم ك ا ٣ فى اللتر مرشح | التركيز جم/اللتر | القوة بالنسبة إلى المحلول الأساسى | مجم ك ا ٣ فى اللتر مرشح |
|---|---|---|---|---|---|
| ٤٠ | ٠,٦٥ س | ٢٢,٥ | ٢٠٠ | ٣ س | ١٥,٠ |
| ٨٠ | ١,٤٠ س | ٢٢,٥ | ٢٤٠ | ٤ س | ٧,٥ |
| ١٢٠ | ٢ س | ٢٢,٥ | ٢٨٠ | ٤,٨ س | ٧,٥ |
| ١٦٠ | ٢,٨٠ س | ١٥,٠ | — | — | — |

ملاحظة : اللتر من المحلول الأساسى لكلوريد الصوديوم يحتوى على ٥٨,٤٦ جراما

ويتضح من الجدول رقم ٧ أن مقدار ك ا ٣ الذائب من كربونات الكالسيوم بفعل محلول كلوريد الصوديوم يزداد بازدياد التركيز حتى ٢ س ( ٢ أساسى ) ثم يتناقص بعد زيادة التركيز عن ٢ أساسى . . حتى أنه عند تركيز ٤ أساسى يصبح المقدار الذائب = ½ المقدار الذائب عندما كان التركيز أقل من أساسى ( أى ٠,٦٥ س ) وهذا يتمشى فعلا مع نتائج Cummins .

(ب) بالنسبة إلى محاليل كبريتات الصوديوم: إذا رجعنا إلى نتائج الجدول رقم ٦ للمعاملات من ٨ — ١٤ وحسبنا التركيز بالجرام فى اللتر لأمكن وضع النتائج فى الجدول رقم ٨ كما يلى :

الجدول رقم ٨

العلاقة بين تركيز محاليل كبريتات الصوديوم وإيونات ك ا ٣ فى المرشح

| التركيز جم/اللتر | القوة بالنسبة إلى المحلول الأساسى | مجم ك ا ٣ فى اللتر مرشح | التركيز جم/اللتر | القوة بالنسبة إلى المحلول الأساسى | مجم ك ا ٣ فى اللتر مرشح |
|---|---|---|---|---|---|
| ٤٠ | ,٦١ س | ٣٧,٥ | ٢٠٠ | ٣,٠٥ س | ٦٧,٥ |
| ٨٠ | ١,٢٢ س | ٤٥,٠ | ٢٤٠ | ٣,٦٦ س | ٧٥,٠ |
| ١٢٠ | ١,٨٣ س | ٦٠,٠ | ٢٨٠ | ٤,٢٧ س | ١١٢,٥ |
| ١٦٠ | ٢,٤٤ س | ٦٧,٥ | — | — | — |

ملاحظه : اللتر من المحلول الأساسى لكبريتات الصوديوم يحتوى على ٦٦ جراما

ويتضح من الجدول رقم ٨ أن مقدار ك١م الذائب من كربونات الكالسيوم بفعل محلول كبريتات الصوديوم يزداد بازدياد التركيز حتى بعد ازدياد التركيز عن ٣س وهذا يخالف الحال مع محاليل كلوريد الصوديوم .

(ح) بالنسبة إلى محاليل نترات الصوديوم : إذا رجعنا إلى نتائج الجدول رقم ١ للمعاملات من ١٥ - ٢١ وحسبنا التركيز بالجرام فى اللتر لأمكن وضع الناتج فى الجدول التاسع كما يلى :

الجدول رقم ٩

العلاقة بين تركيز محاليل نترات الصوديوم وإيونات ك١م فى المرشح

| التركيز جم/اللتر | القوة بالنسبة إلى المحلول الأساسى | مجم ك١م فى اللتر مرشح | التركيز جم/اللتر | القوة بالنسبة إلى المحلول الأساسى | مجم ك١م فى اللتر مرشح |
|---|---|---|---|---|---|
| ٤٠ | ٠,٤٧س | ٥ ,٧ | ٢٠٠ | ٢,٣٥س | ٣٠,٠٠ |
| ٨٠ | ٠,٩٤س | ١٥,٠٠ | ٢٤٠ | ٢,٨٢س | ٣٠,٠٠ |
| ١٢٠ | ١,٤١س | ٢٢,٥٠ | ٢٨٠ | ٣,٣٩س | ٣٠,٠٠ |
| ١٦٠ | ١,٨٨س | ٣٠,٠٠ | — | — | — |

ملاحظة : اللتر من المحلول الأساسى لنترات الصوديوم يحتوى على ٨٥ جراما .

