

## تقييم نوعية مياه الري حسب قدرتها على إذابة او ترسيب المعادن الملحية باستخدام البرامجيات الجاهزة

عمر وديع عبد الكريم  
محمد علي جمال العبيدي  
عبد القادر عيش سبائك الحديدي  
قسم علوم التربة والموارد المائية/ كلية الزراعة والغابات/ جامعة الموصل/ العراق  
E-mail: amer\_waddie@yahoo.com

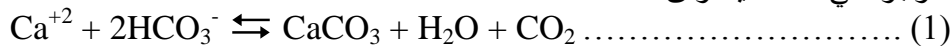
### الخلاصة

اختبرت أربعة نوعيات من المياه المستخدمة في مشروع ري الجزيرة الشمالي (ماء ري، ماء بزل، ماء بئر ومياه كبريتية) لدراسة قدرتها في إذابة أو ترسيب المعادن الحاملة لها. جمعت العينات وأجريت عليها التحاليل الروتينية الخاصة بالأيونات الذائبة الرئيسية وأدخلت في البرنامج الجيوكيميائي Visual Minteq للحصول على دليل التشبع للمعادن المتوقع تشكلها وكذلك تم إدخال البيانات ذاتها في البرنامج التنبؤي (WATSUIT) والذي يأخذ بنظر الاعتبار كمية كاربونات الكالسيوم والجبس المترسبة في المنطقة الجذرية خلال مرورها في جسم التربة. أظهرت مخرجات البرنامج الأول تفوق المياه الكبريتية في كمية وعدد المعادن الملحية المترسبة متمثلة بمعادن (الكالسايت، الدولومايت المنتظم وغير المنتظم، الاركونايت، الفايترائيت والجبس). البرنامج (WATSUIT) اظهر كمية اكبر من كاربونات الكالسيوم والجبس عند استخدام المياه الكبريتية تراوحت بين 1.47-48.77 و 13.21-185.75 مليمول شحنة لتر<sup>-1</sup> على التوالي، ولكافة أعماق الطبقة الجذرية. كلمات دالة: نوعية مياه الري، الترسيب، الإذابة، الكاربونات، الجبس.

تاريخ تسلم البحث: 2011 /12/5 وقبوله: 2012/3/5

### المقدمة

إن تقييم قدرة المياه على إذابة كاربونات الكالسيوم من التربة وزيادة الكالسيوم الذائب أو الميل لترسيب كاربونات الكالسيوم وتقليل الكالسيوم الذائب تتعلق بكل من الملوحة الكلية ومحتوى الكالسيوم والمغنيسيوم ومحتوى الكاربونات والبيكاربونات في المياه (النجار والقذور، 1999)، تؤثر نوعية وكمية مياه الري بشكل كبير على تركيب كل من معقد التبادل ومحلول التربة إضافة الى مياه البزل وينجم عن الري عمليات ترسيب وإذابة لبعض المكونات اعتماداً على خصائص التربة وكمية وتركيز مياه الري Dubey وآخرون (1988). أشار الباحثان Somawanshi و Chaundhari (2002) إلى أن الماء الأرضي في المناطق الجافة وشبه الجافة غالباً ما يحتوي على تراكيز عالية من أيونات الصوديوم وينتج عن استخدامها على المدى البعيد زيادة تشبع معقد التبادل بالصوديوم وخفض إنتاجيتها، وبما أن أغلب الترب في هذه المناطق كلسية فإن استخدام الماء الحاوي على تركيز الكتروليتي عالي قد يؤدي إلى ترسيب أيونات من مياه الري أو إذابة أخرى من التربة. تختلف معادن الكاربونات في ثباتها واستقرارها إذ كلما كان المعدن أكثر ثباتاً كان أقل ذوباناً اعتماداً على حاصل الإذابة إذ يمتاز الكالسايت بأنه أكثر ثباتاً واستقراراً مقارنة مع الاركونايت، أما الفايترائيت فيعد أقل صور الكاربونات ثباتاً ويتحول إلى الكالسايت (Vdovic و Kralj، 2000). وبناءً على ذلك فإن ثبات واستقرار معادن الكاربونات له علاقة بالذوبانية ويمتلك أطوار تتدرج في ذوبانيتها ينجم عنها ظهور صور وأشكال مختلفة للكاربونات هي الكالسايت والدولومايت والاركونايت والسيدرايت والمغنسايت. وأكثر هذه الصور وجوداً في التربة هما معادن الكالسايت والدولومايت. تتأثر ذوبانية الكالسايت كما بينها Rezaei (2004) بنوعية المياه المستخدمة في الإذابة فعند استخدام خليط مائي (ماء عذب - ماء ملحي) يحدث انتقال لأيونات الهيدروجين وغاز CO<sub>2</sub> إلى جهة الماء العذب ويتحكم في ذلك عدة عوامل أهمها القوة الأيونية وضغط CO<sub>2</sub> ودرجة الحرارة وفعالية أيون الكالسيوم والكاربونات إضافة إلى تركيز البيكاربونات. وبعد الأخير من المؤشرات الواجب اعتمادها عند استخدام المياه حيث يتفاعل مع الكالسيوم الموجود في هذه المياه وفق المعادلة:



إن زيادة القوة الأيونية للمياه يؤدي إلى ترسيب أيوني الكالسيوم والبيكاربونات على شكل كاربونات الكالسيوم (عبد الله، 2006) من خلال خفض قيمة الأوميكا (Ω) بفعل تأثير الأيون المشترك (الكالسيوم) في المياه

المستخدمة والتي تزيد من تركيزه وترسيبه بشكل كاربونات الكالسيوم. ترسيب الكالسيوم من مياه الري سيؤدي إلى تغيير نسبة الصوديوم إلى مجموع الكالسيوم والمغنيسيوم في هذه المياه (SAR) والذي يعكس بدوره على قيم النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP)، ولأخذ هذه العوامل بنظر الاعتبار تم استخدام مصطلح دليل التشبع (Saturation index) المقترح أصلاً من قبل Langelier والذي يعكس مدى ميل المياه لترسيب الكاربونات عند تماسها مع التربة وتعرضها للتبخر كما يعكس هذا الدليل صورة النظام التوازني للمياه (Young، 1991). ويمكن التعرف على المعادن الذائبة أو المترسبة من خلال قيم الدليل فإذا كانت موجبة فإن ذلك يشير إلى احتمال الترسيب من مياه الري وإن المياه في حالة فوق الإشباع للمعدن الموصوف بهذه القيمة بينما إذا كانت قيمة الدليل سالبا فهذا يعني إن المياه في حالة تحت الإشباع وهنا يكون المعدن في حالة ذوبان. وتم وصف هذه القدرة على الإذابة والترسيب في عدة نماذج برمجية جاهزة تأخذ في عين الاعتبار درجة تشبع المياه بكاربونات الكالسيوم، ومنها برنامج (Allison) Visual Minteq وآخرون (1993) المتخصص في الاتزان الجيوكيميائي للأنظمة المائية مثل (مياه الري ومياه البزل ومياه البحر ومحلول التربة) التي هي أكثر الأنظمة المائية المطلوبة لمحاكاة التوزيع الأيوني للمكونات المنحلة والعلاقات الكيميائية التي تحكمها. حصل ساكير (2007) بالاعتماد على مخرجات برنامج Visual Minteq على نظام ترسيب (دولومايت وكالسايت واركونايت) في محلول تربة القامشلي والذي اختلف عن نظام الترسيب في محلول تربة تل براك والتي تمثلت بمعادن (دولومايت وكالسايت وهونيت واركونايت ومغنسايت وجبس) وقد عزوا سبب التباين في نظام الترسيب للتربتين إلى الاختلاف في معدل سقوط الأمطار ودرجة الانحدار ومادة الأصل بالإضافة إلى البعد والقرب عن مجرى نهر جعجغ. توصل Hardan و Abbas (1983) ومن خلال حساب قيم دليل التشبع بالنسبة لكاربونات الكالسيوم في المياه العراقية إلى استنتاج وهو إن معظم المياه العراقية (مياه الري والمياه الجوفية ومياه الأهوار) لها قابلية على ترسيب كاربونات الكالسيوم عند تماسها بالتربة وتوفر الظروف الملائمة للترسيب. لذا تهدف الدراسة الحالية إلى استخدام بعض التقنيات البرمجية التي تسمح بشيء من التنبؤ عن الأملاح المتوقع تشكلها عند استعمال مياه الري والبئر والبزل والمياه الكبريتية في مشروع ري الجزيرة الشمالي، لاسيما تلك الأملاح التي تهدد التربة بالصودية وذلك من خلال استخدام دليل التشبع.

#### مواد البحث وطرقه

**العمل الحقل:** شملت الدراسة عمليات تحري حقل في مشروع ري الجزيرة الشمالي/ محافظة نينوى لما له من أهمية زراعية وبسبب تنوع مصادر المياه والمتمثلة بمياه الري (ماء نهر دجلة) ومياه الآبار ومياه البزل فقد تم جمع عينات من هذه المياه إضافة إلى مياه كبريتية من خارج المشروع للتعرف أو التنبؤ بقدرتها في إذابة وترسيب المعادن الحاملة لها بالاعتماد على بعض البرامج الحاسوبية.

**العمل المختبري:** أجريت التحاليل الروتينية الكيميائية على عينات المياه والمبينة خصائصها الكيميائية في جدول (1) حسب الطرائق الواردة في (Carter و Gregorich، 2008) كالاتي: تم تقدير درجة تفاعل التربة باستخدام جهاز pH-meter. تم تقدير التوصيل الكهربائي باستخدام جهاز EC-meter. وقدرت الأيونات الذائبة على النحو الآتي تم تقدير الكالسيوم والمغنيسيوم بطريقة التسحيح مع الفرسين (0.01) مولاري، أما الصوديوم والبوتاسيوم تم تقديرهما باستخدام جهاز Flame Photometer، أما الكلوريدات قدرت بالتسحيح مع نترات الفضة (0.005) مولاري والكاربونات والبيكاربونات بالتسحيح مع حامض الكبريتيك المخفف (0.01) مولاري والكبريتات من خلال الفرق بين عدد مليكافئات للأيونات الموجبة والسالبة الذائبة، تم حساب القوة الأيونية حسب معادلة (Griffin و Jurinak، 1973) وأخيرا تم تصنيف المياه حسب (Rhoades وآخرون، 1992).

