

## CHARACTERISTICS OF K<sup>+</sup> AND NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ADSORPTION AND DESORPTION BY NATURAL BENTONITE AND ZEOLITE MINERALS

Falatah, A. M.; A. S. Sheta; A. Sh.Sallam and M. Al-Sewailem  
Soil Science Department, College. of Agric., King Saud University  
P.O.Box 2460 - Riyadh11451

خواص إدمصاص وإطلاق البوتاسيوم والأمونيوم بواسطة معادن الزيوليت والبنطونيت الطبيعية

عبد الرزاق فلاتة، عبد العزيز شتا، عبدالعظيم شهوان، محمد السويلم  
كلية علوم الأغذية والزراعة، قسم علوم التربة، جامعة الملك سعود  
ص.ب. ٢٤٦٠ الرياض ١١٤٥١، المملكة العربية السعودية

### الملخص

معادن الزيوليتات من السليكات الهيكلية التي تمتاز بتركيب بنائي مفتوح وذات سعة تبادلية كاتيونية تفوق معادن السليكات الصفائحية مثل معدن الـ (Bentonite (BE). يعتبر سلوك البوتاسيوم والنيتروجين مع هذه المعادن ذو أهمية تطبيقية في رفع كفاءة استخدام الأسمدة البوتاسية والنيتروجينية. أجري هذه البحث لدراسة خواص إدمصاص وإطلاق البوتاسيوم (K<sup>+</sup>) والأمونيوم (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) بواسطة معدن BE وخمسة من معادن الزيوليتات وهي: Clinoptilolite1 (CP1), Clinoptilolite2 (CP2), Phillipsite (PL), Chabazite (CH), Analcime (AN). أوضحت النتائج أن إدمصاص K<sup>+</sup> على هذه المعادن تصفه معادلة لانجمير للإدمصاص على مرحلتين الأولى عند تراكيز الإضافة المنخفضة من البوتاسيوم (حوالي 600 ppm K<sup>+</sup>) والثانية عند تراكيز الإضافة المرتفعة (800-1600 ppm K<sup>+</sup>). وقد تراوحت قيم طاقة الارتباط (k) بين 0.1466-0.027 و لتر/مجم والسعة الإدمصاصية (b) بين 2.23 - 3.3 مج/مجم في المرحلة الأولى، و في المرحلة الثانية تراوحت k بين 3.3X10<sup>-3</sup> - 4.2X10<sup>-3</sup> لتر/مجم و b بين 18.52 - 59.17 مج/مجم. وكانت أعلى قيم الإدمصاص القصوي للبوتاسيوم بواسطة المعادن المختلفة على النحو التالي: PL يليه CH ثم BE ثم معدني CP1 & CP2 وأقلها AN. أوضحت نتائج الاستخلاص المتتالي للبوتاسيوم المدمص إنخفاض الكمية المستخلصة بتتابع الاستخلاص، وكانت أعلى الكميات المستخلصة من معدن PL يليه معدن CH ومعدن BE ومعدن AN وأقلها معدني CP1 & CP2. أوضحت نتائج إدمصاص (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) انطباق معادلة فرنديلش لوصف الإدمصاص وكان أكثر المعادن قدرة على الإدمصاص هو BE و CH ثم PL ويبدل ذلك على وجود تشابه في كفاءة إدمصاص الأمونيوم بين معادن الزيوليتات والبنطونيت. أوضحت نتائج استخلاص NH<sub>4</sub><sup>+</sup> المدمص أن معدن AN هو أكثر المعادن احتفاظاً بأيون NH<sub>4</sub><sup>+</sup> يليه CP1 & CP2 ثم PL وأخيراً معدن BE. يستنتج من ذلك أن قدرة معادن الزيوليتات والبنطونيت عالية على مسك K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> وان معدن البنطونيت يتوسط معادن الزيوليتات.

### المقدمة

يعتبر تثبيت البوتاسيوم أو الأمونيوم في التربة الزراعية أوفقد النيتروجين منها بواسطة الغسيل أو التطاير أو عملية عكس النترية من العمليات التي تؤدي إلى نقص كفاءة الأسمدة البوتاسية والنيتروجينية وإلى تلوث الماء والهواء (Owens et al., 1992, Halliday and Walfe, 1991). تعتبر المعادن السيليكاتية خاصة معادن الطين ذات أهمية كبيرة في التحكم في سلوك وكيمياء العناصر المختلفة في بيئة التربة ومن أهمها معادن السيليكات الصفائحية التي يتبعها معدن BE وهذه المعادن تمتاز بخواص انتفاخ وانضغاط عالية وقدرة عالية على حفظ الماء. وتنتشر رواسب البنطونيت في التكوينات الأرضية المختلفة بالمناطق الجافة وقد يصل سمك الرواسب الغنية بها في بعض المناطق من 200 - 300 متر كما هو الحال في بعض المواقع بالمنطقة الغربية من المملكة العربية السعودية حيث تصل نسبة معادن السمكتيت في مكون الطين في بعض هذه الرواسب إلى 95% (Laurent, 1993). معادن السليكات الهيكلية ومنها معادن الزيوليتات توجد في الطبيعة في التكوينات الأرضية المختلفة وتتميز بتركيب بنائي مفتوح تصل نسبة المسام به إلى حوالي 50% لبعضها سعة تبادلية كاتيونية (CEC) مرتفعة قد تصل إلى 500 kg<sup>-1</sup> cmol(+) طبقاً لمing and

Mumpton (1989) ، ولقد أوضح Laurent, (1993) وجود هذه المعادن في مناطق الفوهات البركانية مثل حرة شامة وبعض حرات منطقة جازان بالسعودية وأهم معادن الزيوليتات بهذه المناطق هي معادن clinoptilolite, mordenite, analcime, chabazite.

