تحسين قابلية التبادل الأيوني للبوتاسيوم في الترب الرملية والجبسية

خلدون صبحي البصام*، سوسن حميد الهزاع** و نوال احمد رشيد السعدي***

الإستلام: 17/ 11/ 2008، القبول: 26/ 2/ 2009

المستخلص

تعاني مناطق عديدة من العراق من زيادة ظواهر التصحر المتمثلة بانتشار الترب الجبسية وزحف الكثبان الرملية. من أكثر المناطق تأثراً بهذه الظواهر حوض نهر دجلة الممتد بين بغداد وبيجي والذي يعتبر من المناطق الحضرية والزراعية في وقت واحد. يتناول البحث الحالي دراسة مختبرية لاستقصاء تأثير إضافة أطيان البنتونايت العراقية (غير المنشطة) في تحسين الترب الجبسية والرملية الفقيرة زراعياً بهدف زيادة قابليتها على استيعاب البوتاسيوم المضاف كسماد NPK في أطوار قابلة للتبادل الأيوني. اعتمد البحث على عينتين: الأولى رملية من منطقة بيجي والثانية جبسية من منطقة تكريت. تم فحص وتحليل العينتين للتدرج الحجمي والمعدني والتركيب الكيميائي وتركيب الأملاح كما تم تحديد الأطوار المختلفة للبوتاسيوم في هذه الترب (الذائب والمتبادل والثابت).

أضيف البنتونايت المطحون المستخرج من منجم الصفرة بتركيز 10% و 20% و 30% وزناً الى عينتي التربة وتمت متابعة الزيادة في تركيز البوتاسيوم المتبادل نتيجة ذلك. كما أضيف سماد NPK بتراكيز 0.017% و 0.035% و 0.069% وزناً الى عينتي التربة قبل وبعد التحسين بالبنتونايت .

بينت النتائج حصول زيادة كبيرة في تراكيز البوتاسيوم المتبادل في العينتين، نتيجة إضافة البنتونايت، بلغت أقصاها في عينة التربة الجبسية بمقدار 168% وبلغت أقصاها في عينة التربة الرملية بمقدار 85% بالمقارنة مع تراكيز هذا الطور من البوتاسيوم في الترب غير المحسنة. ان هذه النتائج الايجابية ولتوفر أطيان البنتونايت في العراق يحفز على القيام باستصلاح هذه الأراضي المجدبة والفقيرة زراعياً بإضافة البنتونايت لتحسين خصوبتها وقابليتها على الاحتفاظ بالرطوبة اللازمين لنمو النبات.

IMPROVEMENT OF IONIC EXCHANGEABILITY OF POTASSIUM IN SANDY AND GYPSIFEROUS SOILS

Khaldoun S. Al-Bassam, Sawsan H. Al-Haza'a and Nawal A. Al-Sa'adi

ABSTRACT

Many areas in Iraq suffer from desertification, expressed as gypsiferous soils and sand dunes. One of the most affected areas is the Tigris basin extending from Baghdad to Beygee, which is considered an important rural and agricultural area in Iraq. This paper deals with a laboratory study to investigate the influence of adding bentonite on increasing the fertility of the gypsiferous and sandy soils as far as increasing their capacity to accommodate exchangeable potassium added to the soil as NPK fertilizer.

Two samples were investigated; the first is sandy soil from Beygee area and the second is gypsiferous soil from Tikrit area. The samples were investigated and analysed for grain-size, mineralogy, chemical composition and salt composition, as well as the determination of soluble, exchangeable (ex) and fixed K in these samples.

* رئيس باحثين، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص.ب. 986، علوية، بغداد، العراق
** مدرس، كلية العلوم، جامعة تكريت
*** خبير كيميائي، (متقاعدة)

The results of this work have demonstrated a remarkable increase in the concentration of K (ex) in the two samples as a result of bentonite addition. The maximum increase in K (ex) was recorded in the gypsiferous soil sample (168%) and in the sandy sample (85%) as compared to its concentration in the raw (unimproved) samples. These encouraging results, and in view of the availability of bentonite deposits in the country, it is highly recommended to use bentonite in the improvement of gypsiferous and sandy soils which are normally poor agricultural lands, in order to increase fertility as well as retention of soil moisture, both required for plant.

