

الدليل الإرشادي في تفسير ودلالة قياسات تحليل التربة المياه

إعداد

د/د صادق على احمد الرئيس
رئيس بحوث متفرغ

د/ طارق عبد الرحمن ابو الضيفان
رئيس بحوث متفرغ



راجعه

د/د حسام الدين محمود الخولى
رئيس بحوث متفرغ

٢٠١٩م

فهرس الموضوعات

الصفحة	الموضوع
١	فهرس الموضوعات
٢	مقدمة
	الباب الأول
٣	تفسير ودلالة القياسات الكيمائية للتربة .
٣	إعتبرات هامه يجب مراعاتها عند إجراء تحاليل للتربة .
٧	مقدمة التحليلات الكيمائية
١٠	<u>اهم الخواص الكيمائية للتربة :</u>
١٠	١ . رقم حموضة (تفاعل) التربة " Soil pH "
١٧	٢ . السعة (القدرة) التنظيمية للتربة
١٨	٣ . الأكسدة والإختزال
١٩	٤ . الأراضي المتأثرة بالأملاح
٣٥	٥ . قياس الكاتيونات القابلة للتبادل
٣٦	(I) السعة التبادلية الكاتيونية
٤٢	(II) النسبه المنويه للقواعد المشبعه
٤٣	(III) الكاتيونات المتبادلله المنفرده
٦٤	٦ . الكريون العضوى ونسبة C/N
٦٦	٧ . الكربونات الحرة
٦٨	٨ . الجبس والآفاق الجبسية
٦٩	٩ . الفوسفور الميسر
٧٢	١٠ . النتروجين
٧٤	١١ . الكبريت
٧٧	١٢ . المغذيات الصغرى للنباتات
٩١	١٣ . المعادن الثقيلة
	الباب الثانى
٩٩	<u>المعايير المستخدمة لتقدير صلاحية المياه للرى</u>
٩٩	١ . مخاطر الملوحة
١٠١	٢ . مخاطر الصودية
١١٤	٣ . مخاطر القلوية
١١٥	٤ . مخاطر النفاذية
١١٩	٥ . المخاطر النوعية للايونات فى مياه الرى
	الباب الثالث
١٢٣	الصفات الطبيعية للأراضى الزراعية
١٢٣	١ . ألتوزيع الحجمى لحبيبات التربة (قوام التربة)
١٣٢	٢ . كثافة التربة
١٣٦	٣ . المسامية الأرضية
١٣٨	٤ . علاقة التربة بالماء
١٤٤	٥ . البناء الأرضى
١٤٥	٦ . حرارة التربة
١٤٧	٧ . لون الأرض
١٤٩	المراجع العربية
١٤٩	المراجع الإنجليزية

مقدمة عامة

هذا الكتاب يتضمن تجميع شامل لمعظم المراجع الأجنبية التي تناولت تفسير ودلالة التحاليل المختلفة للتربة والمياه في صورة مختصرة وشاملة • وقد روعى في إعداده أن يكون باللغة العربية وبأسلوب سهل الفهم لكل المهتمين بعلوم الزراعة وبخاصة علوم الأراضى والمياه والبيئة •

ويهدف هذا الكتاب إلى تقديم دليل إرشادى علمى باللغة العربية للباحثين المتخصصين وايضا للمهنيين من الزراعيين وكذلك لأصحاب المزارع الخاصة لإرشادهم ومساعدتهم فى فهم وتفسير النتائج المتحصل عليها من مختلف التحليلات الكيميائية والطبيعية للتربة وكذلك للقياسات المختلفة المتعلقة بمعرفة مدى صلاحية المياه للإستخدام فى الري والتأثيرات السلبية المختلفة المتوقع حدوثها للتربة والنباتات المنزرعة بها من الري بمياه قليلة الجودة والحدود المسموح بها لإستعمال مختلف النوعيات من مياه الري ومدى تحمل المحاصيل المنزرعة لهذه النوعيات المختلفة من مياه الري • وذلك بهدف مساعدتهم في معرفة المخاطر المحتمل حدوثها لمختلف انواع التربة الزراعية وكذلك للمحاصيل المنزرعة نتيجة لذلك ، كذلك إرشادهم للأساليب العلمية المناسبة للتغلب على تلك المشاكل • وبذلك يمكن تحقيق أقصى إستفادة من تلك التحاليل وبأساليب علمية فى تحقيق الإنتاجية المثلى من مختلف المحاصيل المنزرعة •

وأخيرا نتمنى أن يكون هذا العمل خالصاً لله عز وجل وأن يتقبله منا ، وأن يستفيد منه جميع المهتمين بعلوم الزراعة فى مختلف التخصصات وبخاصة الزملاء الأعزاء المتخصصين والباحثين فى مجال علوم الأراضى والمياه والبيئة •

الباب الأول

تفسير ودلالة القياسات الكيميائية للتربة

(إعداد : د. طارق عبد الرحمن ابو الضيفان)

إعتبرات هامة يجب مراعاتها عند إجراء تحاليل للتربة

التعرف على الخواص الكيميائية للأراضي ودراسة ما يؤثر عليها من عوامل تمكن الباحثين في مجال علوم الأراضي من إختيار أنسب الطرق التحليلية لتلك الصفات وبالتالي الحصول على نتائج موثوق بها ويمكن الإستفادة منها في الناحية التطبيقية بما يفيد في تحقيق أقصى إنتاجية من الأراضي .

ويتناول هذا الباب دراسة الخطوط الأساسية للتحليلات الكيميائية للتربة والتفسيرات العامة لنتائج هذه التحليلات ، وهي ضرورية جدا لكي يمكن الإستفادة من هذه النتائج في الأعمال البحثية والإستشارية والتطبيقية المتعلقة بالتربة في مختلف المجالات الزراعية .

المشاكل التي تواجه تفسير قياسات تحاليل التربة

تهتم المراجع الخاصة بأدوات وطرق التحاليل المعملية في مجال علوم الأراضي بكيفية تطوير وزيادة دقة هذه الطرق، كما تهتم بالعلاقات النوعية بين التربة وخواصها المقدره بهذه الطرق القياسية .

الآن أن المراجع الخاصه بالتفسيرات الكمية للنتائج (وبخاصه تلك الصادره من المحطات البحثية) قليله جدا ، وهذا يرجع إلى الأسباب الأربع التاليه ، على الأقل ، والتي تجعل من الصعب وجود تفسيرات عامه لنتائج التحاليل تصلح لجميع أنواع الترب وتحت جميع الظروف .

(١) العينات المأخوذه من التربة لاتمثل التربة الطبيعيه ليس فقط بسبب عدم تناسب الحيز المأخوذ منه العينه (حجم العينه) مع المساحه الكليه للحقل تحت دراسته وعدم مطابفة العينه تماما لظروف الحقل بسبب عدم دقة اسلوب اخذ العينه مع نوعيه القياسات المراد إختبارها ، ولكن ايضا بسبب الأخطاء التي تجرى على المعاملات الأولية التي تجرى على العينات المأخوذه (كتجفيف العينه) لتجهيزها لأجراء التحاليل المختلفه عليها . كذلك فإن نتائج التحليل الكيماوى للعينات المأخوذه من موقع منفرد للتربة تختلف بدرجه كبيره بحسب التاريخ المحصولى لهذا الموقع والمعاملات الحقلية له والوقت من السنه التي أخذت فيه العينه .

(٢) نادرا ما توجد علاقته مباشرة بين نتائج تحليل التربة وبين البيئه التي ينمو فيها النبات ، وهذا يرجع إلى أن الطرق المستخدمه فى تحليل التربه قد أختيرت أو طورت من طرق مثلى (أجريت تحت ظروف قياسيه) حتى تتناسب بقدر الإمكان مع الظروف الفعلية للتربه .
وعلى سبيل المثال فإن كميته أى عنصر ميسر والمقاس بمحاليل إستخلاص محضرة معمليا لاتمثل (وبغض النظر عن دقة التقدير) الكميته الميسره فعلا من العنصر والموجوده عند نقط الإمتصاص على الشعيرات الجذريه .

(٣) فى الغالب لايمكن تطبيق تفسيرات نتائج تحليل التربه بصوره عامه وبدون إستثناءات ، فقد تستخدم عدة طرق لتقدير خاصيه واحده للتربه ، كما أن هناك بعض العوامل (مثل نوع معادن الطين والمناخ) تؤثر على تفسير نتيجته تحليل خاصيه ما للتربه الواحده والمأخوذه من مواقع مختلفه . ومن المهم عند إعطاء تفسيرات خاصة بمدى تيسر العناصر الغذائيه للمحاصيل المختلفه معرفة نوعيه التفاعلات بين العناصر الكيمائيه بالتربه والموضح بعضها فى جدول (١) - (١) . وكذلك دراسه تأثير ظروف التربه المختلفه (مثل تركيز الأملاح فى المحلول الأرضى ، السعه التنظيميه للعناصر المغذيه فى التربه ، الشد الرطوبى والتوصيل الهيدروليكى للتربه) على حركة العناصر وإمتصاصها بواسطه جذور النباتات .

(٤) وجود إختلافات بين نتائج التحليلات ، قد تكون كبيره لحد ما ، وهذه المشكله ترجع (وبغض النظر عن مشاكل أخذ العينات من الحقل) الى الطرق المعملية المتبعه فى تقدير القياسات .

مصادر الإختلافات بين نتائج التحاليل المعملية للتربه

ويمكن تلخيص مصادر الإختلاف فى التحاليل المعملية فى النقاط التاليه :

- تأثير المعاملات الأولية على عينه التربه (مثل التجفيف ثم الطحن والنخل) ، جدول (١-٢) يعطى ملخصا لبعض التأثيرات الكيماويه ، وهذا يعتمد على مدة ودرجة حراره التجفيف وبعض التغييرات الناتجه من التأثيرات الميكروبيولوجيه . وعموما فالتجفيف الهوائى العادى هو المناسب عمله فقط قبل إجراء التحليلات الكيمائيه للتربه ، أما التجفيف فى الفرن فإنه يسبب حدوث تغييرات كيميائيه غير مقبوله فى مكونات التربه المختلفه .
- حدوث بعض الأخطاء العشوائيه والتي لاتقلل من دقه الطريقه المستعمله إن كانت فى الحدود المسموح بها والموضحه فى جدول (١-٣) والذي يوضح الحدود المسموح بها فى الأخطاء التجريبيه لبعض التحليلات الكيمائيه للتربه والغير مسموح بتجاوزها .

- حدوث بعض العيوب أو الأخطاء من الشخص القائم بالتحليل كالأخطاء في تحضير المحاليل الكيميائية القياسية أو الإستعمال الخاطيء لأجهزة التقدير أو الخطأ في حساب النتائج ، وجدول (٤-١) يوضح بعض الأسباب التي تؤدي إلى حدوث إختلافات أو عدم الدقه لبعض التحليلات الكيميائية للتربة

Table (1-1) : Indicative summary of principles plant- nutrients interactions.

Element acting	Element – affected												
	B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	N	Na	P	S	Zn
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-
Ca ⁽¹⁾	A	-	-	A	A	A	A	-	-	A	A	-	A
Cu	-	E	-	A	-	-	A	A	-	-	A	-	A
Fe	-	-	A	-	A	-	A	-	-	-	A	-	-
K	A ⁽²⁾	A	-	E	-	A	E	A	A	A	-	-	-
Mg ⁽¹⁾	-	A	A	A	A	-	A	E	-	A	E	E	A
Mn	-	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-
Mo	-	-	A	A	-	-	A	-	-	-	-	A	-
N	A	E	A	-	A	E	-	E	-	-	E	-	A
Na	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A
P	-	A	A	A	A	E	A	E	A	-	-	E	A
S (as SO ₄ ⁻)	-	-	-	-	-	-	-	A ⁽³⁾	-	-	E	-	-
Zn	-	-	A	A	-	A	A	-	-	-	A	A	-

- (A) : تأثير متضاد (E) : تأثير مشجع (-) : نتائج غير كافية أو متغيرة بدرجة كبيرة بحيث لا يمكن تحديد اتجاه عام لها
- ملاحظات**
- (١) عند رفع pH يمكن لكاربونات الكالسيوم او الماغسيوم ان يكون لها تأثير تشجيعى لنشاط عناصر أخرى فى الأراضى الحامضية.
- (٢) مع وجود محتوى عالى من البورون ، فإن المستويات العالية من البوتاسيوم يمكن أن تشجع على ظهور سمية البورون - وهذا يعتمد على ظروف التربة - كما ينعكس ذلك على التغييرات فى نسبة الـ (الكالسيوم / البورون) .
- (٣) يؤدي أيونات الكربوكسيل و الهيدروكسيل إلى زيادة إمتصاص الموليبدنيوم وليس التأثير الحامضى العالى للجبس ، وان التأثير الحامضى للكبريت يمكن أن يشجع امتصاص عناصر أخرى مثل و أحياناً إلى مستويات سامه ولاسيما عناصر الـ Al و Mn .
- عموميات:**
- تعتمد التفاعلات تدريجياً على نوع النبات وظروف التربة . وأهم العوامل المؤثرة تتضمن بصفة خاصة عوامل الـ pH - الحرارة - حالة الصرف - والمستويات النسبية وصور العناصر الموجودة فعلا - وجود او غياب عناصر اخرى . حيث أنه عند وجود عناصر بكميات (غير كافية) قد تحد من نمو النبات ، فإن إضافة كميات من تلك العناصر بمستويات كافية يمكن أن يشجع على ظهور تأثيرات لعناصر أخرى والتي تكون عادة متضاده .
 - مافى الجدول لا يعنى أكثر من التفاعلات المحتمله والتي ينبغي أن توضع فى الاعتبار أثناء تنفيذ أى مشروع أو عمل بحثى .

- تأثيرات ناتجة من تلوث العينات المراد تحليلها (والتي من المفروض أن تحفظ فى حجرات خاصة جيدة التجهيز ومنفصله) من خلال الأتربة أو حدوث تلوث لعينات التربة ببعض المواد العضويه أو تلوث العينات الخضريه للنبات بالعناصر المعدنيه مثل الحديد والمنجنيز . ولذلك يجب ملاحظة عدم إستعمال المناخل النحاسيه عندما يراد تقدير النحاس أو الزنك ، وكذلك يجب ملاحظة أن وجود النقود أو بودره التلك خلال تحضير العينات يسبب تلوث العينات بالنحاس أو بالبورن .

- الإختلافات بين المعامل ، حيث تختلف نتائج المكررات لعينه ما عند تقديرها في عدة معامل في لها نفس المواصفات وتحت نفس الظروف ، في حين تكون متقاربه القيمة بدرجه تقرب من ١٠٠% عندما تقدر كلها في معمل واحد .

Table (2-1) Summary on the effects of air drying on soil.

Soil constituents	Effects of Drying
Carbon	<ul style="list-style-type: none"> • Total-C: unaffected. • Organic-C: increasing oxidation with time and temperature.
Manganese	Exchangeable- Mn increases
Nitrogen	<ul style="list-style-type: none"> • Total-N: little effect. • Water Soluble-N and water soluble - O.M increases with time and temperature
pH	In sulfur rich soils, levels can be drastically altered.
Phosphorus	<ul style="list-style-type: none"> • In low pH-soils: P-soluble in water or diluted acids tends to increase. • In high pH-soils (dry when sampled): P-levels tend to decrease. • P fixing capacity of some soils changes with drying (may be linked to Fe and Al changes).
Potassium	Depends on clay minerals present, also on original levels of exchangeable-K: <ul style="list-style-type: none"> • If < 1 me/ 100g soil, exchangeable K tends to increase. • If > 1 me/ 100g soil, more K tends to become fixed.
Sulfur	With some soils, more S is releasable to extracting solutions.

Table (3-1): Random analytical errors for some standard chemical analyses.

Soil constituents	Analytical methods	Random Error (\pm %)
Bicarbonate	HCl	2
Organic – C	Walkley = Black.	5
Carbonate	Calcimeter.	2
CEC	BaCl ₂ /EDTA	10
Chloride	Mercuric nitrate.	2
EC	1:5 soils: water extract.	10
Exchangeable Cations	Sodium acetate extraction.	5
Gypsum	Differences in Ca content of saturation extract, and of 1:5 soil: water extract.	10
Nitrogen (total)	Kjeldahl semi-micro.	5
pH	1:5 soils: water extract.	0.2 unit
Phosphorus (available)	Olsen.	10
Soluble cations	Saturation extract.	5
Sulphate	BaCl ₂ gravimetric.	15

Note: The above errors typically occur in a single laboratory.

Table (4-1) : Commonly reasons of variability or inaccuracy in soil analyses.

Analysis	Reasons of variability or inaccuracy
Phosphate	(Colorimetric method): Sensitivity of color development to pH of solution, time allowed for color complex to form and to temperature.
Exchangeable bases	Poor cation standards and faulty extraction procedures.
pH and EC	Variations in the standing time and poor soil mixing.
CEC	Variations in leaching rate; the effects of pre-washing; using sum of individual cations rather than separate measurement.
Organic-C	Lack of attention to the size of the reaction vessel and the temperature achieved.

مقدمة التحليلات الكيميائية للتربة

بصفه عامه وبغض النظر عن الإعتبارات المذكوره سابقا ، فإنه يمكن النظر لنتائج التحليلات الكيميائيه للتربه على إنها تمدنا أساسا بتقديرات ذات أهميه كبرى ، تفيد تفسيراتها وبدرجه واضحه فى التعرف على المشاكل الفعلية الموجوده فى التربه مما يساهم فى إيجاد الحلول المناسبه للتخلص من تلك المشاكل وتحسين خصائص التربه وزيادة إنتاجيتها . كما ان نتائج تحليل التربه الكيميائيه تفيد ، وبدرجه كبيرة ، إذا تم الربط بينها وبين بعض النتائج المتحصل عليها - من خلال تجارب حقلية للمحاصيل المختلفه - فى الحصول على توصيات أو معاملات سمدية دقيقه لمختلف المحاصيل . وعلى أية حال يجب التأكيد على أنه لا بد أن نراعى عند الربط بين تلك النتائج وتفسيرتها وبين إنتاجيه المحاصيل المختلفه فى منطقه ما .

وعلى ذلك يمكن القول بأن نتائج تلك القياسات وتفسيرتها ماهى إلا دلالات تعطى مؤشرات عامه يمكن الإستعانه بها ولا بد من ربطها بمختلف الظروف المحليه الأخرى للمنطقة تحت الدراسه ، حتى تصبح أكثر واقعية للهدف من إجراء هذه التحاليل أو لظروف المناطق التى تم إجراء الدراسات والتحاليل عليها و لتحسين إنتاجية أراضيها . وعلى الرغم من كل المشاكل السابق ذكرها ، فإن عدد كبير من تحليلات التربه (على الرغم من إرتفاع تكاليف تقديرها) ستظل ، على الأقل ، مطلوبه من اصحاب المزارع الخاصه والذين يريدون أن تشمل التقارير الخاصه بأراضيهم نتائج لتحاليل اكثر أهميه أو موضوعيه .

جدول (٥-١) يوضح ملخص عام لطرق التحاليل والتفسيرات الكميه للتقديرات المختلفه للتربه .

Table (5-1) : Brief summary of recommended routine soil chemical analyses and their interpretation.

Analysis	Recommends Method(s)	Units	Ratings	Range	General Interpretation
pH	1:2.5 soil: water suspensions	---	Very high	> 8.5	<i>Alkaline soils:</i> Ca and Mg liable to be unavailable; may be high Na ; possible B toxicity.
			High	7 – 8.5	Decreasing availability of P and B to deficiencies at higher values. Above 7.0 increasing liability of deficiency of Co , Cu, Fe, Mn and Zn.
			Medium	5.5 - 7	Preferred range for most crops; lower end range too acidic for some.
			Low	< 5.5	<i>Acid soils:</i> Possibly Al toxicity and excess Co , Cu , Fe , Mn , Zn ; deficient Ca , K , N , Mg , Mo , P , S and (B blew pH 5.0).
CEC	1. Un-buffered 1 N KCl at pH of soil 2. Na or NH ₄ acetate at pH 8.2, 7	me/100 g. soil	Very high	> 40	Normally good agricultural soils.
			High	25 – 40	Only small quantities of lime and K fertilizers required.
			Medium	15 – 25	Normally satisfactory for agriculture, given fertilizers.
			Low	5 – 15	Marginal for irrigation (FAO, 1979 a, quoted low is 8 – 10 me/ 100 g. soil).
			Very low	< 5	Few nutrients reserves. Usually unsuitable for irrigation, except rice.
BSP	By Calculation : Total exchangeable bases - CEC	%	High	> 60	Generally fertile soil.
			Medium	20 – 60	Generally less fertile soil.
			Low	< 20	
<i>Exchangeable Cations :</i>					
Ca	As CEC	me/100 g. soil	High	> 10	Response to Ca fertilizer expected at levels < 2 me/100 g. soil. If high Na levels, response occurs with higher Ca levels.
			Low	< 4	
Mg	As CEC	me/100 g. soil	High	> 4	Mg deficiency more likely on coarse, acidic soils .With high Ca, Mg is less plant available.
			Low	< 0.5	
K	As CEC	me/100 g. soil	High	> 0.6	Response to K fertilizer unlikely. High K effects often similar to high Na, but depends on soil type "specially to texture".
			Low	< 0.2	Response to K fertilizer likely.
EPP	Calculation : K ⁺ / CEC	%	High	> 25%	Very approximate upper limit (cf: ESP > 15 %) } ^(1/) Very approximate lower limit.
			Low	< 2%	
Na ESP	As CEC	me/100 g. soil	High	> 1%	Alkali or sodic soil ^(1/) .
			High	> 15%	
	Calculation : Na ⁺ / CEC	%	High	> 15%	50% yield reduction for sensitive crops ^(1/) .
			High	15 -25%	50% yield reduction for semi-tolerant crops.
High	> 35%	50% yield reduction for tolerant crops ^(1/) .			
Al : CEC	1 M KCl Un-buffered	%	High	< 85	Tolerated only for few crops.
			Medium	30 – 85	Generally toxic.
			Low	>30	Sensitive crops affected.

Table (5-1) : Continued

Analysis	Recommends Method(s)	Units	Ratings	Range	General Interpretation
<u>Exchangeable Cation ratios:</u>					
Ca : Mg	As CEC			> 5 : 1	Possible Mg and (with high pH) P inhibition.
				3 - 5 : 1	Normal range.
				< 3 : 1	Possible P inhibition and Ca deficiency.
Mg : K	As CEC			< 1 : 2	Mg uptake may be affected.
P	← (Depends on methods of analysis) →				
Organic – N	Micro – Kjeldahl	ppm	High	> 0.5	Interpretation depends on soil and location.
			Medium	0.2- 0.5	
			Low	< 0.2	
Organic- C	Walkely-Black	by weigh	High	> 10	Interpretation depends on soil and location.
			Medium	4-10	
			Low	< 4	
OM	Organic-C x 1.724			0.5-1 < 0.5	Interpretation depends on soil and location.
C : N	calculation	--	---	10: 1	"C/N normal value" at temperate zone; Straw residues increase C/N ; Legume residues decrease C/N values.
Free Carbonate	Acid treatment	by weigh	---	> 40	"Extremely calcareous" : problems in P and micronutrients availability in calcareous soils ^(2/)
			---	< 25	Calcic horizons ^(2/)
Gypsum	Richards L.A. (1969)	ppm	---	> 2	Favours crop growth.
			---	2-25	No adverse effects if powdery. ^(2/)
			---	< 25	Can cause substantial yield reduction ; possibly Ca imbalance. ^(2/)
S	← (Depends on methods of analysis) →				

Notes: (1/) Not sharply defined limit.

(2/) physical impedance to root penetration if cemented.

أهم الخواص الكيميائية للتربة

فيما يلي سنتناول أهم الخواص الكيميائية للتربة والتي لا بد من أن تحلل معملياً لمعرفة مشاكلها تحت الدراسة وإيجاد الحلول المناسبة لها لتحقيق أقصى إنتاجية ممكنة .

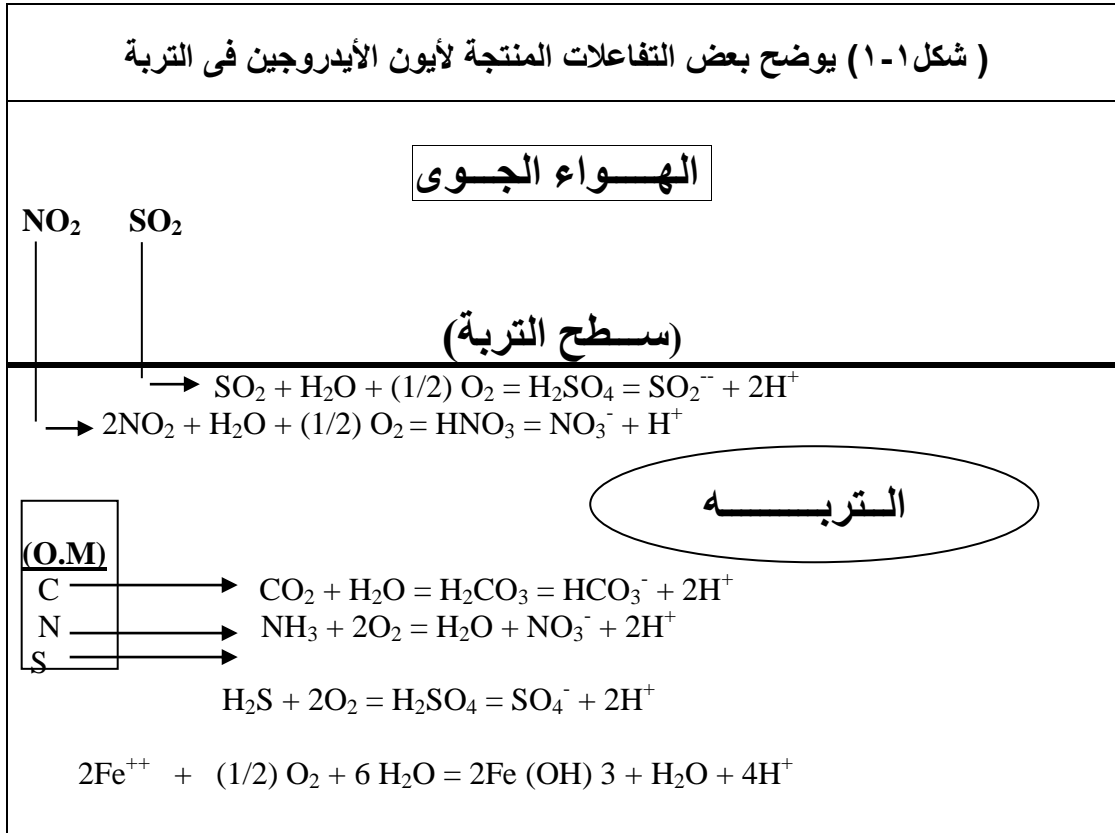
(١) رقم حموضة (تفاعل) التربة (Soil pH)

منشأ الحموضة في التربة :

** رقم الـ pH هو اللوغارتم السالب للتركيز النشط لأيون الأيدروجين في التربة بالمليمول/ لتر . وينتج أيون الأيدروجين في التربة عن طريق بعض التفاعلات الحيوية وعمليات الأكسدة للمواد المختلفة في التربة (المادة العضوية وغازات التربة ومركبات الحديد والكبريت) كما في الشكل (١-١).

** وتمثل ايونات الأيدروجين في المحلول الخارجى بعيدا عن سطح حبيبات التربة، الحموضة النشط Active Acidity ، بينما تمثل ايونات الأيدروجين المدمص والقابل للتبادل على أسطح الحبيبات الإيدروجين الكامن أو الحموضة الكامنة Acidity Potential .

(شكل ١-١) يوضح بعض التفاعلات المنتجة لأيون الأيدروجين في التربة



فكرة تقدير الـ pH : تعتمد فكرة تقدير رقم الـ pH على قياس فرق الجهد بين قطبي الإلكترودين (القطبين) :

**** القطب الزجاجي (Glass electrode)** وهذا يتوقف جهده الكهربائي على التركيز النشط لأيونات الأيدروجين في المحلول المحيط .

**** وقطب الكالوميل (قطب المرجع Reference electrode)** .
وبذلك يكون فرق الجهد دالة للتركيز النشط لأيونات الأيدروجين .

العوامل المؤثرة على الـ pH : تختلف قيم الـ pH إختلافاً كبيراً حيث تتراوح ما بين ٤-٩ ، وفي الأراضي المصرية تتراوح قيم الـ pH ما بين ٧.٥ - ٨.٢ ، ويرجع ذلك إلى إحتوائها على كميات كبيرة من الطين وكربونات الكالسيوم التي تعادل أى حموضة تتكون في الأرض نتيجة للتفاعلات التي تتم في التربة وتنتج أيونات الأيدروجين . وقياس الـ pH من القياسات الروتينية والتي تتأثر عادة بعدد من العوامل بعضها يرجع للتربة والأخر للتقدير .
العوامل المؤثرة على الـ pH والمرتبطة بالتربة:

(١) تأثيرات ملوحة التربة Soil salt effects : تنخفض قيم الـ pH كلما إزدادت ملوحة التربة في كل من الأراضي الحمضية والقلوية . حيث انه في الأراضي الحمضية تحل كاتيونات الألكتروليت محل الأيدروجين المتبادل الذي يتحرر إلى المحلول الأرضي مما يقلل من رقم الـ pH . وفي الأراضي القلوية فإن زيادة الملوحة تؤدي إلى تقليل الـ pH ويرجع ذلك إلى أنه كلما زاد تركيز الأملاح في التربة قلت فرصة الإنحلال المائي للصوديوم من على سطح الطين الصودي مما يقلل من تواجد ايونات الأيدروكسيل (OH⁻) في الوسط ، هذا إلى جانب أن زيادة تركيز الأملاح تؤدي إلى ضغط الطبقة الكهربائية المزدوجة .

(٢) الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في التربة : يؤدي زيادة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂) التربة إلى ذوبان جزء منه في الماء الأرضي مكوناً حمض الكربونيك H₂CO₃ مسببة خفض في قيم الـ pH

(٣) نوع الكاتيون السائد على معقد الأدمصاص في التربة : فهناك كاتيونات الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والتي تسبب سيادتها على حبيبات التربة زيادة في قيم الـ pH . أما كاتيونات الأيدروجين والألومنيوم فتسبب إنخفاض في قيم الـ pH .

(٤) إنحلال المادة العضوية في التربة : ينتج عنه حمض الكربونيك ويسبب إنخفاض في قيم الـ pH ، بينما الأحماض العضوية القوية بجانب أحماض الكبريتيك (H₂SO₄) والنيتريك

(HNO₃) وايضا إضافة المخصبات مثل الكبريت وكبريتات النشادر تسبب حالات من الحموضة المعتدلة أو القوية.

(٥) عمليات الغسيل : تتسبب عمليات الغسيل إلى إزالة للقواعد الذائبة والمدمصة إلى مياه الصرف مما يشجع الأيدروجين على الدخول إلى معقد الأدمصاص وتكوين الحموضة (إنخفاض الـ pH)

(٦) نوعية مياه الري المستعملة : حيث تسبب مياه الري المالحة ذات قيم العالية من الـ SAR (sodium adsorption ratio) زيادة القلوية نظرا لإدمصاص جزء من كاتيون الصوديوم على معقد الإدمصاص .