تناولت دراسات عديدة استخدام هذه المعادن في العديد من التطبيقات الزراعية حيث استخدمت معادن الزيوليت كمادة حاملة للبيوتاسيوم للجهاز في التربة (Hershey et al., 1980) وكذلك الأمونيوم (Petrov et al., 1982, Barbarich & Pirela, 1984 & Lewis et al., 1984). واستخدمت معادن الزيوليتات كمادة حاملة لأيونات العناصر الثقيلة بالتربة كما أوضح Nishita & Haug, (1972) (Weber et al., 1984). وفي دراسة أجراها Lewis et al., 1984 تبين أن إضافة معدن clinoptilolite المشبع بالأمونيوم قد أدى إلى زيادة نمو نبات الفجل المنزرع بالصوب وأدى أيضا إلى تقليل غسل النترات. وتستخدم معادن الزيوليت أيضا مع بيئات الشتلات وكذلك العديد من التطبيقات في المزارع المائية (Pond and Mumpton, 1984). استخدم معدن clinoptilolite لإزالة  $NH_4^+$  من مياه الصرف الصحي ، وكذلك استخدم المعدن كمادة تيسير بطيء للنيتروجين لكبر ال-CEC وإنقائته العالية لأيون  $NH_4^+$  (Allen, et. al., 1993, 1995 and 1996 and Ferguson and Pepper 1987). وجد Lewis (1981) في عدد من تجارب الصوب أن إضافة معدن clinoptilolite للأمونيوم (٧٥ مجم/مجم) أعطى إستجابة لنمو الفجل الأحمر (*Raphanus sativus L.*) عند إضافة للتربة الخفيفة (٦% طين) والمتوسطة القوام (١٣% طين) وأدت الإضافة إلى إنخفاض فقد  $NO_3^-$  بالغسيل من التربة الخفيفة. أوضح (Park and Komarneni 1997) أن معادن clinoptilolite ، chabazite ، phillipsite لها قدرة عالية على الأحتفاظ ببعض المغذيات مثل  $NH_4NO_3$  ،  $KNO_3$  بواسطة ما يسمى الارتباط الملحي (Salt occlusion) بالإضافة إلى الكاتيونات المتبادلة وتم تأكيد وجود أملاح النترات المرتبطة في الزيوليتات بواسطة الأشعة تحت الحمراء (نطاق الإمتصاص عند ١٣٩٠سم-١) ومن التفاعل الطارد للحرارة عند ٢٨٠م في التحليل الحراري التفاضلي، كذلك من النقص في مساحة السطح النوعي. ولقد أوضح Susic et al., (1971) وجود موقعين مختلفين للارتباط الملحي في الزيوليتات هما مواقع الكاتيونات المتبادلة والفراغات الداخلية في المعدن. ولقد درس (Park and Komarneni 1997) ميكانيكية إطلاق أيونات ملح  $NH_4NO_3$  المرتبط ملحيا مع الزيوليت وكذلك من الزيوليت المشبع بـ  $NH_4^+$  وأوضحت الدراسة حدوث زيادة بمقدار الضعف للنيتروجين من الزيوليت المرتبط ملحيا مقارنة مع الصورة المتبادلة ، وأستنتج من الدراسة أن إطلاق أيونات  $NH_4^+$  ،  $NO_3^-$  المرتبطة ملحيا يتشابه مع إطلاق  $NH_4^+$  المتبادل من حيث البطء والتدرج وذلك في فترة التجربة (٣٠ يوما) وأضاف أن الزيوليتات المرتبطة ملحيا لها قدرة للعمل كسماد بطيء التيسر. يهدف البحث إلى دراسة خواص إدمصاص وإطلاق أيونات البيوتاسيوم  $K^+$  والأمونيوم  $NH_4^+$  بواسطة خمسة من معادن الزيوليتات ومقارنة ذلك مع معدن bentonite الأكثر انتشارا تحت ظروف تربة المناطق الجافة.

### المواد وطرق العمل

أختيرت خمسة معادن من الزيوليتات وهي 1(CP1) clinoptilolite و 2(CP2) clinoptilolite ، phillipsite (PL) ، chabazite (CH) ، analcime (AN) بالإضافة إلى عينة من معدن bentonite (BE). يوضح جدول (١) أهم الخواص الفيزيائية والكيميائية والمعدنية لعينات المعادن المدروسة. ويتضح وجود تفاوت في الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه المعادن مثل السطح النوعي ، السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ، محتواها من الحديد والزنك وأهم الشوائب السائدة بها معدن الكوارتز ومعادن الميكا بكميات قليلة جدا.

تم أعداد العينات وذلك بطحنها وأمرارها من منخل سعة ثقوبه ٥٠ ميكرون وأجريت تجارب إدمصاص وإطلاق  $K^+$  عليها حيث تم إعداد تركيزات متدرجة من  $K^+$  وهي (صفر ، ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٤٠٠ ، ٦٠٠ ، ٨٠٠ ، ١٢٠٠ ، ١٦٠٠ مجم/لتر) باستخدام ملح كلوريد البيوتاسيوم. أخذ ٥٠٠مجم من كل معدن ووضعت في أنبوبة طرد مركزي سعة ٥٠مل وأضيف إليها ٢٠ مل من تركيزات  $K^+$  (تم عمل ٣ مكررات من كل تركيز) بحيث كانت نسبة المعدن : المحلول (١:٤٠)، ثم رج المعلمات على جهاز رج لمدة ساعتان ثم إجراء طرد مركزي على (٣٥٠٠ لفة/دقيقة) لمدة ٢٠ دقيقة وجمع المحلول الرائق في كل حالة. درس انطلاق البيوتاسيوم المد مص عن طريق الاستخلاص المتتالي بواسطة ٢٠ سم<sup>٣</sup> من محلول ١ عياري  $NH_4Cl$  وجمع المحلول الرائق في كل حالة بعد الرج والطرد المركزي ثم قيس تركيز  $K^+$  في المحاليل المختلفة باستخدام جهاز قياس اللون في اللهب Flame Photometer. درس إدمصاص وإطلاق  $NH_4^+$  على عينات

الزبوليتات و BE باستخدام تركيزات متدرجة من  $NH_4^+$  والمحضرة من ملح  $NH_4Cl$  وهي صفر ، ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٤٠٠ ، ٦٠٠ ، ٨٠٠ ، ١٢٠٠ مجم / لتر واستخدم ٥٠٠ مجم من المعدن وكانت نسبة المعدن : المحلول (٤٠:١) وزمن الرج ٢٠ دقيقة. درس أيضا إنطلاق  $NH_4^+$  المدمص باستخدام محلول KCl (٢ عياري) والرج لمدة ٢٠ دقيقة والطررد المركزي (٢٥٠٠ لفة / دقيقة) ثم جمع المحلول الرائق في كل حالة. تم قياس تركيز  $NH_4^+$  في المحاليل المختلفة باستخدام الطريقة اللونية عند طول موجي ٦٣٦ نانوميتر. طبقت معادلتى لانجمير  $Langmuir$  و فروندليش  $Fruendlich$  لوصف إدمصاص البوتاسيوم والأمونيوم بالمعادن المختلفة والصورة المستخدمة لمعادلة لانجمير تصف العلاقة بين تركيز محلول الإتران (C) و  $C/(x/m)$  والصيغة المستعملة للمعادلة هي:  $C/x/m = 1/kb + C/b$  حيث C: التركيز في محلول الإتران ملليجرام / لتر،  $x/m$  هي الكمية المدمصة ملليجرام / جرام من المعدن، k, b: ثوابت لعملية للمعادلة تعبر عن السعة الإدمصاصية العظمى ، وطاقة الإرتباط بين المادة المدمصة و سطح المعدن على التوالي والمعادلة خطية في الصورة المذكورة. تم حساب ثوابت المعادلة في كل حالة ومقارنة الثوابت بين المعادن وبعضها من ناحية السعة الإدمصاصية و طاقة الإدمصاص. تم أيضا تطبيق معادلتى لانجمير وفروندليش لوصف إدمصاص  $NH_4^+$  على المعادن المدروسة والصورة المستخدمة لمعادلة فروندليش هي:  $\log k_d + 1/n \log C$  حيث C هو تركيز محلول الإتران (ملليمول/لتر) ،  $x/m$ : الكمية المدمصة (مجم/كجم) ، n ،  $k_d$  ثوابت للمعادلة.