المقدمة

تعتبر الترب الجبسية والرملية من الترب الفقيرة زراعياً لافتقادها الى المعادن الطينية التي تتميز بالقابلية على التبادل الأيوني فضلاً عن احتفاظها برطوبة مناسبة للتربة. ان زيادة الرقعة الجغرافية لهذه الترب بفعل العوامل المناخية يعتبر من مظاهر التصحر المهمة وتعمل الدول المتأثرة بهذه الظاهرة على معالجتها بمختلف الأساليب لتقليل تأثيراتها البيئية الخطيرة. ان هذا البحث الذي أنجز في عام 2002 (البصام وآخرون، 2002a) هو مساهمة في إيجاد الحلول لهذه الظاهرة المنتشرة في بعض مناطق العراق، وخاصة في محافظة صلاح الدين، حيث تنتشر الترب الجبسية والكثبان الرملية ويهدف الى تحسين قابلية الترب الجبسية والرملية على التبادل الأيوني للبوتاسيوم وهو احد عناصر الغذاء المهمة للنبات وذلك بإضافة البنتونايت الطبيعي المتوفر في العراق وخاصة في تكوين الدكمة في الصحراء الغربية، وإجراء القياسات المختبرية للتوثق من تأثير هذه المعالجة عند معاملة التربة بسماد NPK.

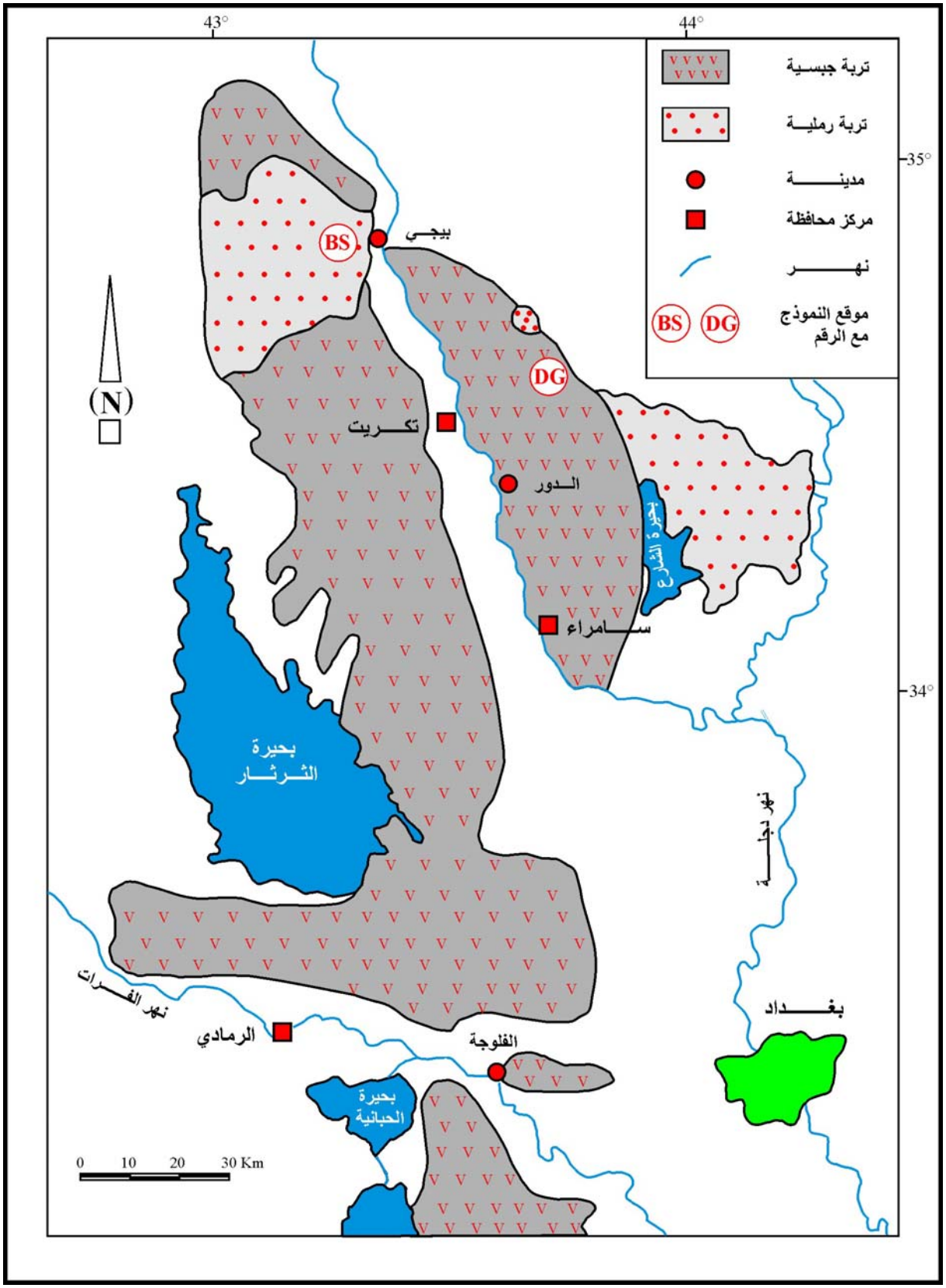
تم انتخاب موقعين في محافظة صلاح الدين كونها إحدى المحافظات الأشد تضرراً بهذه الظواهر. الموقع الأول (BS) يقع بالقرب من مدينة بيجي ويمثل كثبان رملية منقولة بواسطة الرياح، والموقع الثاني (DG) يمثل مقطعاً في تربة جبسية شرق مدينة تكريت بحوالي 20 كم (شكل 1). يبلغ سمك المقطع BS حوالي 1.5 متر والمقطع الثاني 3.0 متر .