(٧) إختلاف الفصول : لوحظ حدوث إختلاف طفيف نتيجة لتغير الفصول ، حيث تسبب الحرارة المرتفعة في الصيف إلى إنخفاض طفيف في درجة الـ pH نتيجة لزيادة النشاط الحيوى للكائنات الدقيقة في التربة، بينما يحدث العكس في الشتاء لإنخفاض النشاط الحيوى للبكتريا .

العوامل المؤثرة على الـ pH والمرتبطة بطريقة التقدير:

(١) نسبة التربة إلى الماء (تأثير التخفيف - Dilution Effect) : عادة ما يتم تقدير الـ pH في معلقات التربة والماء والتي تتراوح ما بين عجينة التربة المشبعة وبين معلق ١:٥ . وقد دلت الأبحاث على زيادة الـ pH بزيادة نسبة التخفيف ، حيث وجد أن قيم الـ pH المقاسة في معلق ١:٥ تزيد بمقدار من ٠.٥ - ١.٥ وحدة عن تلك المقطرة في عجينة التربة المشبعة . ويرجع ذلك إلى انه بزيادة نسبة التخفيف يزداد إنتشار حبيبات الطين مما يقلل من إحتمال تلامس أيونات الأيدروجين في النظام بين القطب الزجاجي في جهاز القياس . وعموما ليس من الضروري ان تكون تلك الزيادة متناسبة طرديا مع نسبة التخفيف .

(٢) تأثير المعلق (Suspension Effect) : حيث تختلف قيمة الـ pH الناتجة بإختلاف المكان الموضوع فيه الكترود الجهاز في معلق التربة والماء ، حيث وجد انه عند وضع قطب القياس في المحلول الرائق فإن القيم الناتجة تكون أعلى عما إذا وضع في الراسب وذلك لتزايد تركيز ايونات الأيدروجين بالقرب من حبيبات التربة وعلى أسطحها ثم ينخفض بشدة بالبعد عن تلك الحبيبات (مفهوم الطبقة الكهربائية المزدوجة) . لذا فمن الأفضل قياس الـ pH في معلق التربة - المحضر من ماء بارد سبق غليانه وتم تغطيته لعزله عن ثاني اكسيد الكربون الجوى حتى يبرد - والمتوازن (أى القياس بعد تحضيره بمدة تتراوح من حوالى نصف الساعة إلى الساعة) .

(٣) إستعمال المحاليل الملحية فى عمل معلقات التربة : وللتغلب على مشكلة تأثير المعلق (suspension effect) على قيم الـ pH المقاسة ، إقترح العلماء إستعمال محاليل مركزة من كلوريد البوتاسيوم كوسط إنتشار للعينات حيث يحدث تبادل يكاد يكون تاما بين كاتيونات البوتاسيوم فى المحلول والأيدروجين المتبادل على أسطح الطين - بمعنى أن يتحول الأيدروجين المتبادل (الكامن) إلى أيدروجين نشط - مما يعطى لرقم الحموضة صفة القياسية . أما فى الأراضى القلوية فإن الألكتروليتات تؤدي إلى تقليل التحلل المائى للطين الصودى مما يقلل من ايونات الأيدروكسيل فى الوسط جدول(٦-١) .

(جدول٦-١) يوضح تأثير كل من المعلق وإستخدام محلول كلوريد البوتاسيوم على قيم pH

قيم الـ pH			وسط الأنتشار
الراسب	المعلق	محلول رائق	
٤.٧	٥.٨	٦.٢	ماء مقطر
٥.١	٥.١	٥.١	محلول KCl

الأهمية التطبيقية لرقم الـ pH فى التربة : كثير من المتخصصين يستخدمون القيم الناتجة من القياسات الروتينية للـ pH فى التربة فى معرفة الكثير من المعلومات عن خصائص التربة ومدى مناسبتها لنمو النباتات والكائنات الدقيقة فى التربة .

(١) تأثير الـ pH على صلاحية العناصر الغذائية فى التربة : فيما يلى بعض التأثيرات العامة لقياسات الـ pH على صلاحية العناصر :

**** عند القيم المنخفضة للـ pH (الأقل من 5.5):**

- **الفوسفات** : تتحد ايوناته مع ايونات الحديد والألمونيوم لتكوين مركبات فوسفات الحديد والألمونيوم الغير ذائبة ويصبح الفوسفور غير ذائب وغير ميسر للنباتات .
- **العناصر الصغرى** : بإنخفاض الـ pH تصبح كل العناصر الصغرى أكثر تيسراً للنباتات فيما عدا المولبيدينيم يصبح أقل ذوباناً لتكوينه مركبات غير ذائبة مع الحديد . وعلى العموم فمن النادر ظهور نقص فى هذه العناصر عند pH أقل من ٧ .
- **الألمونيوم** : عند الـ pH أقل من ٥.٥ تتحرر ايونات الألمونيوم من داخل البناء الشبكي لمعادن الطين نتيجة هدمها وتصبح معرضة على سطوح معادن الطين ، ولذلك ففى الأراضى الحامضية يجب متابعة قياسات الألمونيوم لمعرفة إمكانية حدوث تسمم منه .
- **عملية النترتة (التأزت)** : عند قيم الـ pH أقل من ٥.٥ تقل عملية النترتة للمادة العضوية بدرجة معينة وواضحة لقلة النشاط الميكروبي فى التربة .

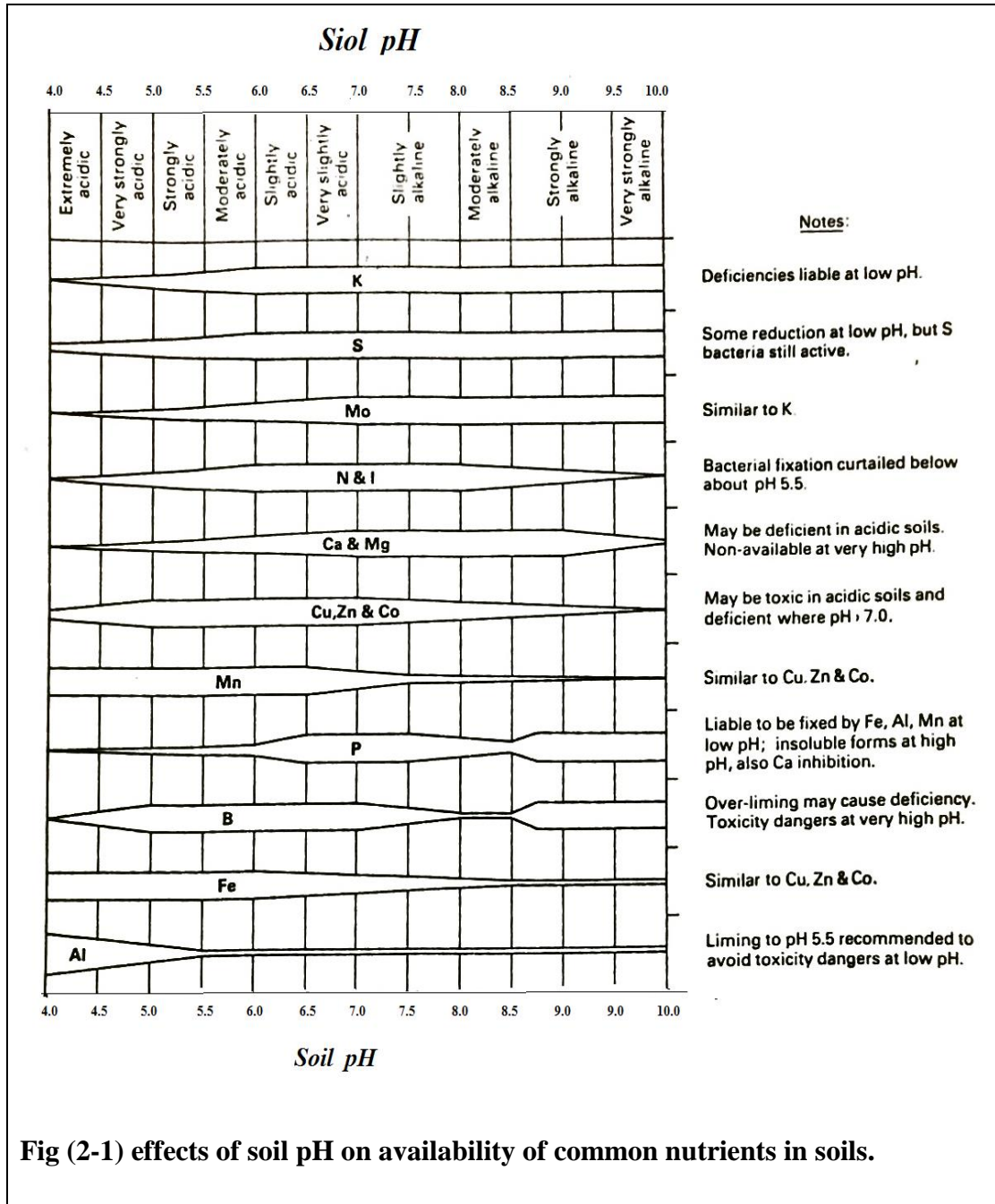


Fig (2-1) effects of soil pH on availability of common nutrients in soils.

**** عند القيم العالية لـ pH (الأكبر من 8.0):**

- **الفوسفات** : تتحول ايوناته إلى ايونات فوسفات الكالسيوم الغير ذائبة ويقل تيسره للنباتات وعند قيم الـ pH الأعلى من 8.5 يصبح الفوسفور أكثر تيسراً لتكوين فوسفات الصوديوم الذائبة وذلك لتوفر ايونات الصوديوم عند الـ pH أعلى من 8.5 .
- **البورون** : التسمم بالبورون خاصة مشتركة لكل من الأراضي الملحية والقلوية .
- **الصوديوم** : بزيادة الـ pH عن 8.5 تزداد نسبة الصوديوم المتبادل عن 15 % ويؤدي ذلك إلى إمكانية حدوث مشاكل في بناء الأرض وبالتالي مشاكل في إصلاحها .

- عملية النترة (التآزت) : إرتفاع الـ pH عن ٨.٥ يقلل كذلك من نشاط الميكروبات فى التربة وبالتالي تقل عملية نترتة المادة العضوية .

- العناصر الصغرى : يقل تيسرها فيما عدا الموليبدنوم يزداد تيسره .

** وبصفة عامة فإن صلاحية العناصر الغذائية تصل أقصاها عند رقم الـ pH ٦.٥ ، وشكل (٢-١) يوضح تأثير درجة الـ pH على تيسر العناصر الأكثر شيوعاً فى التربة .

(٢) تأثير الـ pH على نمو النباتات :

** عند درجات حموضة أقل من ٥.٥ ونتيجة لذوبان الألمونيوم تحدث سمية للجذور .

** عند درجات حموضة أكبر من ٩ ينخفض كذلك نمو الجذور .

والجدول التالى (جدول ٧-١) يوضح إختلاف النباتات فى درجة تحملها للـ pH (وهذا يرجع لمقدرة بعض النباتات إلى تحمل تركيزات عالية من الكالسيوم فى الأراضى القاعدية والأخرى لتحمل تركيزات عالية من الألمونيوم فى الأراضى الحمضية)

جدول (٧-١) تحمل المحاصيل للـ pH

رقم الـ pH	المحصول
من ٥ إلى ٦	محاصيل محبة للحموضة : الشاى ، الأناناس ، الكريز ، الخوخ ، الصنوبريات .
من ٦ إلى ٧	محاصيل متوسطة التحمل للحموضة : الذرة الشامية والرفيعة ، القمح ، الخس ، الفول السوداني ، البطاطا
من ٧ إلى ٨	محاصيل حساسة للحموضة : البرسيم ، الشعير ، الفول البلدى ، القطن ، البسلة ، السبانخ ، بنجر السكر

(٣) تأثير الـ pH على نمو الكائنات الدقيقة فى التربة :

** عند رقم pH يساوى تقريبا 5.5 يزداد نمو الطحالب .

** عند رقم pH أكبر من 5.5 تسود البكتريا .

** عند رقم pH المتعادل (6.5 to 7.5) يحدث مايلى :

- تنشط عمليات تثبيت النتروجين الجوى سواء بواسطة البكتريا الحرة فى التربة (الأزوتوباكتري) أو التكافلية (الريزوبيوم) .

- عملية النترة (التآزت) Nitrification وهى أكسدة الأمونيوم و النتريت إلى النترات بواسطة بكتريا النتروزوموناس والنيتروباكتري حيث تزداد فى الـ pH المتعادل .

- عند درجات حموضة أقل من ٥.٥ (وسط حمضى) يقل نشاط بكتريا النترة وبكتريا تحلل المواد العضوية والتي تعمل على إنطلاق النتروجين وبعض العناصر الأخرى التى يستخدمها النبات مما يقلل من تلك العناصر تحت هذه الظروف الحمضية .

(٤) تأثير إضافة الجير (الإحتياجات الجيرية) : يعتبر إضافة المواد المحتوية على القواعد مثل الجير (أكسيد أو ايدروكسيد أو كربونات الكاسيوم) طريقة شائعة تستخدم لرفع درجة الـ pH للاراضى الحمضية (خفض الحموضة) إلى أكثر من ٥.٥ وبدرجة كافية بهدف منع سمية الألومنيوم الذى يزداد بدرجة كبيرة فى الأراضى شديدة الحموضة .
وعموما فهذا التقدير يجب إلا يعتمد على الخبرة فقط ، ذلك لأن الطقس ونوع التربة ونوع المحصول والظروف الإقتصادية تختلف من مكان لآخر فمثلا القيم المقدره فى المناطق المعتدلة لا تتطابق دائما مع تلك المقدره فى المناطق الإستوائية .

(٥) تأثير pH التربه على مواسير الصرف :

إذا كانت قيم الـ pH اقل من 4.5 (soil pH < 4) فإنه يجب إستعمال الأسمنت فائق الكبريت بدلا من الأسمنت العادى فى صناعه مواسير الصرف .

Super-sulphated concrete, as opposed to ordinary concrete , in the pipe-making industry.

إذا كانت قيم الـ pH من 4.5 إلى 6.5 (Soil pH= 4.1 to 6.5) : فإنه يجب إستعمال مواسير صرف مصنوعه من أكسيد الألمونيوم (high alumina) أو الأسمنت فائق الكبريت .

إذا كانت قيم الـ pH أكبر من 6.5 (soil pH < 6.5) : فإنه يجب إستعمال مواسير صرف مصنوعه من الأسمنت المسامى (porous concrete pipes) .

(٦) تأثير نوع محاليل معلقات قياس على تفسير نتائج الـ pH

إذا كانت قيم الـ pH المتحصل عليها من القياس فى معلقات إستخدم فى تحضيرها محاليل ملحيه من أملاح $CaCl_2$ or KCl أقل من تلك المستخدم فى تحضيرها ماء مقطر ، فهذا فى العاده دليل قوى على فقر التربه فى محتواها من العناصر الغذائيه الميسرة ، وهناك إحتمال قوى لحدوث تثبيت الفوسفور بقوه فى تلك الحاله . أما الإرتفاع فى قيم الـ pH فغالبا مايكون مرتبطا بإدمصاص ايونات الأيدروجين بواسطة بلمرات ايونات الألمونيوم (Polymerized aluminum ions) ، وفى حالات نادره جداً قد تعطى بعض معادن الطين مثل هذا التأثير .

(٢) السعة (القدرة) التنظيمية للتربة

(Soil Buffering Capacity)

الفعل التنظيمي للأرض - Soil Buffering Action - هو عبارة عن مقدرة الأرض

على تنظيم التغير في رقم الـ pH لها عند إضافة حامض أو قلوى مخفف.

- وزيادة كمية الكاتيونات والمادة العضوية و كربونات الكالسيوم في التربة تزيد من القدرة التنظيمية للأرض ولذا فهي أكبر في الأراضي الطينية عن الأراضي الرملية ، لذلك يجب الحذر الشديد عند استعمال أو إضافة الأسمدة أو المصلحات الكيميائية للأراضي الرملية لضعف القدرة التنظيمية لها (Un-buffered pH soil) وحتى لا يحدث تغير شديد في الـ pH يؤدي لحدوث ضرراً كبيراً بالنباتات النامية.

** **القدرة التنظيمية للأرض Soil Buffering Capacity** هي كمية الحامض أو القلوى

اللازم إضافتها لوزن معين من الأرض لتحديث تغيره وحدة واحدة في رقم الـ pH .

ولتقديرها يستخدم ٩ دوارق في كل منه ١٠ جرام تربة وتعامل هكذا :

- الدوارق ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، يضاف لها ١ ، ٢ ، ٥ ، ١٠ ملل حمض الكبريتيك 0.1N ويكمل الحجم إلى ٢٠ ملل ماء مقطر .

- الدوارق ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، يضاف لها ١ ، ٢ ، ٥ ، ١٠ ملل صودا كاوية 0.1N ويكمل الحجم إلى ٢٠ ملل من ماء مقطر .

- الدوارق ٩ يضاف له ٢٠ ملل ماء مقطر فقط .

وتترك كل الدوارق لليوم التالي ويقاس لها الـ pH وتوقع النتائج على شكل بياني .

وبصفة عامة نجد أن الأرض القلوية لها سعة تنظيمية عالية إذا ما قورنت بالأرض الحمضية .

الأهمية التطبيقية للقدرة التنظيمية للتربة :

(١) معرفة كمية المصلحات الواجب إضافتها للأرض المتدهورة (أى كمية الجبس الواجب إضافتها للأرض القلوية أو كمية الجير الواجب إضافتها للأرض الحمضية) وكلما كبرت السعة التنظيمية للأرض قلت كمية المصلح الواجب إضافتها للأرض .

(٢) معرفة مدى التغير الذى يحدث للـ pH إذا أضيف لها اسمدة ذات تأثير حمضى أو قلوى .

(٣) جهد الأكسدة والإختزال

(Oxidation and Reduction Potential , Eh)

يقدر جهد الأكسدة والإختزال للتربة من خلال معادلة تسمى بمعادلة Nernst للدلالة على حالة التهوية فى التربة والتي تلعب دوراً هاماً فى حالة تيسر العناصر الغذائية فى التربة حيث :

- فى الأراضى جيدة التهوية يتراوح جهد الأكسدة **Eh** ما بين (+٤٠٠) إلى (+٨٠٠) ملليفولت، وعند سيادة ظروف التهوية الجيدة فى التربة تستخدم الكائنات الدقيقة فى التربة الأكسجين المتوفر فى هواء التربة كمستقبل للإلكترونات خلال تنفسها.
- وفى الأراضى سيئة التهوية تنخفض قيم الـ **Eh** لقيم سالبة تصل إلى أقل من (-١٠٠) ملليفولت ، وعندما تسود تلك الظروف اللاهوائية (إختفاء الأكسجين) كما فى حالة غمر الأراضى بالماء ، فإن بعض أنواع البكتريا تستخدم اكسجين بعض المركبات المعدنية كمستقبل للإلكترونات خلال تنفسها (مثل $SO_4^{--} - NO_3^-$ والمركبات عالية التكافؤ) ممايؤدى إلى إختزال تلك المركبات وتقل درجة تيسرها وصلاحيتها لأمتصاص النباتات .

الأهمية التطبيقية لجهد الأكسدة والإختزال Eh :

يفيد فى دراسة التغيرات التى تحدث فى صلاحية العناصر الغذائية فى التربة نتيجة لسوء التهوية وغمر الأرض بالماء ، والتي يمكن إيضاح بعضها فيمايلى :

- (١) **النتروجين** : يؤدى سوء التهوية فى الأرض إلى إختزال النترات إلى اكاسيد وغاز النتروجين ممايؤدى إلى فقد جزء كبير من نتروجين الأرض وذلك خلال عملية عكس التآزت ، لذا لاينصح بإستخدام الأسمدة النتراتية فى الأراضى المغمورة حتى لايفقد النتروجين .
- (٢) **الفوسفور** : إنخفاض جهد الأكسدة فى الأرض المغمورة يؤدى إلى زيادة صلاحية الفوسفات للنبات بسبب :

** إختزال فوسفات الحديدك الثلاثى إلى فوسفات حديدوز الثنائى

** ذوبان فوسفات الكالسيوم نتيجة لفعل الأحماض وزيادة الضغط الجزئى لغاز ثانى أكسيد الكربون فى المحلول الأراضى .

- (٣) **الحديد والمنجنيز** : زيادة ذوبان المنجنيز والحديد ، حيث تتحول ايونات المنجنيز الرباعية التكافؤ إلى ايونات المنجنيز الثنائى التكافؤ ، كما تتحول ايونات الحديدك الثلاثية التكافؤ إلى

أيونات الحديدوز الثنائية التكافؤ، وبالتالي فهذا الإختزال يساهم فى إمداد النبات بحاجته من هذين العنصرين •

(٤) **الزنك** : تقل صلاحية الزنك نتيجة لغمر الأرض لترسيبه فى صورة كبريتور الزنك قليل الذوبان •

(٥) **الكبريت**: تقل صلاحيته مع الغمر نتيجة لإختزال الصورة الصالحة منه وهى الكبريتات إلى كبريتور الأيدروجين H_2S والذى يتفاعل مع ايونات Fe^{++} , Mn^{++} , Cu^{++} , Zn^{++} مكونا كبريتورات هذه العناصر وهذه مركبات غير ذائبة •

(٦) **السليكا** : يزيد عنصر السليكون من عملية البناء الضوئى ويساعد على مقاومة النباتات للإصابة بالحشرات والأمراض (كما فى الأرز) • وتزداد صلاحية السليكا للنباتات بزيادة سوء التهوية نتيجة لإختزال اكسيد الحديدىك المتأدرت والذى يدمص السليكا •

(٤) **الأراضى المتأثرة بالأملاح وملوحة وقلوية الأراضى**

(Salt affected Soils & Salinity and Alkalinity of Soils)

مقدمة :

- تعتبر الملوحة والقلوية من أكثر الصفات - عن بقية الخصائص الكيمائية الأخرى - تأثيرا وشيوعا فى المناطق الجافة ، لأنها من المشاكل الأكثر تأثيرا على كل من التربة والمياه •
- تسمى الأراضى المتأثرة بالأملاح salt affected soils (الأراضى المتملحة) - وهى أراضى من أبرز صفاتها إرتفاع تركيز الأملاح بها - إذا بدأت فى إعطاء إنتاجية منخفضة مما يستلزم علاجها لتنضم مرة أخرى إلى الأراضى المنتجة إقتصادياً • وهذه الأراضى تمثل نحو ٥٠% من الأراضى المروية فى العالم وهى تلك الأراضى التى بدأ إنتاجها يتأثر سلبيا وبدء ظهور أعراض التأثير بالملوحة عليها • وفى مصر فهذه الأراضى تبلغ أكثر من ثلث الأراضى المنزرعة ، وفى شمال الدلتا التى لا تقل عن ٦٠% من مساحة المنطقة •
- ويشار إلى الاراضى ذات المستوى المرتفع من الصوديوم بتعبير الأراضى الصودية (Sodic Soils) وذلك بدلا من التعبير القديم الأراضى القلوية (Alkaline soils) ، وذلك لتجنب حدوث غموض أو إلتباس بين المفهومين • حيث أن الـ Sodic Soils قد لا تكون أو قد تكون شديدة القلوية (بمعنى أن قيم الـ pH تكون مرتفعة) •
- وتعتبر الأراضى ملحية عندما يصل تركيز الأملاح الذائبة بها إلى حد يبدأ فى التأثير على نمو النباتات المنزرعة • ونظرا لإختلاف النباتات فى تحملها للملوحة ، فتقول بعض الآراء

أن الأرض المالحة هي التي يصل تركيز الأملاح بها إلى ٠.١ % والآراء الأخرى تحدد هذه النسبة بـ ٠.٢ % .

وتحدث الملوحة عندما تكون كمية الأملاح المترسبة (مثلا كنتيجة لتجوية الصخور أو ارتفاع مستوى الماء الأرضي فيها بالخاصية الشعرية أو الأمطار أو الغمر) تزيد عن الكمية المزالة (كنتيجة لعمليات الغسيل أو الغمر) ، وهذا يحدث في المناطق ذات الأمطار الموسمية القصيرة والتي التي يزيد فيها معدل البخرنتح (Evapotranspiration) عن معدل كمية الأمطار المترسبة .

ورى المحاصيل المنزرعة في تلك الأراضي ضروري جدا على الرغم من انه قد يسبب مشكلة تملح في الأراضي مع ضرورة أن يتزامن ذلك مع عمليات غسيل بصورة منتظمة وطرق صرف مناسبة لظروف تلك الأراضي حتى يمكن المحافظة على مستوى منخفض مناسب للماء الأرضي لهذه الأراضي ، وذلك حتى لايسبب رى تلك الأراضي في زيادة ملوحتها إلى درجة يمكن أن تعيق نمو المحاصيل بسبب زيادة الضغط الأسموزي للمحلول الأرضي ، والذي يؤدي تقليل الماء الميسر للنباتات النامية ممايسبب حدوث إضطراب وعدم توازن في إمتصاص المحاصيل المنزرعة للعناصر الغذائية وتقل إنتاجية هذه الأراضي .

منشأ الملوحة في التربة : تنشأ الملوحة في التربة من عوامل عديدة أهمها:

- (١) إنحلال الصخور والمعادن الموجودة في الأرض .
- (٢) إضافة الأملاح للتربة مع الري .
- (٣) إنتقال الأملاح الي التربة مع المياه المتسربة اليها من مناطق مجاورة (أرض عالية أو بحار) .
- (٤) يقوم الماء الأرضي بدور هام في ديناميكية وحركة الأملاح وتجمعها في التربة ، ففي حالة سؤ الصرف والتي لاتسمح بإزالة الأملاح من الأرض مع ماء الصرف ، فإن مستوى الماء الأرضي يكون قريباً من سطح الأرض فيرتفع الماء الأرضي إلى سطح الأرض بالخاصية الشعرية ويتبخر تاركا مابه من أملاح تتراكم على السطح . وبتوالي هذه العملية تصل تركيزات الأملاح إلى درجة كبيرة تؤدي في النهاية إلى تكوين الأرض الملحية .
- (٥) ارتفاع تركيز أنواع معينة من الأملاح في النظام الأرضي وتؤدي مصادر معينة إلى تراكم وتجمع هذه الأملاح بالتربة كما قد تكون بعض الظروف مشجعة ومناسبة لذلك التجمع .

منشأ القلوية في التربة : وتنشأ الأرض القلوية من زيادة النسبة المئوية للصوديوم المتبادل

ESP على اسطح حبيبات التربة إلى أكثر من ١٥ % ، حيث تتصف هذه الأراضي بمايلي :

- تحدث تفرقة لحبيبات التربة وتسوء النفاذية وتتلف خواصها الطبيعية.
- توجد بها نسبة عالية من كربونات الصوديوم مما يرفع رقم الـ pH لها إلى أكبر من ٨.٥ والتوصيل الكهربى لها ECE يكون أقل من ٤ ملليموز / سم عند ٢٥ م° .
- تكون المادة العضوية فى هذه الأرض ذائبة وتكون طبقة سوداء عل السطح (ارض زلقة) .
- وقبل الوصول إلى تلك الأراضي يتكون نوع آخر من الأراضي هو الأراضي الملحية القلوية .
- وجداول رقم (٨-١) يوضح انواع تلك الأراضي المتأثرة بالأملاح وصفات كل منها .

Table (8-1) USDA Classification of salt – affected soils.

Soil	Soil Characterizes			Soil Description
	ECe (mS.cm ⁻¹)	ESP %	pH (usually)	
Saline	> 4	< 15	< 8.5	Non-sodic soils, containing sufficient soluble salts to interfere with growth of most crops.
Saline Sodic	> 4	> 15	< 8.5	Soils with sufficient exchangeable sodium to interfere with growth of most plants, and containing appreciable quantities of soluble salts.
Sodic	< 4	> 15	> 8.5	Soil with sufficient exchangeable sodium to interfere with growth of most plants, but without appreciable quantities of soluble salts.

ملاحظة : نظر لأن ذلك التصنيف مقبول إلى حد ما وعلى نطاق واسع ، فإنه ينبغي أن ينظر إلى قيم الـ ECe والـ ESP والـ pH كقياسات ذو دلالة واضحة لتقييم صفات التربة بدلا من القيم الحرجة الثابتة . فعلى سبيل المثال ، فإن تأثير الزيادة فى قيمة الـ ESP يودى إلى أن تزداد صفات التربة سوءا تدريجيا حتى الوصول إلى قيمة ESP=15 حيث تتدهور صفات التربة بدرجة أكثر وضوحاً . ويمكن الإعتماد على كل من الخبرة والتجربة المحلية بجانب قيم تلك القياسات كلما كان ذلك ممكنا لتتبع أى تدهور قد يحدث للتربة . كما أن إستخدام الجبس فى التربة ، على وجه الخصوص، يمكن أن يخفف من الآثار السلبية للقيم المرتفعة للـ ESP .

الأملاح الشائعة فى الأراضي المتأثرة بالأملاح

تقسم الأملاح الشائعة فى التربة تبعا لدرجة ذوبانها وعلاقتها بملوحة التربة إلى قسمين:

• أملاح سريعة الذوبان Readily soluble salts

مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) ، كلوريد المغنيسيوم (MgCl₂) ، كلوريد الكالسيوم (CaCl₂) ، كبريتات الصوديوم (Na₂SO₄) ، كبريتات المغنيسيوم (MgSO₄) ، كربونات الصوديوم (Na₂CO₃) وهى المسئولة فى الطبيعة عن ملوحة وقلوية التربة .

• أملاح شحيحة الذوبان أو عديمة الذوبان (Sparingly soluble salts or Insoluble salts)

مثل كبريتات الكالسيوم (CaSO₄) ، كربونات المغنيسيوم (MgCO₃) ، كربونات الكالسيوم (CaCO₃) ، ويكون تأثيرها بدرجة أكبر على الخواص الطبيعية للتربة لقلية ذوبانها.

قياسات ملوحة وقلوية الأراضى :

تشمل القياسات المحددة لأنواع الأراضى من حيث مدى تأثرها بالملوحة والقلوية ، تقدير درجة ملوحتها من خلال قياس التوصيل الكهربى للتربة (ECe) أو مجموع الأملاح الذائبة الكلية والأيونات الذائبة بالتربة ، وهذا ماسيتم تناوله فى الفقرات التالية ، كذلك فإن تقدير % للصدويوم المدمص (ESP) من التقديرات الضرورية لدراسة درجة القلوية للتربة وهذ ماسيتم دراسته تفصليا فيما بعد مع دراسة الكاتيونات المتبادلة .

(١) التوصيل الكهربى ومجموع الأملاح للتربة. (EC, mS.cm⁻¹ & Total salats of soil) :

** تستخدم قياسات التوصيل الكهربى للتربة (EC) للتعبير عن الكمية الكلية من الأملاح فى التربة . وكمية الأملاح المستخلصة من التربة تعتمد على النسبة بين كمية التربة وحجم الماء المقطر المستعمل لتحضير مستلخص التربة .