جدول (١) : بعض الخواص الكيميائية والمعدنية لعينات معادن الزيوليتات والبنتونيت المستخدمة

المعدن	الموقع	الشواذب <sup>١</sup>	السطح النوعي <sup>٢</sup> / ٢م	السعة التبادلية الكاتيونية <sup>٣</sup> (CEC) / كجم	الكمية الكلية ZnO Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / جم / كجم
CP 1	Southwestern USA	كوارتز - فليسيار - ميكا	407.9	98.4	0.08 13.4
CP 2	Cucurpe, Sonora Mexico	كوارتز - موردينايت	428.3	75.6	0.07 13.3
PL	Pine Valley, Nevada	ميكا	961.7	223.0	0.09 19.3
CH	Christmas, Arizona	ميكا - كوارتز	1100.0	195.0	0.05 18.1
AN	Barstow, California	كوارتز	313.0	39.0	0.09 15.7
BE	الدمام - السعودية	كوارتز - ميكا	1009.0	88.0	0.12 44.9

<sup>١</sup> باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية ، <sup>٢</sup> السطح النوعي بطريقة الأيثان جيلكول (EGME) ، <sup>٣</sup> CEC باستخدام طريقة خلات الأمونيوم

### النتائج والمناقشة

إدمصاص البوتاسيوم ( $K^+$ ) : توضح نتائج إدمصاص  $K^+$  بواسطة المعادن المدروسة (جدول ٢ ، شكل ١) أن زيادة تركيز  $K^+$  المضاف أدى إلى زيادة كل من تركيز  $K^+$  في محلول الإتران (C) والكمية المدمصة من البوتاسيوم ( $x/m$ ) ، وكانت الزيادة في الكمية المدمصة سريعة مع الزيادة في التركيز المضاف ومحلول الإتران ، بعدها قل معدل زيادة  $x/m$  بزيادة C إلى أن وصل المنحنى إلى مرحلة ثبات والتي عندها لا يصاحب الزيادة في C زيادة كبيرة في  $x/m$  عند هذا الحد يبدو أن النظام وصل إلى السعة الإدمصاصية العظمى.

وتشير نتائج المنحنيات أن معظم العينات المدروسة تتشابه في شكل منحنى الإدمصاص خاصة في التركيزات المنخفضة من الإضافة بينما تتفاوت بدرجة ملحوظة في التركيزات المرتفعة (شكل ١) خاصة معدن AN و معدني CP1 & CP2 .

جدول (٢) إدمصاص وإنطلاق البوتاسيوم بواسطة عينات معادن الزيوليتات والبنتونيت المستخدمة

التركيز المضاف / mg/l	C / mg/l	x/m / mg/g	الكمية المستخلصة (mg/g)	المستخلص إلى المدمص $K^{**}$ % للـ
CP 1				
0.0	2.8	0.0	0.15	-
100	28.0	2.5	0.17	0.71
200	85.0	4.6	0.16	0.57
400	245.0	6.2	0.15	0.00
600	380.0	8.8	0.15	0.00
800	535.0	10.1	0.16	0.63

0.57	1.76	7.84	0.16	0.70	1.23	10.2	945.0	1200
2.65	1.51	50.58	0.19	0.74	7.80	14.6	1235.0	1600
CP 2								
-	-	-	0.32	1.18	0.41	0.0	2.4	0.0
0.40	0.0	7.60	0.33	1.18	0.60	2.5	37.5	100
0.00	0.52	6.19	0.32	1.20	0.65	3.9	103.0	200
0.00	0.37	7.62	0.32	1.20	0.82	5.4	265.6	400
0.00	0.28	6.53	0.32	1.20	0.88	7.2	420.0	600
0.00	0.21	5.04	0.32	1.20	0.88	9.3	567.5	800
0.00	0.17	4.29	0.32	1.20	0.92	11.9	902.5	1200
0.00	0.14	3.58	0.32	1.20	0.92	14.3	1243.8	1600
PL								
-	-	-	0.16	0.82	8.96	0.0	4.7	0.0
0.50	2.25	41.00	0.18	0.91	10.60	4.0	5.0	100
0.50	4.50	36.50	0.20	1.18	11.88	8.0	5.5	200
0.26	4.44	47.94	0.20	1.50	16.30	15.3	17.1	400
0.30	3.53	70.86	0.23	1.64	25.40	23.2	20.0	600
0.30	3.96	79.34	0.25	2.02	33.00	30.3	42.5	800
0.31	4.27	68.49	0.29	2.63	38.00	42.4	140.0	1200
0.25	3.50	70.55	0.29	2.66	46.00	52.5	287.5	1600
CH								
			0.15	0.57	2.56	0	1.6	0.0
1.30	8.05	49.87	0.2	0.88	4.48	3.85	3.7	100
1.17	7.27	54.55	0.24	1.13	6.76	7.7	7.6	200
1.20	4.87	43.26	0.33	1.3	9.04	14.98	25.6	400
1.21	4.59	35.06	0.41	1.56	10.12	21.56	61	600
1.14	5.62	36.86	0.46	2.1	12.6	27.24	119	800
1.17	5.51	36.68	0.58	2.59	16	36.64	284	1200
1.02	5.35	35.58	0.6	2.92	18.2	43.96	501	1600
AN								
			0.02	0.04	0.06	0	1.2	0.0
0.00	1.57	81.9	0.02	0.06	1.1	1.27	68	100
0.00	1.22	82.9	0.02	0.06	1.42	1.64	159	200
0.00	0.91	83.6	0.02	0.06	1.9	2.2	345	400
0.25	0.50	53.5	0.03	0.06	2.2	4.0	500	600
0.25	1.00	64.5	0.03	0.08	2.64	4.0	700	800
0.27	0.54	40.0	0.04	0.08	3.02	7.4	1015	1200
0.10	0.58	34.6	0.03	0.1	3.66	10.4	1340	1600
BE								
			0.02	0.06	0.16	0	1.6	0.0
1.22	5.49	31.10	0.06	0.24	1.18	3.28	17.9	100
2.23	7.61	40.82	0.14	0.47	2.36	5.39	65.3	200
2.97	8.90	52.16	0.26	0.78	4.38	8.09	197.75	400
2.63	10.12	56.28	0.28	1.06	5.72	9.88	353	600
2.18	9.92	63.23	0.29	1.29	8	12.4	490	800
1.00	9.61	61.94	0.16	1.4	8.8	13.95	852.5	1200
1.46	7.50	55.00	0.3	1.5	10.72	19.2	1120	1600