ويتضح من الجدول رقم ٩ أن مقدار ك١م الذائب من كربونات الكالسيوم بفعل محلول نترات الصوديوم يزداد بازدياد التركيز حتى تركيز ١,٨٨س ( ٢ أساسى تقريباً ) وأن المقدار الذائب من ك١م يثبت بعد ذلك مهما زاد تركيز نترات الصوديوم فى المحلول . وهذه الحقيقة تخالف سلوك كل من ص كل ، ص٢ كب١ ، وتخالف أيضاً نتائج Cummins السابقة الذكر .

( ثانياً ) سبق القول فى المقدمة أيضاً بأن تجارب Breazeale سنة ١٩١٧ ، وتجارب Cummins سنة ١٩٥٦ اتفقت فى أن وجود إيونات كالسيوم فى الوسط الذى توجد فيه كربونات الكالسيوم مع أملاح الصوديوم المتعادلة تقلل إلى حد كبير من درجة ذوبان الكربونات وتكوين ص ك١م ، ويقول Cummins إن وجود

إيونات (كا) بتركيز ١٠٠ جزء / المليون يؤدى إلى نقص ذوبان كاك١م٣ بفعل أملاح الصوديوم المتعادلة إلى أدنى حد .

ومن ناحية التجارب المعملية التى شملتها هذه الدراسة ظهر أن أشد أملاح الصوديوم المتعادلة تأثيرا فى إنتاج ص٢ ك١م٣ من ذوبان كاك١م٣ هو كبريتات الصوديوم حتى أن رقم pH للمعلق المحتوى على كاك١م٣ ، ص٢ كب١٤ قد ارتفع إلى ٩,٤ ( الجدول رقم ١ للمعاملات من ٨ - ١٤ ) ولذلك اختيرت كبريتات الصوديوم فقط لاختبار أثر التركيزات المختلفة من الكالسيوم الذائب على انقاص تأثيرها فى ذوبان كاك١م٣ وما يتبعه من إنتاج ص٢ ك١م٣ ، وكان تركيز الكالسيوم الذائب فى الوسط هكذا :

(ا) ١٠ ، ٢٠ مليجراماً ٪ أى ١٠٠ و ٢٠٠ جزء / المليون . ( باستعمال الجبس ) .

(ب) ١٠٠ ، ٢٠٠ مليجرام ٪ أى ١٠٠٠٠ ، ٢٠٠٠٠ جزء / المليون ( باستعمال كلوريد كالسيوم ) .

وقد ظهر من نتيجة التركيزات الأربعة لإيونات (كا) على مفعول ص٢ كب١٤ فى إنتاج ص٢ ك١م٣ من ذوبان كاك١م٣ ما هو موضح فى الجدول رقم ١٠ التالى :

الجدول رقم ١٠

أثر تركيزات مختلفة من الكالسيوم الذائب على مفعول ص٢ كب١٤ فى ذوبان كاك١م٣ وإنتاج ص٢ ك١م٣ محسوبة على صورة مجم ك١م٣ فى ١٠٠ سم٣ مرشح

| فى حالة غياب (كا) ذائب | فى حالة وجود ١٠ مجم (كا) ذائب | فى حالة وجود ٢٠ مجم (كا) ذائب | فى حالة وجود ١٠٠٠ مجم (كا) ذائب | فى حالة وجود ٢٠٠٠ مجم (كا) ذائب |
|---|---|---|---|---|
| ٣,٧٥ | — | — | — | — |
| ٤,٥٠ | ,٧٥ | ,٧٥ | ,٧٥ | ٠,٧٥٠ |
| ٦,٠٠ | » | » | » | ٠,٧٥٠ |
| ٦,٧٥ | » | » | » | ١,١٢٥ |
| ٦,٧٥ | » | » | » | ١,١٥٠ |
| ٧,٥٠ | » | » | » | ١,٨٧٥ |
| ١١,٢٥ | » | » | » | ٢,٢٥٠ |

وما يمكن استخلاصه من الجدول رقم ١٠ يتضح فيما يلى :

١ — وجود أدنى تركيز من إيونات ( كا ) فى الوسط ( وهو ١٠ مجم فى ١٠٠ سم$^{٣}$ أو ١٠٠ جزء فى المليون ) أدى إلى إنقاص الكربونات الذائبة إلى أقل ما يمكن ( ٧٥, مليجرامات فى ١٠٠ سم$^{٣}$ أو ٧,٥ جزء فى المليون ) بعد أن كانت ١١٢,٥ جزءا فى المليون فى بعض المعاملات .