** وقيم الـ ECe فى جدول (٨-١) تطبق فقط عندما تتم القياسات فى مستلخص عجينة التربة المشبعة . وهذه القيم تكون مناسبة فى حالة الأراضى الناعمة والمتوسطة القوام ، وقد تكون مشجعة optimistic أحيانا يجب أن تؤخذ بحذر فى الأراضى خشنة القوام . ويرجع ذلك إلى انه فى الأراضى ناعمة ومتوسطة القوام تكون النسبة بين المحتوى المائى عند % للتشيع وعن التعرض لـ ١٥ بار ضغط جوى (FAP, 15 atmosphere percentage) تساوى تقريبا ٤ : ١ بينما تزيد تلك القيمة كثيرا فى الأراضى الخشنة القوام نظرا لعدم مقدرة المسام الكبيرة فى الأراضى الخشنة القوام ان تستمر فى مسك والإحتفاظ بالماء الذى يملئها عند التشيع تحت الظروف الحقلية .

ولذلك ففى الأراضى الناعمة والمتوسطة القوام سيكون تركيز الأملاح الفعلى فى المحلول الأراضى مساويا لتلك القيم المتحصل عليها بقياس التوصيل الكهربى ، أما فى الأراضى الخشنة القوام فإن تركيز الأملاح فى محلول التربة الفعلى أكبر من تلك القيمة المتحصل عليها من الـ EC المقاسة ، لذلك فمن الأفضل قياس EC التربة فى مستلخص من التربة والماء بنسبة مقاربة للموجودة عند الـ (FAP, 15 atmosphere percentage) .

** والتقدير الأمثل يجب أن يكون فى مستلخصات التربة الممثلة فعلا للماء الميسر لإستخدام النبات (اى الممسوك بجهود أرضية تقع ما بين ١ إلى ١٥ ض . ج) ، ونظرا لصعوبة إستخلاص هذا الماء من الناحية العملية فإن القياسات تتم فى مستلخصات لعجينة الأرض المشبعة Soil paste ويعبر عن القيم الناتجة منه بالـ (EC_e) (أقرب لظروف التربة الحقيقية) . ومعظم الدراسات المعملية تجرى على مستلخصات (١ : ١) أو (٢.٥ : ١) او اى نسب اخرى لسهولة تحضيرها . وتختلف قيم الـ EC طبقا للنسبة ما بين كمية التربة وحجم الماء المستخدم .

** وقيم الـ EC المقاسة فى محاليل مختلفة فى نسبة التربة إلى الماء (والتي يمكن إستخلاصها بسهولة دون الحاجة إلى إستعمال suction لإستخلاصها لأنها أكثر تخفيفاً من عينة التربة المشبعة) لا يمكن تفسيرها مباشرة من خلال قيم قياساتها مباشرة كما يحدث لقياسات الـ EC_e لعينة التربة المشبعة ، إذ لابد من إستخدام بعض العلاقات المتفق عليها كدليل لربط القسم المختلفة لقيم الـ EC المتحصل عليها بالقيم المقابلة لـ EC_e (التوصيل الكهربى لعينة التربة المشبعة) ، وهذه العلاقات تجريبية تقريبية ، وذلك لأن درجة ذوبان الأملاح يمكن أن تختلف مع زيادة التخفيف حتى وإن عُرفت تماماً خواص المحتوى الرطوبى للتربة - ويجب المداومة على معايرة أجهزة قياس التوصيل الكهربى بإستخدام محلول ٠.٠١ ع كلوريد الصوديوم (AR) والذى يعطى قيمة EC 1.4 dS/cm at 25 C° ، ويمكن إيضاح تلك العلاقات فيما يلى :

(I) علاقات بين قيم التوصيل الكهربى (EC, dS/cm at 25 C°) وقيم EC_e لعينة التربة المشبعة

dS/cm at 25 C°: (وبخاصة فى العينات التى لا تحتوى على كميات معنوية من الجبس) :

$$(EC_e) = 2.2 \times EC (1:1) \quad , \quad (EC_e) = 6.4 \times EC (1:5)$$

(II) علاقات بين قيم التوصيل الكهربى (EC, dS/cm at 25 C°) وقيم TSC (meq/l) & TDS(ppm)

• الأملاح الذائبة الكلية (TDS ,ppm) بالعلاقة :

$$TDS (ppm) = EC (dS/cm at 25 C°) \times 640$$

• مجموع الكاتيونات الذائبة الكلية (ملييكافى/لتر) بالعلاقة

$$Total Soluble Cations (meq/l) = EC (dS/cm at 25 C°) \times 10$$

(والعلاقات السابقة تصلح للأراضى ذات الـ CE فى حدود ٠.١ - ٥ ملليموز عند درجة حرارة ٢٥ م°)

Table (9-1) General interpretation of EC_e values.

Soil Class	Salinity Designation	EC _e (mS.cm ⁻¹)	Total Salt (%)	Crop Reaction
0	Salt free	0-2	< 0.15	Salinity effects are mostly negligible, except for the most sensitive plants.
1	Slightly	4 -8	0.15 -0.35	Yields of many crops restricted.
2	Moderately	8- 15	0.35 - 0.65	Only tolerant crops yield satisfactorily.
3	Strongly	> 15	> 0.65	Only very tolerant crops yield satisfactorily.

Table (10-1) Ratings of relative plants to salt.

<i>Plant Grouping</i>	<i>High Salt Tolerant</i>	<i>Medium Salt Tolerant</i>	<i>Low Salt Tolerant</i>
<i>Fruit Crops</i>	Date Palm	Fig, Olive, Grape, cantaloupe.	Pear , Apple , Orange , Grapefruit , Almont , Apricot , Peach , strawberry , Lemon, Avocado
<i>Vegetable Crops</i>	(EC _e = 10-12)	(EC _e = 4-10)	(EC _e = 3-4)
	Garden beets	Tomato, Cabbage, Bell pepper, Sweet Corn, Lettuce, Carrot, onion,	Radish, Celery, Green beans.
	Asparagus	Squash, Peas, Cucumber ,Potatoes	
<i>Forage Crops</i>	(EC _e = 12-18)	(EC _e = 4-12)	(EC _e = 2-4)
	Alkali Sacation, Salt grass, Bermuda grass, Western wheat grass, Barley.	White sweet clover, Sudan grass, Alfalfa, wheat (hay), Rye (hay), Sour clover, Perennial rye grass.	Red clover, Alsike clover, White Dutch clover.
<i>Field Crops</i>	(EC _e = 10-16)	(EC _e = 4-10)	(EC _e = 3-4)
	Barley (grain), Sugar beet, Rape.	Ray (grain) , Wheat (grain) , Oats (grain) , Rice , Sorghum (grain) , Sugar cane , Corn , Sun flower ,	Field beans, Flax.

تفسير قياسات الـ EC في التربة

** يجب ان يلاحظ أن تفسير قياسات درجة الـ (EC) للتربة لا يمكن أن تكون توصيات ثابتة يوصى بها بصورة عامة ، لأن الملوحة تتأثر بالعديد من العوامل التي تختلف من مكان لآخر مثل كمية مياه الري المستخدمة – كفاءة عملية الصرف – قوام التربة – نوعية الأملاح الموجودة – أصناف وانواع المحاصيل المنزرعة – مرحلة نمو المحصول المنزرع – المناخ .

** وجدول (٩-١) يوضح بعض التفسيرات التي يمكن أن تستخدم على نطاق واسع بالنسبة لملوحة التربة والمقدرة في مستخلص عجينة التربة المشبعة . وجدول (١٠-١) يوضح الحدود النسبية لملوحة التربة (EC_e) والمحاصيل الملائمة (بحسب درجة تحملها) لكل حد من هذه

الحدود ، وقد أمكن الإستفادة من قياسات الـ ECE فى تحديد أنسب المحاصيل التى يمكن زراعتها فى مختلف الأراضى الملحية •

(٢) الأيونات الذائبة فى مستخلص التربة (Soluble Ions in Soil Extracts)

إذا لم تتوفر الإمكانيات التى تمكن من الحصول على المحتوى الرطوبى الحقلى الفعلى ، فإن تقدير الأيونات الذائبة يمكن أن يجرى على مستخلص التربة مع ملاحظة انه مع زيادة نسبة التخفيف فإن كمية الأملاح الذائبة تقل بإطراد ، وفى الظروف الحقلية فإن ذلك يرتبط بحالة ومستويات الرطوبة الحقلية • كما يلاحظ ان الأيونات الذائبة غير مترادفة synonymous مع الايونات المتبادلة حيث انها لا تكون ممسوكة على مواقع التبادل.

والايونات الذائبة الشائع تقديرها تشمل :

- كاتيونات الـ : K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++}
- وانيونات الـ : CO_3^{--} , Cl^- , HCO_3^{--} , SO_4^{--}
- ويتساوى تقريبا المجموع الكلى للأنيونات الذائبة مع المجموع الكلى للكاتيونات الذائبة ، فإذا كان مجموع الكاتيونات المقدره معمليا أكبر من مجموع الأنيونات المقدره معمليا ، فالفرق يرجع إلى وجود انيونات النترات (NO_3^-) •
- السليكات وهى تتواجد فقط وبكميات معنوية فى الأراضى الصودية ذات قيم الـ pH المرتفعة •

وعلى الرغم أن الأبحاث اثبتت وجود سمية من الكميات الزائدة من تلك الأيونات ، إلا أنه بصفة عامة لا توجد حدود حرجة يمكن الإعتماد عليها وبثقة كاملة فى التعرف على مدى إستحابة المحاصيل للمستويات المختلفة من تلك الكاتيونات والأنيونات •

بعض التفسيرات النوعية لقياسات الأيونات الذائبة التربة

يجب ملاحظة أن التفسيرات النوعية للكاتيونات فى التربة سيتم تناوله فى الفقرات التالية •

الأيونات الذائبة فى التربة

(١) الكلوريد :

** التأثير الفسيولوجى الضار للتركيزات المرتفعة من الكلوريد على النباتات يشابه تأثير الصوديوم •

** وتعتبر محاصيل الاشجار والخشيبات المستديمة من المحاصيل الحساسة للكلوريد ، فى حين أن معظم المحاصيل الحولية لا تتأثر وبخاصة عند التركيزات المنخفضة من الكلوريد •

وتحت ظروف التبخير العالية ، فإن المحاصيل تتأثر بالكلوريد إذا زاد تركيزه عن في
مستخلص التربة المشبع عن ١٠ ملليمكافىء /لتر .

** زيادة نسبة الكلوريد في ماء الري عن (٣) ملليمكافىء فإن إستخدام الري بالرش تسبب
إحتراق في أوراق النباتات جدول (١٢-٢) .

** والحدود الحرجة للكلوريد (% من وزن التربة) :

- تتأثر النباتات بدرجة بسيطة **Slightly** إذا كان تركيز الـ $CI > 0.05\%$

- تتأثر النباتات بدرجة متوسطة **moderately** إذا تراوح تركيز الـ CI ما بين $0.05 - 0.1\%$

- تتأثر النباتات بدرجة شديدة **strongly** إذا كان تركيز الـ $CI < 0.1\%$

** وتتأثر النباتات بكل من تركيز الكلوريد في ماء الري و الـ % للتشبع في التربة ومعدل سقوط الأمطار
إذا زادت النسبة بينهم عن ٥٠ ، وتحسب النسبة بين هذه العوامل من خلال المعادلة التالية :

$$\frac{Cl(ppm) \text{ in irrigation water } \times "SP" \text{ of Soil}}{\text{Annual rainfall } \times "SP" \text{ of Soil}} > 50$$

(SP = Saturation percent, %)

(٢) النتروجين :

** يؤثر وجود النتروجين في التربة (كـ NO_3^- و NH_4^+) عن أكثر من ($5 < ppm$) تأثيرا
عكسيا على المحاصيل الحساسة للنتروجين كقصب السكر وبنجر السكر والمشمش والموالح
والقطن ، ولكن بقية المحاصيل الأخرى فقد يكون هذا التركيز مفيد لها .

** ويلاحظ ان الطحالب قد تتزايد عند هذه التركيزات من النتروجين ، ولذلك فمن الضروري
عند ذلك أن يتبع نظم تحكم ميكانيكية (مناخل - مرشحات) أو كيميائية (كبريتات نحاس) في
معظم انظمة الري للتقليل من ضرر زيادة الطحالب على كفاءة نظم الري .

(٣) الكربونات والبيكربونات : والحدود المثلى لها هي :

** بالنسبة لأيونات الكربونات CO_3^- :

- متأثرة قليلا : عند نسبة مئوية من صفر إلى 0.05%

- متأثرة بدرجة متوسطة : عند نسبة مئوية من 0.05 إلى 0.1%

- متأثرة بدرجة شديدة : عند نسبة مئوية $< 0.1\%$

** بالنسبة لأيونات الكبريتات SO_4^- :

- متأثرة قليلا : عند نسبة مئوية من صفر إلى 0.1%

- متأثرة بدرجة متوسطة : عند نسبة مئوية من 0.1 إلى 0.3%

- متأثرة بدرجة شديدة : عند نسبة مئوية $< 0.3\%$

كما تؤثر الكبريتات بدرجة واضحة على المواسير الأسمنتية والبطانة الأسمنتية لقنوات الري ، وتحدث لذلك تأثيرات واضحة على مسامية تلك المواسير ، حيث يحدث هذا التفاعل على إمتداد جذر تلك المواسير الأسمنتية • ولا يحدث هذا التأثير إذا استعملت مواسير من الألمونيوم أو من الـ Super sulphated concert • والجدول التالي (١١-١) به تقييم لتأثير كبريت التربة على المواسير الخرسانية •

Table (11-1) Soil sulphur suitability rating for concrete pipe use.

Water soluble-SO ₄ ⁼ (%) In 2:1 soil : water extract	HCl – soluble sulphate (%S)	Interpretation
< 0.06	< 0.08	Suitable for pours concrete pipes.
0.07 – 0.15	0.09 – 0.20	Suitable for high alumina or super sulphated concrete pipe.
> 0.15	> 0.20	Suitable only for high alumina concrete pipes.

تقييم العلاقات بين بعض القياسات الهامة فى التربة والأيونات الذاتية بها :

(١) يتساوى تقريبا المجموع الكلى للكاتيونات الذاتية مع المجموع الكلى للأنيونات الذاتية والمقدرتان بالـ ملليمكافىء / لتر •

(٢) الـ pH وتركيز الكالسيوم والمغنيسيوم :

عند pH تربة = ٩ أو أكثر فإن تركيز ايونات الكالسيوم والمغنسيوم فى مستخلص التربة المشبع نادرا مايزيد عن (٢) ملليمكافىء / لتر • ولهذا ففى وجود كميات يمكن معايرتها treatable amounts من الكربونات (CO₃⁼) ، فإن تركيز الـ Ca+Mg يكون قليل جدا • ولايمكن أن يوجد الـ Ca+Mg بتركيز مرتفع إطلاقا never high فى وجود تركيز عالى من البيكربونات (HCO₃⁼) •

(٣) الكالسيوم والكبريت (فى مستخلص التربة – الماء) ومحتوى الجبس فى التربة :

** تتراوح درجة ذوبان الجبس – تحت درجة الحرارة العادية – ما بين (٣٠) ملليمكافىء / لتر فى المستخلص المشبع فى الماء المقطر و (٥٠) ملليمكافىء / لتر فى المحاليل الملحية •
** إلا إنه بسبب تأثير ايونات معينة كوجود زيادة من الكالسيوم أو الكبريتات فإن درجة الذوبان للجبس تنخفض لقيمة أقل من (٢٠) ملليمكافىء / لتر •

** ولهذا السبب فإن المستخلصات المشبعة للـ non-gypsiferous soil قد تحتوى على أكثر من (٣٠) ملليمكافىء / لتر من كل من الكالسيوم والكبريت ، وتلك الاراضى قد يكون تركيز الكالسيوم فيها أقل من (٢٠) ملليمكافىء / لتر .

** وكحقيقة عامة ، فإن الأراضى التى يزيد فيها تركيز الكالسيوم عن (٢٠) ملليمكافىء / لتر ، يجب أن تختبر لوجود الجبس بها .

٤) pH والـ وتركيز كربونات القلويات الأرضية :

** فى الأراضى الجيرية تكون قراءات الـ pH عند النسبة المئوية للتشبع دائماً أكثر من (٧) ، وعموماً قد تزيد عن (٧.٥) .

** وفى الأراضى غير الجيرية تكون الـ pH (مابين ٧.٣ إلى ٧.٤) .

٥) pH والـ والجبس :

نادراً مايزيد الـ pH فى الـ Gypsiferous soil عند التشبع عن (٨.٢) بغض النظر عن الـ ESP .

٦) pH والـ و ESP : عند الـ % للتشبع فإن قراءة الـ pH الأعلى من (٨.٥) تدل تقريباً على أن قيم الـ ESP تكون (١٥) أو أكثر .

٧) pH والـ وتركيز الكربونات والبيكربونات :

** إذا تواجدت ايونات الكربونات فى مستخلصات التربة بكميات يمكن معايراتها ، فإن pH التربة يجب أن تزيد عن (٩) ، ولذلك فى هذه الظروف لابد أن تحلل مستخلصات التربة مباشرة عقب الإستخلاص .

** تركيز البيكربونات نادراً ما يزيد عن (١٠) ملليمكافىء / لتر فى غياب ايونات الكربونات ، وعند (pH= ٧) أو أقل فإن تركيز البيكربونات نادراً ما يزيد عن (٤) ملليمكافىء / لتر .

٨) العلاقات النسبية للكاتيونات فى مستخلص التربة المشبع وعلاقتها بالكاتيونات المتبادلة

أوضح Richards (1969) ، أن العلاقات النسبية بين تركيزات الكاتيونات فى مستخلص التربة المشبع والمتوازن ، يمكن منها تقدير القيم المتوقعة للكاتيونات المتبادلة فى التربة . وهذا يكون بتقدير الأيونات الذائبة فى التربة فى (Saturated Soil Extracts) المستخلصات المشبعة للتربة ، حيث :

• تستخدم المعادلة التالية للحصول على العلاقة بين الصوديوم المتبادل (SAR) فى

مستخلصات التربة المشبعة "المتوازنة" وبين النسبة المئوية المتوقعة للصوديوم المتبادل

: (ESP)

$$ESP = \frac{100 (- 0.0126 + 0.01475 SAR \text{ of soil saurated extract })}{1 + (- 0.0126 + 0.01475 SAR \text{ of soil saurated extract })}$$

حيث : (SAR) : نسبة الصوديوم المتبادل في مستخلص التربة المشبعة وتحسب من المعادلة :

$$SAR = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}} \quad (\text{Wheres: } Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} \text{ as m.e/l})$$

والنومجرام التالي (شكل ٣-١) يوضح القيم المقدرة من الـ SAR في مستخلصات التربة المشبعة والمتوازنة والقيم المقابلة لها من الـ ESP التربة .

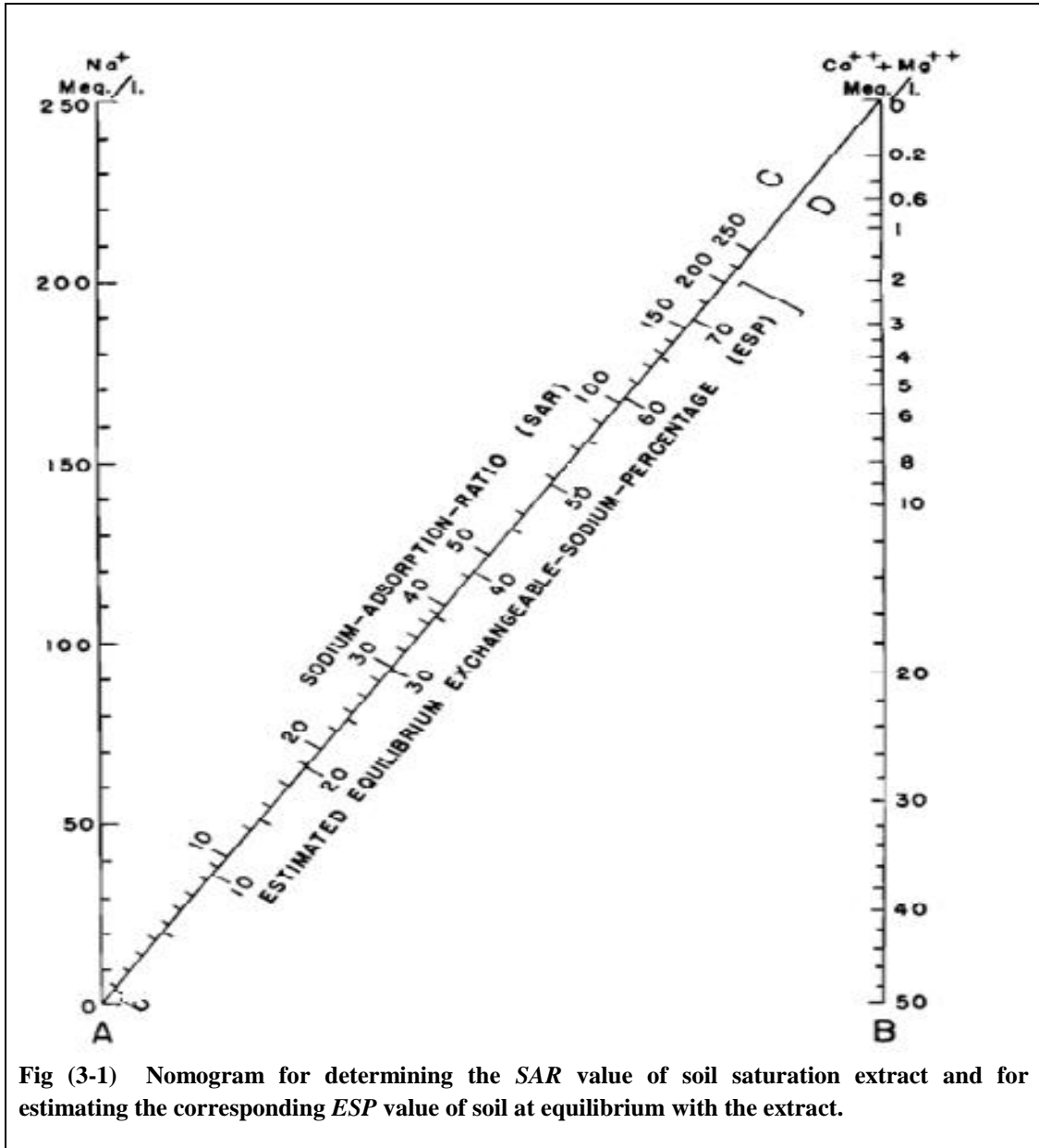


Fig (3-1) Nomogram for determining the SAR value of soil saturation extract and for estimating the corresponding ESP value of soil at equilibrium with the extract.

• وفى هذا الصدد ، أوضح (Mohsen et al. 2009) أنه مع إزدياد الأراضى المالحة لتصبح أكثر إنتشاراً فى العالم ، فإن تقدير الكاتيونات المتبادلة تمثل إشكالية إلى حد ما ، وغالبا ما يتم تحديد نسبة الصوديوم القابلة للتبادل (ESP) باستخدام الاختبارات المخبرية والتي تستغرق وقتا طويلا . ولذلك فإنه يكون من الأنسب اقتصاديا و إختصاراً لوقت التقديرات العملية ، لذلك فقد أجرى دراسة إعتد فيها على قياسات العلاقات النسبية للكاتيونات الذائبة فى مستخلصات التربة المشبعة - كقياسات هامة لملوحة التربة - لتقدير (ESP) التربة . وقد أوضح من خلال أبحاثه أن العلاقة بين قيم الـ SAR لمستخلصات التربة المشبعة وقيم الـ ESP للتربة هى علاقة إندار خطى (linear regression equation) تكون فيها قيم الـ ESP فى هذه المعادلة كدالة لـ SAR ، حيث :

$$ESP = 1.95 + 1.03 SAR (R^2 = 0.92)$$

• كما تستخدم المعادلة التالية للحصول على العلاقة بين البوتاسيوم المتبادل (PAR) فى مستخلصات التربة المشبعة وبين النسبة المئوية المتوقعة للبوتاسيوم المتبادل (ESP) :

$$ESP = \frac{100 (- 0.0360 + 0.01051 PAR \text{ of soil saurated extract})}{1 + (- 0.0360 + 0.01051 PAR \text{ of soil saurated extract})}$$

حيث : (PAR) : نسبة البوتاسيوم المتبادل (PAR) فى مستخلص التربة المشبعة وتحسب من المعادلة :

$$PAR = \frac{(K^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}} \quad (\text{Wheres: } K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} \text{ as m.e/l})$$

الإحتياجات الغسيلية للأراضى الملحية :

* عندما يراد تقليل الملوحة بالتربة ، فإن ذلك يتطلب غسل الأملاح الذائبة من القطاع الأراضى . وذلك مايجعل المختصين فى الأراضى فى حاجة لتقدير كميات المياه الضرورية لخفض ملوحة التربة إلى مستوى معين . والجدول التالى (١٢-١) يبين بعض القيم الممكنة الإستدلال بها ، وذلك على الرغم من أن هذه القيم يجب أن تختبر من خلال تجارب حقلية . ويجب أن يلاحظ أن غسل التربة عدة مرات بأحجام قليلة نسبيا عادة مايكون أكثر فاعلية من إضافة نفس الحجم الكلى من الماء (أى مجموع الماء المضاف خلال تلك المرات) مرة واحدة .

والإحتياجات الغسيلية تختلف بإختلاف ظروف التربة وطريقة الري، ولذلك فإن القيم المذكورة ماهى إلا قيم ذو دلالات عامة (broadly indicative values)

Table (12-1) Indicative leaching requirements related to EC of irrigation water and drainage water.

EC i.w ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Maximum EC d.w at bottom of root zone ($\mu\text{S cm}^{-1}$)			
	4	8	12	16
	Leaching requirement (%) *			
100	2.5	1.2	0.8	0.6
250	6.2	3.1	2.1	1.6
750	18.8	9.4	6.2	4.7
2250	56.2	28.1	18.8	14.1
5000		62.5	41.7	31.2

i.w = irrigation water, d.w = drainage water

* Fraction of the applied irrigation water that must be leached through the root zone expressed here as a percentage (%)

** وهناك معادلتين شائعتين الإستعمال لحاب الإحتياجات الغسيلية الصافية (Net L.R) تحت الظروف المختلفة للرى ، وهما :

• الأولى : عند ثبات (إلى حد ما) إرتفاع الماء الأرضى و فى حالة الرى السطحى :

حيث تستخدم المعادلة التالية :

$$\text{net L. R} = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w}$$

حيث :

net L. R : الحد الأدنى النظرى لصافى الإحتياجات الغسيلية (وهو كنسبة من الماء المضاف) والمطلوبة للسيطرة والتحكم فى مستوى الأملاح فى منطقة إنتشار الجذور •

EC_w : التوصيل الكهربى للماء المضاف فى عملية الغسيل ($\mu\text{S cm}^{-1}$) •

EC_e : قيمة التوصيل الكهربى لمستخلص عجينة التربة المشبعة ، والمتوقع أن تعطى أعلى إنتاجية (أى ٩٠% عائد محتمل "yield potential") أو أقل نقص محتمل (أى ١٠% •

نقص محتمل "decreasing yield") للمحصول المراد زراعته فى الأرض المغسولة • وهذه القيمة تقدر من جدول (١٣-١) للعائد المتوقع وللنقص المحتمل فى

إنتاجية المحاصيل المختلفة تحت المستويات المختلفة من ملوحة التربة والمياه •

والشكل (٤-١) يوضح تأثير (EC_w) المياه المضافة للغسيل على (EC_e) التربة فى منطقة إنتشار الجذور تحت قيم مختلفة من الإحتياجات الغسيلية للتربة لمختلف المحاصيل وبحسب

حساسيتها لملوحة التربة •

• الثانية: في حالة عدم ثبات (تقريباً اليومي) لإرتفاع الماء الأرضي أو عند الري بالتنقيط:

حيث تستخدم المعادلة التالية:

$$\text{net L. R} = \frac{EC_w}{2(\text{max. } EC_e)}$$

حيث:

max.EC_e: التوصيل الكهربى لمستخلص عجينة التربة المشبعة، وهى القيمة المقابلة

للمحصول عند No yield وهذه القيمة تقدر من جدول (١٣-١).

ويصفة عامة يجب ملاحظة أن:

** قيم الـ (net L.R) هى قيم نظرية، ولذلك لابد من إجراء قياسات حقلية لإثبات أن هذه

القيم النظرية ملائمة ومتناسبة مع القيم العملية.

** عند حساب إجمالى كمية ماء الغسيل المطلوب إضافتها، يجب أن يؤخذ فى الإعتبار

فاعلية وكفاءة عملية الغسيل وكفاءة الري (وتعرف من خلال معرفة الكمية المناسبة من الماء

على السطح وتلك المفقودة إلى أعماق كبيرة خلال القطاع الأرضي)، وكذلك يجب أن يوضع

فى الإعتبار أى كميات ساقطة من مياه الأمطار ذات التأثير الفعال.

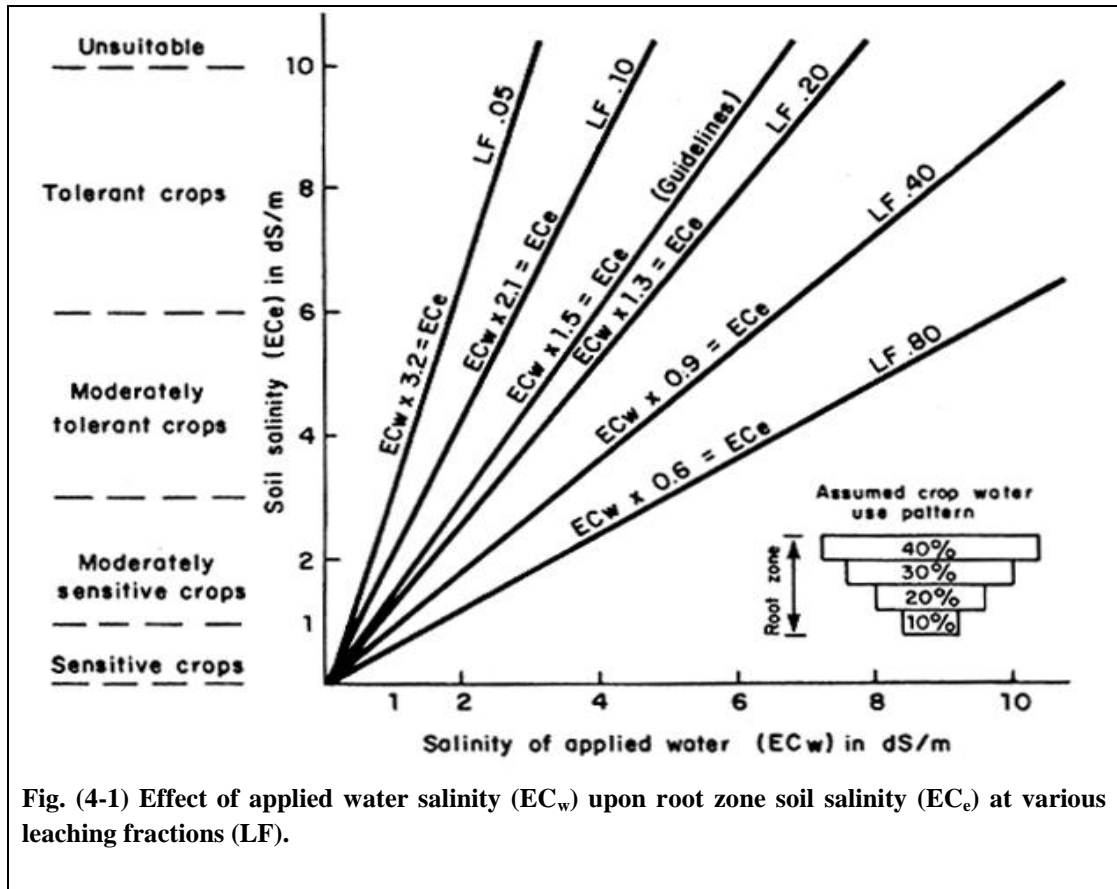


Fig. (4-1) Effect of applied water salinity (EC_w) upon root zone soil salinity (EC_e) at various leaching fractions (LF).