\* محسوبة على أساس الكمية المدمجة بعد طرح المستخلص من عينة الشاهد ( صفر إضافة)



والملاحظ أيضا وجود تفاوت بين المعادن المختلفة في إدمصاصها للبتواسيوم على سبيل المثال تتراوح الكمية المدمصة (x/m) من 2.50 – 14.60 مج/مج معدن في حالة CP1 بينما يزداد هذا المدى بدرجة ملحوظة في حالة معدن PL حيث تراوحت قيم (x/m) من ٤,٠ – ٥٢,٥ مج/مج معدن وذلك عندما كانت الكمية المضافة من K<sup>+</sup> من ٤ – ٦٤ مج/مج معدن على التوالي ، ويلاحظ أيضا تفاوت هذا المدى مع بقية المعادن المستخدمة. ومن ناحية أخرى تشير النتائج أيضا إلى تفاوت تركيز K<sup>+</sup> في محاليل الأتزان (C) في عينات الشاهد (التي لم يضاف إليها K) وكان أعلى تركيز في حالة معدن PL يليه معدني CP1 & CP2 وأقلهم معدن AN ويدل ذلك على تفاوت المعادن المستخدمة في محتواها من K<sup>+</sup> الذائب وأن PL كان أعلاها في K<sup>+</sup> الذائب.

يوضح شكل (٢) انطباق معادلة لانجمير لوصف إدمصاص البتواسيوم وذلك بتطبيق المعادلة في مرحلتين، تمثل المرحلة الأولى تركيزات الإضافة المنخفضة من K<sup>+</sup> (mg l<sup>-1</sup>) وتمتاز بأن ميل الخط المستقيم أكبر نسبيا ، مقارنة بميل الخط في المرحلة الثانية التي تمثل التركيزات المرتفعة نسبيا من K<sup>+</sup> حيث كان ميل الخط المستقيم أقل مما في المرحلة الأولى، وكان سلوك معظم المعادن المدروسة متشابهًا. أوضحت النتائج ارتفاع قيم معامل الارتباط في مرحلتَي الإدمصاص في معظم الحالات بين كل من C ، C/x/m ، ويشذ عن ذلك معدن PL حيث كان معامل ارتباط المرحلة الأولى للإدمصاص منخفض جدا (r<sup>2</sup> = ٠,٢٠١٨) ويصعب تطبيق معادلة لانجمير في هذه الحالة أما في التركيزات المرتفعة نسبيا فكان الارتباط مرتفعا (r<sup>2</sup> = ٠,٩٩٣٣). من جهة أخرى كان سلوك معدن AN مغايرا لسلوك المعادن الأخرى حيث كان الارتباط ضعيفاً جدا (r<sup>2</sup> = ٠,٠١٥٨) في المرحلة الثانية ومرتفعا في المرحلة الأولى (r<sup>2</sup> = ٠,٩٥١٩) من الإدمصاص. أوضحت النتائج (جدول ٣) انخفاض قيم السعة الإدمصاصية العظمى (b1) في التركيزات المنخفضة حيث تراوحت بين ٢,٢٣ - ٣٠,٣ مج/مج معدن مقارنة بقيم (b2) في التركيزات المرتفعة والتي تراوحت بين ١٨,٥٢ - ٥٩,١٧ مج/مج معدن في حالة b2. ويشذ عن ذلك معدن PL الذي لم يظهر فرق واضح في السعة الإدمصاصية بين التركيزات المنخفضة والمرتفعة وكانت قيمة (b2) لهذا المعدن أعلى من قيم المعادن الأخرى ويتفق ذلك مع ارتفاع CEC لهذا المعدن (CEC = ٢٢٣ سنتيمول/كجم معدن) وعلى العكس من ذلك معدن AN الذي أظهر أقل سعة إدمصاص للبتواسيوم K<sup>+</sup> المضاف والسبب أن قيمة CEC له منخفضة (٣٩ سنتيمول/كجم معدن) وأقل من المعادن المدروسة (جدول ١).

جدول (٣): قيم طاقة الإدمصاص (K) والسعة الإدمصاصية (b) لإدمصاص K<sup>+</sup> بواسطة معادن الزيوليت والبتونيت

المعدن	((المعادلة لانجمير (المرحلة			((المعادلة لانجمير (المرحلة		
	Equation	(b1)	(K1)	Equation	(b2)	(K2)
CP 1	C/(x/m)= 0.11*+5.35 (r <sup>2</sup> =+0.758)	9.025	2.07x10 <sup>-2</sup>	C/(x/m)=0.05x+25.35 (r <sup>2</sup> =+0.758)	18.52	2.13x10 <sup>-3</sup>
CP 2	C/(x/m)= 0.25x+1.69 (r <sup>2</sup> =0.944)	4.049	14.66x10 <sup>-2</sup>	C/(x/m)= 0.04x+34.21 (r <sup>2</sup> =0.926)	22.52	1.3 x10 <sup>-3</sup>
PL	C/(x/m)= 0.68x+2.75 (r <sup>2</sup> =0.202)	X	X	C/(x/m)= 0.02x+0.69 (r <sup>2</sup> =0.993)	59.17	2.44 x10 <sup>-3</sup>
CH	C/(x/m)= 0.03x+0.60 (r <sup>2</sup> =0.949)	30.3	5.53x10 <sup>-2</sup>	C/(x/m)= 0.1.02x+2.43 (r <sup>2</sup> =0.996)	55.56	7.42 x10 <sup>-3</sup>
AN	C/(x/m)= 0.45x+12.21 (r <sup>2</sup> =0.952)	2.23	3.67x10 <sup>-2</sup>	Not clear	X	X
BE	C/(x/m)= 0.12x+2.15 (r <sup>2</sup> =0.947)	8.36	5.57x10 <sup>-2</sup>	C/(x/m)= 0.04x+23.54 (r <sup>2</sup> =0.745)	26.88	1.58 x10 <sup>-3</sup>

b1 ، b2 السعة الإدمصاصية (مج/مج) ، k1 ، k2 طاقة الإدمصاص (لتر/مج) في تركيزات الإضافة المنخفضة والمرتفعة على التوالي.

ويمكن ترتيب المعادن من حيث سعة إدمصاصها العظمى في التركيزات المنخفضة كالآتي: <PL < AN < CP2 < BE < CP1 < CH  
بينما في التركيزات المرتفعة نسبيا كان الترتيب كالآتي: PL < CH < BE < CP1 < CP2 < AN . توضح هذه النتائج أن سعة الإدمصاص العظمى للبتواسيوم بواسطة معدن BE متقاربة مع أكثر معادن الزيوليت المدروسة. ويمكن أن تعزى الاختلافات في السعة الإدمصاصية العظمى إلى التركيب المعدني والسعة التبادلية الكاتيونية والسطح النوعي لمعادن الزيوليتات والـ BE المدروسة.