#### النتائج والمناقشة

**تقييم المياه حسب دليل التشبع (SI) باستخدام البرنامج Visual Minteq:** تبين النتائج في الشكل (1) بعض مخرجات البرنامج والمتضمن قيم دليل التشبع (SI) والمعادن الذائبة والمترسبة في ماء الري والتي تظهر قدرة هذه المياه على ترسيب عدد من الصيغ الأيونية الممتلئة لبعض معادن الكاربونات والتي ترتبت على النحو الآتي:

دولومايت منتظم < دولومايت غير منتظم = كالسايت < اركونايت

ويعزى سبب قدرة هذه المياه على ترسيب معادن الكاربونات وذلك لاحتوائها على كميات معتبرة من أيونات

الجدول (1): بعض الخصائص الكيميائية للمياه المستخدمة في الدراسة.

Table (1): Some Chemical Characteristics of the Studied Waters.

تصنيف المياه Water Classification	نسبة إمتزاز الصوديوم SAR	Soluble Ions (mmol.L <sup>-1</sup> ) (مليمول شحنة . لتر <sup>-1</sup> )							القوة الايونية مول/لتر <sup>-1</sup> I Mol.L <sup>-1</sup> 1x10 <sup>-3</sup>	التوصيل الكهربائي EC dS.m <sup>-1</sup>	درجة التفاعل pH	نوعية المياه Water Quality
		الكبريتات SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	الكلوريد Cl <sup>-</sup>	الكربونات HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	البوتاسيوم K <sup>+</sup>	الصوديوم Na <sup>+</sup>	المغنسيوم Mg <sup>+2</sup>	الكالسيوم Ca <sup>+2</sup>				
C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	0.40	0.86	0.55	3.2	0.05	0.56	2.0	2.0	5.85	0.45	8.0	ماء ري Irrigation Water
C <sub>3</sub> -S <sub>2</sub>	10.45	0.37	3.15	4.9	0.02	7.4	0.5	0.5	16.25	1.25	8.2	ماء بئر Well Water
C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	2.07	3.77	3.0	3.4	0.07	3.7	3.6	2.8	13.26	1.02	7.9	ماء بزل Drainage Water
C <sub>4</sub> -S <sub>1</sub>	7.05	40.30	50.5	3.0	1.8	37.0	20.0	35.0	106.21	8.17	8.1	مياه كبريتية Sulfatic Water

الكالسيوم والمغنيسيوم والبيكاربونات جدول (1) مما أدى إلى وصول هذه المياه إلى حالة فوق الإشباع لهذه المعادن وبالتالي ترسيبها وهذا يتفق مع كل من (النجار والقصور، 1999) و(Abbas و Hardan، 1983) وفي هذا الاتجاه ذكر ساكير (2007) أن الكالسايت يبدأ بالترسيب عندما تكون درجة التفاعل أكبر من (7.5) وتركيز البيكاربونات أكثر من (2.5) مليمكافى.لتر<sup>-1</sup> وتركيز الكالسيوم أكثر من (2.0) مليمكافى.لتر<sup>-1</sup> وعند التدقيق في بيانات جدول (1) نجد أن القيم التي حصلنا عليها كانت ضمن الحدود التي تساهم في ترسيب الكالسايت. وتبين النتائج في شكل (2) سلوكية مشابهة لنظام الترسيب في ماء البزل مع نظام الترسيب الذي حصلنا عليه في ماء الري وقد يعود سبب ذلك إلى تركيز البيكاربونات المتقارب في كل من ماء الري وماء البزل جدول (1) حيث كان نظام الترسيب في ماء البزل كالآتي:

دلومايت منتظم < دلومايت غير منتظم < كالسايت < اركونايت

لكن نلاحظ أن كمية الدلومايت غير منتظم كانت أكبر من كمية الكالسايت بينما كانت الكمية متساوية في ماء الري وقد يعزى سبب ذلك إلى ارتفاع تركيز المغنيسيوم في ماء البزل مقارنة بتركيزه في ماء الري جدول (1) وهذا يتفق مع ما أشار إليه كل من (Bui وآخرون، 1990) الذين وجدوا أن ترسيب الدلومايت ومعادن الكالسايت الحاملة للمغنيسيوم تزداد عندما تكون النسبة المولية للمغنيسيوم على مجموع الكالسيوم والمغنيسيوم أكبر من (0.25)، وهنا ذكر ساكير (2007) عند زيادة تركيز أيونات المغنيسيوم أكثر من (3) مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup> بغض النظر عن درجة التفاعل يبدأ الدلومايت بالترسيب مع انخفاض الكالسايت. أما النتائج في شكل (3) أظهرت سلوكاً مغايراً لنظام الترسيب الحاصل في ماء البئر مقارنة مع نظام الترسيب في ماء الري وماء البزل حيث تم الحصول على نظام ترسيب كالآتي:

دلومايت < كالسايت

ويلاحظ من الشكل أن كمية الدلومايت والكالسايت المترسبة قليلة مقارنة مع كمياتها في ماء الري وماء البزل وكذلك غياب صيغة الدلومايت غير المنتظم والاركونايت في بيئة الترسيب ويعود سبب ذلك إلى الانخفاض في محتوى هذا النوع من المياه من تركيز أيوني الكالسيوم والمغنيسيوم مقارنة مع ماء الري وماء البزل جدول (1) وهذا يتفق مع (Vdovic و Kralj، 2000) والذين أشاروا فيه إلى اختفاء معدن الدلومايت غير المنتظم والاركونايت من بيئة الترسيب عند انخفاض تركيز كل من الكالسيوم والمغنيسيوم، بينما أظهرت النتائج الموضحة في شكل (4) تفوق المياه الكبريتية في كمية المعادن المترسبة بالإضافة إلى قدرتها على ترسيب معادن أخرى لم تستطع المياه السابقة الذكر على ترسيبها حيث كان نظام الترسيب عند استخدام المياه الكبريتية كالآتي:

دلومايت منتظم < دلومايت غير منتظم < كالسايت < اركونايت < فايترائيت < جبس

نلاحظ ظهور معدن الفايترائيت في نظام الترسيب وهذا يتطلب تراكيز عالية من الكالسيوم حسب ما أشار إليه

ساكير (2007) وكذلك ظهور معدن الجبس والذي يتطلب ترسيبه تركيز للكالسيوم يزيد عن (25) مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup> والكبريتات أكثر من (35) مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup> حسب نفس الباحث، ويمكن ترتيب المياه حسب قدرتها على الترسيب كآلاتي:

المياه الكبريتية < ماء البزل < ماء الري < ماء البئر

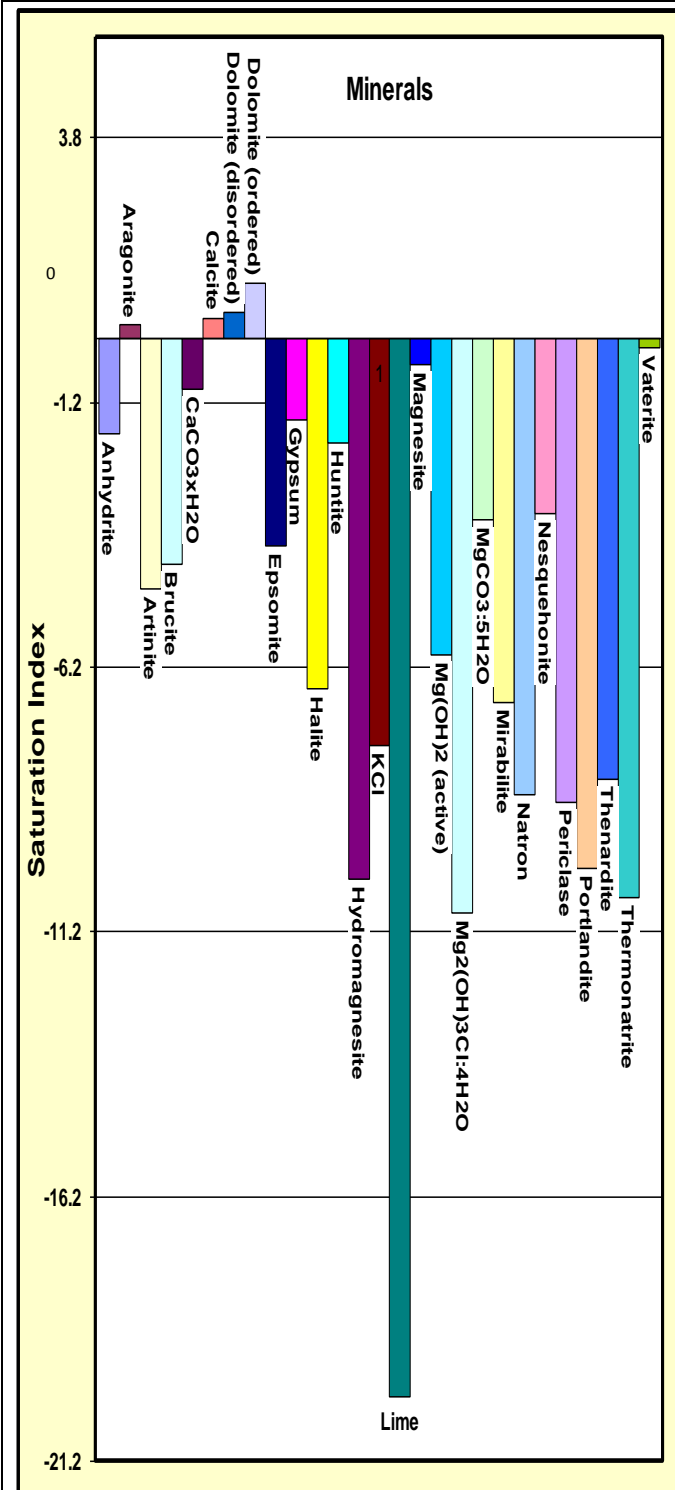
يتضح مما سبق أن جميع المياه الطبيعية كان لها القدرة في ترسيب المعادن ولكن بكميات متفاوتة ويعزى هذا التباين إلى القوة الأيونية وتركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبيكاربونات في المياه جدول (1) وهذا يتفق مع ما أشار إليه عبد الله (2006)، فإن تقييم قدرة المياه على إذابة كاربونات الكالسيوم وزيادة الكالسيوم الذائب أو الميل لترسيب كاربونات الكالسيوم وتقليل الكالسيوم الذائب تتعلق بكل من الملوحة الكلية ومحتوى الكالسيوم والمغنيسيوم ومحتوى الكاربونات والبيكاربونات في المياه، إن وجود كاربونات المغنيسيوم مع كاربونات الكالسيوم في المحلول المائي يؤدي إلى زيادة ذوبان  $CaCO_3$  وتقليل ذوبانية  $MgCO_3$ ، كما تختلف نواتج ذوبان كاربونات الكالسيوم في وجود كاربونات المغنيسيوم. لاسيما أن وجود المغنيسيوم بتوازن مع الكالسيوم في الطور المنحل يمكن أن يؤثر في ذوبان كاربونات الكالسيوم، (النجار والقدور، 1999).

