دراسة التنبؤ بنسبة الصوديوم المتبادل باستخدام نموذجين مختلفين في المنطقة الواقعة بين تاورغاء وأبوقرين

فرج فرج أبوشناف[1] ، حسام محمد قدح[2]

قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة بني وليد، بني وليد، ليبيا[1]

قسم البيئة والموارد الطبيعية، كلية الزراعة، جامعة الزيتونة، ترهونة، ليبيا[2]

farajaboshnaf@bwu.edu.ly

المستخلص:

تلعب العلاقات بين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة دورًا رئيسيًا في تسهيل قياس خصائص التربة، لاسيما قياس نسبة الصوديوم المتبادل Exchangeable Sodium percentage (ESP)، والذي غالبًا ما يستخدم اختبارات معملية شاقة ومستهلكة للوقت. الهدف من هذه الدراسة هو التحقيق في كفاءة نموذج مختبر الملوحة في الولايات المتحدة United States Salinity Laboratory (USSL) ونموذج ESP – (SAR+Ec+Na) للتنبؤ بنسبة الصوديوم المتبادل (ESP) من نسبة ادمصاص الصوديوم Sodium Adsorption Ratio (SAR). لهذا الغرض، أخذت بيانات 45 عينة تربة من واقع نتائج دراسات التربة للمنطقة الواقعة، بين تاورغاء وابوقرين. تم تقدير نسبة الصوديوم القابلة للتبادل (ESP) كدالة للبحث وكذلك SAR من أجل مقارنة النتائج المتوقعة مع ESP المقاس باستخدام الاختبارات المعملية. أظهرت النتائج أنه في عينات التربة المالحة كان الخطأ المعياري في المتوسط (SEM) من قيم ESP المتحصل عليها من النموذجين USSL وESP – (SAR+Ec+Na) هو (1.084) و (1.463) على التوالي. وكان الخطأ المعياري للمتوسط (SEM) من قيم ESP المتوقع الذي حصل عليه نموذج USSL هو (0.7034) بينما القيمة كانت (0.6070) في النموذج ESP-SAR.

تبين من خلال النتائج الاحصائية المتحصل عليها من النمودج الأمريكي USSL للتنبؤ بقيم الصوديوم المتبادل (ESP) انها كانت اكثر فاعلية من النمودج ESP – (SAR+Ec+Na) رغم عدم وجود اختلاف معنوي بين كلا نموذجين وقيمة (ESP) المقاسة معملياً. ونتيجة لذلك فأنه يوصى باستخدام النموذج مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الأمريكي USSL للتنبؤ بقيم الصوديوم المتبادل.

الكلمات الدالة: *ESP ، SAR، الملوحة.*

مقدمة:

تتطلب الممارسات الزراعية في المناطق الجافة وشبه الجافة معلومات مستمرة عن ملوحة التربة وقلويتها (صودية) بسبب تأثيرها السلبي على خصائص التربة الطبيعية والكيميائية (Elbashier et al., 2016) حيث إذا ما زادت نسبة الصوديوم المتبادل عن (15%) فإن ذلك يؤدي إلى تفرق غرويات وحبيبات التربة المعدنية ومن ثم نزوحها وانتقالها إلى أسفل قطاع التربة وكذلك عدم ثبات بناء التربة مما يؤدي إلى نشوء طبقات طينية صماء شديدة التماسك، أما الطبقات السطحية فأنها تكون مفككة نتيجة لفقدها للطين. وعلاوة على ذلك فزيادة نسبة الصوديوم في التربة يؤدي إلى تدهور خواصها الطبيعية مما يجعل من خدمتها صعبة نظراً للزوجتها عند الابتلال وتكوينها لكتل كبيرة متماسكة عندما تكون جافة وكذلك إنخفاض نفاذيتها للماء والهواء نتيجة تفريق حبيبات التربة يؤدي إلى تشتت