٢ — ازدياد تركيز ( كا ) فى الوسط حتى ١٠٠٠ مجم فى ١٠٠ سم$^{٣}$ لم يحدث أى تحسين عن النسبة السابقة .

ولكن عندما بلغ تركيز ( كا ) فى الوسط ٢٠٠٠ مجم فى ١٠٠ سم$^{٣}$ انقلب أثر إيونات ( كا ) إلى العكس حيث زاد المقدار الذائب من الكربونات عما كان عليه فى التركيزات المنخفضة من ( كا ) .

ويمكن القول على وجه عام بأن وجود الكالسيوم الذائب حتى تركيز ½ أساسى ( = ١٠٠٠ مجم فى ١٠٠ سم$^{٣}$ أى ١٠ جرامات فى اللتر ) يؤدى إلى إنقاص مفعول التركيزات المختلفة من ص$_{٢}$ كب$_{١}$ فى إذابة كا ك$_{١}$ م$_{٣}$ ( وإنتاج ص$_{٢}$ ك$_{١}$ م$_{٣}$ ) إلى أدنى حد ممكن وهو لا يزيد عن ٧,٥ جزء فى المليون ، ولكن إذا زاد تركيز الكالسيوم الذائب إلى أساسى فأكثر فإن التوازن يختل ويؤدى إلى زيادة فى مفعول ص$_{٢}$ كب$_{١}$ فى إذابة كا ك$_{١}$ م$_{٣}$ وإنتاج ص$_{٢}$ ك$_{١}$ م$_{٣}$ .

( ثالثاً ) إذا درسنا الأمر من زاوية أخرى وهى قيم أرقام pH لمترشح مختلف المعاملات سواء أكان الكالسيوم الذائب موجوداً أو غير موجود لتبين لنا ذلك كله فى الجدول رقم ١١ كما يلى :

الجدول رقم ١١ — أرقام pH للمعاملات المختلفة بأملاح ص كل ، ص$_{٢}$ كب$_{١}$$_{٤}$ ، ص ج$_{١}$$_{٣}$ فى حالة غياب أو وجود كالسيوم ذائب فى الوسط المحتوى على كا ك$_{١}$$_{٣}$

| جرام ملح صوديوم متعادل فى ١٠٠ سم$^{٣}$ معلق | فى حالة عدم وجود كالسيوم ذائب | فى حالة وجود كالسيوم ذائب | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ١٠ مجم كا فى ١٠٠ سم$^{٣}$ | ١٠ مجم كا فى ١٠٠ سم$^{٣}$ | ١٠٠٠ مجم كا فى ١٠٠ سم$^{٣}$ | ٢٠٠٠ مجم كا فى ١٠٠ سم$^{٣}$ |
| فى حالة ص كل : | | | | | |
| ٤ | ٩,١ | ٧,٠ | — | ٦,٣ | — |
| ٨ | ٨,٦ | ٧,٢ | — | ٦,٨ | — |
| ١٢ | ٨,٨ | ٧,٢ | — | ٧,١ | — |
| ١٦ | ٨,٧ | ٧,٠ | — | ٧,١ | — |
| ٣٠ | ٨,٦ | ٧,٣ | — | ٧,٠ | — |
| ٢٤ | ٨,٥ | ٧,٠ | — | ٦,٩ | — |
| ٢٨ | ٨,١ | ٧,٠ | — | ٦,٨ | — |
| فى حالة ص$_{٢}$ كب$_{١}$$_{٤}$ : | | | | | |
| ٤ | ٩,٤ | ٦,٨ | — | ٧,١ | — |
| ٨ | ٩,٤ | ٧,١ | ٦,٥ | ٧,٣ | ٦,٢٠ |
| ١٢ | ٩,٥ | ٧,١٥ | ٧,١ | ٧,٣ | ٦,٦٠ |
| ١٦ | ٩,٤٥ | ٦,٩٥ | ٧,١ | ٨,٢ | ٧,١٠ |
| ٢٠ | ٩,٤ | ٧,٠٠ | ٧,٠ | ٨,٤ | ٧,٥٠ |
| ٢٤ | ٩,٤ | ٧,١٠ | ٧,٤ | ٨,٥ | ٨,٠٠ |
| ٢٨ | ٩,٤ | ٧,٢٠ | ٧,٤ | ٨,٤ | ٨,٣٥ |
| فى حالة ص ج$_{١}$$_{٣}$ : | | | | | |
| ٤ | ٩,١ | — | — | ٧,٩ | — |
| ٨ | ٩ | — | — | ٧,٦ | — |
| ١٢ | ٩ | — | — | ٧,٦ | — |
| ١٦ | ٨,٩ | — | — | ٧,٥ | — |
| ٢٠ | ٨,٨ | — | — | ٧,٥ | — |
| ٢٤ | ٨,٦ | — | — | ٧,٥ | — |
| ٢٨ | ٨,٣ | — | — | ٧,٤ | — |