**تقييم كمية كاربونات الكالسيوم والجبس المترسبة باستخدام برنامج (WATSUIT):** أجريت الدراسة على عينات المياه بهدف التنبؤ بقدرة هذه المياه على إذابة أو ترسيب كاربونات الكالسيوم والجبس خلال مرورها داخل جسم التربة باستخدام البرنامج الحاسوبي WATSUIT (Rhoades وآخرون، 1992) والذي يأخذ بنظر الاعتبار ترسيب الكاربونات والجبس في المنطقة الجذرية والتي يتم تقسيمها من قبل البرنامج افتراضياً إلى أربعة أعماق بالإضافة إلى سطح التربة، وحسب هذا البرنامج فإن كمية الماء المأخوذة هي (40، 30، 20 و 10%) للعمق الأول والثاني والثالث والرابع على التوالي من الكمية الكلية للماء المضافة، وبإدخال البيانات (input data) والتي تمثل قيم التركيب الأيونية للمياه المستخدمة بوحدة المليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup> وهي أيونات (الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والبيكاربونات والكلوريدات والكبريتات) يقوم البرنامج بحساب كمية الكاربونات والجبس المترسبة وتظهر بشكل قيم مدرجة في جدول لكافة أعماق الطبقة الجذرية ويمكن الاستدلال على الترسيب من خلال القيم الموجبة أما القيم السالبة فهي تعبر عن الإذابة (Allison وآخرون، 1993).

تشير النتائج في جدول (2) إلى إن الكمية المترسبة من معادن الكاربونات عند استخدام ماء الري وماء البزل، إذ تراوحت من 0.54-38.35 و 0.83-42.31 مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup> على التوالي ولكافة أعماق الطبقة الجذرية وهذا يتفق مع ما حصل عليه (Hashim، 2011)، بينما أظهرت النتائج عدم قدرة ماء البئر على ترسيب الكاربونات في الطبقة السطحية والعمق الأول للطبقة الجذرية في حين حصلت عملية ترسيب في العمق الثاني وبلغت (0.18) مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup> وأخذت بالزيادة وصولاً للعمق الرابع (9.43) مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup>، والنتائج تشير إلى تفوق المياه الكبريتية في كمية الكاربونات المترسبة والتي تراوحت من (1.74-48.77) مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup> ولكافة أعماق الطبقة الجذرية وكذلك الجبس التي لم تستطيع المياه الأخرى على ترسيبه وتراوحت الكمية المترسبة بين (13.21-182.75) مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup>. مما سبق يمكن ترتيب المياه حسب كمية الكاربونات والجبس المترسبة كآلاتي:

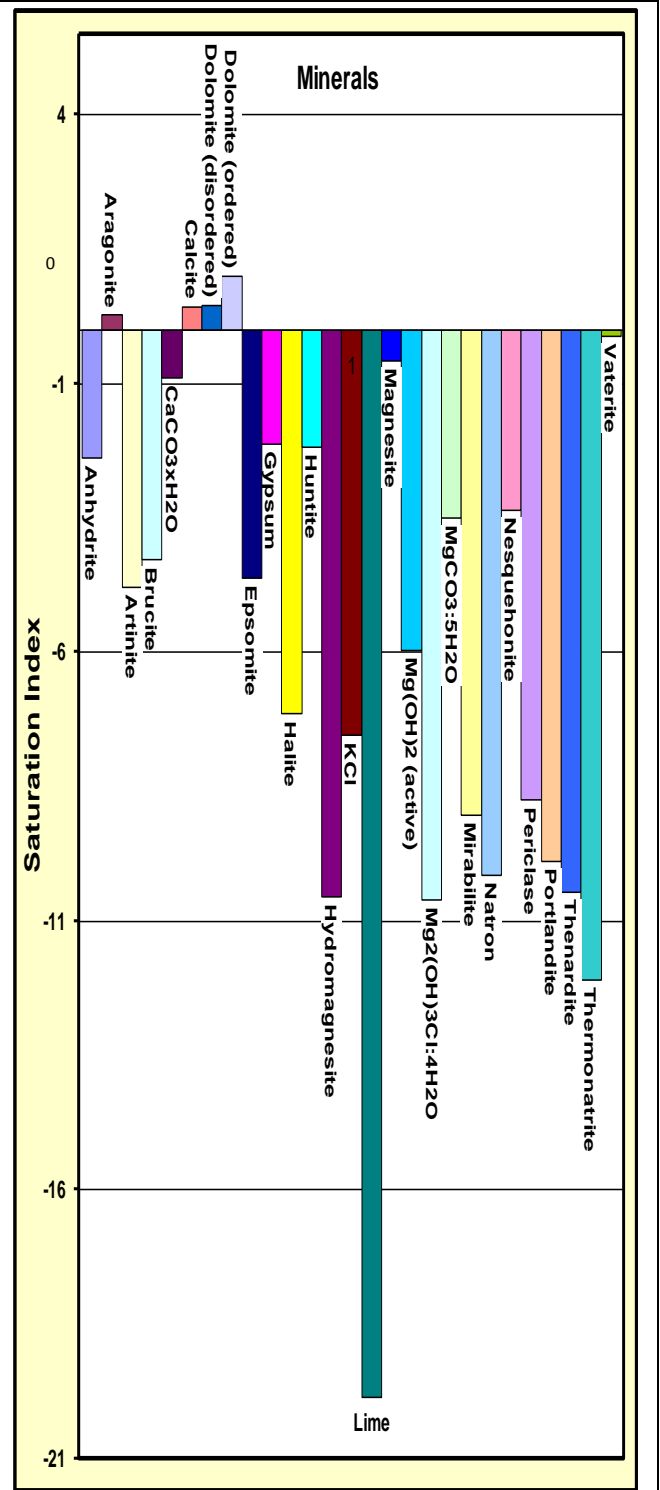
المياه الكبريتية < ماء البزل < ماء الري < ماء البئر

كانت هذه النتائج متطابقة مع ما تم الحصول عليه من معطيات بدلالة برنامج Visual Minteq وكما موضح في المخططات.



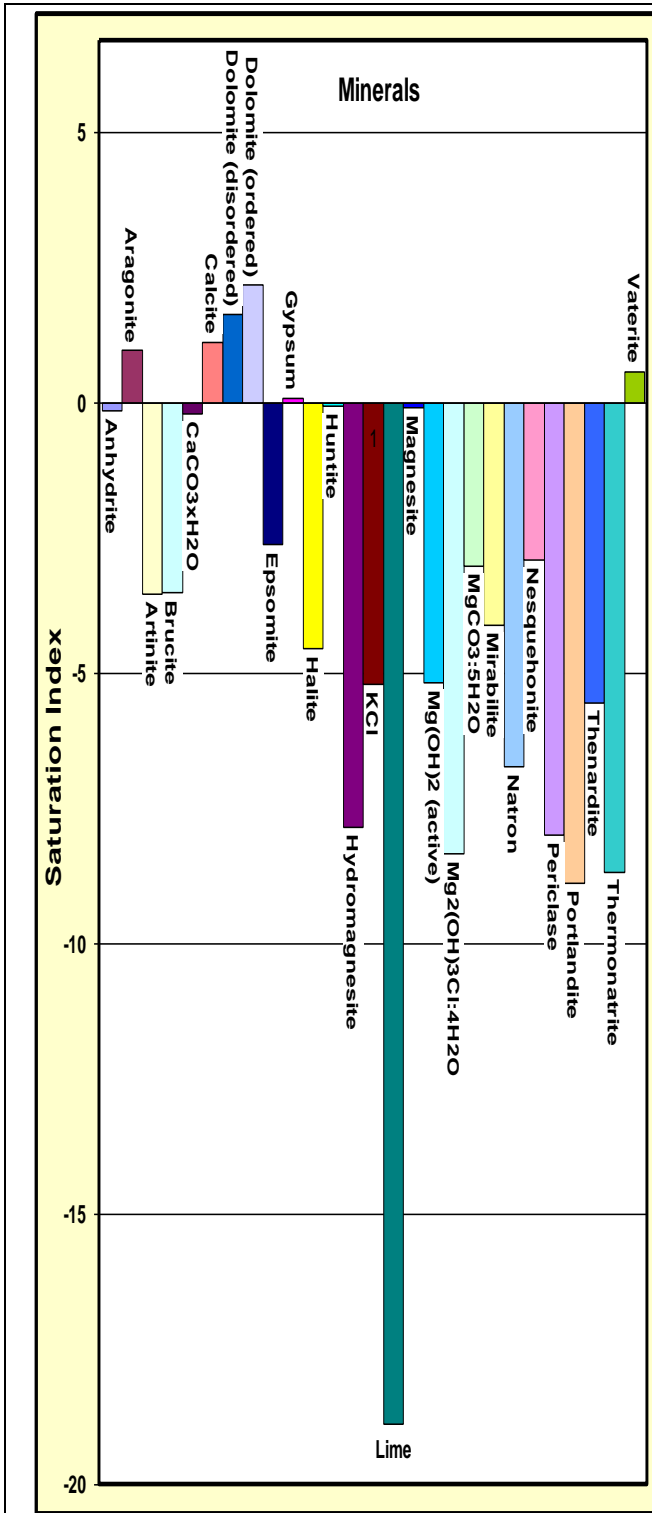
شكل (2) تقييم ماء البزل حسب (SI) في إذابة وترسيب المعادن باستخدام برنامج Visual Minteq

Figure (2) Evaluation of Drainage Water according to (SI) using Visual Minteq Program.