في مجاميع التربة المعدنية ويؤدي هذا التراكم إلى تكوين طبقة عالية من الكثافة الظاهرية وقليله النفاذية للماء والهواء (Elbashier et al., 2016; Graaff and Patterson, 2001). ذكرا أن ملوحة التربة تشير إلى التركيز الكلي للأملاح في التربة وتشير صودية التربة إلى كمية الصوديوم القابلة للتبادل بالنسبة إلى الكاتيونات الأخرى القابلة للتبادل. بالإضافة إلى ذلك، أفاد (Zare et al., 2016; Keshavarzi and Sarmadina, 2012) أن الأملاح القابلة للذوبان تؤثر على إنتاجية التربة بطريقتين رئيسيتين هما: التأثير الكلى للأملاح (التأثير الأسموزي)، و يسمى التأثير الآخر بالتأثير النوعي وهو تأثير نوع معين من الأملاح على النبات، سواء عند تركيز مرتفع أو تركيز منخفض من هذا الملح . بغض النظر عن التركيز الكلى للأملاح والتأثير الأسموزي، فهو خاص بعلاقة النبات بالماء تحت ظروف الملوحة المرتفعة، أى أن ارتفاع تركيز الأملاح بمحلول التربة يؤدى إلى ارتفاع الضغط الأسموزي لهذا المحلول، وبالتالي فإن حركة الماء إلى النبات تتقيد، ومن ثم فان معدلات امتصاص النبات للماء تنخفض. بالإضافة إلى ما ذكر سابقاً، أوضح (Shirmohammadi and Heydari, 2020)، أن التربة الصودية يمكن حسابها من خلال نسبة ادمصاص الصوديوم في التربة (SAR) ونسبة الصوديوم القابلة للتبادل (ESP) ويتم تعريفهما على طريق المعادلتين الآتيتين:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad (1)$$

$$ESP = \frac{Na}{CEC} \quad (2)$$

لاحظ (Musslewhite & Song, 2006) أن قياس ESP يتطلب اختبارات معملية شاقة ومستهلكة للوقت من خلال تحديد السعة التبادلية الكاتيونية للتربة (CEC) وقابلية Na^+ للتبادل، وبالتالي فإن التنبؤ بقيمة ESP من خلال حساب SAR مفيد بسبب وجود علاقة بينهما. العلاقة بين نسبة الصوديوم القابلة للتبادل (ESP) ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) أمر بالغ الأهمية في تقييم صودية التربة. بينت دراسات مختلفة هذه العلاقة باستخدام مناهج مختلفة في حين أظهرت الأبحاث أنه يمكن تقدير ESP عن طريق SAR باستخدام المعادلات الخطية واللوغاريتمية، وكذلك من خلال نماذج الشبكات العصبية (Gharaibeh et al., 2021). وبالإضافة إلى ذلك، تم بحث نموذج مختبر الملوحة بالولايات المتحدة ونموذج ESP-SAR للتنبؤ بمقدار ESP من خلال تحديد قيمة SAR، مما دل على كفاءة تنبؤ متفاوتة بناءً على مستويات ملوحة التربة (Kargas et al., 2023). تكمن الآلية الكامنة وراء هذه العلاقة في الارتباط المباشر بين كمية الصوديوم القابلة للتبادل في التربة وقدرة ادمصاص الصوديوم، والتي تتأثر بعوامل مثل قوام التربة، نوعية معادن الطين ومستويات الملوحة (علي وياسين، 2017). من ناحية أخرى أشار (Endo et al., 2002) إلى وجود مشكلة رئيسية عند استخدام العلاقة بين ESP وSAR لحساب النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ترجع إلى الاختلاف في معامل الأفضلية لتفاعلات التبادل الأيوني في الترب الملحية بسبب الاختلاف في كمية ونوع الأملاح وخصائص المحلول. نتيجة للعلاقة السالف ذكرها، أصبحت SAR أداة مهمة للتنبؤ بـ ESP في التربة المتأثرة بالأملاح، حيث توفير منهجية سهلة واقتصادية لتقدير ESP التربة (Niknamian, 2019; Gharaibeh et al., 2021).

إن الهدف من هذه الدراسة هو البحث والتحقق من كفاءة نموذج مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الأمريكية USSL (United States Salinity Laboratory) والنمودج الآخر وهو طريقة المربعات الصغرى (Least Squares Method). من خلال نموذج الانحدار الخطي المتعدد والذي يقيس العلاقة بين متغير تابع ESP وعدد من المتغيرات المستقلة مثل درجة التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity (EC) وكاتيون الصوديوم Na ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) للتنبؤ بنسبة الصوديوم المتبادل (ESP).