Table (13-1) Crop tolerance and yield potential of selected crops as influenced by irrigation water salinity (EC_w) or soil salinity (EC_e)¹.

FIELD CROPS	YIELD POTENTIAL (%) ²									
	100%		90%		75%		50%		0%	
	YIELD DECREASING (%)									
	0%		10%		25%		50%		Maximum or (100% decreasing) "NO YIELD" ³	
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w
Barley (<i>Hordeum vulgare</i>) ⁴	8.0	5.3	10	6.7	13	8.7	18	12	28	19
Cotton (<i>Gossypium hirsutum</i>)	7.7	5.1	9.6	6.4	13	8.4	17	12	27	18
Sugarbeet (<i>Beta vulgaris</i>) ⁵	7.0	4.7	8.7	5.8	11	7.5	15	10	24	16
Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i>)	6.8	4.5	7.4	5.0	8.4	5.6	9.9	6.7	13	8.7
Wheat (<i>Triticum aestivum</i>) ^{4,6}	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13	8.7	20	13
Wheat, durum (<i>Triticum turgidum</i>)	5.7	3.8	7.6	5.0	10	6.9	15	10	24	16
Soybean (<i>Glycine max</i>)	5.0	3.3	5.5	3.7	6.3	4.2	7.5	5.0	10	6.7
Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i>)	4.9	3.3	5.7	3.8	7.0	4.7	9.1	6.0	13	8.8
Groundnut (Peanut) (<i>Arachis hypogaea</i>)	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.6	4.4
Rice (paddy) (<i>Oriza sativa</i>)	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11	7.6
Sugarcane (<i>Saccharum officinarum</i>)	1.7	1.1	3.4	2.3	5.9	4.0	10	6.8	19	12
Corn (maize) (<i>Zea mays</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Flax (<i>Linum usitatissimum</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Broadbean (<i>Vicia faba</i>)	1.5	1.1	2.6	1.8	4.2	2.0	6.8	4.5	12	8.0
Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2
VEGETABLE CROPS										
Squash, zucchini (courgette) (<i>Cucurbita pepo melopepo</i>)	4.7	3.1	5.8	3.8	7.4	4.9	10	6.7	15	10
Beet, red (<i>Beta vulgaris</i>) ⁵	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4	15	10
Squash, scallop (<i>Cucurbita pepo melopepo</i>)	3.2	2.1	3.8	2.6	4.8	3.2	6.3	4.2	9.4	6.3
Broccoli (<i>Brassica oleracea botrytis</i>)	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	14	9.1
Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	13	8.4
Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>)	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10	6.8
Spinach (<i>Spinacia oleracea</i>)	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15	10
Celery (<i>Apium graveolens</i>)	1.8	1.2	3.4	2.3	5.8	3.9	9.9	6.6	18	12
Cabbage (<i>Brassica oleracea capitata</i>)	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12	8.1
Potato (<i>Solanum tuberosum</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Corn, sweet (maize) (<i>Zea mays</i>)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Sweet potato (<i>Ipomoea batatas</i>)	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	11	7.1
Pepper (<i>Capsicum annum</i>)	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	8.6	5.8
Lettuce (<i>Lactuca sativa</i>)	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.1	3.4	9.0	6.0
Radish (<i>Raphanus sativus</i>)	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	5.0	3.4	8.9	5.9

Onion (<i>Allium cepa</i>)	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.4	5.0
Carrot (<i>Daucus carota</i>)	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.0	8.1	5.4
Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2
Turnip (<i>Brassica rapa</i>)	0.9	0.6	2.0	1.3	3.7	2.5	6.5	4.3	12	8.0
Wheatgrass, tall (<i>Agropyron elongatum</i>)	7.5	5.0	9.9	6.6	13	9.0	19	13	31	21
Wheatgrass, fairway crested (<i>Agropyron cristatum</i>)	7.5	5.0	9.0	6.0	11	7.4	15	9.8	22	15
Bermuda grass (<i>Cynodon dactylon</i>) ⁷	6.9	4.6	8.5	5.6	11	7.2	15	9.8	23	15
Barley (forage) (<i>Hordeum vulgare</i>) ⁴	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13	8.7	20	13
Ryegrass, perennial (<i>Lolium perenne</i>)	5.6	3.7	6.9	4.6	8.9	5.9	12	8.1	19	13
Trefoil, narrowleaf birdsfoot ⁸ (<i>Lotus corniculatus tenuifolium</i>)	5.0	3.3	6.0	4.0	7.5	5.0	10	6.7	15	10
Harding grass (<i>Phalaris tuberosa</i>)	4.6	3.1	5.9	3.9	7.9	5.3	11	7.4	18	12
Fescue, tall (<i>Festuca elatior</i>)	3.9	2.6	5.5	3.6	7.8	5.2	12	7.8	20	13
Wheatgrass, standard crested (<i>Agropyron sibiricum</i>)	3.5	2.3	6.0	4.0	9.8	6.5	16	11	28	19
Vetch, common (<i>Vicia angustifolia</i>)	3.0	2.0	3.9	2.6	5.3	3.5	7.6	5.0	12	8.1
Sudan grass (<i>Sorghum sudanense</i>)	2.8	1.9	5.1	3.4	8.6	5.7	14	9.6	26	17
Wildrye, beardless (<i>Elymus triticoides</i>)	2.7	1.8	4.4	2.9	6.9	4.6	11	7.4	19	13
Cowpea (forage) (<i>Vigna unguiculata</i>)	2.5	1.7	3.4	2.3	4.8	3.2	7.1	4.8	12	7.8
Trefoil, big (<i>Lotus uliginosus</i>)	2.3	1.5	2.8	1.9	3.6	2.4	4.9	3.3	7.6	5.0
Sesbania (<i>Sesbania exaltata</i>)	2.3	1.5	3.7	2.5	5.9	3.9	9.4	6.3	17	11
Sphaerophysa (<i>Sphaerophysa salsula</i>)	2.2	1.5	3.6	2.4	5.8	3.8	9.3	6.2	16	11
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9	16	10
Lovegrass (<i>Eragrostis sp.</i>) ⁹	2.0	1.3	3.2	2.1	5.0	3.3	8.0	5.3	14	9.3
Corn (forage) (maize) (<i>Zea mays</i>)	1.8	1.2	3.2	2.1	5.2	3.5	8.6	5.7	15	10
Clover, berseem (<i>Trifolium alexandrinum</i>)	1.5	1.0	3.2	2.2	5.9	3.9	10	6.8	19	13
Orchard grass (<i>Dactylis glomerata</i>)	1.5	1.0	3.1	2.1	5.5	3.7	9.6	6.4	18	12
Foxtail, meadow (<i>Alopecurus pratensis</i>)	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12	7.9
Clover, red (<i>Trifolium pratense</i>)	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6
Clover, alsike (<i>Trifolium hybridum</i>)	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6
Clover, ladino (<i>Trifolium repens</i>)	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6
Clover, strawberry (<i>Trifolium fragiferum</i>)	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6
FRUIT CROPS¹⁰										
Date palm (<i>phoenix dactylifera</i>)	4.0	2.7	6.8	4.5	11	7.3	18	12	32	21
Grapefruit (<i>Citrus paradisi</i>) ¹¹	1.8	1.2	2.4	1.6	3.4	2.2	4.9	3.3	8.0	5.4
Orange (<i>Citrus sinensis</i>)	1.7	1.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0	5.3
Peach (<i>Prunus persica</i>)	1.7	1.1	2.2	1.5	2.9	1.9	4.1	2.7	6.5	4.3
Apricot (<i>Prunus armeniaca</i>) ¹¹	1.6	1.1	2.0	1.3	2.6	1.8	3.7	2.5	5.8	3.8
Grape (<i>Vitus sp.</i>) ¹¹	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12	7.9

Almond (<i>Prunus dulcis</i>) ¹¹	1.5	1.0	2.0	1.4	2.8	1.9	4.1	2.8	6.8	4.5
Plum, prune (<i>Prunus domestica</i>) ¹¹	1.5	1.0	2.1	1.4	2.9	1.9	4.3	2.9	7.1	4.7
Blackberry (<i>Rubus sp.</i>)	1.5	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.8	2.5	6.0	4.0
Boysenberry (<i>Rubus ursinus</i>)	1.5	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.8	2.5	6.0	4.0
Strawberry (<i>Fragaria sp.</i>)	1.0	0.7	1.3	0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	4	2.7

١. هذه النتائج تستخدم كدليل إرشادي لمعرفة التحمل النسبي للمحاصيل ، بينما التحمل المطلق يختلف معتمدا على المناخ وحالة التربة والعمليات الزراعية . وفي الأراضي الجبسية الحمراء فإن النباتات سوف تتحمل حوالي ٢ ديسيمينز/متر أعلى مما تدل عليه ملوحة التربة ولكن تظل القيم نفسها كما في الجدول في حالة ملوحة ماء الري.
٢. ملوحة مستخلص التربة (ECe) تعنى متوسط ملوحة منطقة نمو الجذور المقدره بالتوصيل الكهربى للمستخلص المشبع لعجينة التربة معبر عنها بالديسيمينز/متر عند درجة ٢٥ °م. وان ملوحة ماء الري (ECw) تعنى التوصيل الكهربى لماء الري بالديسيمينز/متر . العلاقة بين ملوحة التربة وملوحة ماء الري (ملوحة عجينة التربة = ١.٥ ملوحة ماء الري) ويفترض أنها بين ١٥-٢٠% من المكون الغسيلي و ٤٠ - ٣٠ - ٢٠ - ١٠% من نظام استخدام الماء من الربيع الأعلى إلى الأقل في منطقة نمو الجذور . وهذه الافتراضات تستخدم في تطوير البيانات الأسترشادية كما في الجدول.
٣. احتمال صفر محصول أو أعلى لملوحة للتربة (ECE) وتدل على ملوحة التربة النظرى والتي عندها يتوقف نمو المحصول.
٤. القمح والشعير أقل تحمل أثناء طور الأنبات أو بداية النمو وأن ملوحة مستخلص التربة (ECe) لا يجب أن تزيد عن ٤-٥ ديسيمينز/متر في الجزء العلوى من التربة أثناء هذه الفترة.
٥. البنجر أكثر حساسية في طور الأنبات وأن ملوحة ملوحة مستخلص التربة (ECe) لا يجب أن تزيد عن ٣ ديسيمينز/متر في بداية النمو بالنسبة لبنجر الماندة وبنجر السكر.
٦. السلالات القصيره والنصف قصيره تكون أقل تحمل.
٧. التحمل يعطى قيم متوسطه لسلالات عديده وان حشائش Suwannee and Coastal Bermuda grass أقل تحمل بنسبة ٢٠%.
٨. نباتات Broadleaf Birdsfoot Trefoil تبدو أقل تحمل عن Narrowleaf Birdsfoot Trefoil.
٩. يكون التحمل لنباتات Boer, Wilman, Sand and Weeping Lovegrass; Lehman Lovegrass حوالي ٥٠% من مقدرته على ذلك.
١٠. هذه النتائج تكون عند مستوى مقبول عندما لا تتراكم ايونات Na و Cl وهي تعاد على ذلك سريعا عندما تكون هذه الأيونات سائدة في التربة وعند تواجد هذه الأيونات فأنها تشير إلى السمية.
١١. تقييم التحمل يعتمد على نمو الأشجار وليس على المحصول.

(٥) قياس الكاتيونات المتبادلة

(Exchangeable Cations Measure)

يشمل قياس الكاتيونات المتبادله (Exchangeable Cations Measure) في التربة

قياس أى أو كل من هذه القياسات:

- (I) السعة التبادليه الكاتيونييه (Cation Exchange Capacity, CEC)
- (II) النسبه المئوية للقواعد المشبعه (Base Saturation Percentage BSP)
- (III) الكاتيونات المتبادله منفرده (Individual Exchangeable Cations)

Cation Exchange Capacity (CEC) السعة التبادلية الكاتيونية (I)

نظرة عامه

- يقصد بالسعة التبادلية الكاتيونية مجموع الكاتيونات القابلة للتبادل على أسطح الإدمصاص لحبيبات التربة ، ويعبر عنها بعدد المليمكافئات لكل ١٠٠ جم تربة • وأكثر الكاتيونات شيوعاً على أسطح الطين هي الـ Al^{+++} , H^+ , NH^4 , K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{+} • وجدير بالذكر ان كل من الـ Al^{+++} والـ H^+ يوجدان في صورة متبادلة فقط في الأرض الحمضية •
- ومن المهم معرفة ان نسب هذه الكاتيونات المتبادلة على سطح الطين ليست ثابتة وإنما تتغير باستمرار نتيجة للعمليات الزراعية المختلفة مثل إضافة الأسمدة أو الجبس أو إمتصاص النبات للعناصر الغذائية وغيرها • فمثلاً إذا إضيف سماد كبريتات البوتاسيوم للأرضى نجد ان بعض ايونات البوتاسيوم تحل محل بعض الكاتيونات القابلة للتبادل على سطح الطين أو الدبال فتخرج هذه الكاتيونات من على سطح الطين إلى لمحلول الأرضى •
- ويعتبر تقدير الـ CEC من التقديرات الروتينية في معامل اختبارات التربة ، وعادة ما تستخدم قياساتها:

- ** كجزء من التقييم العام للخصوبة المحتملة في التربة وإمكانية الإستجابة للأسمدة •
- ** كما يمكن إستخدام بيانات الـ CEC كدليل تقريبي (rough guide) لمعرفة نوع معادن الطين السائده في التربه لتحديد المكونات المختلفة من المعادن في التربة •
- ** كما تعتبر قياسات الـ CEC ملائمه للإستخدام في عديد من الأرضى (عند القيم المعطاه من الـ pH) في حساب مجموع الكاتيونات الممسوكه بالشحنه السالبه لسطح حبيبات التربه •
- وعموما يتم تقدير الـ CEC للتربه بواسطة غسيلها بمحاليل منظمه (buffered solutions) لها القدره على طرد كاتيونات خاصه تمسكها التربه ، ثم تقدر كميات تلك الكاتيونات المطروده والموجوده في هذه المحاليل بعد تمام غسيل التربه بها، ومن أكثر المحاليل الشائعه الإستعمال:
- ** غسيل العينات بمحلول خلات الأمونيوم (1.0 M, Ammonium acetate buffered at pH=7) أو خلات الصوديوم عند إحتواء العينة على طين الفيرموكوليت) •
- ** محلول (0.25 M, Barium chloride with triethanolamine buffered at pH 8.2) في حالة إرتفاع نسبة الأيدروجين المتبادل) •

العوامل المؤثرة على دقة قياسات الـ (CEC)

**** قوام الأرض ونسبة المادة العضوية**

كلما زاد حجم حبيبات التربة صغرا كلما زادت مساحة السطوح النوعية لها وبالتالي تزداد قيمة سعتها التبادلية، ولذلك فإن الـ CEC بزيادة نسبة الطين والمادة العضوية في التربة، والسعة التبادلية للأراضي بحسب قوامها تتراوح في :

الأرض الطينية CEC لها ٣٠-٦٠ ملليمكافىء/١٠٠ جم تربة،
والأرض الطميية CEC لها ١٥-٢٥ ملليمكافىء/١٠٠ جم تربة،
والأرض الرملية لها ٥-١٠ ملليمكافىء/١٠٠ جم تربة.

**** نوع معدن الطين السائد**

حيث يؤثر نوع معدن الطين السائد في الأرض على CEC التربة لإختلاف السعة التبادلية لمعادن الطين والمرتبطة بمساحة السطح النوعي (م^٢) لمعدن الطين كما في (جدول ١٤-١) التالي:

Table (14-1) : CEC (me/100 soil) as affected by type and surface area(m²) of clay mineral.

Clay Mineral	CEC (me/100g.Soil)	Surface area (m ² / gm)
Kaolinite	3 - 10	10 - 30
Illite	10 - 30	50 - 100
Chlorites	20 - 40	10 - 55
Montmorillonite	80 - 100	200 - 800
Vermiculite	120 - 150	20 - 400
Humic acids	300 - 400	-----

**** وجود الكربونات**

في الأراضي الغنية بالكربونات ، لابد ان يتم مسبقا وقبل عملية الغسيل تحميض التربة (Soil acidification) لإزالة الأيونات الحرة للكالسيوم والمغنسيوم (وهى التى تقلل أو تعاكس عليه التبادل) .

**** ملائمة محاليل الإستخلاص**

(١) فى الطريقة المستخدم فيها محلول (1.0 M) KCl أو (0.5 M) BaCl₂ لإزاله الكاتيونات المتبادل على حبيبات التربة ، فإن نتائج جمع تلك الكاتيونات المتبادل والمزاله من على حبيبات التربة لحساب قيمة الـ CEC لاتعطى قيم دقيقه للـ CEC المقدره ، وبخاصه فى الأراضي الحامضية لأن المحاليل المستخدمه لاتؤدى إلى إزاله ايونات الألمونيوم سواء كانت مفرده (بسيطة) أو على صورة بولمرات .

(٢) يجب أن نضع فى الإعتبار أن قيم الـ CEC تكون مرتفعه عندما تقدر بإستخدام محاليل إستخلاص تحتوى على Ba أو Ca أو Sr أو Mg عن تلك المحتويه على NH₄ أو Na .

(٣) والقيم المقاسة لـ CEC تعتمد بدرجة كبيرة وبشكل حرج على قيمة pH محلول الإستخلاص ، وذلك التأثير يمكن إيضاحه فى جدول (١٥-١) والذى يوضح مدى الإختلاف الكبير فى الإدمصاص الأيونى نتيجة الإختلاف فى درجة الـ pH وتركيز محاليل الغسيل ، وكذلك فى جدول (١٦-١) والذى يوضح تأثير الإختلاف فى نوعية وتركيز محاليل الغسيل على قيم الـ CEC المقدره .

وقد أوضحت تقديرات الـ CEC :

- أن قيم الـ CEC للأراضى النطاقيه الغنيه بأكاسيد الحديد والألمونيوم تزداد مع زيادة تركيز محلول خلات الأمونيوم المستخدمه .

Table (15-1) :Variation of ion adsorption with pH and concentration of leaching solution.

Approximate pH	Concentration of NH ₄ Cl solution							
	1.0M		0.2M		0.02M		0.002M	
	Adsorption (me/100g soil)							
	NH ₄	Cl	NH ₄	Cl	NH ₄	Cl	NH ₄	Cl
3.0	11.4	10.7	5.1	1.4	3.5	1.0	3.2	0.3
5.0	12.6	9.5	5.7	0.8	4.4	0.4	3.6	1.1
6.5	13.4	9.2	6.1	- 0.1	5.0	0.1	4.3	0.0
7.5	16.5	9.5	7.8	1.1	6.3	- 0.1	4.8	0.0
8.5	22.8	6.2	9.2	0.6	8.2	- 0.5	5.5	0.0

Table (16-1) :Variation CEC(mg/100g.soil) with washing agent and concentration of leaching solution.

Washing agent	CEC (me/100 g. soil)			
	Concentration of Ammonium acetate			
	1.0M	0.2M	0.02M	0.004M
Absolute alcohol	10.1	-	-	4.5
Industrial methylated spirits *	9.7	7.9	6.5	5.4
Water	4.3	-	-	3.9

(Measurements made at pH=7.0 on red earth from Nachingwea, Tanzania with pH 1:1 soil: water extract =4.78 as Barbar and Rowel, 1972)

* Standard method.

- ان معادن الألوفينات بصفه خاصة أكثر تاثرا وحساسيه بالتغير فى درجة pH المحاليل المستخدمه لتقدير الـ CEC لها ، حيث تظهر عدة Hysteresis Loops واضحه عند المعاملات المتعاقبه بمحاليل الغسيل الحمضيه والقلويه . فقد دلت قياسات الـ CEC للألوفين على انه :

* عند pH= 3.5 كانت قيمة الـ CEC تقترب من الصفر .

* عند pH=10.7 كانت قيمه الـ CEC تزيد عن 200 me/100 gm soil .

- * عند $pH=7$ فإن تأثيرات الـ Hysteresis غالباً ما تنتج تغييرات في قيم الـ CEC تتراوح ما بين (50) إلى (150) me/100 gm soil .
- بالنسبة لمعادن الطين الأخرى كانت قيم الـ CEC (الأكثر وضوحاً) كما يلي في جدول (١٧-١):

Table (17-1) : CEC values of different clay minerals at $pH = 7$

Clay minerals	CEC (at $pH=7$)
Kaolinite & Quartz	Zero
Gibbsite	0.5
Montmorillonite	10
Halloysite	18

يجب أن تختار طريقه قياس CEC للتربة بعنايه بالغه

- مما سبق يتضح أنه لتقدير CEC التربه ، يجب أن تختار الطريقه المناسبه و بحيث يراعى فيها مايلي :
- أن القيم الناتجه تتأثر بالطريقه المستخدمه .
 - يجب معرفه نوع معدن الطين السائد في التربه المراد تقدير الـ CEC لها فمثلا :
 - * الأراضي الغنيه بمعادن الألوفينات يجب أن تكون قياسات الـ CEC لها عند درجه pH التربه .
 - * بعض الدراسات تفضل أن يجرى تقدير الـ CEC عند قيمتين مختلفتين أو أكثر من الـ pH لأن هذا يكون أكثر فائده للتقدير "عما إذا كان تحت قيمه واحده للـ pH " وهذا من الناحيه التطبيقيه يكون غير عمليا . لذا فإن $pH=5.5$ تعتبر القيمه الملائمه التي يمكن الإعتماد عليها وبخاصة في الأراضه النطاقيه (Tropical soils) وبخاصة تحت الـ limed conditions .
 - في بعض الأراضي ، قد يستغنى تماما عن طريقه تقدير الـ CEC "والتي تعطى تقديراً إجماليا- مره واحده - للكاتيونات القابله للتبادل على أسطح حبيبات التربه" ، ويستعاض عنها بتقدير تلك الكاتيونات المتبادله كل على حده ثم جمعها (وهذه تتضمن كاتيونات الـ (Al) والـ (H) المطروده بإستخدام محلول كلوريد البوتاسيوم تحت ظروف (Un- buffered pH of the soil) وهذه الوسيله تعطى قيما أكثر دقه وأكثر معنى ، على الرغم من كونها طريقه أقل دقه من الناحيه العمليه بسبب زياده نسبه الخطأ الإجمالي والناتج من مجموع الأخطاء الفرديه الناتجه من تقدير كل كاتيون متبادل على حده .

الطرق المستخدمة ووحدات قياس CEC التربة

يمكن تلخيص أنسب الطرق المستخدمة بحسب طريقة الإستخلاص فيمالي :

- (١) للأراضى متغيره الشحنة (Variable – charge soils or Un-buffered pH Soil) ، يستخدم محلول (1.0 M. KCl) فى حالة الأراضى التى ليس لها قوة تنظيميه (un-buffered pH soils) ، ويجب ملاحظه أن هذه الطريقة لاتستخلص الألمونيوم والأيدروجين المتبادل وبالتالي لايمكن تقديرهم فى الأراضى المستخدمة تلك الطريقة بها .
 - (٢) للأراضى المتعادل (neutral soils) الغير جيرييه أو ملحيه ، يتم الإستخلاص بمحلول خلات الأمونيوم (Ammonium acetate extraction at pH=7) .
 - (٣) للأراضى الأخرى (الملحيه والملحيه القلويه والأراضى المحتويه على كربونات كالسيوم ومغنسيوم) ، يتم الإستخلاص بمحلول (Sodium acetate extraction at pH = 8.2) . وتتميز هذه الطريقة بإمكانيه قياس كل كاتيون مدمص على حده . وللأراضى الغير محتويه على نسب عاليه من الكبريتات (sulphate) يمكن قياس الـ CEC_s لها بإستخدام محلول (0.5 Molar BaCl / Tri-Ethanol-Amine buffered to pH= 8.2) .
 - (٤) كمايمكن تقدير الـ CEC عن طريق تقدير مجموع الكاتيونات المتبادله والمزاله من على حبيبات التربة عند غسلها بمحاليل متعادل (KCl = 1 Molar) ، إلا أن هذه الطريقة لاتعطى قيم دقيقه للـ CEC للتربة لأن المحاليل المستخدمه لاتستطيع إزاحه كل الكاتيونات القابله للتبادل على سطح التربة .
- ويجب ملاحظه عدم غسل الأرض من الأملاح قبل تقدير الـ CEC لها حتى لا يحدث للتربة تحلل مائى (Hydrolysis) ، وبخاصه إذا إستخدم الكحول .
- وبصفه عامه فإن قيم الـ CEC الناتجه يعبر عنها بوحدهات المليمكافىء / ١٠٠ جرام تربيه (me/100 g soil) أو المليمكافىء / ١٠٠ جرام طين (me/100 g Clay)

تفسير نتائج قياسات الـ CEC التربه

- يجب أن نضع فى الإعتبار أن قيم الـ CEC تكون مرتفعه عندما تقدر بإستخدام محاليل إستخلاص تحتوى على Ba أو Ca أو Sr أو Mg عن تلك المحتويه على NH_4 أو Na.
- وقد أوضح تقرير الـ FAO(1976) ، إنه يمكن إعتبار الأرض ذات إنتاجيه كافيه تحت النظام المتبع (وعندما تكوم كل ظروف الإنتاجيه الأخرى مناسبه) إذا لم تقل قيمه الـ CEC عند عمق صفر - ٣٠ سم عن ٨ - ١٠ مليمكافىء / ١٠٠ جم تربيه . وقيم الـ CEC الأقل من ٤ مليمكافىء / ١٠٠ جم تربيه (والمقاسه عند pH التربيه) تدل على أن الأرض قليله

الخصوبه وهو مايعنى بصفه عامه أنها غير جيده لإنتاج المحاصيل ، على الرغم من ان الأرز يتحمل القيم المنخفضه من الـ CEC ، وفيما بين هذين الحدين للـ CEC يقسم التربه إلى عده درجات من حيث درجه صلاحيتها لإنتاج المحاصيل ، وجدول (١٨-١) يوضح تصنيف قيم الـ CEC .

Table (18-1): Rating of CEC results.

Rating	CEC (me/100 g. soil)
Very low	< 5
Low	5 -15
Medium	15 – 24
Low	25 - 40
Very low	> 40

• تعتبر الـ CEC صفه أو خاصيه مميزه للجزء الغروى فى التربه - حيث انه مستمد اساسا من الطين والماده العضويه فى التربه ، على الرغم من أن الحبيبات السلتية الحجم قد تساهم إلى حد ما فى الـ CEC التربه - ولذلك فعند تقدير الـ CEC يجب أن يؤخذ فى الإعتبار نوع معدن الطين ونسبته فى التربه ، وجدول (١٩-١) يوضح القيم التقريبية لمعادن الطين الأساسية والماده العضويه وقيم الـ CEC .

Table (19-1): Approximately CEC values of the main clay minerals and organic matter.

Type	Lattice	Nutrient reserves	Approximately CEC at pH=7 (me/100 g. Soil)
Kaolinite and Halloysites	1 : 1	Few nutrients reserves	< 10
Illite	2 : 1	Reserves of Potassium	15 - 40
Montmorillonite		Generally with reserves of K , Fe... etc.	80 - 100
Vermiculite		About 100	
Organic Matter			About 200

• وعموما يمكن إستخدام قيم الـ CEC كدليل سريع (rough guide) للتعرف على نوع معدن الطين السائد فى التربه ، ويجب ان يكون ذلك بحذر وذلك لإحتواء التربه على عده انواع من معادن الطين بالإضافة لعدد من الأكاسيد المتأدرته .

** وللأراضى القليله فى محتواها من الماده العضويه ، فمن الأفضل التعبير عن قيمه الـ CEC كنسبه مئوية (%) للطين بإستخدام المعادله الآتية :

$$CEC(me/100g.Clay) = \frac{CEC(me/100g.soil)}{\% clay} \times 100$$

** وكذلك من الأفضل عندما تكون هناك عدة انواع من الأراضى مختلفه فى محتواها (%) من الماده العضويه ولكنها تساوت فى قيم الـ (CEC me/100 g.soil) لها ، فمن المفيد لأن نقدر قيم الـ CEC بوحدات الـ (me/100 g.clay) ، والمثال التالى يوضح أهميه ذلك:

Soil	CEC(m.100/ gm clay)	Clay content (%)	CEC (m.e/100 gm soil)
A	7.5	68	11.0
B	7.5	20	37.5

ومن هذا المثال ، يتضح أن التربه (A) من المحتمل أن يكون معدن الطين السائد بها هو معدن الـ Kaolinite أو Halloysite وهذا يعنى من جانب آخر قلته محتواها من العناصر الغذائيه ولكن فى التربه (B) فإن جزء كبير من محتواها الطينى يتبع معادن ٢ : ١ (Illite , Montmorillonite ,Vermiculite) وهذا يعنى أنها ذو محتوى كبير من العناصر الغذائيه ، وذلك على الرغم من أن كلا النوعين من التربه لهما نفس قيم الـ CEC كوحداث (me/100 g. Soil) وأن التربه (A) محتواها من الطين أعلى من محتوى التربه (B) لذلك فلا بد من أخذ الحذر التام من هذه الظاهره وبخاصه إذا كان الهدف من تقدير الـ CEC الإستفاده منه فى تقدير خصوبه التربه ، ومن الأفضل فى هذه الظروف تقدير الـ CEC كنسبه مئويه (%) للطين فى التربه أى كـ (me/100 g. Clay) .

- نظرا لأن كل من الـ CEC والشد الرطوبى (moisture retention of soil) مرتبطين بقوام التربه ، لذا فإنه توجد علاقه عادله (fair correlation) بين كل من الـ CEC ونسبه التشبع (Saturation percentage) وبخاصه فى الأراضى ذات ماده الأصل الواحده والمتشابهه فى ظروف تكوينها .
- وأخيرا يجب ملاحظه أن الأراضى الغنيه بالألوفينات أو أكاسيد الحديد والألومونيوم (الأراضى متغيره الشحنه) ، فإن الـ CEC تكون قيمتها سريعه التأثير قابله للتغير بحسب التغيير فى الـ pH والتغير فى تركيز كاتيونات فى المحاليل المشبعه .

(II) النسبه المئويه للقواعد المشبعه (Base Saturation Percentage)

فى كثير من الأحيان قد تستخدم النسبه المئويه (%) لقواعد الـ Ca , Mg , K and Na المتبادله على أسطح حبيبات التربه والمحسوبه كنسبه مئويه من الـ CEC كدليل على خصوبه التربه ، وهى تسمى بالنسبه المئويه للقواعد المشبعه (Base Saturation Percentage (BSP)، إلا أن الـ ESP لا يمكن بدقه من التعرف على أو تحديد حاله عدم التوازن النسبى

التي قد تتواجد بين هذه القواعد والتي يمكن تسبب مشاكل خطيرة لتغذية النبات، وعند استخدامها يجب أن يراعى مايلي :-

- غالبا مايفترض أن الأراضي المثاليه فى إنتاجيتها الزراعيه هى الأراضي التى تتعادل حموضتها مع مجموع القواعد المشبعه لمواقع التبادل على معقد الطين .
- فى الأراضي الحامضيه ، فإن العامل المحدد لإنتاجيه الأرض هو تركيز أيونات الألمونيوم فى محلول التربه ، وهذا بدوره يعتمد على تركيزات الأيونات الأخرى المشاركه فى التفاعلات التبادل .