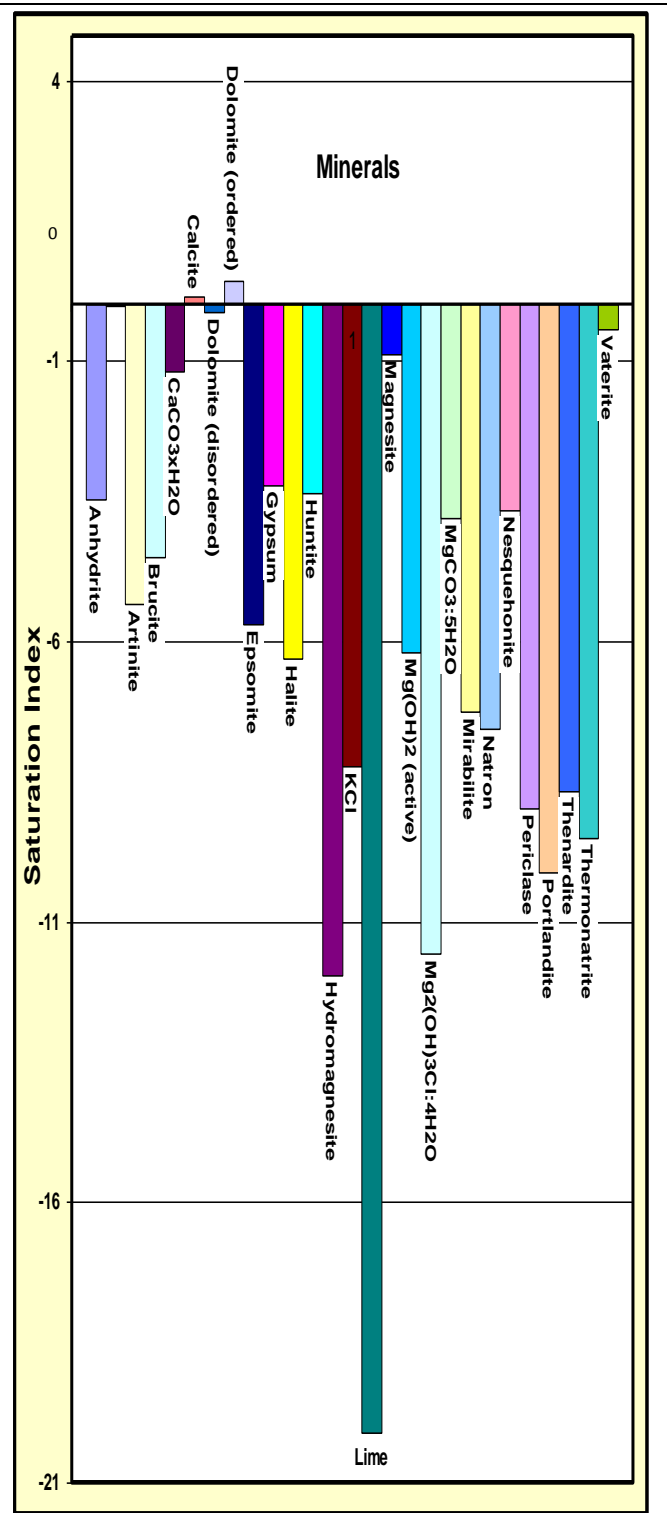
شكل (1) تقييم ماء الري حسب (SI) في إذابة وترسيب المعادن باستخدام برنامج Visual Minteq

Figure (1) Evaluation of Irrigation Water according to (SI) using Visual Minteq Program.



(شكل 4) تقييم المياه الكبريتية حسب (SI) في إذابة وترسيب المعادن باستخدام برنامج Visual Minteq

Figure (1) Evaluation of Sulfatic Water according to (SI) using Visual Minteq Program



(شكل 3) تقييم ماء البئر حسب (SI) في إذابة وترسيب المعادن باستخدام برنامج Visual Minteq

Figure (1) Evaluation of Well Water according to (SI) using Visual Minteq Program.

الجدول (2): كمية الكاربونات والجبس المترسبة (مليمول شحنة.لتر<sup>-1</sup>) لعينات المياه حسب برنامج (WATSUIT).

Table (2): Amount of Carbonate and Gypsum Precipitated (mmol<sub>c</sub> l<sup>-1</sup>) of Water Samples according to WATSUIT Program.