تشير نتائج حساب طاقة ارتباط  $K^+$  مع المعادن المختلفة في حالة التركيزات المنخفضة ( $K_1$ ) والمرتفعة ( $K_2$ ) إلى أن قيم  $k_1$  أعلى بكثير من قيم  $k_2$  في كل الحالات مما يدل على أن سطوح التبادل في التركيزات المنخفضة تدمص البوتاسيوم بطاقة إدمصاصية أعلى من السطوح الميسرة لإدمصاص البوتاسيوم في التركيزات الأعلى وهذا يرجع إلى طبيعة مواقع الإدمصاص في حالة التركيزات المنخفضة حيث يبدو أن أيون  $K^+$  المدمص يكون قريباً من هذه المواقع مما يزيد من طاقة التجاذب بينهما ولا يكون ذلك واضحاً في حالة الإدمصاص في التركيزات الأعلى.

ويلاحظ وجود إختلاف بين المعادن المختلفة في طاقة إدمصاصها للبوتاسيوم طبقاً للترتيب التنازلي التالي: في حالة التركيزات المنخفضة:  $CP_2 < BE < CP_1 < PL < CH$ . وبينما في التركيزات الأعلى نسبياً كان الترتيب هو:  $CP_2 < BE < CP_1 < PL < CH$ . ومن هذه النتائج يمكن استنتاج أن المعادن المدروسة تختلف في قدرتها على إدمصاص البوتاسيوم وكذلك الطاقة التي يدمص بها على مواقع الإدمصاص المختلفة سواء في تركيزات الإضافة المنخفضة أو المرتفعة، وأن معدن  $BE$  يتميز على بعض معادن الزيوليتات في السعة الإدمصاصية العظمى للبوتاسيوم وكذلك في طاقة إدمصاصه مما يشير إلى أهمية استخدام هذا المعدن لهذه الأغراض نظراً لإنتشار تكويناته بكثرة كرواسب طبيعية قديمة في الليببات الجافة مقارنة بانتشار معادن الزيوليتات المحدود طبيعياً. **إنطلاق البوتاسيوم ( $K^+$ ) المدمص:** يوضح جدول (٢) كميات  $K^+$  المستخلصة من البوتاسيوم المدمص وذلك لثلاث دورات استخلاص متتالية ويوضح أيضاً % للبوتاسيوم المستخلص في كل مرة منسوباً إلى  $k$  المدمص ( $x/m$ ). توضح النتائج تفاوت كمية  $k$  المستخلصة من معادن الزيوليتات والبتونيت في معاملة الشاهد التي لم يضاف إليها  $k$  وكان أعلى المعادن في إنطلاق البوتاسيوم هو  $PL$  يليه  $CH$  يليه  $CP_1$  يليه  $CP_2$  يليه  $BE$  وأقل المعادن هو معدن  $AN$ . كانت أعلى كميات البوتاسيوم المستخلص في الاستخلاص الأول وتقل في الاستخلاص الثاني والثالث على التوالي عدا عينة  $CP_2$  التي ظهر بها  $K^+$  المستخلص مرتفعاً في الاستخلاص الثاني مقارنة بخطوة الاستخلاص الأول، وربما يرجع هذا السلوك إلى طبيعة مواقع إدمصاص البوتاسيوم في معادن  $CP$  وإختلافها عن مواقع الإدمصاص في المعادن الأخرى تحت الدراسة. بحساب % للبوتاسيوم المستخلص في كل خطوات الاستخلاص المتتالية منسوبة إلى كمية البوتاسيوم المدمص في المعادن المختلفة، يتضح أن المعادن تتفاوت بدرجة ملحوظة في نسب البوتاسيوم المنطلق من المدمص وأن أعلى نسب الإنطلاق كانت في خطوة الاستخلاص الأولى ثم تقل في خطوات الاستخلاص المتتالية حيث تصل إلى الصفر في الخطوة الثالثة في معادن  $AN$  و  $CP_2$ . كان التفاوت في نسب  $K^+$  المستخلص من  $K^+$  المدمص في خطوة الاستخلاص الأولى في المعادن المختلفة على النحو التالي: ( $٥,٥٤ - ٥٠,٥٨$ %) في  $CP_1$ ، ( $٣,٦٢ - ٧,٦٢$ %) في  $CP_2$ ، ( $٣٦,٥ - ٧٩,٣٤$ %) في  $PL$ ، ( $٣٥,٠٦ - ٥٤,٥٤$ %) في معدن  $CH$ ، ( $٣٤,٦ - ٨٣,٦٣$ %) في معدن  $AN$ ، ( $٣١,١ - ٦٣,٢٣$ %) في معدن  $BE$ . ويلاحظ من هذه النتائج أن معدن  $CP_2$  يحتفظ بنسبة عالية جداً من البوتاسيوم المدمص ( $< ٩٢,٣٨$ %) في صورة غير قابلة للتبادل مع  $NH_4^+$  المستخدم في الاستخلاص، في حين كان معدن  $AN$  أكثر المعادن سهولة في تبادل  $K^+$  المدمص مع  $NH_4^+$ . يلاحظ أيضاً تفاوت المعادن المختلفة في نسب  $K^+$  المنطلق من  $K^+$  المدمص في خطوة الاستخلاص الثاني حيث تراوحت بين ( $١,١٤ - ٢,٨٢$ %) في معدن  $CP_1$ ، بين ( $٠,٥٢ - ٠,٠٠$ %) في معدن  $CP_2$ ، بين ( $٤,٥٢ - ٢,٢٥$ %) في معدن  $PL$ ، ( $٨,٠٥ - ٤,٨٧$ %) في معدن  $CH$ ، ( $١,٥٧ - ٠,٠٥$ %) في معدن  $AN$ ، ( $١٠,١٢ - ٥,٤٩$ %) في معدن  $BE$ .

وتؤكد هذه النتائج القدرة العالية لمعدن  $CP_2$  على الاحتفاظ بالبوتاسيوم المدمص ضد الاستخلاص بأيون  $NH_4^+$  في حين كان معدن  $BE$  أكثر المعادن قدرة على إنطلاق نسب أعلى من  $K^+$  المدمص. وفي خطوة الاستخلاص الثالثة لوحظ أن نسب  $K^+$  المستخلص من المدمص كانت قليلة جداً ومنعدمة في بعض المعادن وبصفة عامة كانت هذه النسبة أقل من  $٢,٩٧$ % وأن أكثر المعادن إطلاقاً للبوتاسيوم في خطوة الاستخلاص الثالثة هو معدن  $BE$  وأقلها معدن  $CP_2$ ،  $AN$ . يتضح من هذه النتائج أن المعادن المستخدمة (الزيوليتات والبتونيت) تحتفظ بنسب متفاوتة من البوتاسيوم المدمص حتى بعد تكرار استخلاصه بالأمونيوم وأن نسب عالية تصل إلى أكثر من  $٩٠$ % يحتفظ بها معدن  $CP_2$  في صورة غير متبادلة أو غير قابلة للتبادل مع أيون  $NH_4^+$ .