مواد وطرق البحث:

1. أخذ البيانات.

أخذت بيانات 45 عينة تربة من واقع نتائج دراسات التربة التي قام بها جهاز النهر الصناعي فرع المنطقة الغربية بالإضافة إلى الدراسة التي قامت بها وزارة الزراعة عن طريق مكتب الاستشارات الهندسية الألماني Wakuti Karl Erich للمنطقة الواقعة بين تاورغاء وأبوقرين. يبين الجدول (1) بعض الخصائص الكيميائية للتربة.

جدول (1) بعض الخصائص الكيميائية للتربة.

	OM	CaCO3	PH	Ec	CEC	Ca	Mg	K	Na	SAR
Mean	0.91	21.58	8.46	16.27	8.534	5.378	1.09	0.865	1.286	15.61
Standard Error	0.13	2.08	0.04	2.95	7.17	40.95	0.45	0.40	0.09	0.07
Standard Deviation	0.86	13.96	0.26	19.76	3.043	2.687	0.630	0.465	1.567	21.31
Minimum	3.30	65.60	8.90	84.70	224.00	1185.00	15.60	11.20	3.00	2.90
Maximum	0.09	1.60	8.00	1.10	2.00	2.40	2.40	0.20	0.05	0.35

2. نموذج طريقة المربعات الصغرى (Least Squares Method).

هي تقنية إحصائية تُستخدم لتقدير العلاقات بين المتغيرات، تهدف هذه الطريقة إلى تقليل الفرق بين القيم الملاحظة والقيم المقدرة من خلال نموذج رياضي معين مثل نموذج الانحدار الخطي المتعدد والذي يقيس العلاقة بين متغير تابع وعدد من المتغيرات المستقلة وتعتمد هذه الطريقة أساساً على حساب الأخطاء حيث يتم حساب الفرق بين القيم الملاحظة والقيم المقدرة بواسطة النموذج، ويُعرف هذا الفرق في الأخطاء بالمتبقيات (residuals) ومن ثم تقليل مجموع مربعات هذه الأخطاء. وبعد ذلك إيجاد القيم المثلى باستخدام التفاضل أو طرق التحسين التي تقلل من مجموع المربعات، وأخيراً تقييم النموذج بعد إيجاد القيم المثلى، يتم تقييم النموذج من خلال مقاييس مختلفة مثل معامل التحديد R^2 أو تحليل المتبقيات. وتم تطبيق هذه الطريقة في برنامج الإكسل باستخدام دالة LINEST.

تم اختيار درجة التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity (EC) وكاتيون الصوديوم Na ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) كمتغيرات مستقلة فيما تم وضع الصوديوم المتبادل (ESP) كمتغير تابع حيت أظهرت نتائج الارتباط في الجدول رقم (2) أن هناك علاقة قوية بين ESP وEC و SAR و Na.

جدول (2) الارتباط بين الخصائص الكيميائية للتربة.

	$CaCo_3$	PH	Ec	Ca+Mg	Na	SAR	ESP	Clay	Silt	Sand
CaCo3	1									
PH	0.01	1								
Ec	0.13	-0.03	1							
Ca+Mg	0.12	-0.07	0.98	1						
Na	0.12	0.03	0.96	0.97	1					
SAR	0.14	-0.02	**0.96**	0.96	0.97	1				
ESP	0.18	-0.09	**0.93**	0.93	**0.90**	**0.97**	1			
Clay	0.45	0.25	0.05	0.05	0.12	0.14	0.12	1		
Silt	0.35	0.13	0.17	0.18	0.18	0.19	0.16	0.44	1	
Sand	-0.41	-0.15	-0.23	-0.23	-0.26	-0.29	-0.25	-0.75	-0.87	1

3. نموذج مختبر الملوحة في الولايات المتحدة United States Salinity Laboratory (USSL).

يستند هذا النموذج على العلاقة بين نسبة الصوديوم القابلة للتبادل (ESP) ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) وفق المعادلة التالية: (Richards, 1954).

$$ESP = [100 (-0.0126 + 0.01475\ SAR)] / [1 + (-0.0126 + 0.01475\ SAR)] \quad (3)$$

التحليل الإحصائي:

إجري تحليل التباين ANOVA للنتائج المتحصل عليها حيث تم تحديد SE (Standard Error) للمتوسطات وكذلك تم تحديد SD (Standard Deviation) للفروقات وقيمة P – Value.