ويمكن تلخيص نتائج الجدول رقم ١١ فيما يلى :

١ — واضح أن تأثير ص٢ ك١٤ كبير فى رفع رقم pH إلى حدود القلوية الشديدة ( = ٩,٤ ) فى حين أن تأثير كل من ص كل ، ص ∞ ا٣ كان متساوياً تقريباً حيث كان رقم pH لمترشح معاملات كل منهما يتراوح بين ٨,١ و ٩,١ كما ظهر أن رقم pH يتناقص مع ازدياد تركيز الملحين الآخرين ، فى حين أن هذا الرقم كان ثابتاً عند ٩,٤ فى جميع التركيزات لملح ص٢ ك١٤ . وهذا كله فى حالة غياب الكالسيوم الذائب عن التفاعل .

٢ — بمجرد وجود كالسيوم ذائب فى وسط التفاعل حتى بتركيز ١٠٠ جزء/المليون أزال الأثر القلوى لأملاح الصوديوم الثلاثة حيث انخفض رقم pH إلى الحد السليم ( ما بين ٦,٥ ، ٨,٥ ) .

( رابعاً ) من ناحية العلاقة بين هذه الدراسة وأراضى القطر المصرى يمكن القول بأن هذه الأراضى مرتفعة نسبياً فى المحتوى الكالسيومى سواء أكان على صورة كا ك١٣ أو ممتصا فى المعقد الغروى ( القابل للتبادل ) ، هذا إلى أن الميل إلى التمليح ( salinization ) يغلب عليها خصوصاً بالنسبة لأراضى الوجه البحرى ومن أجل هذا يمكن القول بأنه تحت الظروف المذكورة قد يكون إنتاج ص٢ ك١٣ من الجائز حدوثه ولكن يحول دون ذلك ما يأتى :

١ — احتواء المحلول الأرضى على ايونات ( كا ) خصوصاً بالنسبة للأراضى المنزرعة حيث أن مورده تبادل الكاتيونات + ما يذوب من كا ك١٣ بفعل غاز ك١٢ الناتج من تنفس الجذور .

٢ — ماء النيل نفسه يحتوى على تركيز منخفض نسبياً من الكالسيوم ( نحو ٢٥ جزءا من المليون فى المتوسط ) .

وهذا كله يؤدى إلى وجود كالسيوم ذائب فى المحلول الأرضى ينتهى إلى منع إنتاج ايونات ك١٣ ذائبة شديدة القلوية .

## الملخص

١ — الأراضى الغنية فى كربونات الكالسيوم إذا زاد تركيز أملاح الصوديوم المتعادلة فيها نتيجة لأحد عوامل التمليح تظهر فيها كميات ضئيلة نسبيا من ص٢ ك١٣

وهذا ما نادى به Berthollet سنة ١٧٩٨ ثم Hilgard ثم Sigmond فى أوائل القرن العشرين .

٢ — أظهرت دراستنا لهذه الحقيقة بعد الاستناد إلى بحوث Cummins ، Breazeale أن أملاح الصوديوم الثلاثة وهى الكلوريد والكبريتات والنترات يختلف كل ملح منها فى تأثيره حيث أن كلوريد الصوديوم يؤدى محلوله إلى اطراد ازدياد إنتاج ك ١ م ذاتية عند تفاعله مع كا ك ١ م وذلك حتى يصل تركيز المحلول إلى ٢ أساسى وبعدها يأخذ الإنتاج فى النقصان حتى أنه عند تركيز ٤ أساسى يكون الإنتاج نحو ٣٣ ٪ منه عند ما كان التركيز ٠,٦٥ أساسى .