#### إدمصاص الأمونيوم $NH_4^+$ :

تشير النتائج (جدول ٤) إلى أن الكمية المدمصة من  $NH_4^+$  تزداد بزيادة التركيز المضاف ويزداد أيضاً تركيز محلول الاتزان ( $C$ ) من  $NH_4^+$  وتوضح منحنيات الإدمصاص (شكل ٣) شكل واتجاه الزيادة في قيم ( $x/m$ ) مع زيادة تركيز محلول الاتزان  $C$  ومن الملاحظ إختلاف أشكال المنحنيات في المعادن المدروسة ويتضح ذلك عند مقارنة معدن  $PL$  مع معدن  $CH$  من ناحية وكل من معدن  $AN$  و  $BE$  من ناحية أخرى. حيث كانت قيم  $C$  منخفضة نسبياً وقيم  $x/m$  المقابلة لها عالية في كل من  $PL$  و  $CH$ ، بينما في



معدي AN و BE كانت قيم C مرتفعة نسبيا ، و x/m أقل، كانت القيم المقابلة في حالة معدي CP1 & CP2 متشابهة لحد ما.

جدول (٤) نتائج إدمصاص وانطلاق  $NH_4^+$  بواسطة معادن الزيوليتات والبنتونيت

$NH_4^+$ غير المتبادل***	% للمستخلص من المدمص	$NH_4^+$ **	x/m	C*		عينات المعادن
				التركيز المضاف	ppm	
			mg/ g	mg/ g		
0.52	77.68	1.81	2.33	41.75	100	CP1
0.64	86.61	4.12	4.75	81.90	200	
0.65	90.35	6.06	6.71	232.95	400	
1.00	87.27	6.83	7.83	404.35	600	
4.70	63.86	8.30	13.00	479.50	800	
11.76	46.52	10.23	21.99	650.33	1200	
0.22	90.35	2.04	2.26	43.55	100	CP2
1.14	74.90	3.41	4.55	83.88	200	
1.18	82.25	5.46	6.64	246.47	400	
1.36	82.21	6.30	7.66	408.85	600	
4.88	58.83	6.98	11.86	503.39	800	
14.47	36.10	8.17	22.64	634.05	1200	
0.63	83.98	3.32	3.96	0.00	100	PL
3.43	54.92	4.18	7.60	9.90	200	
2.35	83.25	11.67	14.02	49.45	400	
5.16	74.93	15.43	20.60	85.08	600	
9.80	64.19	17.57	27.37	115.68	800	
10.82	63.96	19.21	30.03	451.65	1200	
0.19	94.43	3.21	3.40	15.13	100	CH
0.78	87.69	5.57	6.35	41.19	200	
1.78	83.78	9.19	10.97	125.88	400	
4.28	73.53	11.88	16.16	203.95	600	
3.90	78.72	14.41	18.30	342.50	800	
9.14	65.94	17.70	26.84	529.20	1200	
0.07	85.48	0.42	0.49	87.92	100	AN
0.39	60.10	0.59	0.98	175.63	200	
2.30	25.44	0.79	3.09	322.75	400	
4.05	16.32	0.79	4.84	478.95	600	
9.19	10.86	1.12	10.31	529.70	800	
22.77	7.01	1.72	24.48	587.98	1200	
0.35	83.58	1.78	2.13	46.73	100	BE
1.00	76.55	3.26	4.26	93.40	200	
2.05	70.70	4.94	6.99	225.50	400	
1.11	87.04	7.45	8.56	385.95	600	
3.62	70.70	8.73	12.35	491.25	800	
14.11	43.67	10.94	25.06	573.55	1200	

• تركيز محلول الأتزان (مجم/لتر) ، \*\* كمية  $NH_4^+$  المستخلص باستخدام ٢ عياري KCl (مجم/مجم) ، \*\*\* الفرق بين الكمية المدمصّة والمستخلصّة (مجم/مجم).



تم تطبيق معادلات الإدمصاص (معادلة لانجمير ، فرنديلش) لوصف إدمصاص  $NH_4^+$  على معادن الزيوليتات وBE. وأظهرت النتائج وجود تفاوت واضح بين المعادن عند استخدام هذه المعادلات . لوحظ انطباق معادلة لانجمير في حالة معدني PL و CH فقط (شكل ٤) حيث تبع زيادة تركيز محلول الاتزان C في مدى التركيزات المستخدمة زيادة في قيم  $C/(x/m)$ .

بينما في حالة معدني CP1 & CP2 ومعدن BE فقد لوحظ انطباق المعادلة في التركيزات المنخفضة من الإضافة (حتى تركيز  $600 ppm NH_4^+$ ) بعدها تقل قيم  $C/(x/m)$  بزيادة تركيز الاتزان C. أما في حالة معدن AN فقد لوحظ انخفاض قيم  $C/(x/m)$  مع زيادة قيم C في كل التركيزات المستخدمة وعدم انطباق المعادلة لوصف إدمصاص الأمونيوم. ويمكن تفسير ذلك بوجود إختلافات واضحة في خواص مواقع إدمصاص الأمونيوم  $NH_4^+$  وبالتالي سلوك  $NH_4^+$  مع هذه المعادن حيث يبدو أن مواقع إدمصاص الأمونيوم  $NH_4^+$  في معادن CP1 & CP2 و BE تسمح بإدمصاص  $NH_4^+$  إلى حد معين من التركيز المضاف الذي تنطبق فيه المعادلة بعدها يحدث سلوك آخر للأمونيوم المضاف لا يمكن وصفه بمعادلة لانجمير . وهذا التفسير صحيح في حالة معدني CH و PL مع إختلاف واضح يعزى إلى وجود مواقع إدمصاص ميسرة لإدمصاص  $NH_4^+$  وانطباق المعادلة في نطاق كل التراكيز المستخدمة، في حين أن مواقع الإدمصاص في معدن AN تختلف عن ما هو موجود في المعادن الأخرى وربما يرجع ذلك إلى طبيعة مواقع إدمصاص  $NH_4^+$  أو لوجود شوائب من معادن أخرى لها تأثير على إدمصاص وسلوك  $NH_4^+$  في معدن AN.