النتائج والمناقشة:

يوضح الجدول رقم (3) قيم ESP المتحصل عليها من النمودجينو القيم المحسوبة معمليا. فيما يوضح الجدول رقم (4) تحليل التباين ANOVA لهذه النتائج، فمن خلال نتائج التحليل الاحصائي يمكن ملاحظة أنه لا توجد فروق معنوية بين قيم ESP المحسوبة وقيم ESP المتحصل عليها من خلال النموذجين، بالإضافة إلى ذلك، أظهر التحليل الإحصائي أن قيمة P في النموذج الأول (USSL) كانت 0.758 فيما كانت 0.946 في النموذج الثاني (SAR+Ec+Na) – ESP فيما بلغت قيمة SE 2.35 و 2.31 للنموذجين الأول والثاني على التوالي. أما قيمة SD فكانت على النحو الآتي 15.76 للنموذج الأول و15.53 للنموذج الثاني.

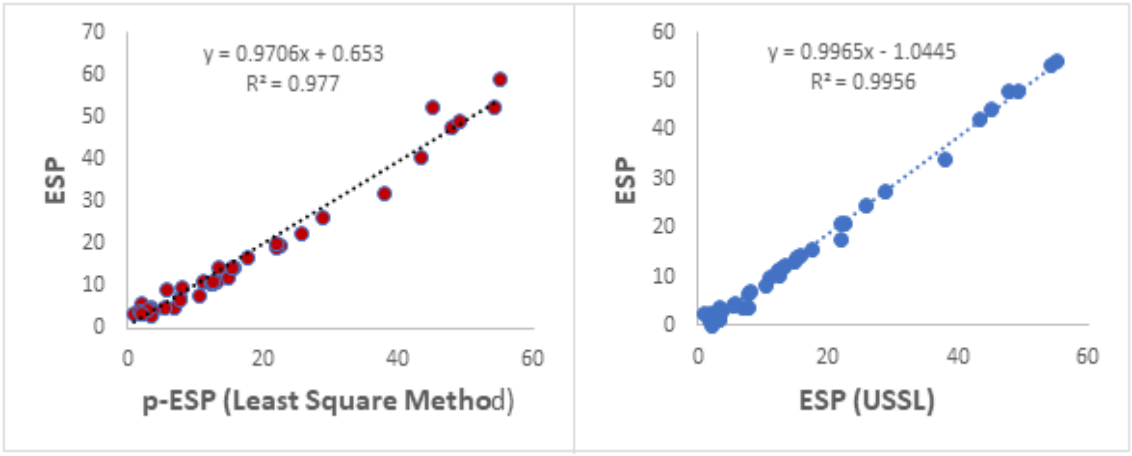
كما أنه من خلال دراسة العلاقة في الشكل (1) (أ، ب) فأنه يمكن ملاحظة أن قيم R^2 للنموذج الأول تساوي 0.99 بينما كانت 0.98 للنموذج الثاني.

جدول (3) قيم ESP الفعلية والمتوقعة باستخدام نموذج USSL ونموذج ESP – (SAR+Ec+Na).