المياه الكبريتية Sulfatic Water	ماء البئر Well Water	ماء الزيل Drainage Water	ماء الري Irrigation Water	نوعية المياه Water Quality	
				العمق Depth	المعدن المترسب Mineral Precipitated
1.74	0.81-	0.83	0.45	0	الكاربونات Carbonate
2.13	0.38 -	0.77	0.45	1	
4.23	0.18	2.95	2.33	2	
14.03	2.71	13.75	11.20	3	
48.77	9.43	42.31	38.35	4	
-	-	-	-	0	الجبس Gypsum
13.21	-	-	-	1	
55.65	-	-	-	2	
182.75	-	-	-	3	
47.12	-	-	-	4	

### WATER QUALITY EVALUATION IN RELATION TO THEIR PRECIPITATION / DISSOLUTION MINERALS USING READY COMPUTER PROGRAMS

A. W. Abdulkareem                      M.A. Alobaidi                      A.A. Alhadedy  
Soil and Water Resources Department/College of Agriculture and Forestry/Mosul  
University / Iraq.  
E-mail: amer\_waddie@yahoo.com

#### ABSTRACT

Four water qualities at Al-Jazeera northern irrigation project (irrigation. Drainage. Well and sulfatic waters) were selected to study their tendency in precipitation and dissolution of associated minerals. Soluble ions of the applied waters as an input data in mmol<sub>c</sub>l<sup>-1</sup> were entered into the Visual Minteq program which calculate the saturation index values of the established soil minerals. And the predicted program WATSUIT which accounts for the precipitation and dissolution of important soil minerals (primarily CaCO<sub>3</sub> and CaCO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) on the composition of soil solution within the root zone. The outputs of Visual Minteq program revealed the outstanding of sulfatic irrigation water in the number and quantity of salt minerals precipitated (i.e. calcite. Ordered and disordered dolomite. Aragonite. Vaterite and gypsum). WATSUIT model exhibited higher quantity of CaCO<sub>3</sub> and

gypsum when irrigating with sulfatic water ranged between (1.74-48.77) and (13.21-182.75)  $\text{mmol}_c\text{L}^{-1}$  respectively at all quarters of the root zone.

Keywords: Water Quality. Precipitation. Dissolution. Carbonate. Gypsum.

Received: 5/12/2011 Accepted: 5/3/ 2011

#### المصادر

- ساكبر، محمد جمعة (2007). طبيعة الترسيب والاشكال الايونية في ترب حوض نهر جغجغ. اطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة حلب.
- عبد الله، حازم محمود أحمد (2006). ثرموديناميكية وحركية ذوبان كاربونات الكالسيوم في بعض الترب الكلسية. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.
- النجار خالد السبع والقنور، محمد باهر (1999) – دراسة سلوك بعض المركبات الكربوناتيّة في المحلول المائي وتأثير الأملاح على كربونات الكالسيوم، مجلة بحوث جامعة حلب، (33): 157-175.
- Alison. J.D.; D.S. Brown. and K.J. Novo-Gradac. (1993). MINTEQA2.A Geochemical Assessment Model for Environmental System: Version 3.0 User's Manual. U.S. Environmental Protection Agency. Athens. Georgia.
- Bui. E.N.; R.H. Loeppert and L.P. Wilding (1990). Carbonate Phases in calcareous soils of the western united states . *Soil Science Society of America Journal*. 54(1) : 39-45.
- Carter. M.R. and E.G. Gregorich (2005). Soil Sampling and Methods Of Analysis. Second Edition. Canadian Society Of Soil Science. CRC Press. Inc. USA.
- Chaundhari. S.K. and R.B. Somawanshi (2002). Effect of water quality on exchange phase-solution phase behavior of three soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165: 229-234.
- Dubey. D.; D. Ram.; K. Gupta.; S.C. Tiwari and O.P. Sharma (1988). Effect of irrigation water quality on release/ precipitation of ions in a vertic ustochrept. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 151(6): 375-378.
- Griffin. R.A. and J. Jurinak (1973). Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts . *Soil Science*, 116 : 27-30.
- Hardan. A. and Abbas A. (1983). Mechanism Of Accumulation And Distribution of Calcium Carbonate In Marsh Soils of the Lower Mesopotamian Plain. *Pesudology and Gley*. Weinheim. Varlay chemie GmbH. 123-124.
- Hashim. A. F. (2011). Effect Of Irrigation Water Quality On Solid-Liquid Phase Behavior Of Vertisols in Dohouk Governorate. M.Sc. Thesis . College of Agriculture. University of Dohuk. Iraq.
- Kralj. D. and N. Vdovic (2000). The influence of some naturally occurring minerals on the precipitation of calcium carbonate polymorphs. *Water Resource*. 34: 179-184.
- Rezaei. M.; E. Sanz and E. Rezaei (2004). Simulation Of Dissolution In Salt Water Mixing Zone Of Carbonate Aquifers. European Union Project (SALTRANS). Barcelona. Spain.
- Rhoades. J.D.; A. Kandiah and A.M. Mashali (1992). The Use Of Saline Water For Crop Production. FAO Irrigation and Drainage Paper 48. Roma. Italy.
- Young. T. (1991) The Proper Use Of Polymer Technology In Cooling Water Programs. AWT Analyst. Association of Water Technologies. Washin. D.C.