• ان هناك بعض المحاصيل الحساسه للحموضه (acid- sensitive crops) ، يمكن ان تنمو فى بعض الأراضي النطاقيه التى لها $pH = 5.5$ ، والسبب فى ذلك قد يرجع إلى حدوث تشبع بالقواعد (base saturation) فى تلك الأراضي عند $pH = 5$ ، هذا ما يوضح السبب فى عدم زياده إنتاجيه هذه الأراضي على الرغم من معالجتها بإضافه الجير . قيم الـ BSP (The Base Saturation Percentage) والمقدره فى عينات تربه على أعماق من ٢٠ سم إلى ٥٠ سم بإستخدام محلول إستخلاص خلاص أمونيوم ، تم تقسيمها إلى مجموعتين للدلاله على حاله الخصوبه (Fertility Status) للأراضي:

BSP > 50 %: more fertile soil.

BSP < 50 %: less fertile soil.

وهناك تقسيم آخر لقيم BSP وهو :

BSP < 20 %: Low fertile soil.

BSP 20 - 60 %: Medium fertile soil.

BSP > 60 %: High fertile soil.

(III) الكاتيونات المتبادله المنفرده (Individual Exchangeable Cations)

نظره عامه :

يفضل إستخدام تقدير الكاتيونات المتبادله كل على حده لمايلى :

- عادة ما تكون مستويات الكاتيونات المتبادله فى التربه ذات قيمة فى العمل الاستشاري لكونها قيمه فوريه سهله التقدير عن الـ CEC ، ذلك لأنها لاتدل فقط على حاله العناصر الغذائيه فى التربه ولكن يمكن أيضا استخدامها لتقييم حاله التوازن بين الكاتيونات فى التربه . وهذا له أهمية كبيرة لأنها تؤثر على العديد من صفات التربه كالبناء الأرضي وإمتصاص

المحاصيل للعناصر الغذائية والتي تتأثر بالتركيزات الفعلية للكاتيونات فى التربه وعلاقات التوازن النسبيه بين تركيزاتها .

• ونظرا لماسبق إيضاحه من انه كثيرا ما يستخدم مجموع القواعد المتبادلة (Ca, Mg, Na, K) كدليل على خصوبة الأراضى ، إلا ان النسبة المئوية القواعد المتبادلة (ESP) والتي لاتفرق بين القواعد المختلفة ولا بين عدم التوازن بين نسب هذه القواعد فقد تسبب مشاكل حادة فى تغذية النبات .

• تحتوى المناطق الجافة على كميات عالية نسبيا من كاتيونات القواعد (Na, K) وكاتيونات القواعد الأرضية (Ca, Mg) ، بينما تحتوى المناطق الباردة على نسبة عالية من الأيدروجين والألمونيوم بسبب زيادة عمليات الغسيل .

• تعتبر النسبة المنخفضة للصوديوم بالنسبة لبقية الكاتيونات ظاهرة تميز الأراضى الخصبة حيث لايمثل الصوديوم الا حوالى ٥% فقط من مجموع القواعد المتبادلة ، اما اذا ارتفع الصوديوم فى الكاتيونات المتبادلة حتى اصبح يمثل ١٥% أو اكثر من مجموع القواعد المتبادلة فتعتبر الأرض قلوية سيئة الخواص .

العوامل المؤثرة على التبادل الكاتيوني :

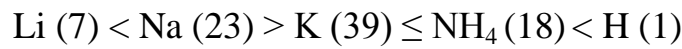
(١) التركيز : يزداد التبادل الكاتيوني بزيادة تركيز الكاتيون فى المحلول الأرضى .

(٢) التكافؤ : عند تساوى التركيز تزداد قدرة الكاتيونات على التبادل كلما زاد تكافؤ الكاتيون .

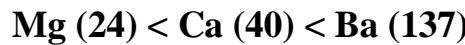


(٣) الوزن الذري : عند تساوى التكافؤ تزداد قدرة الكاتيون على التبادل بزيادة وزنه الذرى :

فالكاتيونات الأحادية تأخذ هذا الترتيب :



والكاتيونات الثنائية تأخذ هذا الترتيب :



(٤) خواص سطح الإدمصاص :

- كلما زادت نسبة SiO_2 / Al_2O_3 فى معادن الطين تزداد قدرته على التبادل .

- معادن الطين ذات الـ CEC المنخفضة تمسك الكاتيونات الأحادية مثل الـ K^{+} بقوة اكبر

من الكاتيونات الثنائية مثل الـ Ca^{++} ، والعكس بالنسبة لمعادن الطين ذات الـ CEC

العالية تمسك الكاتيونات الثنائية بقوة أكبر من الأحادية .

(٥) نوع الأيون المرافق :

بعض الأيونات المرافقة تزيد من القدرة الإحلالية للكاتيونات مثل انيونات الفوسفات والكبريتات ، بينما بعضها يقلل من مقدرة الكاتيونات على الإحلال مثل الكلوريد والبروميد . وقد يرجع ذلك إلى :

** تقليل الأيونات من قطر تأدرت الكاتيون المرافقة له كما في حالتى الفوسفات والكبريتات ، فتزيد قدرة الكاتيون الإحلالية .
** كلما كان الايون قوى الادمصاص على سطح الطين ، فإنه يزيد من قدرة الكاتيون المرافق له على الإدمصاص .

(٦) نصف القطر الذرى ونصف قطر التأدرت :

يستخدم قانون كولمب (Coulmb's Low) (يُعرف بقانون التربيع العكسى لكولمب) لوصف قوة التجاذب أو التنافر بين الجسيمات الساكنة المشحونة كهربائياً . وهو يوضح ان القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين في حالة سكون تتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما . وقانون كولوم يطبق على الشحنات النقطية Charges Point وهي الشحنات التي تشغل حيزاً أبعاده صغيرة جداً مقارنة بالمسافات الفاصلة بينها . ويمكن كتابة قانون كولوم بصيغة رياضية تشير إلى اتجاه القوة إضافة إلى مقدارها بالشكل الآتي:

$$F = kq_1q_2/r^2$$

حيث ان :

(F) : في المعادلة تشير للقوة الكهروستاتيكية المؤثرة على الشحنة q_2 من قبل الشحنة q_1 وهي نفس القوة المؤثرة على الشحنة q_1 من قبل الشحنة q_2 ولكن بعكس الاتجاه .

(r) : تمثل المسافة بين الشحنتين .

(k) : يمثل ثابت فيزيائي يعرف بثابت قوة كولوم، إذ تعتمد قيمته على نظام الوحدات

المستعملة وكذلك على نوع الوسط الفاصل

وحيث ان الشحنة الكلية لمعقد الأدمصاص ثابتة تحت ظروف معينة فإن كفاءة الأيون المتبادل تزداد كلما زادت شحنته (تكافؤه) . كذلك يتحكم سمك (Hydration Water shell) غشاء ماء التأدرت حول الكاتيون في تحديد كفاءته حيث أنها تحدد المسافة التي تفصل بين الشحنتين ، ومن هنا فإن المقارنة بين الكاتيونات على أساس قطرها الحقيقي ليست صحيحة بل يجب أن تتم المقارنة على أساس القطر الفعال "وهو قطر الأيون مضافا اليه سمك غشاء ماء

التأدرت الذى يحيط به" ، ولذلك كلما كبر الغلاف المائى حول الكاتيون كلما سهلت إزاحته من على سطح الحبيبات وكلما صغر قطر التأدرت كلما إزدادت قدرته على التبادل .
ويلاحظ أن قدرة كاتيوني NH_4^+ والـ H^+ لا تتبع ذلك الترتيب السابق ويرجع ذلك إلى صغر اقطارها المتأدرتة . حيث أن ايون الأيدروجين الحر (يعتبر بروتون) لا يوجد فى صور ايون حر فى المحلول الأرضى ولكن من الممكن أن يرتبط أو يتحد مع جزىء الماء مكونا مايسمى بالهيدورونيوم (H_3O^+) الذى له قطر 3.5 و 1.0 A° (وهو حجم متأدرت صغير إذا ماقورن بالكاتيونات المتأدرتة الأخرى) وبذلك تكون له قوة إحلال اكبر كثيرا من الكاتيونات الثنائية أو الثلاثية . والجدول التالى (٢٠-١) يبين الوزن الذرى والقطر الحقيقى (الذرى) والقطر الفعال (التأدرت) لبعض الكاتيونات .

الطرق الموصى بها ووحدات قياس الكاتيونات المتبادله :

نظراً للتأثير القوى للـ pH على شحنات الموجوده على حبيبات الطين بالتربة ، وبالتالي على إدمصاص الأيونات ، لذلك يوصى عند قياس الكاتيونات المتبادله بالتربة بأنه لا بد أن تستخدم للإستخلاص محاليل مشبعه غير منظمه "un-buffered saturating solutions" كمحلول 1.0 M. KCl عند درجه pH التربه. وهذا الأسلوب فى إستخلاص الكاتيونات المتبادله يواجه بأربع عقبات (drawback) :

Table (20-1) : Atomic weights, atomic (real) radius and effective (hydration) radius of different cations.

Cations	Atomic Weights	Ionic Radius (A°)	
		Atomic(Real)	Effective (Hydration)
Li^+	7	0.61	19.00
Na^+	23	0.95	7.90
K^+	39	1.33	5.32
NH_4^+	18	1.43	5.20
Mg^{++}	24	0.78	10.80
Ca^{++}	40	1.06	6.90
H^+	1	0.29	5.00

- إختلاف ظروف القياس من تربه إلى أخرى .
- عدم وجود معامل مجهزه بطريقه كافيه .
- صعوبه تفسير النتائج وإجراء عمليات المقارنه .
- عدم قبول الجهات التى تطلب هذه التقديرات إلا بإستخدام طرق قياسيه للتقديرات المطلوبة .

لهذا السبب فإنه – فى معظم المشاريع – تستخدم طرق قياسيه أكثر دقه فى التقدير وتحظى بقبول واسع ، ويجب ملاحظة أن هذه الطرق يؤدي إستخدامهما إلى ذوبان أى أملاح قابله للذوبان فى العينات المقاسه . وهذه الطرق تتضمن فى الغالب :

١. للأراضى الخاليه من الكربونات (without free carbonate) :

يستخدم محلول إستخلاص بإستخدام محلول خلات الأمونيوم عند pH=7

• (Ammonium acetate extractable solution at pH =7)

٢. للأراضى المحتويه على كربونات حره (with free carbonate) :

يستخدم طريقه خلات الصوديوم عند pH=8.2 (Sodiun acetate method at

• pH=8.2)

وفى الأراضى المحتوية على كربونات حره "وبخاصة بدرجة واضحة" فإنه يجب أن تؤخذ الحيطه الكاملة عن تقدير الكالسيوم والمغنسيوم المتبادل حتى عند إستخدام طريقة خلات الصوديوم ، وذلك بسبب إنتقال جزء من هذه الكربونات إلى المحلول (المستخدم فى التقدير) وهذا يؤدي إلى زيادة مستوى الكالسيوم المقاس (عن المستوى الحقيقى له) ، وعادة مايؤدى ذلك إلى زيادة قيمة الـ CEC .

وفى مثل هذه الأراضى لاتوجد طريقة مرضية لتحقيق التقدير الحقيقى للكالسيوم والمغنسيوم المتبادل ، ولذلك عادة مايتم اللجوء إلى طرح قيم الكربونات الحره من القيم الظاهرية للكالسيوم والمغنسيوم وذلك عند إستخدام طرق تستخدم فيها محاليل تؤدي إلى إذابة كمية كبيرة من الكربونات الحره ، وهذا الأسلوب النظرى لا يصلح عند إستخدام محاليل الأمونيوم أو الصوديوم وذلك لأن كمية ايونات الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة فى المستخلصات المشبعة تكون أقل مايمكن .

وهناك تقدير نظرى آخر لتقدير الكالسيوم والمغنسيوم المتبادل عندما تكون التربه كلها مشبعة بالقواعد حيث يتم طرح البوتاسيوم والصوديوم المتبادل من الـ CEC ، وهذا التقدير النظرى يعطى قيم تقريبية بسيطة وغير دقيقة .

وعموما فإنه يعبر عن النتائج المتحصل عليها بالـ ملليمكافىء عنصر / ١٠٠ جم تربه (me./100 g. Soil) ، وأعلى قيمة للكلسيوم المتبادل والتي يمكن الحصول عليها من الطرق المذكوره أعلاه هى ١٠ ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربه .

الاهمية التطبيقية لقياسات الكاتيونات المتبادله فى التربة :

١ الكالسيوم المتبادل

تتوقف إحتياجات النباتات للكالسيوم على:

(١) pH التربة :

تعتبر حدود الكالسيوم الميسر للنباتات والمحدده ببعض الفهارس (indices) قليله الأهميه ، وذلك لأن الكالسيوم الميسر يختلف وبدرجه كبيره جدا من ترابه إلى أخرى وذلك لأن تيسر الكالسيوم فى التربه لأمتصاص النباتات تتأثر وبدرجه كبيره على pH للتربه :

- فى الأراضى التى لها قيم $pH = 5.5$ أو أقل ($pH \leq 5$) ، وهى أراضى ذات CEC منخفضة ، غالبا ما يظهر النقص فى الكالسيوم كعنصر غذائى ضرورى لنمو النباتات .
- فى الأراضى الـ pH المتعادل (المتعادل الحموضه) ، فإن الإضافات الكبيره من الأسمده البوتاسيه أو وجود مخزون كبير طبيعى من الـ K يؤدي إلى تثبيط إمتصاص النباتات للكالسيوم .

- فى الأراضى التى لها pH مرتفع ، وهى الأراضى ذات المحتوى العالى من الصوديوم المدمص (الأراضى الصوديه) ، يقل محتوى الكالسيوم الميسر وفى تلك الأراضى تظهر بوضوح أعراض نقص الكالسيوم على النباتات الناميه ، وعند ذلك نحتاج لإضافة الكالسيوم للتربه " الجبس الزراعى" ليس فقط لتحسين الحاله الغذائيه للنباتات من عنصر الكالسيوم ولكن أيضا لتحسين خواص الأرض لأن إضافه الجبس سيؤدى إلى تواجده تجمعات للطين فى التربه ممايسبب تحسن فى البناء الأرضى للتربه وزيادة درجه ثباته .

(٢) قيم الكالسيوم المتبادل فى التربة :

من المتعارف عليه ، فإنه عند مستويات كالسيوم اقل من 0.2 (> 0.2) ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربة فمن المتوقع أن النباتات ستكون أكبر إستفاده لإضافة الكالسيوم فى صورة سماد حيث ستكون إضافته فى تلك الحاله كعنصر غذائى .

وبالرغم من ذلك فإنه غالبا عند مستويات كالسيوم أعلى من ذلك فإن إضافات الكالسيوم للتربة ستؤدى أيضا إلى تحسن كبير فى إنتاجيه محاصيل النباتات المنزرعة إذا كان الرقم الهيدروجينى وليس الكالسيوم كعنصر غذائى هو المعوق أو المقيد (constraint) لإمتصاص النباتات للكالسيوم .

وعموماً فقد لوحظ ظهور أعراض نقص الكالسيوم على نباتات القبول السوداني (groundnuts) عند مستويات كالسيوم > 0.8 ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربة ، وذلك بخلاف نباتات القطن (cotton) والمعروف انها ذات إحتياجات عالية من الكالسيوم .
على الرغم من أنه من المعروف أن هناك (Ca ions have an affinity for phosphate) أى علاقة تجاذب بين أيونات الكالسيوم والفوسفات كما أن تأثير هذا التجاذب على تيسرهما للنباتات ليس مفهوماً جيداً. إلا أنه يجب أن نلاحظ انه فى الأراضى الجيرية والأراضى ذات القيم العاليه من الكالسيوم المتبادل (أكبر من ١٠ ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربة) فإن الفوسفور يكون أقل تيسراً للنباتات النامية .

٢) المغنسيوم المتبادل

لا يرتبط ظهور أعراض نقص المغنسيوم على المحاصيل بنقص محتوى عنصر المغنسيوم فى الأرض فقط ، بل يرتبط بوجود كميات كبيرة من الكاتيونات الأخرى بالتربة وبخاصة الكالسيوم والبوتاسيوم ، حيث :

- بزيادة نسبة $(\frac{Ca}{Mg})$ عن (5) : فهناك إحتمال لأن يصبح المغنسيوم أقل تيسراً للنباتات على الرغم من أن الأرض يمكن أن تحتفظ بخصوبتها فى مدى واسع جداً من نسبة الـ $(\frac{Ca}{Mg})$.
- وبإنخفاض نسبة $(\frac{Ca}{Mg})$ عن (5) : (أى تزيد كمية المغنسيوم بدرجة كبيرة عن كمية الكالسيوم) .
فيصبح الكالسيوم - إلى حد ما - أقل تيسراً للنباتات ، كما يصبح البناء الأراضى ضعيفاً بسبب زيادة التفكك (deflocculating) فى تجمعات الأرض .

وفى حالات أخرى فمن الممكن أن تعطي نسبة $(\frac{Ca}{Mg})$ قيماً دقيقة والقيم التى فى حدودها (within which) تعتبر محددة بدرجة مضمونة (assured) لخصوبة التربة والقيم التى اقل منها (beyond which) تعنى حدوث نقص وظهور أعراضه بوضوح، ويتم لاحقاً سيتم مناقشة وتلخيص الحدود الحرجة للنسب بين العديد من الكاتيونات الشائعة والتأثيرات المختلفة لها .

وعموماً ، فإن أعراض نقص المغنسيوم والتى تحددها Absolute values of exchangeable-Mg -القيم المطلقة للمغنسيوم المتبادل - بدلا القيم النسبية بين الكاتيونات - قد لوحظت فى الأراضى الحمضية والأراضى خشنة القوام التى تحتوى مغنسيوم أقل من 2.0 ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربة أما فى الأراضى النطاقية فإن الحد الحرج لظهور أعراض النقص للمغنسيوم هو 0.5 ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربة . وهناك تقسيم آخر يوضح أن قيم المغنسيوم المتبادل الأعلى من

4.0 ملليمكافى/ ١٠٠ جم تربة فهى تعنى أن التربة تحتوى محتوى عالى من المغنسيوم القابل للتبادل ، والجدول التالى (٢١-١) يوضح حدود المغنسيوم المتبادل ومدى حاجة الأرض للتسميد عند كل حد .

Table (21-1) : Exchangeable – Mg ratings.

Exchangeable-Mg level		Ratings	Comments
Me/100 gm soil	ppm		
< 0.2	< 30	Low	Quick – acting Mg fertilizers be required.
0.2 – 0.5	30 - 60	Medium	Use Mg limestone when lime is needed.
> 0.5	> 60	High	Mg usually sufficient in soil.

Note: Mg uptake may be affected by high exchangeable –K levels

٣ البوتاسيوم المتبادل

نظرة عامة :

- تعتبر القيم الدالة على مستويات البوتاسيوم المتبادل فى التربة ، قيما محدودة للتنبؤ بإستجابة المحصول للبوتاسيوم ، حيث أنها لا تعطي مؤشرات مباشرة على قدرة التربة على توفير الـ K وتيسره خلال فترة النمو . وللأسف فإنه لا توجد طرق تقدير واسعة الإنتشار لقياس البوتاسيوم المتبادل ولا توجد قيما مكتملة والتي يمكن أن تستخدم للدلالة بصفة مؤكدة على معدل إنطلاق البوتاسيوم من تلك القيم الخاصة بالبوتاسيوم المتبادل .
- وذلك ينطبق أيضا على قيم البوتاسيوم الكلية ، حيث أوضح فى خلال دراسة له على أرض من نيبال تحتوى على معادن الميكا ، كان البوتاسيوم الكلى بها (2%) 20000 ppm ولكن البوتاسيوم المتبادل كان يساوى 0.1 me/ 100 g فقط ، بينما فى أرض أخرى من سانت هيلانة تراوح محتوى البوتاسيوم الكلى بها 2000 to 3000 ppm ولكن كان البوتاسيوم المتبادل يساوى 2.0 me / 100 g
- وينبغي أن نتذكر أن مستويات البوتاسيوم المتبادل Exchangeable-K عادة ماتتغير بجفاف التربة .
- وكحقيقة عامة ، فإن التربة ذات المحتوى العالى من الـ Available-K تفقد بعضا منه خلال التثبيت بالتربة ، وتلك الأراضى ذات المحتوى المنخفض من الـ Available-K فإن الـ Exchangeable-K بها يزيد عن ذلك الموجود فى التربة الأصلية .

الحدود الحرجة لقياسات البوتاسيوم :

- بصفة عامة فإن نتائج قياسات البوتاسيوم الميسر ، يمكن أن تفسر بأسلوب عام ، على الرغم من وجود إختلافات بسيطة بين القيم المتحصل عليها للبوتاسيوم الميسر من

الإستخلاص بخلات الأمونيوم وتلك الناتجة من الإستخلاص بمحاليل الأحماض المخففة ،
وهذه الحدود لاقت قبولا واسعا منذ سنوات عديدة • والجدول التالي (١-٢٢) •

Table (22-1) : Critical values of Available-K.

Values of Available –K (me/100 g soil) Ammonium acetate extraction		
High	Medium	Low
0.8 – 0.4	0.4 – 0.2	0.2 – 0.03
> 0.5	0.5 – 0.25	< 0.25
> 0.8	0.8 – 0.5	0.5 – 0.3
> 0.6	0.6 – 0.15	< 0.15

• لأنه يجب معرفة أن هذه الحدود تتغير بحسب طبيعة التربة والظروف البيئية ونوع المحصول • وجدول (١-٢٣) يوضح الحدود المختلفة للبوتاسيوم المتبادل وبين قوام التربة •

Table (23-1) Relationship of Exchangeable-K and soil texture.

Rating	Exchangeable-K (me/100 g soil) Ammonium acetate extraction		
	Sand	Sandy Loam	Clay
Deficient (responses to K- likely)	< 0.05	< 0.1	< 0.15
Marginal (some responses likely)	0.05 – 0.1	0.1 – 0.2	0.15 – 0.3
Adequate (response unlikely , but maintenance of K usually desirable)	0.1 – 0.25	0.2 – 0.3	0.3 – 0.5
Rich (not k- required)	> 0.25	> 0.3	> 0.5

و القيم المطلقة (absolute) والنسبية (relative) التالية بين كميات البوتاسيوم المتبادل لتجنب الإختلاف الناشئ عن النقص في الأراضي الإستوائية الجافة ، وعلى الرغم من ذلك فإن تلك القيم تقريبية لأنها يمكن أن تختلف من بإختلاف نوع المحصول ومستويات الإنتاج :

- **Minimum absolute level: between 0.07 and 0.20 me/100 g soil.**
- **Minimum relative level: at least 2% of the sum of all exchangeable bases.**

وبتعبير عام فإنه يمكن القول بأن التربة تحتاج إلى تسميد بوتاسي إذا قلت قيم البوتاسيوم المتبادل عن 0.2 ملليمكافىء/ ١٠٠ جم تربة ، ولا تحتاج إذا زادت قيمة البوتاسيوم المتبادل عن 0.4 ملليمكافىء/ ١٠٠ جم •

• يجب مراعاة مايلي عند التسميد البوتاسي :

١. أن ارتفاع نسبة الـ ($\frac{K}{Mg}$) يعنى حدوث نقص فى المغنسيوم ، وبخاصة فى الأراضى ذات المحتوى المنخفض من المغنسيوم ، فإن محاصيل الفاكهة والمحاصيل المنزعة فى الصوب الزجاجية ، إذا زادت نسبة ($\frac{K}{Mg}$) عن ٢ : ١ فقد يعوق ذلك من إمتصاصها للمغنسيوم .
٢. أن الأراضى ذات الـ CEC المنخفضة ، قد تتطلب إضافات من الكالسيوم والمغنسيوم بجانب إضافات البوتاسيوم وذلك لحفظ التوازن الكاتيوني بين الكاتيونات المختلفة عند القيم الملائمة لها .
٣. مع النسب العالية (%) من البوتاسيوم المتبادل (EPP) – لأعلى من ٢٥% - فإن كل من بناء التربة ونفاذيتها يمكن أن يتأثر عكسيا ولكن ليس بنفس الصورة التى تحدث مع زيادة الـ % للصوديوم المتبادل .

٤ الصوديوم المتبادل

نظره عامه :

- على الرغم من أن الصوديوم – تحت أحوال خاصة – يمكن أن تستفيد منه بعض النباتات - كعنصر غذائى - كنتيجة للإحلال الجزئىء للبوتاسيوم محل الصوديوم ، إلا إنه ليس من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات . كما أن غيابه أو وجوده بكميات صغيرة جداً لا يعتبر ضاراً لتغذية النباتات ونموها .
- إلا أن تواجد الصوديوم بكميات معنوية (كبيرة لحد ما) ، وبخاصة إذا زادت نسبة تواجده عن الكاتيونات الأخرى بالتربة ، فسيؤدى هذا إلى حدوث تأثيرات ضارة على الخواص الطبيعية للتربة مما ينعكس سلباً على بعض النباتات النامية .
- وكما سبق إيضاحه فى إمكانية تقدير الـ ESP للتربة من الـ SAR لمستخلصات التربة المشبعة ، فإنه يمكن تقدير قيم الصوديوم المتبادل (ESP) للتربة من نسبة الصوديوم المدمص (SAR) لمياه الرى (Richards L.A.,1969) و (FAO ,1994) ، حيث تزيد قيم الـ ESP تزيد مع زيادة الـ SAR لمياه الرى ، من المعادلة التالية :

$$ESP = \frac{100 (- 0.0126 + 0.01475 SAR \text{ of irrigation water})}{1 + (- 0.0126 + 0.01475 SAR \text{ of irrigation water})}$$

كما تستخدم قيم الـ SAR في تقييم المخاطر الصودية (Sodicity Hazards) لمياه الري وهذا سيناقش بالتفصيل في الفصل الثاني، والنومجرام (شكل ٥-١) يوضح القيم المقدرة من الـ SAR لمياه الري والقيم المقابلة لها من الـ ESP للتربة.

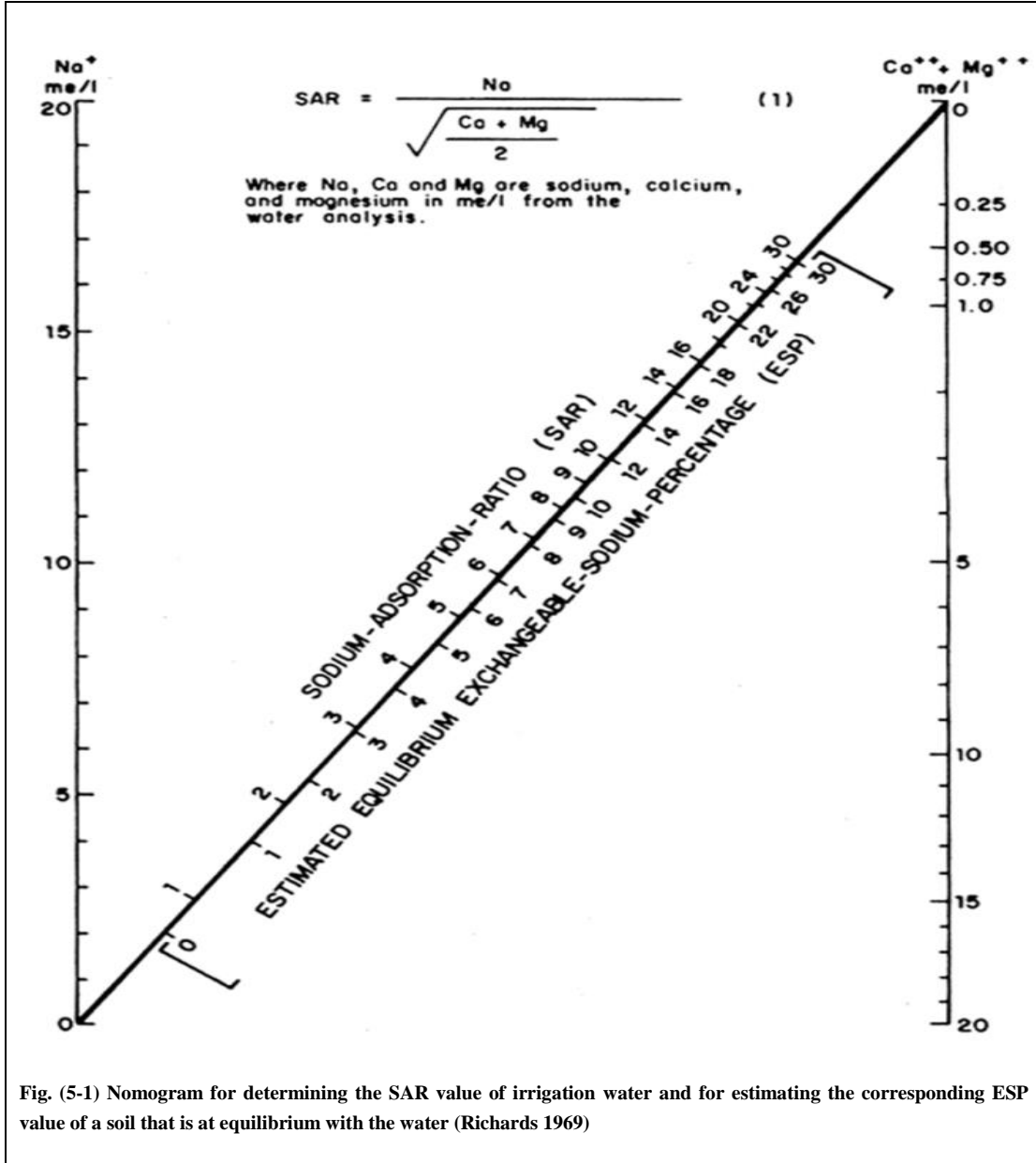


Fig. (5-1) Nomogram for determining the SAR value of irrigation water and for estimating the corresponding ESP value of a soil that is at equilibrium with the water (Richards 1969)

محاذير ودلالات قياسات الصوديوم المتبادل :

- عند إستعراض تحاليل قياسات الصوديوم ، فيجب لتحديد مستوياته الدقيقة في التربة :
 - ١ • التفرقة بين الصوديوم المتبادل (exchangeable-Na) والصوديوم الذائب (soluble -Na) ،
 - ٢ • أن المحاليل الكيميائية المستخدمة لإستخلاص القواعد المتبادلة بالتربة ، تؤدي إلى تواجد إى تأخذ إلى التربة كذلك كل من الصوديوم الذائب والمتبادل وأى صور أخرى قد تتواجد منه في التربة.