رقم العينة	القيم الفعلية ESP	نموذج USSL	نموذج ESP SAR+Ec	SAR	Na	Ec	رقم العينة	القيم الفعلية ESP	نموذج USSL	نموذج ESP SAR+Ec	SAR	Na	Ec
1	47.7	47.99	48.04	63.4	766	59.4	24	3.1	2.09	3.75	2.3	1.8	5.2
2	13.1	11.89	11.13	10	55	8.3	25	6.8	3.89	5.37	3.6	3.8	11.3
3	11	10.13	11.28	8.5	45	12.4	26	12.5	11.66	11.42	9.8	7.4	38
4	13.3	12.57	14.61	10.6	57	18.4	27	3	1.66	4.20	2	4.2	4.2
5	15.6	14.44	14.54	12.3	63	13.3	28	1.8	2.65	4.39	2.7	2.4	3.8
6	12.2	11.08	10.94	9.3	45	8.5	28	5.4	4.30	5.29	3.9	1.9	7.2
7	14.8	13.35	12.38	11.3	60	8.9	30	0.9	2.51	3.92	2.6	1.2	4.2
8	2	1.23	3.64	1.7	5	3.4	31	2.3	2.23	3.72	2.4	1.2	4.1
9	10.4	8.56	7.95	7.2	32	3.5	32	3.3	3.48	4.98	3.3	3.2	9.3
10	12.5	10.37	10.79	8.7	38	9	33	3.3	3.89	4.83	3.6	1.1	5.5
11	2.5	1.66	3.84	2	8.5	3.6	34	3.6	3.07	4.36	3	1.7	6.6
12	7.7	6.80	7.60	5.8	29	6.6	35	3.1	2.09	3.71	2.3	1.7	5.6
13	49.1	48.03	49.40	63.5	732	58.6	36	2	0.80	6.31	1.4	13.3	3.4
14	45	44.40	52.72	55	350	41.6	37	3.3	1.23	3.45	1.7	3	6.5
15	43.2	42.52	40.93	51	528	41.6	38	1.8	0.80	4.01	1.4	5.7	5.1
16	54.2	53.55	52.59	79	1185	84.7	39	2.7	1.38	4.75	1.8	7.2	7.3
17	55.1	54.48	58.99	82	1031	73.3	40	5.7	4.57	9.65	4.1	18.6	24
18	25.7	24.62	22.56	23	138	15.6	41	7.9	7.05	9.71	6	14	35
19	15.2	14.12	14.61	12	66	15	42	21.8	17.96	20.30	15.7	34.7	152
20	37.9	34.14	32.00	36	324	31.5	43	17.5	15.82	16.91	13.6	24.3	112
21	28.8	27.83	26.40	27	194	23.5	44	7.7	4.03	7.83	3.7	13	19
22	22.6	21.11	20.03	19	103	15.3	45	2	0.36	3.77	1.1	5.5	2.4
23	21.8	21.11	19.32	19	116	14.8							

جدول (4) التحليل الإحصائي.

النموذج	الانحراف المعياري (SD)	معدل الخطأ القياسي (SE)	p-value
الفعلية & النموذج الأول	15.76	2.35	0.758
الفعلية & والنموذج الثاني	15.53	2.31	0.946



(أ) (ب)

شكل1.(أ، ب): العلاقة بين ESP المقاسة للتربة مع قيم ESP المتوقعة باستخدام والنموذجين USSL و ESP-(SAR+Ec+Na).

من خلال النتائج السابقة يتبين أن النموذج المستخدم في هذه الدراسة مقارنة مع النموذج الأمريكي هي أكثر دقة من النماذج التي استخدمها كلاً من (Rashidi et al., 2008; Elbashier et al., 2016).

الخلاصة:

نستخلص من هذه الدراسة أن النتائج المتحصل عليها عن طريق نموذج طريقة المربعات الصغيرة (SAR+Ec+Na) ESP – للتنبؤ بقيم الصوديوم المتبادل متشابهة إلى حدٍ كبير مع النتائج المتحصل عليها من النموذج الأمريكي (USSL) بحيث أن الاختلاف المعنوي بين نتائجهما لم يكن معنوياً وبناءً عليه فأنه يمكن الاعتماد على نموذج طريقة المربعات الصغرى للتنبؤ بقيم ESP من خلال SAR, Ec, Na كما أنه يوصى بتطوير نماذج أخرى باستخدام عوامل أخرى مختلفة مثل بعض الخصائص الكيميائية والطبيعية للتربة.

المراجع:

البلداوي، عبد الحميد عبد المجيد. (2007). أساليب البحث العلمي والتحليل الإحصائي. دار الشروق للنشر والتوزيع. عمان الأردن.

البدران، علاء حسين علي وياسين، محمد مالك. (2016). تأثير نوع معدن الطين والقوة الأيونية في العلاقة بين نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP). مجلة البصرة للعلوم الزراعية مجلد. 29، ع. 1، ص. 138-153.

البدران، علاء حسين علي وياسين، محمد مالك. (2017). دور بعض خصائص ترب محافظة البصرة في العلاقة بين النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR) مجلة الزراعة العراقية البحثية، المجلد22، العدد1، الصفحات 67-80.