اسلوب العمل

أجريت النمذجة الحقلية للترب المعنية بالدراسة في الموقعين المذكورين في أعلاه (الشكل 1) وأخذ بنظر الاعتبار ان تكون العينات ممثلة لمقطع التربة في كل موقع وذلك بجمع عينات على فترات منتظمة ومن ثم خلطها ومجانستها.

أجريت الفحوصات الآتية على العينات:

- التدرج الحجمي: حسب سياقات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، الجزء 18 (Tamar-Agha and Mahdi, 1992).
- الفحص المعدني بتقنية حيود الاشعة السينية: حسب سياقات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، الجزء 21 (Al-Janabi *et al*., 1992).
- التحليل الكيميائي للعناصر الرئيسية الكلية والذائبة بالماء: حسب سياقات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، الجزء 21 (Al-Janabi *et al*., 1992).
- قياس تركيز الأطوار المختلفة للبوتاسيوم: البوتاسيوم الكلي والبوتاسيوم القابل للتبادل الأيوني والبوتاسيوم الذائب بالماء في عينات التربة بدون إضافات، حسب الطرق المبينة في البصام وآخرون (2002b).
- إضافة التراكيز (10 و 20 و30) % (وزناً) من أطيان المونتمورلونايت (البنتونايت) المنتج من منجم الصفرة التابع للشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين (مطحون بنعومة - 150 µm) الى عينات التربة ومجانسة الخليط.
- قياس البوتاسيوم المتبادل بعد اضافة البنتونايت .
- إضافة سماد NPK المنتج في الشركة العامة للفوسفات بالتراكيز (0.017 و 0.035 و 0.069) % (وزناً) الى عينات التربة، قبل إضافة البنتونايت وبعد إضافة البنتونايت وقياس البوتاسيوم المتبادل اثر هذه المعالجة.



شكل 1: خريطة مواقع النمذجة وتوزيع الترب الجبسية والكثبان الرملية في مناطق شمال بغداد
(Mansour and Toma, 1973 and Sissakian, 2000)

الدراسات السابقة

يعتبر موضوع التسميد بالبوتاسيوم من أكثر المواضيع التي أثارت جدلاً في البيئة العراقية أو المناطق المجاورة للعراق، فالعنصر مهم جداً في نمو النبات بل ان ما يستهلكه النبات منه يزيد في كثير من الأحيان على استهلاك الفوسفور والنتروجين.

- قام عبد الصاحب (1980) بدراسة سلوك البوتاسيوم أثناء وبعد غسل التربة المتأثرة بالملوحة.
- بين Mostafa *et al.* (1984) حصول انخفاض في محتوى أوراق وسيقان النباتات من البوتاسيوم بزيادة الملوحة بينما ازداد محتواه في الجذور.
- بين السماك (1988) ان زيادة ملوحة التربة تؤدي الى خفض تركيز كل من البوتاسيوم والفوسفور والنتروجين والكالسيوم في أجزاء الذرة الصفراء.
- قام البصام وآخرون (1998) بدراسة إمكانية تشبيع أطيان المونتمورلونايت العراقية (البنتونايت) من منجم الصفرة بالبوتاسيوم ودراسة الأطوار التركيبية البلورية الناتجة عن ذلك.
- تم تنظيم ندوة عن البوتاسيوم والتسميد البوتاسي (مركز إباء للأبحاث الزراعية، 2000) ناقشت واقع حال الترب العراقية من هذه الناحية.
- قام البصام وآخرون (2002b) بدراسة جيوكيمياء البوتاسيوم في الترب العراقية المختلفة قبل وبعد المعالجة بسماد NPK وصولاً الى تحديد استجابة هذه الترب لهذا النوع من التسميد.
- تم تنفيذ دراسة ميدانية مشتركة بين مركز الربيع للأبحاث الزراعية والشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين لاستعمال البنتونايت عالي الكاربونات والمنشط بالصوديوم في تحسين خصوبة بعض الترب العراقية (العجيل وآخرون، 2003).