أوضحت النتائج في شكل (٥) أنه من الممكن وصف الإدمصاص بمعادلة فرنديلش بدرجة عالية من الدقة حيث تراوحت قيم معامل الارتباط (r) بين  $0.949 - 0.864$  وكان أعلى ارتباط بين  $\log C$  ،  $\log x/m$  في معدن BE ومعدني CP1 & CP2 وأقلها في حالة معدني CH و PL ويتفق ذلك مع ما وجدته (Kithome et. al., 1998) لوصف إدمصاص  $NH_4^+$  بواسطة معدن CP. توضح النتائج أيضا وجود إختلاف واضح في ميل منحنى الإدمصاص لمعادلة فرنديلش ( $1/n$ ) للعينات المختلفة مما يشير إلى إختلاف في طبيعة المواقع الإدمصاصية بين المعادن المدروسة وكان الميل في حالة معدني CP1 و CP2 هو ( $0.707$  و  $0.731$  على التوالي) وفي حالة معدني PL و CH هو ( $0.510$  و  $0.733$  على التوالي) وكانت أعلى قيم الميل لمعدن AN ( $1.335$ ) في حين تشابهت قيم الميل لمعدن BE مع معدن CH ومعدني CP1 & CP2. أوضحت نتائج حساب معامل التوزيع  $k_d$  من معادلة فرنديلش لكل معدن وتشير النتائج إلى إختلاف قيم  $k_d$  من معدن إلى آخر وكانت كالاتي:  $1.062$  ،  $1.029$  ،  $1.0$  ،  $2.248$  ،  $2.047$  ،  $2.626$  ،  $0.922$  ، وذلك لمعدن CP1 ، CP2 ، PL ، CH ، AN ، BE على التوالي. وهذا يدل على إختلاف في طبيعة مواقع إدمصاص  $NH_4^+$  في المعادن المدروسة خاصة في حالة معدن AN ووجود تشابه واضح لإدمصاص الأمونيوم  $NH_4^+$  بواسطة معدن BE ومعدن CH، ومعدني CP1 & CP2 وعليه فمن الممكن استخدام BE في هذه التطبيقات بدلا من الزيوليتات حيث أن كفاءته مشابهة لحد كبير لبعض معادن الزيوليتات وربما يتفوق على بعض معادن الزيوليتات الأخرى مثل معدن AN.

#### إطلاق $NH_4^+$ المدمص بواسطة محلول KCl :

توضح النتائج بالجدول رقم (٤) كميات  $NH_4^+$  المستخلصة بمحلول KCl ويلاحظ أن قيم الأمونيوم  $NH_4^+$  المستخلصة من العينات غير المعاملة بالأمونيوم (عينات الشاهد) كانت منعدمة ولم يتم وضعها في الجدول ٤ . يتضح أيضا زيادة الكميات المنطلقة من  $NH_4^+$  بزيادة الكميات المدمصة من كل العينات وكان متوسط الكميات المنطلقة من  $NH_4^+$  المدمص في المعادن المدروسة بالترتيب التالي  $PL < CH < CP1 < BE < CP2 < AN$  وعلى ذلك يتضح أن أقل المعادن قدرة على إطلاق  $NH_4^+$  المدمص هو معدن AN وأظهرت النتائج أن سلوك معدن BE كان متوسطا مقارنة بالمعادن الزيوليت الأخرى. تشير نتائج حساب  $NH_4^+$  المنطلق كنسبة مئوية من  $NH_4^+$  المدمص (جدول ٤) إلى إنخفاض نسبة  $NH_4^+$  المنطلق من المدمص ، حيث كانت النسبة مرتفعة في التراكيز المنخفضة من  $NH_4^+$  المدمص وتقل تدريجيا بزيادة تركيزات  $NH_4^+$  المدمصة. ويدل ذلك إلى تحول جزء من  $NH_4^+$  المدمص إلى صورة غير قابلة للإستخلاص بواسطة KCl ، وكان هذا السلوك أكثر وضوحا في حالة معدن AN في التركيزات المرتفعة ، حيث تراوحت نسبة  $NH_4^+$  المستخلص بالنسبة للمدمص بين ( $0.1 - 85\%$ ).





غير المتبادل بزيادة الكمية المدمصة.  $NH_4^+$  غير المتبادل (جدول ٤) يلاحظ ارتفاع كمية  $NH_4^+$  بحساب في صورة غير قابلة  $NH_4^+$  ويمكن تفسير هذا السلوك بوجود مواقع في تركيب هذه المعادن تسمح بإدمصاص . تتشابه معظم المعادن في هذا السلوك  $NH_4^+$  خاصة في تركيزات الإضافة المرتفعة من  $K^+$  للتبادل بواسطة في الصورة غير المتبادلة في المعادن المختلفة ويرتبط ذلك بتفاوت الكميات  $NH_4^+$  مع ملاحظة تفاوت كميات يعكس سلوكاً مختلفاً نسبياً عن معظم المعادن AN بكل معدن ، تشير النتائج إلى أن معدن (x/m) المدمصة غير المتبادل في تركيزات الإضافة المرتفعة عالية بينما الكمية المستخلصة منخفضة  $NH_4^+$  حيث كانت كمية في صورة غير قابلة للتبادل مقارنة بالمعادن  $NH_4^+$  جدا، وبدل ذلك على تميز هذا المعدن في مسك كاتيون الأخرى وذلك لإختلاف مواقع التبادل بالمعدن كما سبق الإشارة إليه. ومن جهة أخرى تشير النتائج إلى المدمص بهذان المعدنان في  $NH_4^+$  إلا أن معظم CH و PL غير المتبادل في معدني  $NH_4^+$  انخفاض قيم المنطلق خاصة في التركيزات المرتفعة. و عليه  $NH_4^+$  ويؤكد ذلك ارتفاع نسبة  $K^+$  صورة قابلة للتبادل مع كليا منه في  $NH_4^+$  وصعوبة انطلاق  $NH_4^+$  كحامل لأيون AN يمكن استنتاج الأهمية البالغة لمعدن (Johnson et al.) الاستخلاص الأول مما يدل على أهميته كمصدر انطلاق بطيء للأمنيوم المدمص كما أشار ويؤكد ذلك الكميات الغير مستخلصة حيث كانت مرتفعة نسبياً في التركيزات العالية في معدن (1983). AN BE ثم معدن PL و CP1 & CP2 يلي ذلك معدن AN وبصفة عامة أوضحت نتائج هذه الدراسة أن معدن PL يليه معدن CH ومعدن BE لها قدرات عالية على إدمصاص البوتاسيوم والأمونيوم وتبرز أهمية رواسب BE كونه أكثر انتشاراً في التكوينات الأرضية المختلفة من معادن الزيوليت. كما أظهرت النتائج سهولة إنطلاق البوتاسيوم المدمص مع تكرار الإستخلاص مما يشير إلى أهمية المعادن المدروسة في إدمصاص وتوزيع إنطلاق البوتاسيوم والأمونيوم على فترات متتالية مما يؤكد على إمكانية إستخدام هذه المعادن في المجالات التطبيقية لمسك وإطلاق البوتاسيوم والأمونيوم بحيث يكون ميسراً للنبات.