٠٣ لذلك عند تقدير كمية الصوديوم المتبادل فى الأراضى الصودية ، فإنه يجب خصم كمية الصوديوم الذائب (المقدرة من محاليل الإستخلاص المستخدمة) من كمية الصوديوم الكلية والناجئة من عملية الغسيل بمحلول الإستخلاص مع مراعاة تساوى وحدات القياس، أى أن:

$$\text{Exchangeable Na} = \text{Extracted Na} - \text{Soluble Na}$$

• من أكثر قياسات الصوديوم المستخدمة على نطاق واسع ، قياس تأثير النسبة المئوية للصوديوم المتبادل Exchangeable Na percentage (ESP) والتي تُعرف بالمعادلة التالية

$$ESP = \frac{\text{Exchangrable} - \text{Na}}{\text{Cation Exchange Capacity (CEC)}} \times 100$$

- ومن أهم دلالات قياسات الصوديوم المتبادل فى التربة :
 - ٠١ غالباً ماتشير قيمة الـ % 15 لـ ESP إلى الحد الفاصل بين الأراضى الصودية والأراضى الغير صودية ، على الرغم من أنه غالباً لاتظهر تغيرات حادة وواضحة للتدهور فى صفات الأراضى مع زيادة قيم الـ ESP عن ١٥% - وذلك لأن قيم الـ ESP ماهى إلا قيم وصفية - وفى بعض الأراضى التى تتراوح قيم الصوديوم المتبادل (Exchangeable-Na) بها من ٢ إلى ٣ ملليمكافىء/١٠٠ جم تربة هى قيم مناسبة ودقيقة لتميز صودية الأراضى . وعموماً ، فإن الأراضى ذات قيم الصوديوم المتبادل أكبر من (١) ملليمكافىء/١٠٠ جم تربة (Exchangeable-Na > 1 me /100 g) soil يشير إلى إحتمالية وجود صودية فى تلك الأراضى (potentially sodic) .
 - ٠٢ تعتبر معادن الطين ذات التركيب البلورى 2:1 هى الأكثر تضرراً بالقيم المرتفعة من الـ ESP عن معادن الطين 1:1 ، إلا أنه عند القيم المنخفضة من الـ ESP تبدء الصفات الطبيعية للأراضى السائد فيها معدن المونتوريللينيت فى التدهور وبدرجة كبيرة مقارنة بالأضرار الأقل نسبياً والتي تحدث مع استمرار الزيادة فى الـ ESP .
 - ٠٣ وعموماً فإن زيادة الـ ESP للتربة لاتسبب ضرراً فقط لصفات التربة الطبيعية ، بل يمتد أثرها الضار إلى المحاصيل النامية وبخاصة تلك المحاصيل الحساسة للصوديوم كما يتضح من جدولى (١-٢٤) و (١-٢٥) .

Table (24-1) Crop tolerance to ESP.

ESP	Type of crop Affected	Growth responses field conditions	Crop Examples
2 – 10	Extremely sensitive	Sodium toxicity symptoms even at low ESP values.	Deciduous fruit, nuts, avocado, cassava, citrus.
10- 20	Sensitive	Stunted growth at low values even though the physical condition of the soil may be good.	Beans, Sugarcane.
20 – 40	Moderately tolerate	Student growth due to both nutritional factors and adverse soil conditions.	Clover, Oats, Rice, Dallies grass.
40 – 60	Tolerant	Stunted growth usually due to adverse physical conditions of soil.	Wheat, Cotton, Alfalfa, barley, tomatoes, beets.
> 60	Most tolerant	Stunted growth usually due to adverse physical conditions of soil.	Crested, Fairway, Tall Wheat grass, Rhodes grass.

Table (25-1) Crop yield reduction at different ESP levels .

Sensitive 50% yield reduction at ESP < 15 %	Semi-Tolerant 50% yield reduction at ESP : 15-25 %	Tolerant 50% yield reduction at ESP = 35 %
Avocado Green bean Corn Tall fescue Peach Sweet orange Grapefruit	Dwarf kidney bean Ladino clover Carrot Lemon Lettuce Oats Rice Sorghum Wheat Sugarcane	Alfalfa Barley Sugar beet Cotton Dallis grass Onion Bermuda grass

Notes:

1. Relationships tabulated above should only be considered as broad guidelines, since local conditions can markedly affect crop response.
2. For soils that are to be irrigated, the ESP that will be developing in equilibrium with the irrigation water is of the major importance, rather than values measured in advance from the soil.
3. Given adequate drainage , the ESP values that are likely to develop can be approximately predicated from the SAR of the irrigation water,

(Gypsum Requirments) الأراضى القلوية والإحتياجات الجبسية**نظرة عامة :**

• الأراضى القلوية هى التى تحتوى على نسبة عالية من كربونات أو بيكربونات الصوديوم وتنشأ القلوية بسبب زيادة نسبة الصوديوم على مركب الإدمصاص للطين الغروى . وأهم الأملاح الذائبة فى المحلول الأرضى والمؤدية لظهور القلوية هى كلوريد وكبريتات

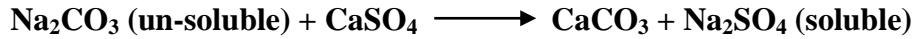
و كربونات وبيكربونات الصوديوم وتعتبر كربونات الصوديوم أكبرها ضررا على النبات وعلى خواص الأرض الطبيعية والكيميائية.

• ولإعداد الأراضي القلوية للزراعة ينبغي إستصلاحها أولاً من خلال التخلص من ملح كربونات أو بيكربونات الصوديوم وذلك بإضافة المصلحات مثل :

١. حامض الكبريتيك (H₂SO₄) :

والذى لا يضاف على صورة حمض ولكن يضاف مسحوق الكبريت الذى يتأكسد سريعا فى الأرض الجافة مكونا حمض كبريتيك فيخفض رقم حموضة الأرض ٠ وتضاف الكمية اللازمة طبقا لكمية الكربونات أو البيكربونات بالتربة لعمق ٣٠ - ٤٥ سم و يمكن حساب كميات المصلح الواجب إضافتها والتي تكفى لتعادل الكربونات حتى تصبح الأرض متعادلة ، حيث تتحول كربونات الصوديوم الغير قابلة للذوبان فى الماء إلى كبريتات صوديوم قابلة للذوبان فى الماء خلال التفاعل التالى:

كربونات الصوديوم+ (غير قابلة للذوبان) + كبريتات الكالسيوم ← كربونات الكالسيوم + كبريتات صوديوم (قابلة للذوبان)



٢. الجبس الزراعى (CaSO₄.2H₂O) :

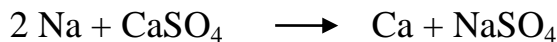
•والذى يعتبر أحد المواد الأساسية التى تستخدم لإستصلاح الأراضي القلوية والأراضي المتأثرة بإملاح الصوديوم ، وذلك بالرغم من أن ذوبانه يكون بدرجة قليلة ومحدودة جدا (حيث لاتتعدى درجة ذوبانه 2.4 g/l).

ويستعمل الجبس بكثرة كمصلح وعلاج للأراضي القلوية وكذلك لإصلاح الأراضي ذات البناء الضعيف والأراضي المتأثرة بالأملاح ٠ حيث تؤدي إضافة الجبس إلى إختزال ايونات الأيدروكسيل والكربونات وبالتالي تحسن من حموضة التربة وتيسر العناصر الغذائية.

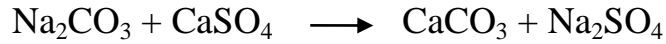
• والمشكلة الأساسية ليست فى قلة ذوبان الجبس ولكن فى صعوبة إستبدال الصوديوم من على معقدات الإدمصاص (الطين) بالكالسيوم خاصة من ناحية حساب كمية الجبس المطلوبة لتتفاعل مع كربونات الصوديوم (Na₂CO₃) والصوديوم العالق بالطين لتخفيض رقم pH التربة لحوالى 8 وتزداد هذه الصعوبة عندما تكون التربة غنية بالأملاح الذائبة.

• ويحدث عند إضافة الجبس نوعين من التفاعلات الكيماوية هما:

** إستبدال الصوديوم بالكالسيوم وبذلك يتحول الطين الصودى إلى الطين كالسيومى



** يتفاعل الجبس مع كربونات الصوديوم ويحولها إلى كبريتات الصوديوم



وهذا التفاعل لا يمكن أن يتم إلى نهايته مالم يتم التخلص من كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) المتكونة عن طريق الغسيل ، كما أن الجبس يساعد على خفض pH التربة لطرده الصوديوم من على معقد الإدمصاص ويحل محله الكالسيوم ، وبالتالي تتحسن خواص التربة .

• وتتوقف الكمية اللازمة من الجبس الزراعى لإصلاح الأراضي القلوية على كمية الصوديوم المتبادل ESP اللازم التخلص منها من على معقد الإدمصاص . وقد أوضحت الدراسات أنه من الضروري إضافة الجبس أو غيره حتى يمكن خفض كمية الصوديوم المتبادل من الأرض ، فيتم تحضير الكمية المطلوب إضافتها من الجبس للأرض ولأن الجبس يعتبر متوسط الذوبان فى الماء فإنه :

* فى كثير من الأحيان قد تحتوى طبقة تحت التربة على صوديوم متبادل ، ولكى نتخلص منه يجب أن يتم غسيل الجبس أو أى مادة مضافة لإستصلاح الأرض لأسفل التربة .
* بالإضافة إلى ذلك ، فإن وجود تركيزات عالية من أملاح الصوديوم الذائبة والتي تؤثر بدرجة كبيرة على كفاءة الجبس فى إستبدال الصوديوم بالكالسيوم من على أسطح التربة ، وفى هذه الحالة يجب التخلص أولاً من الصوديوم الذائب بالغسيل .
* يلزم إستخدام كميات كبيرة من ماء الري للحصول على أعلى فعالية للجبس كوسيلة فعالة لإستبدال الصوديوم بالكالسيوم . ويجب أن يحتوى الماء المستخدم فى الغسيل أو الري على نسبة عالية من الكالسيوم (مقارنة بالصوديوم) حتى يساعد فى إصلاح الأرض . ويجب عدم المغلاة فى إضافة الماء للأرض فى حالة إحتوائه على نسبة عالية من الصوديوم / الكالسيوم حتى لا تتعقد المشكلة ويحل المزيد من الصوديوم محل الكاتيونات الأخرى ، كما قد تتسبب المغلاة فى إستعمال مياه الري فى فقد بعض العناصر الضرورية مثل النترات اثناء التخلص من الماء الزائد عن طريق الصرف لذلك ينصح أن يكون الري بالقدر الذى يمد النباتات بإحتياجاتها المائية مع المحافظة على الأملاح الضرورية وعدم تعقيد مشكلة الصرف .

والطريقة المتبعة فى إستصلاح الأراضي القلوية بإستخدام الجبس الزراعى

:(SO₄.2H₂O)

تتلخص أولاً فى تقدير Na_2CO_3 فى التربة ، ثم حساب كمية الجبس $(\text{SO}_4.2\text{H}_2\text{O})$ المكافئة واللازمة لتحويل Na_2CO_3 إلى Na_2SO_4 . وهذه الحسابات

نظرية والكمية المحسوبة تختلف تماما عن مايلزم حقيقة تحت الظروف الحقلية ، والسبب فى ذلك هو عدم أخذ العوامل التالية فى الاعتبار :

* الجزء الذائب من أملاح الصوديوم الذى تراكم فى التربة خلال عملية تمليح التربة ثم تحويلها لتربة قلووية .

* نسبة الـ ESP الوجود فى المركب الغروى من التربة .

* كمية المادة الغروية فى التربة .

* محتوى كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ فى التربة .

ولذلك وبشكل عام ، يجب إضافة ثلاثة إلى أربعة أضعاف الكمية المقدره حسابيا

للحصول على الكمية الحقيقية اللازمة للإستصلاح ، وهذا مايسمى بالإحتياجات الجبسية

• (Gypsum requirements)

وتتوقف الإحتياجات الجبسية اللازمة لإصلاح الأراضى القلووية على كمية الصوديوم

المتبادل اللازم التخلص منها على معقد الأدمصاص .

تقدير الإحتياجات الجبسية ("Gypsum requirements , GR "ton/fed"):

تقدر بطريقتين :

A. حسابيا من قيم الـ ES والـ ESP والـ CEC لها

والمثال التالى يوضح ذلك ، إذا أفترضنا وجود أرض نسبة الصوديوم المتبادل المقدره لها هى

(ES = 8 me/100 g soil) وكان تقدير الـ CEC لها (CEC = 27.4 me/100 g soil) ،

ويراد حساب الإحتياجات الجبسية (GR) لها :

(١) تُحسب الـ ESP لهذه الأرض :

$$ESP = \frac{ES}{CEC} \times 100 = \frac{8}{27.4} \times 100 = 29.2 \%$$

ومعنى ذلك أن قيمة الـ ESP الفعلية للتربة ($ESP_i = 29.2\%$) أعلى بكثير من 15% ، أى

أنها دخلت فى نطاق الأراضى القلووية ، ونفترض أن القيمة النهائية للـ ESP يجب أن = 10%

، أى أن ($ESP_f = 10\%$) ويتم ذلك من خلال إضافة الجبس الزراعى ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) .

(٢) ويتم حساب كمية الجبس اللازم إضافتها الطن / فدان لتخفيض قيمة % للصوديوم المتبادل

إلى 10% (بدلا من 29.2%) بإستخدام المعادلة التالية :

$$GR \text{ (ton/fed.)} = \frac{(ESP_i - ESP_f)}{100} \times CEC \times 1.72$$

$$GR = \frac{(29.2 - 10)}{100} \times 27.4 \times 1.72 = 9 \text{ ton/fed.}$$

(٣) ونظراً لأن نقاوة الجبس ليست ١٠٠% ، وإنما ٨٦% فيجب تعديل كمية الجبس الفعلية اللازم إضافتها بضرب الكمية المحسوبة في مقلوب نسبة النقاوة .

$$\text{Actual amount of Gypsum Requirements} = 9 \times \frac{100}{86} = 10.5 \text{ ton/fed.}$$

B. معملياً بطريقة اسكونفر (1959) Schoonver

وهي تستخدم لتقدير قيمة الجبس الواجب إضافتها لأملاح التربة القلوية التي لا يوجد بها جبس ، حيث :

(١) يحضر محلول مشبع رائق بالترشيح من الجبس ، بحيث يحتوى عل الأقل ٣٨ ملليمكافى كالسيوم / لتر (38me. Ca / liter) ، ويتم ذلك برج 5 جرام كبريتات كالسيوم ثنائية التآدرت (CaSO₄.2H₂O) فى لتر من الماء المقطر فى جهاز الرج الآلى لمدة خمس دقائق (وهذا المحلول لا تتعدى درجة ذوبان الجبس به 2.4 جم كبريتات كالسيوم ثنائية التآدرت / لتر ، ويعطى EC = 2 ملليموز/ سم ومحتوى الكبريت به 0.09% ويحتوى تقريبا على 25 – 30 ملليمكافىء كالسيوم/لتر) ، ثم يرشح ويقدر "الكالسيوم/ لتر" فى ذلك الراشح من محلول الجبس المشبع بإستخدام الفيرسين .

(٢) يضاف (100cm³) تماما من محلول الجبس المشبع الرائق إلى (5 gm) من الأرض وبعد الرج لمدة خمس دقائق والترشيح ، يقدر تركيز الكالسيوم الباقى فى محلول الجبس المشبع والتربة بـ "الكالسيوم / لتر" . ومنه يحسب كمية الكالسيوم التى دخلت على اسطح الطين وحلت محل الصوديوم مقدرة "بالمليمكافىء كالسيوم/ ١٠٠ جم تربة" .

(٣) ثم تحسب الإحتياجات الجبسية بالطن لـ 30 سم عمق من الأرض من المعادلة :

$$\text{مليمكافئات الكالسيوم / 100 جم تربة} \times 1.72 = \text{كمية الجبس بالطن / الفدان}$$

كيف إستنتجت قيمة الثابت (1.72) :

بما ان وزن الفدان لعمق ٠.٣ م = مساحة الفدان (٤٢٠٠م^٢) × العمق (٠.٣ م) × الكثافة الظاهرية (١.٥٩ جم/ سم^٣) = ٢٠٠٠ طن (عن إجراء عملية الضرب يراعى: تحويل وحدات الطول إلى سم ووحدات الوزن إلى طن)

وعلى فرض: أن كان كل ١٠٠ جم تربة يحتاح (١) ملليمكافىء جبس (٠.٠٨٦ جم جبس)

- إذن كل ١٠٠٠ جم (١ كجم) تربة تحتاح إلى ٠.٨٦ جم جبس) .
- إذن كل ١٠٠٠ كجم (١طن) تربة تحتاح إلى (٨٦٠ جم جبس = ٠.٨٦ كجم جبس = ٠.٠٠٠٨٦ طن جبس) .
- إذن كل (٢٠٠٠ طن) تربة تحتاح إلى (٢٠٠٠ x ٠.٠٠٠٨٦ = ١.٧٢ طن من الجبس) .

وبمعنى آخر :

كل (١) فدان يحتاح إلى ١.٧٢ طن جبس إذا كان الـ ١٠٠ جم تربة منه تحتاح إلى ١ ملليمكافىء جبس

وعلى ذلك :

- فكل (١) فدان يحتاج إلى ٣.٤٤ طن جبس إذا كان الـ ١٠٠ جم تربة منه تحتاج إلى (٢) ملليمكافىء من الجبس .
- وكل (١) فدان يحتاج إلى ٥.١٦ طن جبس إذا كان الـ ١٠٠ جم تربة منه تحتاج إلى (٣) ملليمكافىء من الجبس .
- وهكذا.....الخ .

كميات الجبس المضافة للإستصلاح سنويا وعلاقتها بملوحة التربة :

- إذا كانت ملوحة التربة منخفضة (**$EC < 4dS/m$ or $TDS < 2500 ppm$**) : يضاف الجبس الزراعى سنويا بحوالى ما بين من نصف إلى واحد ونصف طن للفدان .
- إذا كانت ملوحة التربة متوسطة (**$EC \sim 4 - 8 dS/m$ or $TDS \sim 2500 - 5000 ppm$**) : فيجب زيادة كمية الجبس الزراعى المضافة سنويا لتصبح ما بين ٢ إلى ٥ طن للفدان .
- إذا كانت ملوحة التربة عالية (**$EC \sim 8 - 12 dS/m$ or $TDS \sim 5000 - 7500 ppm$**) : تزداد كمية الجبس الزراعى المضافة سنويا لتصبح ما بين ٥ إلى ٨ طن للفدان .

٥ الألمونيوم المتبادل

- لا يتواجد الألمونيوم فى صورة ميسرة لإمتصاص النباتات فى الأراضى ذات الـ pH الأعلى من 5.5 . ولذلك يجب أن تجرى كل الإختبارات المتعلقة بالألمونيوم فى الأراضى ذو الملوحة الواضحة الشديدة الملوحة فقط وبدقة كبيرة .
- وعلى الرغم وجود جدال كفاءة إستعمال محاليل إستخلاص ذو أو عديمة القوة التنظيمية Buffered أو Un-buffered extracting ، إلا لأن العديد من الإستخلاص بمحلول Un-buffered 1.0 M. KCl كان الأكثر شيوعا وإستعمالا على الرغم من وجود شك فى إمكانية حدوث إحلال لكل أيونات الألمونيوم بهذه الطريقة .

Table (26-1) Crop yield reduction at different ESP levels

Exchangeable Al % = $\left(\frac{\text{exchangeable Al}}{\text{exchangeable CEC}} \right) \times 10$	Effects
≥ 30	Sensitive crops may be affected.
≤ 60	Generally, toxic, Only very low Al concentrations expected if no electrolytes present. (60% tolerated by sugarcane).
85	May be tolerated by some crops in some conditions (Tea, rubber, Cassava, pineapple and some tropical grasses and legumes are notably Al tolerate).

وحتى الآن لا يوجد اتجاه عام متوافق حول القيم الحرجة للألمونيوم المتبادل ، وجدول (٢٦-١) يعطى اتجاه عام تقريبي لتأثير الألمونيوم المتبادل Exchangeable-Al ، وبصفة عامة فإن القيم المطلقة للألمونيوم المتبادل من ٢ إلى ٣ ملليمكافىء / ١٠٠ تربة تعتبر زائدة جداً لبعض المحاصيل .

• ويمكن التخفيف مؤقتاً من التأثير السام لأيونات الألمونيوم بإضافة الأسمدة الفوسفاتية ، ولكنها طريقة مكلفة جداً تحت الاحوال العادية ، حيث تميل ايونات الألمونيوم إلى الإتحاد مع أيونات الفوسفات وتكوين مركبات غير ذائبة ، ولذلك فإتباع هذه الطريقة فى الأراضى ذات المحتوى العالى من الألمونيوم المتبادل ستتحول الأسمدة الفوسفاتية المضافة إلى صورة غير ذائبة ، ولكن بمرور الوقت يصبح هذا الفوسفور مفضلاً للإرتباط بأيونات الحديد الحرة وبالتالي يحدث إنطلاق لأيونات الألمونيوم مرة أخرى ، ولذلك فأفضل طريقة لضمان إصلاح مستمر للتقليل من سمية الألمونيوم هو إضافة الجير حتى تصبح pH التربة ما بين 5.2 to 5.5 .

الحموضة المتبادلة والإحتياجات الجيرية :

• السعة التبادلية فى الأراضى الحامضية تساوى مجموع كاتيونات القواعد (الصوديوم والبوتاسيوم) المتبادلة مضافاً إليها قيمة الحموضة المتبادلة ، وهى تشتق أو تنتج من مجموع ايونات الأيدروجين والألمونيوم الموجودة على مواقع التبادل لحبيبات التربة وهى ترتبط إرتباطاً وثيقاً بكل من القواعد المشبعة و pH التربة .

• ويمكن حساب الإحتياجات الجيرية للأراضى الحامضية ، بمعرفة (% القواعد المشبعة) "BSP" Base Saturation Percent والحموضة المتبادلة حيث يمكن والمعادلة المستخدمة لحساب الإحتياجات الجيرية تعتمد أساساً على درجة الحموضة pH النهائية المراد الوصول إليها وعلى عمق التربة . وأيضاً يمكن حسابها من قيم الـ pH النهائية بالإضافة إلى % للقواعد المشبعة والسعة التبادلية الكاتيونية "CEC" وهذه طريقة سريعة تعطى نتائج تقريبية .

والموجرام monogram المستخدم فى هذا التقدير موضحاً فى شكل (٦-١) .

• وفى الأراضى الإستوائية Tropical soil عادة ما يستخدم الجير بهدف التقليل من التأثير السام لأيونات الألمونيوم ، وذلك لرفع درجة الـ pH إلى 5.5 تقريباً ، وذلك على الرغم من ان بعض الأبحاث أوضحت أن إضافة الجير أدت لزيادة pH التربة من 4.7 إلى 5.2 ،

وأوضحت دراسة أخرى أنه أمكن الحصول على محصول أعلى من البن في أرضى غير معالجة بالجير un-limed soil وذات قيم pH أقل من 3.7 .

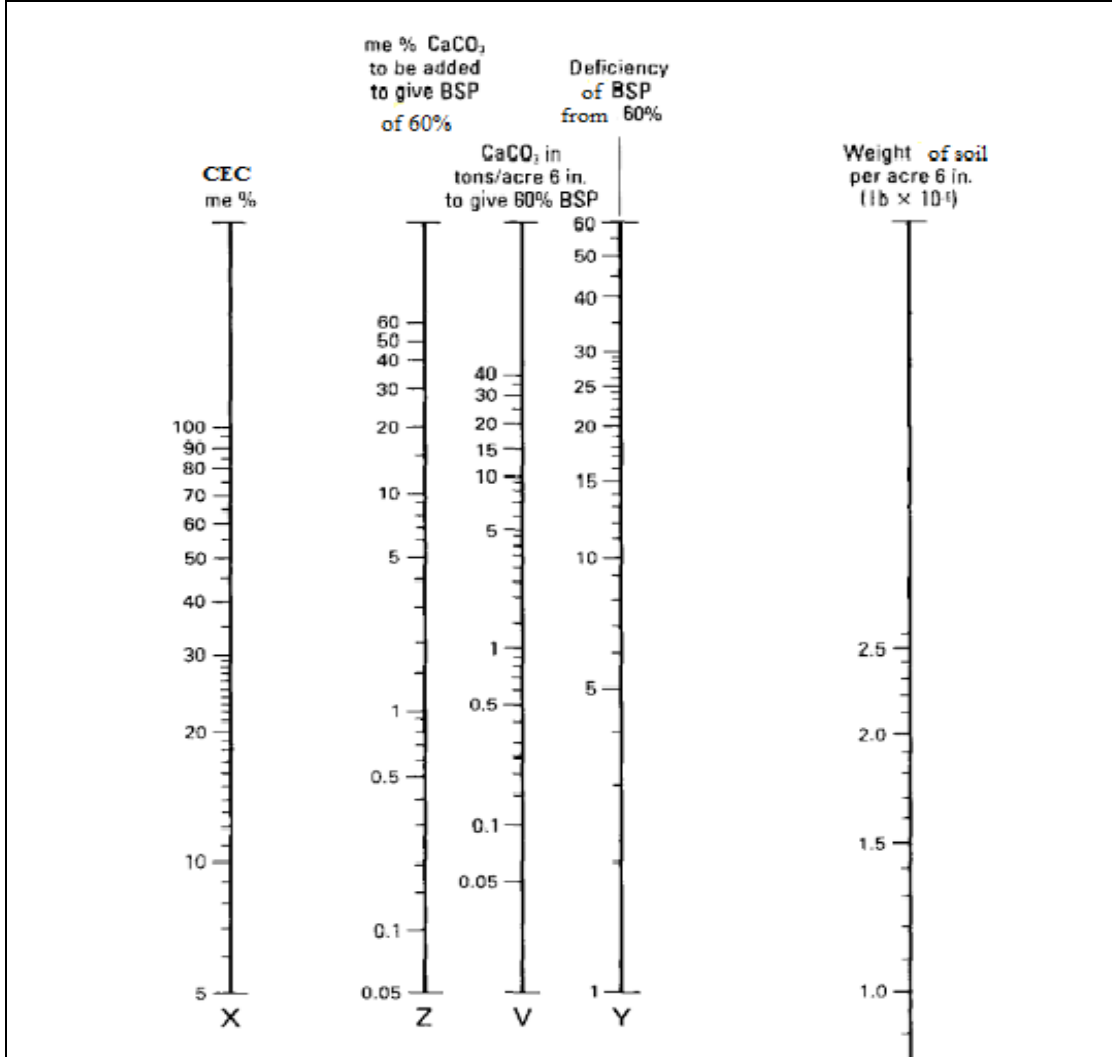


Fig (6-1): Monogram for estimation of lime requirement from CEC data

ملاحظات: ١ رطل = 0.45 كجم ، ١ طن = 1.016 كجم
 ١ إيكرا لععمق 60 بوصة = 4.1×10^3 متر مربع لععمق 15 سم
 ١ إيكرا لععمق 60 بوصة = 4.1×10^{-1} هكتار لععمق 15 سم
مثال: ماهى الإحتياجات الجيرية (فى طريقة الإستخلاص بخلات الأمونيوم) ، إذا كان :
 CEC = 40 me/100 gm - BSP = 35% - Deficiency of BSP from 60% = 25%
 Soil Density = 2.2×10^6 lb/acre 6 in (= 2.4×10^6 kg per ha 15 cm).
 • وقع على المحور (X) القيمة CEC= 40، وعلى المحور (Y) القيمة def.BSP=25 ثم صل الخط بينهما ليقطع المحور (Z) ليعطى قراءة CaCO_3 قيمتها 10 على المحور (Z).
 • وقع القيمة (soil density=2.2) على المحور (W) ثم صل بينها وبين القيمة المتوصل اليها (10) على المحور (Z) لتعطى القراءة 5 على المحور (V) وهى الممثلة للإحتياجات الجيرية (5 طن للإيكرا لععمق 6 بوصات = 12.4 طن للهكتار لععمق 15 سم)

• غالبا ما يضاف الجير (كربونات الكالسيوم) بمعدل 1.56 tons CaCO_3 / ha كمعدل مناسب لإضافة الجير ، وهذا المعدل يكافىء لـ ١ ملليمكافىء / ١٠٠ جم المونيوم متبادل "1" me / 100 g soil of exchangeable aluminum وهو مقياس مناسب للإحتياجات

الجيرية لكل الأراضى الأستوائية الحامضية . إلا أنه يجب ملاحظة أن الأراضى الحامضية ذو المحتوى العالى من الأسطح متغيرة الشحنة (مثل الأوليفينات – أكاسيد الحديد والألمونيوم – بعض الهيومات) تحتاج لإضافات أكبر من الجير عن الأراضى الحامضية الأخرى والتي لها نفس القوام ، ويستخدم الكالسيوم فى هذه الظروف ليس فقط لمعادلة حموضة التربة ولكن لإنماء وتطوير شحنة الأسطح .

• وإضافة الجير للأراضى ذات الـ $pH > 5.5$ غالبا لا يؤدي إلى حدوث زيادة فى إنتاجية المحاصيل بل قد يؤدي إلى نقصها ، وذلك بسبب حدوث حالة من عدم التوازن بين الكاتيونات فى التربة بسبب ارتفاع الـ pH . كما قد تظهر اعراض نقص البوتاسيوم على المحاصيل النامية لحدوث نقص للميسر منه فى التربة بسبب زيادة المدمص منه على معقدات طين التربة .

التوازن بين الكاتيونات المتبادلة (Exchangeable Cations Balance) :

جدول (٢٧-١) يوضح انه غالباً ماتوجد تأثيرات متداخلة بين الكاتيونات الهامة السائدة فى التربة تؤثر بدرجة كبيرة على نمو النباتات ، ويشتمل هذا الجدول على ملخص للعلاقات النسبية بين هذه الكاتيونات وحدودها الحرجة ومدى تأثيرها على كل من خواص التربة والنباتات النامية .

Table (27-1) Exchangeable cations ratios: Summary of critical and common values.

Cations Ratio	Approx. Values	Effects
<i>Ca / Mg</i>	$\geq 5: 1$ $3:1$ to $4: 1$ $< 3:1$ $1:1$	* Mg increasingly unavailable with increasing Ca. With high pH also, P availability may be reduced. * Approximately .optimum range of most crops. * P- uptake may be inhibited. * With lower values, Ca availability slightly reduced.
(** Ca: Mg ratios commonly decrease with depth, and often with cultivation.)		
<i>K / Mg</i>	$> 2: 1$ $< 3:2$ $< 1:1$ $< 3:5$	Mg uptake may be inhibited. <u>Recommended levels for :</u> Field crops Vegetables and Sugar beet. Fruit and greenhouse crops.
<i>K / CEC (EPP)</i>	2%	Suggested minimum levels to avoid K deficiency in humid tropical soils.
<i>Na / CEC (ESP)</i>	$> 25\%$	K- rich Soils (rather rare) ; similar effects to high Na.
<i>AI / CEC</i>	$\geq 30 \%$ $\leq 60 \%$ 85%	Sensitive crops possibly affected. Low at levels expected if no electrolytes present. Tolerated by sugarcane. May be tolerated by some crops in some conditions.