أهمية البوتاسيوم للنبات

يعتبر البوتاسيوم عنصراً نشيطاً لايوجد في حالته النقية في الطبيعة ويكون دائماً مركباً مع عناصر أخرى وهو أساس حياة النبات والحيوان ويمثل هذا العنصر أعلى الايونات الموجبة المذابة تركيزاً في عصارة الخلية النباتية (مركز إباء للأبحاث الزراعية، 2000).

يمكن إدراج أهمية البوتاسيوم للنبات في عدد من النقاط كما وردت في (Pirson, 1937 ، Geus, 1973 و Mengel and Header, 1977).

- يلعب البوتاسيوم دوراً مهماً في تنشيط العقد الجذرية وفي مقاومة النبات للأمراض ويقلل من اضطجاع النبات وفقدان الماء والذبول.
- ينشط الكثير من أنظمة إنزيمات البلاستيدات الخضراء.
- يساعد في التمثيل الضوئي وتشكيل الغذاء.
- ينتج ألياف غنية بالنشاء.
- يعد البوتاسيوم منظماً للثغور والفتحات ويزيد من تحمل المحاصيل للجفاف ويقلل من تسمم النبات بالصوديوم في الترب الملحية والقلوية.

يوجد البوتاسيوم في التربة بصيغ مختلفة هي: البوتاسيوم الذائب في الماء وهو البوتاسيوم الجاهز كلياً للنبات، والبوتاسيوم المتبادل وهو البوتاسيوم الممتز على سطوح المعادن الطينية أو الموجود في المسافات البينية بين الطبقات البلورية للمعادن الطينية، ويتم إطلاق هذا الطور من البوتاسيوم تدريجياً الى النبات ويعتبر الخزين الأساسي للبوتاسيوم الذي يمكن ان توفره التربة للنبات . النوع الثالث هو البوتاسيوم الثابت والذي يكون موجوداً في مواقع بلورية لاتسمح له بالتبادل الأيوني، وأهم المعادن الحاملة له في التربة هي المايكا والفلدسبار (Rayan, 1997).

النتائج والمناقشة

- **التدرج الحجمي والتركيب المعدني**

بينت فحوصات التدرج الحجمي ان العينة DG وهي تربة جبسية تتكون من الرمال بشكل رئيسي (41%) ومن نسب متقاربة من الطين (32%) والغرين (27%)، في حين تتكون العينة BS وهي تربة رملية من حوالي 90% رمال والمتبقي غرين ولا تحتوي على أطيان (جدول 1). أظهرت فحوصات الأشعة السينية ان معدن الجبس هو المعدن الرئيسي في العينة DG يليه الكوارتز ثم معدن الباليغورسكايت الطيني. أما العينة BS فقد وجد إنها تتكون من الكوارتز أساساً يليه الفلدسبار ثم الكالسايت.

- **التركيب الكيميائي**

تشير النتائج المبينة في الجدول (1) ان الاكاسيد الرئيسية في العينة DG هي السيليكا والكالسيا والكبريتات ثم الألومينا والمغنيسيا. تتوزع السيليكا بين الكوارتز والباليغورسكايت في حين يشكل معظم الكالسيا والكبريتات معدن الجبس ويحتوي الباليغورسكايت معظم الألومينا والمغنيسيا. يتميز التركيب الكيميائي للعينة BS بارتفاع تركيز السيليكا لزيادة نسبة معدن الكوارتز في هذه العينة، فضلاً عن وجود متميز للفلدسبار الذي انعكس بزيادة تركيز البوتاسيوم والصوديوم والألومينا. معظم الكالسيا موجود في معدن الكالسيات.