## REFERENCES

- Allen, E. R., L.R. Hossner, D. W. Ming and D. L. Henninger. 1993. Solubility and cation exchange in phosphate rock and ammonium-and potassium-saturated clinoptilolite mixtures. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:1368-1374.
- Allen, E. R., L.R. Hossner, D. W. Ming and D. L. Henninger. 1995. Modeling transport kinetics in clinoptilolite-phosphate rock systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:248-255.
- Allen, E. R., L.R. Hossner, D. W. Ming and D. L. Henninger. 1996. Release rates of phosphorus, ammonium, and potassium in clinoptilolite-phosphate rock systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:1467-1472.
- Barbarick, KA., AND H. J. Pirela. 1984. Agronomic and horticultural uses of natural zeolites: A review, p.93-103. In W. G. Pond and F. A. Mumpton (ed.). Zeo-agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture. Westview Press, Boulder, CO.
- Ferguson, G. A., and I. L. Pepper. 1987. Ammonium retention in sand amended with clinoptilolite. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:231-234.
- Haliday, S. L., and M. L. Walfe. 1991. Assessing ground water pollution potential from nitrogen fertilizer using a geographic information system. Water Resour. Bull. 27:237-245.
- Hershey, D. R.; J. L. Paul and R.M.Carson. 1980. Evaluation of potassium enriched clinoptilolite as a potassium source of potting media. HortScience 15:87-89.

- Johnson, P.A.; R.P.Hiron, and A.Pemberton. 1983. The use of zeolite as an additive for composts for vegetable transplant production and pot plants. *J. Sci. Food Agric.* 34:267-268.
- Kithome, M.; J.W. Paul; L.M. Lavkulich, and A.A. Bomke. 1998. Kinetics of ammonium adsorption and desorption by the natural zeolite clinoptilolite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62:622-629.
- Laurent, D. 1993. Atlas Of Industrial Minerals. Ministry of Petroleum and Mineral Resources. Saudi Arabian Directorate General Of Mineral Resources in cooperation with the Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia, pp. 34-43.
- Lewis, M. D. 1981. Clinoptilolite as a N, K and Zn source for plants. M. Sc. Thesis, Dep. Of Horticulture, Colorado State University, Fort Collins.
- Lewis, M. D., F. D. Moore III, and K. L. Goldsberry. 1984. Ammonium exchanged clinoptilolite and granulated clinoptilolite with urea as nitrogen fertilizers, p. 105-111. In W.G.Pond and F. A. Mumpton (ed.) *Zeo-agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*. Westview Press, Boulder, CO.
- Ming D. W., and F. A. Mumpton. 1989. Zeolites in soils Pp 873-907. In J. B. Dixon and S. B. Weed (ed) *Minerals in Soil Environments*, 2<sup>nd</sup> ed., Soil Sci. Soc. Am., Madison WI. USA.
- Nishita, H., and R. M. Haug. (1972). Influence of clinoptilolite on Sr 90 and Cs 137 uptakes by plants,. *Soil Sci.* 114-149-159.
- Owens, L. B., W. M. Edwards, and R. W. Van Keuren. 1992. Nitrate level in shallow groundwater under pastures receiving ammonium-nitrate or slow-release nitrogen fertilizer. *J. Environ. Qual.* 21: 607-613.
- Park, M. and S. Komarneni. 1997. Ammonium nitrate occlusion vs. nitrate ion exchange in natural zeolites. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62:1455-1459.
- Petrov, G. S.; I. A. Petkov, H. I. Etropolski, D. N. Dimitrov, N.N. Popov, and A. I. Uzunov. 1982. Substrate for cultivation of agricultural crops and rooting of green cuttings in greenhouses and in open air. U.S. Patent 4, 337,078. June 29, 1982.
- Pond, W.G. and F. A. Mumpton 1984.(ed.). *Zeo-agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*. Westview Press, Boulder, CO.
- Susic, M. V., N. A. Petranovic, and D. A. Moic. 1971. The properties of zeolite 4A treated in molten salt. *J. Inorg. Nucl. Chem.* 33:2667-2675.
- Weber, M. A., K. A. Barbarick, and D. G. Westfall. 1984. Application of clinoptilolite to soil amended with municipal sewage sludge. P.263-271. In W. G. Pond and F. A. Mumpton (ed.). *Zeo-agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*. Westview Press, Boulder, CO.

## **CHARACTERISTICS OF K<sup>+</sup> AND NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ADSORPTION AND DESORPTION BY NATURAL BENTONITE AND ZEOLITE MINERALS**

**Falatah, A. M.; A. S. Sheta; A. Sh.Sallam and M. Al-Sewailem**  
Soil Science Department, College. of Agric., King Saud University  
P.O.Box 2460 - Riyadh11451

### **ABSTRACT**

Zeolite mineral group is one of the tectosilicates that characterized by three dimensional framework structure with cation exchange capacity (CEC) more than phyllosilicates such as bentonite mineral. The behaviour of K and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> with these minerals are important for increasing fertilizer efficiency of K and N. The main objective of this research was to study the sorption characteristics of K<sup>+</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> by bentonite and five zeolite minerals (i.e. analcime, chabazite, phillipsite, and clinoptilolite 1 and 2). Results indicated that K sorption followed the Langmuir equation at two stages. The 1<sup>st</sup> staged at low concentrations up to 600 ppm K while the 2<sup>nd</sup> stage at 800-1600 ppm range. Binding energy (k<sub>d</sub>) at the 1<sup>st</sup> stage range from (2.7-14.66)10<sup>-2</sup> lmg<sup>-1</sup> and the maximum adsorption (b) in the range of 2.23-30.3 mg g<sup>-1</sup>. At the 2<sup>nd</sup> stage k<sub>d</sub> value ranged from (1.3-7.41)10<sup>-3</sup> and b value from 18.52-59.17 mg g<sup>-1</sup>. The highest b value was obtained with phillipsite followed by chabazite, bentonite and clinoptilolite 1 and 2. Data of sorbed K indicated that the amount of K extracted decreased with the repeat of the extraction. Phillipsite showed the highest amount of extracted K<sup>+</sup>, while the lowest amount was found with clinoptilolite . Amonium sorption data followed the Freundlich equation where bentonite, chabazite and phillipsite minerals showed more ability to adsorp NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Desorption data indicated that most of the sorbed amonium was extracted in the 1<sup>st</sup> extraction by KCl. Analcime mineral was capable to retained NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in the nonexchangeable form followed by phillipsite and clinoptilolite 1 and 2. We concluded that the ability of zeolites to retain K<sup>+</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> was high and there were differences between the studied minerals in sorption and desorption characteristics. On the other hand bentonite, the most common clay mineral in arid and semiarid regions, showed an intermediate ability between the studied zeolite minerals for K<sup>+</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sorption.