وفى حالة كبريتات الصوديوم استمر تزايد انتاج ك ١ م بازدياد تركيز المحلول وعند تركيز ٠,٦١ أساسى كان الانتاج ٣٧,٦ ملجرام ك ١ م ٪ ، وعند تركيز ٢,٤٤ أساسى زاد إلى ٦٧,٥ مليجرام ك ١ م وعندما بلغ التركيز ٤,٢٧ أساسى زاد الإنتاج إلى ١١٢,٥ مليجرام ك ١ م ٪ وفى جميع الحالات لم ينقص رقم pH عن ٩,٤٠ أما فى حالة نترات الصودا فإن إنتاج ك ١ م تزايد حتى تركيز ١,٨٨ أساسى ثم بقى ثابتاً مهما زاد التركيز حيث وصل إلى ٣٠ مليجرام ك ١ م ٪ ابتداء من تركيز ١,٨٨ أساسى حتى تركيز ٣,٢٩ أساسى .

٣ — ولكن إذا وجد كالسيوم ذائب فى وسط التفاعل المحتوى على أملاح الصوديوم المذكورة وكربونات الكالسيوم فإن انتاج ك ١ م من ذوبان كا ك ١ م يقل إلى أدنى حد ( بالنسبة إلى ص٢ كب ١ ) أو ينعدم ( كما فى حالة ص كل ، ص ٣ ) وأنه يكفى أن يكون تركيز ايونات الكالسيوم عند ١٠٠ جزء/المليون ليحدث هذا الأثر . وفى حالة كبريتات الصوديوم ظهر أن زيادة تركيز الكالسيوم الذائب عن ١٠٠٠٠/جزء المليون اختل التوازن بين ص٢ كب ١ ، كا ، وأدى إلى زيادة انتاج ك ١ م بدلا من نقصانه إذ كان هذا الإنتاج ٧,٥ جزء / المليون فى حالة وجود الكالسيوم بتركيز ١٠٠ جزء/المليون ثم زاد إلى ٢٢,٥ جزء/المليون فى حالة ازدياد تركيز الكالسيوم إلى ٢٠٠٠٠ جزء/ المليون .

٤ — والمعتقد أنه بالنسبة لأثر هذا العامل على انتاج ( ك ١ م ) القلوية فى الأراضى المصرية يمكن الجزم بأن أثره ضئيل إلى أدنى حد نظراً لزيادة تركيز المحتوى

الكالسيوى فى هذه الأراضى وما يتبعه من دوام إمداد المحلول الأرضى بالكلسيوم الذائب الذى يقاوم أثر هذا الإنتاج .. حتى فى الأراضى الشديدة الملوحة وإن كان هذا الجزم لا يمكن القطع به نهائيا إلا بدراسات أخرى أكثر اتساعا ، وهو هدفنا مستقبلا إن شاء الله .

## المـــراجع


١ — أمين عبد البر ( الدكتور ) : كتاب « إصلاح الأراضى الملحية والقلوية والصحراوية » القاهرة ١٩٥٦ .

٢ — عبد الله زين العابدين ( الأستاذ الدكتور ) : « مقدمة لحصر أنواع الأراضى فى مصر » ١٩٤٨ .

3 — Breazeale, J. F., and P. S. Burgess. 1926 :
The reaction between calcium sulphate. and sodium carbonate and its relation to the reclamation of black alkali lands. Univ. Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 6, 123 - 139.

4 — Gracie, D. S. et al., 1934 :
The nature of soil deterioration in Egypt. Mins. Agr. Egypt Bull. 148.

5 — Hilgard, E. W. 1907.
Soils. The Macmillan Co. New Yourk.

6 — Kelley, W. P., 1937 :
The reclamation of alkali soils.
California Agr. Exp. Sta. Bull., 617 : 3 - 40.

7 — Kelley, W. P., and Cummins, A. B., 1921.
Chemical effects of salts on soils.
Soil Sci., 11 : 139 - 159.

8 — Sigmond, A.A.J.de, 1927 :
Hungarian alkali soils and methods of their reclamation.
Univ. Calif. Exp. Sta. Spec. Bull.