جدول 1: التحليل الكيميائي والتدرج الحجمي لعينات الدراسة والبنتونايت المستعمل (%)

	DG	BS	Bentonite*
SiO_2	25.32	64.86	52.39
Fe_2O_3	2.60	2.00	6.70
Al_2O_3	6.14	7.79	14.14
TiO_2	0.38	0.38	0.86
CaO	22.43	10.09	6.40
MgO	5.20	1.12	5.00
SO_3	19.00	<0.07	0.30
Na_2O	0.89	1.71	1.16
K_2O	0.67	1.60	0.52
Cl	0.18	0.03	n.a.
L.O.I	16.25	8.76	11.60
Sand	41	89.5	مطحون بنعومة µm150 -
Silt	27	10.5	
Clay	32	nil	

(*) إنتاج الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين من منجم الصفرة (الصحراء الغربية)

- **تركيب الأملاح الذائبة بالماء**

يشير تحليل الجزء الذائب بالماء في عينات التربة الى وسط متعادل الى حامضي خفيف في العينة DG يعود الى وفرة المكونات الملحية فيها ودالة هيدروجينية تشير الى قاعدية خفيفة في العينة BS. مجموع الأملاح الكلية الذائبة بالماء (TDS) مرتفعة في العينة الأولى وتبلغ حوالي 37% بالمقارنة مع حوالي 1% في العينة الثانية (جدول 2). تسيطر الكبريتات والكالسيا على تركيب الأملاح في العينة DG لوجود الجبس بوفرة فيها في حين كانت تراكيز معظم المكونات اقل من 0.05% في العينة BS لانعدام الأملاح فيها.

جدول 2: تحليل الأملاح الذائبة بالماء في عينات الدراسة

	DG	BS
pH	6.9	7.8
TDS	36.9%	1.02%
CaO	13.8%	0.03%
MgO	0.13%	0.01%
K_2O	0.055%	0.01%
Na_2O	0.37%	0.02%
SO_3	19.8%	0.05%
CO_3	0.03%	n.a.
Cl	0.66%	0.09%

- **أطوار البوتاسيوم في التربة**

بينت التحليلات الكيميائية ان البوتاسيوم موجود بأطواره الثلاث في عينات التربة قيد الدراسة، وهي البوتاسيوم الذائب بالماء والبوتاسيوم القابل للتبادل الأيوني والبوتاسيوم الثابت في التركيب البلوري لمعادن التربة (جدول 3). يبلغ تركيز البوتاسيوم الذائب في العينة DG 550 ppm K_2O والمتبادل 155 ppm K_2O والثابت 5995 ppm K_2O، بالمقارنة مع 100 ppm K_2O بوتاسيوم ذائب بالماء في العينة BS و 125 ppm K_2O بوتاسيوم متبادل و 15775 ppm K_2O ثابت. يحتوي البنتونايت المستعمل في هذا البحث على 5200 ppm K_2O بوتاسيوم كلي وتبلغ نسبة البوتاسيوم القابل للتبادل فيه حوالي 500 ppm K_2O. يبلغ معدل تركيز البوتاسيوم القابل للتبادل الأيوني في الترب الزراعية العراقية عموماً حوالي 720 ppm K_2O وبمدى يتراوح بين (190- 1300) ppm K_2O (البصام وآخرون، 2002b).

جدول 3: توزيع البوتاسيوم بأطواره المختلفة في عينات الدراسة (ppm)

العينة	البوتاسيوم الكلي	البوتاسيوم الذائب بالماء	البوتاسيوم المتبادل	البوتاسيوم الثابت
DG	6700	550	155	5995
BS	16000	100	125	15775

تشير هذه النتائج الى التراكيز الواطئة جداً للبوتاسيوم القابل للتبادل الأيوني في الترب الجبسية والرملية (موضوع البحث) بالمقارنة مع المعدلات العامة للترب العراقية. يعود الارتفاع النسبي للبوتاسيوم المتبادل في عينة الدور (DG) بالمقارنة مع عينة بيجي (BS) الى وجود معدن الباليغورسكايت الطيني في الأولى وانعدامه في الثانية وهذا المعدن له قابلية متوسطة على التبادل الأيوني (Grim, 1962). يعود الارتفاع النسبي للبوتاسيوم الذائب بالماء في التربة الجبسية (DG) الى وجود أملاح البوتاسيوم في مثل هذا النوع من الترب في حين يعود الارتفاع النسبي للبوتاسيوم الثابت في التربة الرملية (BS) الى وجود الفلدسبار كمعدن رئيسي حامل للبوتاسيوم في تركيبه البلوري.

- **تاثير المعالجة بسماد NPK على البوتاسيوم المتبادل**

ان إضافة سماد NPK (الذي يحتوي على 16% K_2O) بتراكيز وزنية مختلفة لم ينتج عنها زيادة كبيرة في تركيز البوتاسيوم المتبادل في عينات الدراسة. تشير النتائج المبينة في الجدول (4) الى ارتفاع تركيز البوتاسيوم المتبادل من 155 ppm K_2O في عينة التربة الجبسية (DG) الى 183 ppm K_2O كحد أقصى ضمن الإضافات الثلاثة من السماد، في حين ازداد تركيزه من 125 ppm K_2O الى 138 ppm K_2O في العينة الرملية (BS). تشير هذه النتائج الى عدم فاعلية التسميد البوتاسي في هذه الترب لانعدام قابليتها على الاحتفاظ بالبوتاسيوم بشكل قابل للإطلاق التدريجي للنبات.