(٦) الكربون العضوى ونسبة الكربون إلى النتروجين (Organic Carbon & C/N Ratio)

نظرة عامة :

- تمثل المادة العضوية فى التربة بقايا الجذور والمواد النباتية والكائنات الدقيقة فى مختلف درجات التحلل ، كما تتميز بتنوع مكوناتها .
- تعتبر قياسات الكربون العضوى ذات دلالات ، بسيطة إلا انها هامة فى التعبير عن حالة خصوبة التربة . وهناك عدة صعوبات تواجه المتخصصين سواء فى عملية التقدير نفسها أو فى تفسير النتائج المتحصل عليها ، والمشاكل الناتجة أثناء التقدير قد تحدث بسبب وجود أكثر من صورة للكربون فى التربة . ومن الجدير بالذكر ان الفحم النباتى (فى الأقاليم السكنية للإنسان) وكذلك البقايا الغير متحللة للنباتات مصدران لايؤثران مباشرة وبسرعة فى تيسر العناصر للنباتات فى التربة بقدر مايؤثران بدرجة كبيرة فى نتائج القياسات التحليلية .

القياس ووحدة التقدير :

- غالبا مايقدر الكربون العضوى عن طريق تقدير كمية المادة العضوية ، ومن أشهر الطرق الروتينية للتقديرات اليومية للكربون العضوى هى طريقة الحرق الرطب باستخدام الداى كرومات لـ Walkely & Black لأكسدة المادة العضوية فى التربة ، وهى تحتاج إلى درجة حرارة تفاعل ما بين 130 ± 5 م ° . لذلك يجب مراعاة أن لاتجرى عملية التقدير فى وعاء كبير حتى لاتنخفض درجة الحرارة بدرجة كبيرة ، ممايتسبب فى الحصول على قيم أقل من الواقع .

- وأوضحت الدراسات البحثية المختلفة أن طريقة الحرق الرطب لـ Walkely & Black لتقدير الكربون العضوى لاتؤكسد كل المادة العضوية فى التربة وذلك على إفتراض ان المادة العضوية تحتوى على قيمة متوسطة حوالى ٥٨% من الكربون العضوى . وبالتالي فالقيم الناتجة للكربون العضوى المؤكسد لاتمثل كل المادة العضوية فى التربة - مقارنة بطريقة الحرق الجاف -وعلى ذلك يمكن حساب (%) للمادة العضوية بالتربة من القيم المقدره معمليا للكربون العضوى المؤكسد فى عينة التربة (%) من المعادلة :

$$\text{(\% للمادة العضوية)} = 1.724 \times \text{الكربون العضوى (\%)}$$

- ويجب ملاحظة ان هذا الثابت ليس ثابت وتختلف بحسب نوع التربة ونوع المادة العضوية ، حيث أوضحت بعض الدراسات البحثية أن طريقة الحرق الرطب لتقدير الكربون العضوى فى التربة قد تكشف عن ٧٥ - ٧٨% من المادة العضوية فى التربة الكلسية .

تفسيرات نتائج قياسات الكربون العضوى :

- النتائج المسجلة فى جدول (٣٢-١) يمكن الإعتماد عليها كمقياس تقريبي فى تفسير قياسات الكربون العضوى .

Table (32-1): Broad ratings of Organic Carbon measurements .

Organic-C Content "Walkelt-Black " (%, of soil soil by weight)	Ratings
> 20	Very high
10- 20	High
4 - 10	Medium
2 - 4.0	Low
< 4.0	Very low

Notes: Cholride reacts with dichromat, and C values for very salinr soils will be correspondingly lowerd. An similar effect is produced by the presence in soil of elemental C , and for ferrous and manganous oxides.

- ورغم تواجد المادة العضوية (OM) فى التربة بكميات متواضعة نسبيا ، إلا أن لها تأثير اساسى فى تحسين درجة التحبب للتربة soil aggregation وزيادة ووفرة العناصر الغذائية بها وزيادة النشاط البيولوجى ونسبة الرطوبة بها .
- ويفاوت الكربون العضوى بين كونه المكون السائد للفحم على شكل Peat أو الترب ذات السماد الحيوانى muck فى المناطق الأشد برودة إلى غياب أى أثر له فى بعض الأراضى الصحراوية . وتحتوى الأراضى الزراعية فى المناطق المعتدلة أكثر من ٣- ٤% مادة عضوية ، فى حين تحتوى الأراضى شبه الجافة على أقل من ١% من المادة العضوية .
- وعموما فإن قياسات الكربون العضوى لاتفيد مباشرة إلا فى حالات قليلة وبخاصة فى دراسات ذو معاملات محددة . كما يمكن عمل معادلات إرتداد Regression equations لعديد من قيم الكربون العضوى للتنبوء بمقدرة التربة على مسك الرطوبة .

نسبة الكربون إلى النتروجين C/N ratio :

- تستخدم قيم الـ C/N ratio فى تقارير التربة بصفة عامة كدليل على نوع المادة العضوية ودرجة تحللها ، ومن الصعوبة عمل تفسيرات لهذه النتائج ومعظم الدراسات الإستشارية لاتحتوى إلا على القليل من الأشكال التوضيحية المرتبطة بهذه القيم .
- وبالنسبة لأراضى المناطق المعتدلة ، تعتبر قيم الـ C/N ratio المتوازنة هى 10:1 .
- وفى الأراضى ذات درجة الحرارة المرتفعة ، والنشاط الميكروبي الملحوظ تنخفض قيمة الـ C/N ratio عن 10:1 .

- واوضحت الدراسات البحثية على ١٧٢ عينة تربة ترواحت قيم الـ C/N ratio لها ما بين 3/1 – 35/1 انه من الصعب تحديد كمية المادة العضوية من خلال قيم الـ C/N ratio لها •
- وتؤثر بقايا المحاصيل المتحللة جزئياً بدرجة واضحة على قيمة الـ C/N ratio حيث:
 - ** بقايا القش الغير متحلل تؤدي إلى زيادة قيمة الـ C/N ratio •
 - ** بينما بقايا البقوليات الغنية بالنتروجين تؤدي لتقليل قيمة الـ C/N ratio •

(٧)الكربونات الحرة **(Free Carbonates)**

نظرة عامة :

- قد تنشأ الكربونات الحرة في التربة:-
- (١) من الصخور الغنية بالكربونات وبخاصة الكالسيت ($CaCO_3$) و ($CaCO_3 + MgCO_3$) والدولوميت
- (٢) في الغالب قد تنشأ كترسيبات ثانوية من الماء الأرضي •
- في الأراضي الجيرية ، فإن الكربونات غالباً ماتتحد مع الجزء السلتى وتنشأ من ذلك عدة تأثيرات متتالية على تحليل التركيب الحجمى للحبيبات •

طرق ووحدات قياس الكربونات الحرة :

- يمكن أن تستخدم الطرق الحجمية gravimetric وطرق قياس ضغط الغاز monomeric في تقدير الكربونات في التربة إلا ان الطريقة الأولى الحجمية هي الأكثر توفيراً للوقت لأنها اسرع من الثانية •
- ويعبر عن الكربونات الحرة غالباً بالتركيز المكافئ للكربونات (% من وزن التربة) ، على الرغم من كونها قد تكون من كربونات أخرى ككربونات المغنسيوم بجانب كربونات الكالسيوم •
- ويمكن الإستدلال على نوعية الكربونات الموجودة من القيم المتحصل عليها من الكاتيونات المتبادلة أو الذائبة •
- وجود الكربونات الحرة في التربة يدل بصفة عامة على أن معقدات الطين يسود عليها ايون الكالسيوم ، وهذا يعنى ضمناً وفي العادة وجود طبقات طبيعية ومشجعة في التربة • إلا أن وجود زيادة من الكالسيوم على معقدات الطين في التربة قد يؤدي إلى حدوث نقص في

العناصر الغذائية الكبرى بجانب حدوث تأثير مضاد بين الكالسيوم والكاتيونات الأخرى فى التربة .

تفسير والأهمية التطبيقية لقياسات الكربونات الحرة:

- لا توجد طريقة دقيقة وواضحة لمستويات الكربونات الحرة فى الأراضى يمكن وضع تقسيم على أساسها ، إلا أنه يمكن إعتبار الأراضى التى تحتوى على حوالى ٤٠% أراضى جيرية إلى حد بعيد . وبالنسبة للمناطق الجافة Arid zones يمكن إعتبارها كذلك إذا كانت هذه النسبة فى أفق هذه الأراضى تصل الى ٧٠% فأكثر .
- ونظرا لأن $MgCO_3$ أقل ذوبانا من $CaCO_3$ ، فيجب أن يؤخذ فى الإعتبار النسبة التى يعتقد أنها موجودة من كربونات المغنسيوم عند تفسير وتحليل نتائج الكربونات الحرة الموجودة فى التربة :

(١) عند قيم pH أقل من ٧ : فإنه نادرا ماتتواجد كربونات الكالسيوم والمغنسيوم ، ولكن عندما تزداد درجة الـ pH عن (٧) فلا بد أن يصبح تقدير الكربونات تقديراً روتينياً ضمن التقدرات الأساسية التى لا بد أن تقدر، لأن وجود زيادة كبيرة من الكربونات الحرة يعنى ان ايونات الكالسيوم هى السائدة على معقد الطين الغروى ، وهذا ضمناً يعطى تأثيراً جيداً عن الصفات الطبيعية للتربة . ولكن وجود زيادة ما للكالسيوم يسبب حدوث نقص فى العناصر الكبرى بجانب حدوث تأثير مضاد بين الكالسيوم والكاتيونات الأخرى .

(٢) عند قيم pH ما بين ٨.٥ – ٩.٥ أو عند pH أعلى من ٩ : تتواجد نسبة من الكربونات فى صورة كربونات الصوديوم والبوتاسيوم . ولكن عند pH أعلى من ٩.٥ تكون الـ $NaCO_3$ والـ KCO_3 هى الموجودة فقط .

• تستخدم قيم الـ % $CaCO_3$ الأكبر من ١٥% (طبقاً لمنظمة الفاو) كدليل لوجود الآفاق الكلسية فى التربة . وهذه الآفاق تؤثر على الصفات الطبيعية بجانب تأثيرها على الصفات الكيميائية .

• عند وجود كمية كبيرة من الكربونات الحرة فى التربة فإن ذلك يؤثر على التوازن الكاتيوني وبخاصة فيما يتعلق بالكالسيوم والمغنسيوم كما يقلل من تيسر بعض العناصر الغذائية إذا كان الإمداد منها أصلاً محدود نسبياً .

• كمية الكربونات الأكبر من ١٥% تؤثر على الصفات الطبيعية - بجانب تأثيرها على الصفات الكيميائية فى التربة - فالرطوبة الميسرة Available moisture capacity تظل منخفضة عند القيم أكبر من ١٥% ، بغض النظر عن محتوى الطين فى التربة .

(٨) الجبس والأفاق الجبسية (Gypsum & Gypsum horizons)

- يستعمل الجبس (كماسبق إيضاحه) بكثرة كمصلح وعلاج للأراضى القلوية ولإصلاح الأراضى ذات البناء الضعيف وكذلك لإصلاح الأراضى المتأثرة بالاملاح . وكما سبق إيضاحه فإن إضافة الجبس تؤدي لإختزال ايونات الـ OH^- and $\text{CO}_3^{=}$ وبالتالي يؤثر فى حموضة التربة و بالتالى يؤثر فى درجة تيسر العناصر فى التربة .
- ومن أنسب الطرق لتقدير محتوى الجبس فى التربة طريقة Bower and Huss ، حيث يتم ترسيب الجبس من مستخلص التربة بواسطة الأسيتون ثم إعادة إذابته فى الماء وقياس درجة التوصيل الكهربائى (EC) لهذا المحلول كدليل لكمية الجبس الموجودة .
- ويمكن تلخيص تأثيرات الجبس على نمو النباتات فى هذا الجدول (جدول ٣٣-١) :

تأثير الجبس	محتوى الجبس (%)
مناسب لنمو المحاصيل	أقل من ٢%
إن لم تتواجد الكربونات فى صورة مسحوق (powder) فقد يكون التأثير قليل أو لا يذكر	٢ – ٢٥%
يمكن أن يحدث نقص جوهري وملحوظ فى نمو المحاصيل (والنقص فى إنتاجية المحاصيل كنتيجة لزيادة محتوى الجبس – وبدرجة واضحة – يرجع إلى عدم التوازن بين كاتيونات الكالسيوم وكل من كاتيونى البوتاسيوم والمغنسيوم . (انظر جدول ٢٣)	أكبر من ٢٥%
ملاحظات :	
(١) محتوى الجبس (% بالوزن) = ملليمكافىء / ١٠٠ حم تربة $0.86 X$	
(٢) المحلول المشبع من الجبس يحتوى على حوالى ٢٤٠ جم جبس $(\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ / لتر ، وهذا المحلول يعطى درجة توصيل كهربى $(\text{EC} = 2 \text{ mS.cm}^{-1} \text{ at } 25^\circ)$ ومحتوى الكبريت (S) به حوالى ٠.٠٩ %	

- وهناك ما يعرف بالأفاق الجبسية (Gypsum horizons) وهى آفاق التربة التى تتصف بأن :
 - ** لها : سُمك يزيد عن ١٥ سم ومحتوى الجبس بها يساوى أو أكثر من ٥% .
 - ** إذا ضُرب : سُمك الآفاق (سم) × محتوى الجبس (%) بها يعطى قيمة $\leq (١٥٠)$.
 - ** لها :محتوى جبس ما بين ٤ – ١٠ % حيث تظهر طبقة صلبة (اسمنتية) شديدة الصلابة غير منفذة تعيق نمو الجذور وتؤثر سلبا فى صفات التربة وفى نفاذيتها أو مسكها للماء .

(٩) الفوسفور الميسر (Available Phosphorus)

نظرة عامة :

تعتبر كيمياء الفوسفور الأكثر تعقيدا في التربة من بين جميع المغذيات النباتية الرئيسية ، وبخاصة فيما يتعلق بتقدير مستوياته الميسرة في التربة للإستدلال بها في تحديد الإحتياجات السمادية من الفوسفور . ويتواجد الفوسفور في التربة في الصورتين العضوية والغير عضوية " وهي عادة تمثل الصورة الأكثر أهمية لتغذية المحاصيل" .

والفوسفور الغير عضوي يمكن أن يظهر في صورة مركبات مختلفة للكالسيوم والحديد والألمونيوم في المحلول الأرضي أو الأغلفة المائية المغلفة لحبيبات التربة ، كما يمكن أن تكون تلك المركبات في صورة صلبة أو على صورة أنيونات فوسفور "قابلة للتبادل" ممسوكة بالشحنات الموجبة الموجودة على حواف المسطحات الطينية . وتفاعلات التبادل الأنيوني "لأنيونات الفوسفات المدمصة" تكون قليلة جداً مقارنة بتفاعلات التبادل الكاتيوني "للكاتيونات المنفردة" ، إلا أن الأنطلاق البطيء جداً لأنيونات الفوسفات المدمصة يمكن أن يستمر على الأقل طوال موسم النمو للمحاصيل ، ويمكن التعبير عن ذلك بهذا الشكل التخطيطي :

على الأقل طوال موسم النمو للمحاصيل ، يمكن التعبير عن ذلك بهذا الشكل التخطيطي :

Non- available-P $\leftarrow \dots \dots \dots \rightarrow$ Potentially available (Fixed)-P \longleftrightarrow Available-P

وعادة مايشار إلى :

• Available-P "الفوسفور الميسر" بالـ Intensity أى شدة أو كثافة العنصر (الفوسفور) الميسر في قطاع التربة .

• Potentially available -P " الفوسفو المحتمل" بالـ Capacity أى السعة أو المقدرة على تيسر الفوسفور في التربة .

والتقييم المثالي لفوسفور التربة يجب أن تتضمن أو تأخذ في الإعتبار تركيز الفوسفور في المحلول الأرضي (كمقياس للفوسفور الميسر) وأيضا كمية الفوسفور المثبت في التربة والمعدل المحتمل أن يتيسر عنده " أى ينطلق للمحلول الأرضي" . إلا ان ذلك يعتبر معقداً جداً وبخاصة في القياسات الروتينية ، ولذلك فغالبا لا يوجد تفسيرات مقبولة متفق عليها بصفة عامة لتقييم نتائج مثل هذه التقديرات .

وعموما توجد عدة طرق لتقدير الفوسفور الميسر وكذلك المثبت في التربة والتي تعتمد

أساساً على ظروف التربة وبخاصة درجة pH التربة .

الطرق والوحدات الموصى بها لتقدير الفوسفور الميسر في التربة :

من أكثر الطرق وأوسعها إنتشاراً لتقدير الفوسفور الميسر في التربة هي طريقة مستخلص البيكربونات ، وهي طريقة حساسة للحرارة إلا أنها مفضلة للأرضى ذات درجة الـ pH اكبر من 7 .

ويعبر عن القيم الناتجة من طرق القياس بالجزء في المليون (ppm) كـ P_2O_5 أو كـ P ، وللتحويل بينهما :

(P) to (P_2O_5) \longrightarrow by multiply by (2.29)

(P_2O_5) to (P) \longrightarrow by multiply by (0.44)

تفسير قياسات الفوسفور الميسر في التربة :

بسبب تعدد الطرق المختلفة لتقدير الفوسفور ، لا يوجد تفسير عام متفق عليه لتفسير القيم المتحصل عليها من طرق تقدير الفوسفور الميسر .

وجداول (٢٨-١) يوضح تفسير النتائج المتحصل عليها من طريقة أولسن Olsen ، جدول (٢٩-١) يوضح تفسير النتائج المتحصل عليها من الطرق المستخدمة الأخرى .

Table (28-1): General interpretation of available-P determined by Olsen's method.

Characteristic Crop demand	Examples	Indicative available-P, (ppm)		
		Deficient	Questionable	Adequate
Low-P	Grass , Cereals , Soybeans and Maize	< 4	5 -7	> 8
Moderate-P	Lucerne , Cotton , Sweet corn, Tomatoes	< 7	8 - 13	> 14
High-P	Sugar beet, Potatoes, Celery and Onions.	< 11	12 - 20	> 21

وبالنسبة لطريقة براى (Bray) والتي يستخدم فيها حمض الفلوريد fluoride acid method ، فمعظم مستخلصات الأحماض تعنى القيم المنخفضة المتحصل عليها وجود نقص في الفوسفور الميسر ، فى حين أن القيم المرتفعة فإن تفسيرها يحيط به شيء من الغموض أو الإلتباس unambiguously حيث ان بعض التقديرات المعملية بهذه الطريقة تعطى قيما مرتفعة لعينات من أراضى تحتوى على كميات قليلة من الفوسفور الميسر أو على الأقل تعاني نقصا في الفوسفور أو بتربتها .

وبالنسبة لتقدير الفوسفور الميسر بطريقة (Anion –Exchange Resin) ، فإنه على الرغم من أن هذه الطريقة لا يوصى بإستعمالها إلا أن النتائج المتحصل عليها عادة ماتكون غير

متوقعة • ويجب ملاحظة أن هذه الطريقة ذات صلة مباشرة ولا تستعمل إلا في أراضي أفريقيا الوسطى ويجب الحذر عند تطبيقها في أي مناطق أخرى ، وجدول (٣٠-١) يتضمن الحدود الحرجة لهذه الطريقة •

ومن المهم معرفة متوسط قيم الفوسفور الكلى (Total-P-) ، حيث يُصنف الفوسفور الكلى (Total-P) والمقدر بواسطة الهضم بحمض البيركلوريك (HClO₄).

Low Total-P: < 200 ppm

Medium Total-P: 200 to 1000 ppm

High Total-P: > 1000 ppm

وعموما فإن متوسط محتوى الفوسفور الكلى في الـ 15 cm السطحية من التربة في الولايات المتحدة الأمريكية تقدر بحوالي % 0.06 أى حوالى (600 ppm) ، ونادرا ما يزيد عن % 0.2 أى حوالى 2000 ppm •

Table (29-1) : General guidelines for available-P interpretation.

Method ¹	Indicative available-P values(ppm)			Appropriate Soils	Comments
	High	Medium	Low		
	Fertilizer Response				
Unlikely	Probable	Most Likely			
Olsen (0.5 M NaHCO ₃)	> 15	15 - 5	< 5	All soils specially pH >7	Probably most useful general method but temperature control is essential.
Bray (Dilute HCl/ NH ₄ F)	> 50	50 -15	< 15	Acid Soils	High value difficult to interpret.
Nelson (Dilute HCl/ H ₂ SO ₄)	> 30	30 – 10	< 11	Some Acid Soils	Values based on North Carolina experience.
Troug (Dilute H ₂ SO ₄)	> 40	40 -20	< 20	Acid Soils	Best suited to temperature areas.
Bingham (H ₂ O Solution)	> 2	2 - 1	< 1	All Soils	
Morgan (Na acetate/acetic acid)	> 15	15 - 5	< 5	Acid Soils	USA Chiefly.
ADAS (NH ₄ acetate/acetic aid)	> 40	40 - 2	< 2	Acid Soils	UK experiments, Extract P in solution and readily soluble Ca phosphate.

Notes: 1): Note that extractions at higher temperatures usually give higher P-values; the stability of the molybdenum blue color needs checking if laboratory temperature is > 25C ° or < 20 C ° (Dewis and Freitas, 1970).

Table (30-1) : Critical levels for available-P using the Anion-Exchange Resin method.

Available -P (ppm) By Resin extraction	Interpretation for Central Africa Soils	
	Available -P Status	Yield increases expected with adequate phosphate fertilizer (Assuming other nutrients are adequate.)
< 3	Acutely deficient	Very large; up to double the yield.
3 – 6.5	Deficient	Large; increases of one to two- thirds.
6.5 – 13	Marginal	Small; increases of less than one-third.
13 – 22	Adequate	No appreciable response likely with general crops, but maintenance dressing desirable.
> 22	Rich	No responses likely.

وستناقش لاحقاً تفاعلات الفوسفور مع Cu , Fe , Zn في التربة ، كما يجب التنويه إلى ان وجود الكلوريدات في التربة يمكن أن تؤدي إلى نقص في إمتصاص النباتات للفوسفور ، كما أنه قد لوحظ نقص في إمتصاص قصب السكر للفوسفور في وجود الألمونيوم وقد يرجع ذلك لتأثيره الضار على جذور قصب السكر .

(١٠) النتروجين (Nitrogen)

نظرة عامة :

يتواجد النتروجين في التربة في عدة صور : كالمركبات العضوية أو في صورة أنيونات النترات (NO_3^- Nitrate) والنترت (NO_2^- Nitrite) أو ككاتيونات الأمونيوم (NH_4^+ Ammonium) والتي يمكن أن تكون في صورة كاتيونات متبادلة مدمصة على أسطح التربة ، وتعتبر النترات (NO_3^- Nitrates) هي الصورة الأساسية التي تمتصها النباتات .

وتعتبر المادة العضوية المتحللة هي المصدر الرئيسي للنتروجين في التربة (والتي تضاف غالباً كسماد) ، حيث يؤدي تحلل تلك المادة العضوية المضافة للتربة وتحولها لـ (Humus) ثم التحلل البطيء لـ (Humus) إلى إطلاق أيونات الأمونيوم (Ammonium) والتي تتأكسد بالتالي إلى أيونات النيتريت و النترات (Nitrite & Nitrate) والإمدادات التي تحدث من هذه التحولات تتأثر كثيراً بالنشاط الميكروبي في التربة. وتزداد مستويات النترات في التربة بعد تعرض التربة لفترات طويلة من الجفاف ، وتكون تلك الكميات هي المصدر الذي يؤدي إلى الزيادة الفجائية في إضرار النباتات الإستوائية (Tropical plants) بمجرد نزول الأمطار في تلك المناطق .

والقياسات المختلفة لنتروجين التربة تعطى نتائج مختلفة ، وذلك لإختلاف نسب الصور المختلفة من من النتروجين المستخلص من التربة . كما تتغير مستويات النتروجين فى التربة بدرجة كبيرة بإختلاف المواسم وإختلاف التاريخ الزراعى للمنطقة . كما تتعرض مستويات النتروجين المقدره لتغيرات كبيرة نتيجة لتخزينها لفترة كبيرة قبل تحليلها ، وهذا التغير تنوقف نسبه على مدة التخزين - درجة الحرارة والرطوبة أثناء مدة التخزين ، وذلك للتأثير الشديد لتلك العوامل على عمليات الأكسدة والنشاط الميكروبي فى التربة .

طرق ووحدات قياسات النتروجين فى التربة :

توجد عدة طرق لتقدير الصور المختلفة من النتروجين ، ولكن بعضها روتبنى ومعقد جداً والأخر يهتم بنوعية معينة ومحددة جدا في هدفها ، وكليهما لا يصلح للتقديرات أو التحليلات الروتينية .

ومن أكثر الطرق شيوعاً - وهى طريقة قياسية - طريقة أكسدة النتروجين العضوى والمعدنى بواسطة العوامل المساعدة وتحويله إلى أمونيوم (NH_4^+) بإستخدام طريقة كداهل (Kjeldahl method) ، وفى هذه الطريقة قد يحدث إستخلاص لبعض الأمونيوم الممسوك فى البناء الشبكي للطين - إلا أنه يمكن التغاضى عن ذلك وإعتباره خطأ تجريبى لصغره بدرجة كبيرة وبخاصة فى الأراضى النطاقية . ويقدر النتروجين المستخلص من التربة كنسبة مئوية من وزن التربة .

تفسيرات قياسات النتروجين فى التربة :

من الصعب تفسير قياسات النتروجين فى التربة - عدا فى الأبحاث الدراسية التجريبية - لأنه عادة لايعرف مدى الإرتباط بين الصور المختلفة للنتروجين من حيث كونها مصدرا غذائيا للمحاصيل ، وحتى فى البيئات القياسية فغالبا لا يوجد تقييم متفق عليه لقيم النتروجين المقاسة بنفس الطريقة .

وتصنيف قياسات النتروجين فى جدول (٣١-١) يقدم الإتجاه العام لتقييم قيم قياسات النتروجين المقاسة فى التربة .

Table (31-1) : Broad ratings of Nitrogen measurements .

N-Content "Kjeldahl methods" (%, of soil soil by weight)	Ratings
> 1.0	Very high
0.5 – 1.0	High
0.2 – 0.5	Medium
0.1 – 0.2	Low
< 0.1	Very low

ويجب ملاحظة انه من ناحية التفاعلات بين العناصر فى التربة الموضحة فى جدول (١) ، فإن إمتصاص النباتات للنتروجين يمكن أن يقل فى وجود الكبريتات فى التربة . كما يجب مراعاة التأثير المنخفض لـ (pH) التربة على تيسر النتروجين ، حيث يسبب ذلك إنخفاض النشاط الميكروبي بالتربة وبالتالي يقل جدا النتروجين الميسر بالتربة أياً كان تركيز النتروجين الكلى فى التربة . كذلك تحت القيم المنخفضة جدا من pH التربة لا يحدث تكسير أو هدم للمادة العضوية وبالتالي يمكن أن يتكون الـ Peat .

وعموماً لاتصبح لتفسيرات قيم النتروجين المقدره فى التربة قيمة إلا إذا تم الربط بينها وبين بعض القياسات الأخرى ، فمن معرفة المحتوى النتروجينى الكلى فى التربة مع القيام بعمل عدة تجارب حقلية تفصيلية يمكن الإستفادة من قيم النتروجين الكلى المقدره فى التربة فى إيجاد علاقات بينها وبين نتائج تحاليل الأوراق والمحصول الناتج ، يمكن الإعتماد فى تقييم وتحديد مدى حاجة الأرض من الأسمدة النتروجينية . وبتكرار مثل هذه التجارب لمحاصيل مختلفة فيمكن أن تصبح هذه قياسات النتروجين أن يعتد بها ويعتمد عليها فى عمليات التحليل الحصرى لمنطقة الدراسة لتقييم حاجة التربة والمحاصيل المنزرعة للتسميد النتروجينى .

(١١) الكبريت (Sulphur)

نظرة عامة :

يعتبر الكبريت من العناصر الغذائية الأساسية للنباتات ، ولكنه نادراً ما يُقَدَّر ضمن التقديرات الروتينية الأساسية للتربة . وذلك لبعض المشاكل التى تواجه المتخصصين فى تفسير النتائج المتحصل عليها أو فى العملية التقديرية نفسها والتى يرجع إلى عدة عوامل منها:

(١) الطبيعة المعقدة لمركبات الكبريت فى التربة .

- (٢) مقدرة النباتات على إمتصاص الصورة الغازية للكبريت مباشرة من التربة ، وهذا المصدر ، ويحدث ذلك عندما يقل مستوى الكبريت فى التربة عن إحتياجات النباتات النامية حيث تحصل النباتات - فى تلك الظروف - على ٥٠% من إحتياجاتها من الكبريت .
- فى الأراضى جيدة التهوية (aerobic soils) ذات الظروف المناخية الرطبة عادة يوجد الكبريت فى صورة عضوية والتي تعطى غالبا عند تحليلها ايونات الكبريتات $sluphate$ (SO_4^-) والتي تمثل الصورة الميسرة لإمتصاص النباتات .
 - أما فى الأراضى الغير جيدة التهوية (anaerobic soils) غالبا مايتواجد الكبريت فى صورة معدنية (S) أو فى صورة أيونات كبريتيدات ($Sulphides SO_2^-$) ، وهذا عادة يحدث فى الوراسب البحرية الحديثة (The recent marine deposits) و الأراضى البركانية (Volcanic soils) .
 - فى تلك المناطق الرطبة (Humid regions) غالبا ماتتواجد الصور الغير عضوية للكبريت فى الطبقات تحت السطحية للتربة (Sub soil layers) ، بينما تتواجد الصور العضوية للكبريت فى الطبقات السطحية (Top soil layers) .
 - فى المناطق الجافة (Arid regions) يتواجد الكبريت فى صورة غير عضوية ، وعادة ماتتواجد خلال قطاع التربة فى صورة جبس (كبريتات الكالسيوم - $CaSO_4$) .

الطرق الموصى بها لقياس الكبريت فى التربة :

تتوقف الطريقة المستخدمة لقياس الكبريت فى التربة على نوع التربة والصور المراد تقديرها للكبريت ، وكل هذه الطرق تتواجد فى كتب الطرق الكيميائية لتحليل التربة . ومن اشهر المستخلصات المستخدمة لتقدير الكبريتات (SO_4^-) فى التربة محلول الإستخلاص المكون من خلات الأمونيوم وحمض الخليك والتي تضبط له درجة الـ pH عند 4.5 ، وهذه الطريقة يوصى بها وتعطى نتائج جيدة فى الأراضى التى يتواجد بها الكبريت بكميات قليلة فى صورة عضوية ، ويعبر عن النتائج المتحصل عليها بالـ ppm .

تفسير نتائج قياس الكبريت فى التربة :

- على الرغم ايونات الكبريتات SO_4^- هى الصورة التى يمتصها النبات من التربة ، إلا أن نتائج قياساته نادرا ماتعطى قيما يمكن الوثوق بها والإعتماد عليها بخصوص مستوياته فى

التربة ، وذلك لأن ايون الكبريتات قابل للذوبان والحركة بسرعة كبيرة خلال التربة ، ولذا يعتمد قياسه بدرجة كبيرة على ظروف عينة التربة .

أما قياس الكبريت العضوى لا يرتبط بالضرورة بمعدل ذوبان الكبريت للصورة الميسرة للنباتات لأنه بطيء الذوبان الحركة فى التربة .

- وجدول (٣٤-١) يوضح بعض الحدود والتفسيرات لقياسات الكبريت ، التى يمكن أن تعطى تفسيراً لمستويات الكبريت فى التربة . وبالنسبة لمحتوى الكبريت فى الأفاق الكبريتية (Thionic profile) فهذه لها وضع خاص تناولته بعض الدراسات بصفة خاصة .