Elbashier, M.M., Ebrahim, M.H., Musa, A.A., Ali, A.A., and Mohamm, M.A. (2016). Efficiency of two models for prediction of exchangeable sodium percentage from sodium

adsorption ratio on saline and non-saline soil. Univ. J. Agric. Res., 4: 32-36
Endo, T., Yamamoto S., Honna, T., and Eneji, A.E. (2002). Sodium-calcium exchange selectivity as influenced by clay minerals and composition. Soil Sci., 167: 117-125.
Gharaibeh, M. A., Albalasmeh, A. A., Pratt, C., & El Hanandeh, A. (2021). Estimation of exchangeable sodium percentage from sodium adsorption ratio of salt-affected soils using traditional and dilution extracts, saturation percentage, electrical conductivity, and generalized regression neural networks. *Catena*, *205*, 105466.
Graaff, R. and Patterson, R. A. (2001). Explaining the Mysteries of Salinity, Sodicity, SAR and ESP in On-site Practice in Proceedings of On-site '01 Conference: Advancing On-site Wastewater Systems, Lanfax Laboratories, Armidale. pp: 361 – 368.
Kargas, G., Londra, P. A., Koka, D., & Sgoubopoulou, A. (2023). Relationships between saturated paste and 1: 1 or 1: 5 soil/water extract sodium adsorption ratios. *Irrigation and Drainage*, *72*(2), 503-514.
Keshavarzi , A. and Sarmadian, F. (2012). Mapping of Spatial Distribution of Soil Salinity and Alkalinity in a Semi-arid Region, Annals of Warsaw University of Life Sciences, Land Reclamation. 44 (1) 3–14.
Musslewhite, B., & Jin, S. (2006). *SALINITY AND SODICITY INTERACTIONS OF WEATHERED MINESOILS IN NORTHWESTERN NEW MEXICO AND NORTH EASTERN ARIZONA*. Western Research Institute.
Niknamian,, S. (2019). Estimation of Exchangeable Sodium Percentage with the Aid of Sodium Adsorption Ratio in Sedimentary Soils.
Rashidi, M. A. J. I. D., & Seilsepour, M. O. H. S. E. N. (2008). Sodium adsorption ratio pedotransfer function for calcareous soils of varamin region. *Int. J. Agric. Biol*, *10*, 715-718.
Richards, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saIins and aIkaIine soiIs.u.s.Dept . of Agric .H and book No .60
Shirmohammadi-Aliakbarkhani, Z., & Heydari, S. (2020). Modeling of Exchangeable Sodium Ratio on the Saline Soil. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, *23*(2), 159-165.

A study on predicting the Exchangeable Sodium Percentage (ESP) using two different models in the area between Tawergha and Abu Qurayn.

Farag. F. Abushnaf[1], Hussam. M. Gadeh[2]
[1]Department of soil and water, Faculty of Agriculture, Bani Walid University - Libya
[2]Department of Environment and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Azzaytuna University, Libya
farajaboshnaf@bwu.edu.ly

Abstract:

The interactions between soil's physical and chemical properties are crucial in simplifying the measurement of soil characteristics, especially the measurement of the Exchangeable Sodium Percentage (ESP), which often requires labor-intensive and time-consuming laboratory tests.This study aims to evaluate the effectiveness of the United States Salinity Laboratory (USSL) model and the (SAR+EC+Na) - ESP model in predicting the Exchangeable Sodium Percentage (ESP) using the Sodium Adsorption Ratio (SAR) as a basis.To achieve this purpose, data from 45 soil samples were taken based on soil study results from the area between Tawergha and Abu Qurayn. The Exchangeable Sodium Percentage (ESP) was estimated as a research variable, as well as SAR, to compare the predicted results with the ESP measured using laboratory tests.The results showed that, in saline soil samples, the standard error of the mean (SEM) of ESP values obtained from the USSL and (SAR+EC+Na) - ESP models was 1.084 and 1.463, respectively. The SEM of the predicted ESP values obtained from the USSL model was 0.7034, while the value was 0.6070 in the ESP-SAR model. The statistical results obtained from the USSL model for predicting Exchangeable Sodium Percentage (ESP) showed that they were quite similar to those from the (SAR+EC+Na) - ESP model, as there was no significant difference between the two models and the laboratory-measured ESP values.

Keywords: *ESP ،SAR, Salinity.*