جدول 4: تاثير اضافة البنتونايت والمعالجة بسماد NPK على تراكيز البوتاسيوم المتبادل في عينات الدراسة (ppm)

رقم العينة	NPK / Bentonite	nil	%0.017	%0.035	%0.069
DG	nil	155	160	183	168
	%10	165	178	210	225
	%20	212	218	280	350
	%30	285	213	330	450
BS	nil	125	130	134	138
	%10	150	143	180	200
	%20	185	233	298	235
	%30	200	243	325	255

- **تأثير إضافة البنتونايت في تحسين التبادلية الأيونية للبوتاسيوم**

أثمرت إضافة البنتونايت بتراكيز مختلفة (10 و 20 و 30) % الى تحسين واضح في قابلية التربة على استيعاب البوتاسيوم في مواقع قابلة للتبادل الأيوني وتشير هذه النتائج الى فعالية البنتونايت في هذا المجال لكونه من أعلى المعادن الطينية في سعة التبادل الأيوني حيث تبلغ في أطيان منجم الصفرة (76 – 94) meq/ 100mg وبمعدل 87 meq/ 100gm، كما بينت ذلك دراسة البصام وآخرون (1998). تشير النتائج (جدول 4) الى زيادة تركيز البوتاسيوم المتبادل من 155 ppm K_2O في التربة الجبسية قبل إضافة البنتونايت وبدون إضافة NPK الى 285 ppm K_2O بعد إضافة 30% وزناً بنتونايت، في حين ازداد تركيز البوتاسيوم المتبادل في التربة الرملية من 125 ppm K_2O قبل إضافة البنتونايت الى 200 ppm K_2O عند إضافة 30% بنتونايت (جدول 4 وشكل 2).

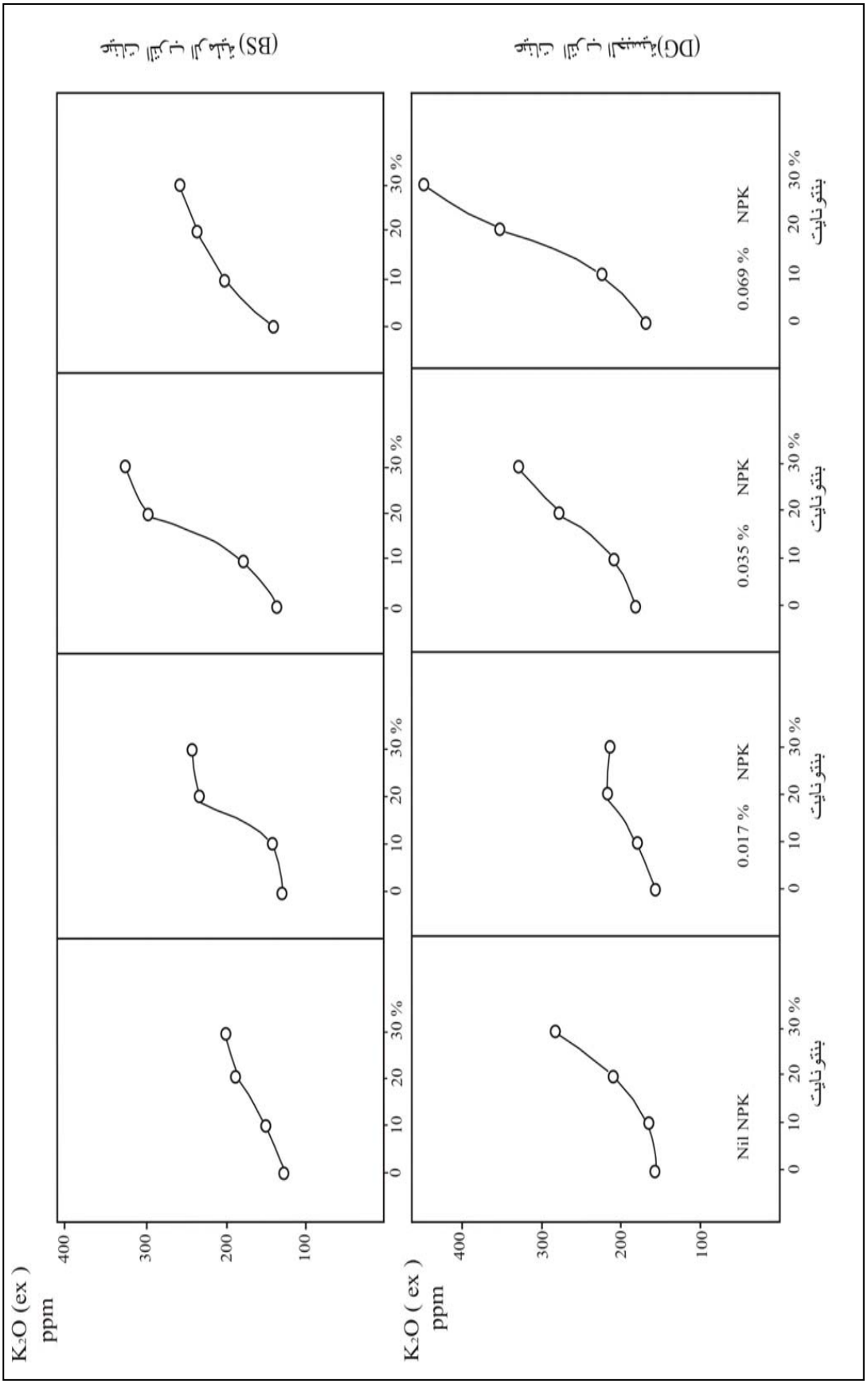
ازدادت تراكيز البوتاسيوم المتبادل بعد إضافة سماد NPK في العينات المحسنة بالبنتونايت بفارق كبير عن عينات التربة غير المحسنة. يلاحظ انه عند إضافة 0.069% NPK الى التربة الجبسية غير المحسنة ازداد تركيز البوتاسيوم المتبادل من 155 ppm K_2O الى 168 ppm K_2O فقط، في حين وصل تركيز البوتاسيوم المتبادل الى 450 ppm K_2O بعد إضافة 30% بنتونايت الى التربة وبنفس الإضافة من NPK. في حالة التربة الرملية ارتفع تركيز البوتاسيوم المتبادل في التربة غير المحسنة بالبنتونايت من 125 ppm K_2O الى 138 ppm K_2O فقط بعد إضافة 0.069% NPK. في حين ارتفع تركيز البوتاسيوم المتبادل الى 255 ppm K_2O عند إضافة 30% بنتونايت وبنفس كمية الإضافة من NPK.

تشير هذه النتائج الى إمكانية تحسين الترب الرملية والجبسية الفقيرة بالبوتاسيوم المتبادل والتي لاتستجيب للتسميد البوتاسي بإضافة البنتونايت العراقي الخام (غير المنشط) بتراكيز مختلفة. وعلى ضوء النتائج المتحققة تحتاج تربة الدور الجبسية الى كميات أقل من البنتونايت قياساً على تربة بيجي الرملية وذلك لوجود معدن الباليغورسكايت الطيني في الأولى الذي يعمل على تحقيق زيادة نسبية في قابلية التربة على التبادل الأيوني.

إن توفر أطيان البنتونايت في العراق بكميات كبيرة وإمكانية استعمالها بدون معالجات مسبقة في تحسين الترب الفقيرة زراعياً يشجع على استصلاح مساحات كبيرة من الترب التي تغطيها الرمال أو تلك الغنية بالجبس والموجودة في محافظة صلاح الدين في مواقع مثالية من ناحية الإرواء والتي يمكن أن تصبح أراضي زراعية خصبة بهذه المعالجة.

الاستنتاجات والتوصيات

- أمكن تحسين مواصفات عينات الترب الرملية والجبسية التي تمت دراستها في زيادة تراكيز البوتاسيوم المتبادل قبل وبعد المعالجة بسماد NPK بإضافة البنتونايت المطحون (– 150 µm) غير المنشط.
- بلغت الزيادة في البوتاسيوم المتبادل حوالي 84% في عينة التربة الجبسية غير المسمدة بعد إضافة 30% بنتونايت، في حين بلغت هذه الزيادة 60% في التربة الرملية غير المسمدة وبنفس الإضافة من البنتونايت.
- بعد إضافة سماد NPK (بتركيز 0.069%) ارتفعت تراكيز البوتاسيوم المتبادل بنسبة 168% في عينة التربة الجبسية بعد إضافة 30% بنتونايت وبنسبة 85% في عينة التربة الرملية بعد إضافة نفس الكمية من البنتونايت.
- إضافة البنتونايت الى الترب الرملية والرملية الجبسية يحسن من مكونات نسيج هذه الترب التي تفتقد الى الجزء الطيني (في الأولى) أو تحتاج الى زيادة الجزء الطيني فيها (في الثانية) بما يحقق توازن أفضل في مكونات نسيج التربة: الرمل: الغرين: الطين.
- نوصي بدراسة التغاير في ملوحة وتركيب مياه السقي على عملية تبادل البوتاسيوم في الترب المحسنة بالبنتونايت.
- على ضوء الكميات الوفيرة من أطيان البنتونايت في العراق نقترح استصلاح الأراضي الفقيرة زراعياً في بعض المحافظات ذات الطبيعة الجبسية أو الرملية بإضافة البنتونايت بما يحقق خصوبة أعلى لهذه الترب.



شكل 2: نسبة البوتاسيوم المتبادل قبل وبعد المعالجة بسماد (NPK) للترب المحسنة بالبنتونايت

المصادر

البصام، خلدون والسعدي، نوال والهزاع، سوسن، 1998. تشبيع أطيان المونتمورلونايت العراقية من طبقات الصفرة بعنصر البوتاسيوم. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 2449.

البصام، خلدون والهزاع، سوسن والسعدي، نوال، 2002a. تحسين قابلية التبادل الأيوني للبوتاسيوم في الترب الرملية والجبسية في محافظة صلاح الدين. الشركة العامة المسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 2790.

البصام، خلدون والسعدي، نوال والهزاع، سوسن والنعيمي، طه والحديثي، خالد، 2002b. جيوكيمياء البوتاسيوم في الترب العراقية قبل وبعد المعالجه بسماد NPK. بحث مشترك بين الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ومركز إباء للأبحاث الزراعية. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين تقريرداخلي رقم 2755.

الخفاجي، عادل، 2000. أثر البوتاسيوم في الانتاج الزراعي. مجلة علوم، العدد 111، ص 15- 25.

العجيل، عبد الوهاب ومصطفى، علاء محمد ونعوم، موفق سعيد وجاسم، عباس وحسان، ليث خضير، 2003. استخدام البنتونايت ذو المحتوى العالي من CaO في تحسين الترب الجبسية والرملية. بحث مشترك بين الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ومركز الربيع للأبحاث الزراعية والغذائية. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 2829.

السماك، قيس، 1988. التداخل بين ملوحة التربة والبوتاسيوم وعلاقة ذلك بنمو النبات. أطروحة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد، 115 صفحة.

عبد الصاحب، سامي جليل، 1980. سلوك البوتاسيوم أثناء وبعد غسل الترب المتأثرة بالملوحة في العراق. أطروحة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

مركز إباء للأبحاث الزراعية، 2000. أثر البوتاسيوم في الإنتاج الزراعي. مجلة علوم، العدد111، وثائق الندوة.

Al-Janabi, Y., Al-Sa'adi, N., Zainal, Y., Al-Bassam, K.S. and Al-Delaimy, M., 1992. GEOSURV Work Procedures, Part 21: Chemical Laboratories. GEOSURV, int. rep. no. 2002

Grim, R.E., 1962. Applied Clay Mineralogy. Mc Graw-Hill, New York, 596pp.

Gues, J.G., 1973. Fertilizer Guide for Tropics and Subtropics. Center d ó Etude del, Azote, Zurich, 774pp.

Mansour, J. and Toma, N., 1983. Gypsum rocks and gypcrete in Iraq. GEOSURV, int. rep. no. 1429.

Mengle, K. and Header, H.E., 1977. Plant Physiology. Crop. Sci, Vol.5, p. 280 – 281.

Mostafa, M.B., Awad, A.R.E., Owais, M.H. and Dawh, A.A.K., 1984. Physiological studies on growth chemical composition and alkaloids of (Datura innoxia) l. Effect of salinity. Amm. Agri. Sci. Moshtohol, Vol.21(3), p. 937 – 949.

Pirson, A., 1937. Ernahrungs-und stoffwechesel. Physiologische, Unter Suchugen an frontalies Chlorella. (cited from Devitt., D.A., 1983, Ph.D. Dissertation, California Riverside University, USA).

Rayan, J., 1997. Accomplishments and Future Challenges in Dryland Soil Fertility Research, in the Mediterranean Area. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, ICARDA, 363pp.

Sissakian, V.K., 2000. Geological Map of Iraq, 3th edit., scale 1: 1000 000. GEOSURV, Baghdad, Iraq.

Tamar-Agha, M.Y. and Mahdi, A., 1992. GEOSURV Work Procedures, Part 18: Petrology and Paleontology Laboratories. GEOSURV, int. rep. no. 2137