Table (34-1) : Interpretations of Sulphur measurements in soil.

S- Measurement	Approximately S-level	Effects
Total S	< 200 ppm	Deficiency likely
Available S <i>Morgan reagent</i> <i>(Na acetate/acetic acid)</i>	< 3 ppm	Deficiency likely
Available S <i>(in saturated extract)</i>	< 30 me.l ⁻¹	Excess
Extractable S <i>(in various methods)</i>	6 – 12 ppm	Upper limit for expected response to S

- وتعتمد الحدود الحرجة للكبريت بدرجة كبيرة على نوع المحصول ، فعلى سبيل المثال فإن محاصيل الحبوب تنمو جيدا فى الأراضى التى تعاني نقص شديد فى الكبريت وذلك مقارنة بالبرسيم alfalfa والنفل clover والذنان يحتاجان الكبريت بدرجة اكبر من محاصيل الحبوب وأقل من إحتياجات القطن والدخان والذنان يحتاجان الكبريت بدرجة اكبر من المحاصيل السابقة .

- وعن التضاد بين إمتصاص النباتات للكبريتات والعناصر الأخرى أوضحت الدراسات مايلى:

١. أدى وجود الكبريت فى التربة بتركيزات تتراوح من ٨٠ إلى ١٢٠ ppm إلى حدوث تضاد لإمتصاص النباتات للمولبيديم ، فيقل إمتصاص نباتات فول الصويا للمولبيديم ، ويرجع ذلك إلى تشابه الأقطار الأيونية لكل من ايونى الكبريتات (SO_4^-) والمولبيدات (MoO_4^-) .

٢. كما وُجد نفس تأثير التضاد بين كل من ايونى الكبريتات (SO_4^-) والسيلينيوم (Se) .

٣. أن المستويات المرتفعة من الكبريتات (٨٠-١٢٠ ppm) تعيق إمتصاص النباتات للفوسفور ، فى حين ان المستويات المنخفضة من الكبريتات تشجع النباتات عل إمتصاص الفوسفور .

• وبالنسبة للتفاعلات المتداخلة بين الكبريت فى التربة ، اوضحت الدراسات أنه نتيجة للتأثيرات الحامضية الناتجة من إضافة الكبريت المعدنى أو الجبس للتربة ذات المحتوى العالى من الباريوم (Ba) أو الكالسيوم يتحول أى كبريت حر free sulfate (ميسر) مضاف للتربة إلى كبريت غير ذائب insoluble فيترسب الكبريت الذائب المضاف للتربة ويقل الميسر منه لأمتصاص النباتات .

(١٢) المغذيات الصغرى للنباتات (Micronutrients)

نظرة عامة وملخص :

لايعتبر تقدير المغذيات الصغرى للنباتات الميسرة للنباتات فى التربة ضمن التقديرات الروتينية التى تجرى على عينات التربة إلا فى القليل من المعامل ، ويكون هذا التقدير ضروريا فى:

- بعض الدراسات الخاصة بحصر الأراضى .
 - عند تقييم التربة لإستخدامها فى زراعة المحاصيل المختلفة .
 - عند مقارنتها أراضى ما بأراضى أخرى مماثلة لها وبخاصة فيما يتعلق بخصوبتها .
- وهناك ٦ عناصر صغرى هى التى تعتبر تقديرها ضروريا بتغذية النباتات ونموه وهى :
- البورون (B) – النحاس(Cu) – الحديد (Fe) – المنجنيز (Mn) – الموليبدنيم (Mo) – الزنك (Zn)
- وهناك اربعة عناصر أخرى من المهم تقديرها فيما يتعلق بتغذية الحيوانات، حيث أنها يجب أن تتواجد بكميات صغيرة فى غذائه وهى : الصوديوم (Na) – الكلوريد (Cl) – اليوديد (I) الكوبالت (Co) .
- وهناك العديد من الأبحاث تناولت الطرق المختلفة لتقدير هذه العناصر وتأثير الحالات المختلفة للتربة (مثل الرطوبة – الجفاف- الملوحة – القلوية ٠.٠٠٠ الخ) على تيسر تلك العناصر فى التربة . كذلك تناولت تلك الدراسات دورات هذه العناصر فى التربة ومايحدث لها من تفاعلات مختلفة .

وجداول (١-٣٥) يوضح مستويات عناصر المغذيات الصغرى و المعادن الثقيلة فى التربة. وفيما عدا البورن فقد كان فى الماضى لا يوجد من المعلومات القليلة عن المستويات الحرجة لبقية العناصر الصغرى والتي تتسبب فى إحداث ظهور أعراض نقص على النباتات عند نقصها أو اعراض سمية للنباتات عند زيادتها عن تلك الحدود الحرجة .

Table (35-1): Indicative Total trace elements & heavy metale levels in soils

Element	Concentration in soil (ppm)	
	Approximately mean	User range
B	20	2 – 270
Cd	0.35	0.01 – 2
Co	8	0.05 -0.65
Cr	70	5 – 1500
Cu	30	2– 250
I	5	0.1 – 25
Mn	1000	20 - 10000
Mo	1.2	0.1 – 40
Ni	50	2 - 750
Pb	35	2– 300
S	700	30 – 1600
Zn	90	1 - 900

Note: These data derived from a number of different tests on variety of soils, and are only broadly indicative, partly because most analytical methods fall short of extracting true "total" amounts of the elements ; values in contaminated soils or near mineral deposits can be considered greater than the higher values indicated here.

وجداول (١-٣٦) يوضح الإتجاهات العامة لهذه العناصر من حيث تفاعلاتها الممكنة مع العناصر الأخرى فى التربة والمحاليل المستخدمة لتقديرها ومستويات نقصها فى التربة بالـ

• ppm

Table (36-1): Indicative micronutrients deficiency levels in soils

Element	Interacting & Possibly interacting⁽¹⁾	Extracting agent	Deficiency levels in soils
B	Texture, pH ,Ca , K	Hot H ₂ O	0.1 – 0.7
Cu	N, Fe ,Mg , Mo , P , Zn	<ul style="list-style-type: none"> • Ammonium acetate (pH= 4.8) • 0.5M EDTA • 0.43M HNO₃ • Biological assay • 1.0M HCL • 0.1M HCl 	0.2 0.75 3 – 4 2 - 3 100 0.09 – 1.06
Fe	pH , K , Mn , Ca , Mg , P , Cu , Mo , , Zn	<ul style="list-style-type: none"> • Ammonium acetate (pH= 4.8) • DTPA + CaCl₂ (pH=7.3) 	2 2.5 – 4.5
Mn	pH , OM , K , Mo , P , Fe , Cu , Zn	<ul style="list-style-type: none"> • 0.05M HCL + 0.025M H₂SO₄ • 0.1M H₃PO₄ and 3M NH₄H₂PO₄ • Hyrroquinone + ammonium acetate • H₂O 	5 – 9 15 – 20 25 – 65 2
Mo	pH , Fe , Mn , P , S , Cu	Ammonium oxalate (pH= 3.3)	0.04 – 0.2
Zn	Ph , Cu , N , P ,Ca	<ul style="list-style-type: none"> • 0.1M HCl • Dithizone + ammonium acetate • EDTA + (NH₄)₂CO₃ • EDTA + CaCl₂ (pH= 7.3) 	1.0 – 7.5 0.3 – 2.3 1.4 – 3.0 0.5 – 1.0

Notes: (1) Climatic and crop factors, although highly important, are not considered here.

الطرق القياسية لتقدير المغذيات الصغرى فى التربة :

تختلف طرق الطرق فيما بينها إختلافا كثيرا ، وقد صممت أغلب هذه الطرق لتقدير الكميات الذائبة فى الماء و الموجودة فى صورة كاتيونات متبادلة أو موجودة فى صورة كاتيونات معقدة • والمستويات المقدره بهذه الطرق غالبا لاتعدل بحيث تتفق مع الدراسات الحقلية • ولذ فهناك حدود واسعه للمستويات الحرجة لهذه العناصر • كما تتأثر درجة تيسر هذه العناصر للنباتات بالعديد من عوامل البيئة والتربة • وهذه العوامل يجب ان تؤخذ فى الإعتبار عند تفسير النتائج المتحصل عليها من هذه الطرق ، وعلى سبيل المثال فإن عناصر الـ Cu , Fe , Mn , Zn تتأثر بدرجة كبيرة بجهد الأكسدة والإختزال (redox potential) للتربة ، كما أن درجة تيسرها فى التربة تختلف من يوم لأخر • وقد أدت هذه الصعوبات التى تواجه المشتغلين بالعناصر الصغرى إلى اللجوء للتحليل الورقى أكثر من تحليل التربة عند دراسة المستويات المختلفة للعناصر الصغرى • وجدول (١-٣٧) يوضح الحدود الخاصة للعناصر الصغرى فى أوراق النبات •

Table (37-1): Indicative ratings for micronutrients foliar analysis of mature leaves.

Micronutrients	Concentration in mature leaves (ppm)		
	Deficient	Sufficient	Excessive or Toxic
B	< 15	20 – 100	>200
Cu	< 4	5 – 20	>20
Fe	< 50	50 – 250	?
Mn	< 20	20 – 500	>500
Mo	< 0.1	0.5 - ?	?
Zn	< 20	25 - 150	> 400

كما يلخص جدول(١-٣٨) بعض العوامل المساهمة فى حدوث نقص فى تركيز العناصر الصغرى فى التربة والتى يجب وضعها فى الإعتبار عند تفسير نتائج تحليل التربة ، وذلك لكل عنصر من العناصر الصغرى •

Table (38-1): Factors contributing to micronutrient deficiencies in plants.

Micronutrients	Deficiency conditions contributory factors
Boron (B)	<p><u>Soils low in total B:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alluvial, podozols, organic, low humic soils. • Moderate to heavy rainfall. • Nearly neutral or alkaline soils. • Dry weather. High light intensity.
Copper (Cu)	<p><u>Low Soils Cu:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • < 6 ppm in mineral soils. • < 30 ppm in organic soils. • High P, OM, N, Zn in soil. • Sandy texture soils.
Manganese (Mn)	<p><u>Low Soils Mn:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alkaline soils. • Naturally poorly drained soils. • High soil Fe, Cu or Zinc. Dry weather. • Low light intensity. • Low soil temperature.
Molybdenum (Mo)	<p><u>Low Soils Mo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Acid conditions (acid regosols, acid podozols, and acid organic). • High free Fe (Bog Fe).
Iron (Fe)	<p><u>Low Soils Fe:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Free CaCO₃. • High HCO₃. • Moisture extremes. • High amounts of heavy metals. • High soil P. • Poor aeration (excess CO₂). • Temperature extremes. • Heavy manuring (alkaline soils). • Low organic matter (acid soils). • Excess soil acidity. • Genetic differences. Root damage.
Zinc (Zn)	<p><u>Low Soils Zn:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alluvial, podozols, organic, low humic soils. • Calcareous soils. • Low soil OM. • Cool temperature. • High soil P. • Restricted root zones (compacted soil, containers of plants grown). • Old orchards. • Excessive applications of N.

نبذة تحليلية مختصرة عن المغذيات الصغرى :

(١)البورون (Boron , B) :

- وهو من أكثر العناصر الصغرى الشائع تقديرها لمختلف الأغراض ، وعادة مايستلخص بالماء الساخن . ووجوده فى التربة يرتبط بتبخر الماء الأرضى ، ولذلك فمن المتوقع ان يتواجد بتركيزات عالية فى المناطق الجافة . وغالبا مايتواجد بمستويات تُحدث سمية فى الأراضى الملحية القلوية ، وكذلك فى الماء الأرضى فى المناطق ذات النشاط البركانى .
- وعادة مايلاحظ وجود نقص فى عنصر البورون فى الأراضى الحمضية خفيفة القوام إذا تعرضت للغسيل بشدة بواسطة مياه الأمطار أو عن إضافة الجير إليها .
- ومن الواضح ان النباتات تستطيع أن تنمو طبيعيا ويكون هناك توازن حرج (critical balance) بين إمتصاص الكالسيوم والبورون - وهذا التوازن يعتمد وبدرجة كبيرة على نوع النباتات والعوامل الفسيولوجية ، وذلك بخلاف التوازن الذى يحدث فى التربة نتيجة التفاعلات الكيميائية (chemical interactions) - إلا انه عندما تزرع النباتات فى أرض ذات مستوى بورون مرتفع فسوف تظهر عليها أعراض السمية بالبورون وعند ذلك يجب التدخل لتقليل تلك السمية بإضافة الجير $(Ca(OH)_2)$ حيث يحدث تفاعل بين ايونات الكالسيوم والبورات $(B(OH)_2)$ مما يقلل من تركيز ايونات البورون للمستوى المناسب ، وقد اظهرت الدراسات ان نسبة الـ $(Ca / B=20)$ مناسبة لزراعة قصب السكر .
- كما ثبت وجود دور للبوتاسيوم فى تقليل تيسر البورون عند الـ pH المرتفع، وهذا قد يؤدي لحدوث تغييرات فى نسبة الـ $(Ca / B=20)$.
- واوضحت الدراسات البحثية أن الحدود العامة لمستويات البورون فى الأراضى يمكن تلخيصها فيمايلى :

**** (Total B level < 3 ppm) فى معظم الأراضى .**

**** (B content ranged between 0.2 and 1.5 ppm) للأراضى الرطبة المعتدلة .**

**** (B content ranged between 10 and 40 ppm) للأراضى الجافة والشبه جافة .**

وعموما فإنه يمكن إعتبار مستوى $B= 0.5$ ppm هو الـ (deficiency level) والذى يدل على وجود نقص فى محتوى البورون فى الأراضى ، والمدى الطبيعى مايبين حدود النقص والسمية ضيق أو قريب جدا ويتراوح ما بين 1- 3 ppm .

- وتعتبر طريقة إستخلاص البورون بالماء الساخن هى الطريقة المناسبة لتقدير البورون الميسر فى الأراضى . وجدول (١-٣٩) يمكن أن يستخدم فى تفسير تلك النتائج ، ولكن يجب

ملاحظة ان هناك إختلافات فيما بين الأنواع المختلفة للنباتات فى درجة تحملها للبورون (جدول ٤٠-١) كما يوجد ايضا إختلافات بين الأصناف النباتية فى تحملها للبورون ، كذلك يختلف محتوى التربة من البورون بإختلاف قوامها ، فالأراضى الخشنة القوام قد يظهر بها نقصا فى البورون عن الأراضى ناعمة القوام ، فقد أوضحت الدراسات أن البورون المستلخص بالماء الساخن كانت 0.3 ppm فى الأراضى الخشنة القوام بينما كانت 0.5 ppm فى الأراضى ناعمة القوام.

Table (39-1) : Indicative ratings of soil Boron levels in absence of high Ca level.

B concentration (ppm)		Category
Saturated extract	Hot water extract	
-	< 1.0	Possibly deficient
-	1 – 1.5	Borderline deficiency
≤ 0.5	1.5 – 3.0	Satisfactory for most crops
0.5 – 5	3.0 - 6.0	Possibly toxic (depending on crop sensitivity)
> 10	> 6	Toxic to most crops

Table (40-1): Plant tolerance to Boron contents

Plant Tolerance Types (In descending order of tolerance in each column)			
Tolerant	Semi-tolerant	Sensitive	
Asparagus	Sunflower	Pecan	
Palm	Potato	Walnut	
Date Palm	Acala cotton	Jerusalem artichoke	
Sugar beet	Pima cotton	Navy bean	
Mangel	Tomato	American elm	
Alfalfa	Sweet Pea	Plum	
Gladiolus	Radish	Pear	
Broad bean	Field pea	Apple	
Onion	Olive	Grape	
Turnip	Barley	Kadota fig	
Cabbage	Wheat	Persimmon	
Lettuce	Corn	Cherry	
Carrot	Milo	Peach	
	Oat	Apricot	
	Zinnia	Orange	
	Pumpkin	Avocado	
	Bell pepper	Grapefruit	
	Sweet potato	Lemon	
	Lima bean		
Corresponding B tolerance limits {a: in saturated extract (ppm) , b: in irrigation water (mg.⁻¹)*			
	Tolerant	Semi- tolerate	Sensitive
a	2.5 - 1.5	1.5	0.7
b	4.0 - 2.0	2.0 - 1.0	1.0 - 0.3

* Indicative levels when B toxicity symptoms show in sand cultures; levels do not necessarily indicate yield reduction.

- كما يمكن التقليل من التأثير الضار الناتج من حدوث سمية من البورن بزيادة محتوى التربة من المادة العضوية باستخدام التسميد العضوى ، حيث وُجد أن الذرة السكرية (المتوسط المقاومة للبورون) أمكن زراعته فى الـ peat محتوى البورون به 10 ppm •

(٢) الزنك (Zinc, Zn) :

- تعتبر الكاتيونات الثنائية للزنك (Zn^{2+}) هى الصورة النشطة للزنك فى التربة ، وبصفة عامة فإن تركيز الزنك فى المحلول الأرضى يمكن الحفاظ عليه (maintained) من خلا تلك الكميات الضئيلة الذائبة من الزنك السليكاتى فى التربة الناتجة من التفاعل بين الزنك مع السليكات الأمورفية للتربة (amorphous silica) •
- وتختلف النباتات فى إحتياجاتها من الزنك ، بالإضافة إلى مدى الإختلاف فى مقدرتها على إستخلاص الزنك من التربة • فهناك :

** محاصيل حساسة لنقص الزنك (Sensitive to Zn deficiency) ومنها :

الذرة (maize) – الموالح (citrus) – البقوليات (legumes) – القطن (cotton) •

** محاصيل تحتاج إلى كميات ضئيلة من الزنك (low Zn requirements) ومنها :

قصب السكر (sugar cane) وبنجر السكر (sugar beet) وبصفة خاصة فإن الدخان

(tobacco) يحتاج لكميات ضئيلة جدا من الزنك (have quit low Zn

requirements) ، ونادرا ما يلاحظ أعراض نقص الزنك على هذه المحاصيل فى

الحقل • وجدول (١-٣٧) يبين حدود النقص لعنصر الزنك فى النباتات •

- ويتراوح محتوى الزنك الكلى (total Zn in soil) من 100 - 300 ppm ، ولكن الزنك

الميسر (available Zn in soil) يتأثر بدرجة كبيرة بدرجة حموضة التربة (soil pH) •

ونادرا ماتظهر أعراض نقص الزنك فى الأراضى الحامضية (acid soils) ، ولكن فى

الأراضى الجيرية (calcareous soil) فمن الشائع وجود إختلال (disorder) فى محتواها

من الزنك نتيجة :

** تكوين معقدات شحيحة الذوبان وكربونات زنك غير الذائبة (ملحوظة : كل املاح الكربونات

لاذوب فى الماء فيما عدا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم) •

** كما يؤدي وجود الفوسفور بتركيزات عالية نتيجة زيادة التسميد الفوسفاتى أو الفوسفور

الميسر فى التربة إلى ظهور اعراض نقص •

** كما يؤدي إضافة الجير ($Ca(OH)_2$) للأرض (liming) إلى نقص الزنك فى التربة

وإضافة المغنسيوم يؤدي للتخفيف من أعراض نقص •

- ويتفاعل الزنك كذلك مع بعض العناصر فى التربة :
- ** فالزنك يُظهر تأثيرات متبادلة تضادية (mutually antagonistic) مع كل من الحديد والنحاس ، حيث أن التركيزات المرتفعة من الزنك تثبط من إمتصاص وإنتقال الحديد فى النبات وبالتالي ظهور أعراض نقص كل من الحديد ، كما تسبب ظهور نقص النحاس على النباتات . كما أن التركيزات المرتفعة من النحاس تؤدي لإنخفاض تركيز الزنك فى النباتات .
- ** وإنخفاض مستوى الزنك عن 5 ppm يؤدي لزيادة إمتصاص الكبريت ، بينما زيادته عن 5 ppm تقلل من إمتصاص الكبريت فى كل من فول الصويا والبرسيم .
- ومستويات الزنك فى التربة يمكن تقسيمها إلى :
- ** إرتفاع مستوى الزنك المتبادل (exchangeable Zn) فى التربة عن 400 ppm يعتبر زائد (excessive) لبعض المحاصيل .
- ** زيادة الزنك الكلى (total Zn) عن 150 ppm يعتبر مرتفع .
- ** مستوى الزنك الكلى 40-150 ppm يعتبر متوسط .
- ولذلك فحدوث سمية من الزنك يعتبر من الأمور النادرة نسبياً .
- وهناك مستخلصات عديدة تستخدم لإستخلاص الزنك الميسر للنباتات (available Zn) :
- وتشمل :
- ** Dithizone وهو يستعمل فى الأراضى الحامضية .
- ** Dilute 0.1 M HCl ويجب ان يلاحظ عند إستعماله فى الأراضى الجيرية أن تكون العينة خالية من الجير .
- والمستخلصان السابقان أكثر إستعمالاً من :
- ** Chelating agents (EDTA, DTPA and triethanolamine)
- ** Neutral salt solutions (NH₄NO₃ KCl and MgCl₂)
- ومن المهم أن يوضع فى الإعتبار دور pH التربة عند تفسير النتائج المتحصل عليها .

(٣) النحاس (Copper , Cu):

- يوجد النحاس فى التربة أساساً فى صورة أيونات النحاس الثنائية (Cu²⁺) مدمصة على على معادن الطين أو مرتبطة بالمادة العضوية . والنحاس الكلى (total copper) فى التربة يتراوح من 100 - 2 ppm . وبصفة عامة فإن إرتباط النحاس بروابط قوية مع المادة

العضوية على الرغم من إنه يؤثر على تركيز النحاس فى التربة ، فإنه لا يؤثر فى تيسر النحاس للنباتات •

وتيسر النحاس فى التربة يتأثر بعدة عوامل :

** الكمية الكلية للنحاس فى التربة •

** درجة pH التربة ، ولكن تأثير الـ Cu بهذا العامل يكون بدرجة أقل من تأثير العناصر

الصغرى الأخرى • حيث يقل النحاس الميسر فى التربة بدرجة قليلة مع زيادة pH التربة

، ولكن طبيعة هذا التأثير هذه غير معروفة بدرجة كاملة حتى الآن •

وبالنسبة للتضاد بين النحاس والعناصر الأخرى ، فقد أوضحت الدراسات :

** فهناك تضاد بين الفوسفور والنحاس ، حيث يقلل الفوسفور النحاس فى كل من جذور

وأوراق النباتات وزيادة التسميد الفوسفاتى يمكن ان تؤدى إلى ظهور أعراض نقص النحاس

على النباتات ••

** كما أوضحت الأبحاث وجود تضاد بين النحاس والمولبيديوم فى الحيوان ، وهناك

بعض الشواهد تدل على وجوده كذلك فى النباتات •

** كما أن هناك تأثير تضاد تبادلى (mutually antagonistic effect) بين كل

من النحاس والحديد والزنك •، حيث ان زيادة إحداهما تؤدى لزيادة تركيز الأخر •

• وبالنسبة لحساسية النباتات للنحاس ، فبعض النباتات كمحاصيل (الشوفان - القمح -

الشعير - الذرة) تكون حساسة لنقص النحاس فى التربة ، والسمية بالنحاس لاتظهر بصورة

واسعة الإنتشار •

وقد تحدث السمية بالنحاس نتيجة لـ :

** حدوث تلوث لبعض المناطق كمناطق التعدين وهى التى يتم منها إستخراج المعادن

(mining) •

** الإسراف فى إستخدام الرش (spraying activity) فى التسميد أو المبيدات

لمقاومة الآفات •

** عند زيادة التركيز الكلى للنحاس فى التربة لأكثر من 150 ppm ، فهذا التركيز

يسبب سمية للنحاس فى الموالج •

** وعموما فإنه يمكن إعتبار التربة بها مستويات عالية من النحاس إذا زاد تركيز

النحاس والمقدر بـ (perchloric acid) عن 100 ppm •

• ويمكن تقدير النحاس الميسر للنباتات بإستخدام الطرق الحيوية (Bioassay) ، وهى

طرق مكلفة وتحتاج لوقت طويل ، فلذلك فهى طرق غير واسعة الإنتشار • ومن الطرق

الكيميائية لتقدير النحاس :إستخدام الماء الساخن ، NH_4NO_3 ، حمض HNO_3 المخفف ، الـ Ammonium acetate ، الـ citrate مخلوط من EDTA- Dithizone • ومع ذلك، فإن اختبارات التربة التي تم تطويرها حتى الآن تعطى مؤشرات قليلة أضعيفة لاتمثل القيم الحقيقية من النحاس الميسر في التربة ، على الرغم من أنها في بعض الأحيان يمكن أن تكون مناسبة لبعض معاملات النحاس والتي يحتاج اليه في بعض المناطق •

(٤) الحديد (Iron , Fe):

• يعتبر الحديد رابع العناصر من حيث تواجده في القشرة الأرضية ، ونادراً ماتحتوى التربة على تركيز من الحديد أقل من ٠.١% • والصورة الأكثر شيوعاً للحديد في التربة هي أكاسيد الحديد الشحيحة الذوبان (Fe^{3+} , sparingly soluble ferric oxides) ، وهي تتواجد في التربة إما مغلفة للتجمعات الأرضية أو كمكونات أرضية منفصلة ، ووجود هذه المكونات يعنى أن تركيز الحديد في المحلول الأرضي يكون منخفض جداً • وتمتص النباتات الحديد في صورتيه الثنائي التكافؤ " الحديدوز " (Fe^{2+} Ferrous) والثلاثي التكافؤ " الحديدك " (Fe^{3+} Ferric) • ويمكن أن تظهر اعراض نقص الحديد على معظم مجموعات النباتات ، ولكن من النادر ان تؤدي السمية بالحديد إلى حدوث مشاكل في الحقل ، وذلك على الرغم من ظهور أعراض سمية في صورة عقد أو نتوءات رمادية اللون (grey node symptoms) على قصب السكر •

• وبالنسبة لتيسر الحديد في التربة:

** فتيسر الحديد في التربة يتأثر أساساً بدرجة pH التربة وبتوازن الأكسدة والإختزال (redox equilibrium) بين ايونات كل من صورتي الحديدوز والحديدك (Fe^{2+} - ferrous) والحديدك (Fe^{3+} ferric) •

** ويلاحظ حدوث نقص الحديد في معظم الأراضي الجيرية وأراضى أخرى أضيف لها الجير بكمية كبيرة ، حيث يترسب الحديد في صورة أكاسيد الحديدك المتأدته الغير ذائبة (Insoluble Hydrate Ferric Oxide) •

** وتؤدي درجات الـ pH العالية إلى تحول مركبات الحديدوز Fe^{2+} الذائبة (Soluble Ferrous compound) إلى مركبات الحديدك Fe^{3+} الشحيحة الذوبان (Sparingly soluble ferric oxides) وذلك من خلال تفاعلات الأكسدة (oxidation) والتي تعتمد ايضاً على محتوى التربة من الأوكسجين • وهذا يمكن أن يحدث مشاكل في حقول الأرز حيث يمتص الحديدوز الذائب

- ("Soluble ferrous Fe²⁺") بواسطة جذور النباتات ، وعند توفر ظروف الأكسدة يتجمع ثم يتحول إلى الصورة الغير ذائبة، الحديدك (insoluble ferric Fe³⁺) .
- وإمتصاص الحديد يمكن أن :
 - ** يقل أويثبط بوجود تركيزات عالية من الفوسفور ، نتيجة لتكون مركبات فوسفات الحديدك الغير ذائبة ، وكذلك الأراضى المحتوية على محتوى على من اكسيد الحديد يقل فيها الفوسفور الميسر .
 - ** تؤثر المستويات المرتفعة من الزنك والنحاس والمنجنيز على إنتقال الحديد خلال النبات ، وكذلك يؤثر وجود الحديد بمستويات مرتفعة على إمتصاص وإنتقال هذه العناصر بداخل النبات .
 - ** والمولبيديم ايضا يؤدي إلى ظهور اعراض نقص الحديد على الطماطم ، بسبب تكوين مولبيدات الحديدك الغير ذائبة بداخل جذور النباتات .
- كما تعتبر الـ CEC والكربونات والمركبات الأخرى المتعادلة فى التربة وكذلك الـ pyrite (FeS₂) من العوامل الهامة فى تحديد سلوك الحديد فى التربة .
- يمكن إعتبار أن زيادة مستوى الحديدوز الذائب (Soluble ferrous Fe²⁺) عن 3 ppm هى الحد الحرج فى تحديد إمكانية حدوث إعاقة لعمليات الصرف والتهوية فى الأراضى .
- وإستخلاص الحديد من التربة يتم بإستخدام عديد من المحاليل القياسية مثل محلول خلات الأمونيوم Buffered Ammonium acetate at pH=4.8 ، حمض الكبريتيك H₂SO₄ ، مركبات مخلبية chelating agent مثل EDTA – DTPA and Triethanol amine .

(٥) المنجنيز (Manganese , Mn):

- يتواجد المنجنيز أساسا فى التربة كنتيجة لتحلل صخور الحديدو منجنيز Ferromanganese وتتراوح كمياته فى الأراضى من أقل من ١٠٠ إلى عدة الأف جزء فى المليون . ويتواجد فى التربة فى صورة أكاسيد وأهم صورتين له الـ (Mn²⁺) متحداً مع معادن الطين والمادة العضوية ، والـ (Mn⁴⁺) وهو يتواجد فى صورة أكاسيد غير ذائبة وسلوكه فى التربة يتشابه تماما مع سلوك الحديد .
- وتيسر منجنيز التربة للنباتات يعتمد بصورة اساسية على pH التربة وجهد الأكسدة والإختزال . ويمتص المنجنيز فى صورته الثنائية (Mn²⁺) ، وتقل درجة ذوبان مركباته فى التربة بزيادة pH التربة ، وزيادة الـ pH عن ٦.٥ يؤدي لظهور اعراض نقص

المنجنيز. وهناك محاصيل كثيرة حساسة للمنجنيز ، وهذه الظاهرة تبدو اكثر شيوعا فى الاراضى الجيرية والاراضى مرتفعة الـ pH .

• ويظهر النقص فى المنجنيز كثيرا فى الاراضى المعالجة بالجير وكذلك فى الاراضى ذات الصفات الطبيعية الرديئة ، وغالبا فى الاراضى ذات الـ pH الأكبر من (٧) .
ومع ان المنجنيز يكون اكثر ثباتا فقط فى الاراضى جيدة التهوية المتعادلة او الحامضية ، فإن نقص المنجنيز يظهر أيضا فى الاراضى سيئة الصرف (والتي غالبا تكون قيم الـ pH لها منخفضة) حيث تتواجد ظروف سيئة بالتربة تشجع على إختزال الـ Mn^{4+} إلى Mn^{2+} الأكثر تيسرا ثم يفقد بالغسيل . وفى الاراضى المرتفعة الـ pH والمنخفضة فى محتواها من المنجنيز الميسر ، فإن المحاصيل المنزرعة بها تستجيب للتسميد بالمنجنيز . وعموما فجدول (٣٦-١) يوضح الحدود العامة للمستويات المختلفة من المنجنيز فى التربة .

• والمستويات المسببة لحدوث سمية من المنجنيز بالتربة غالبا ماتتواجد فى الاراضى الحامضية ذات الـ pH ٥.٥ أو أقل ، وتختلف النباتات فى مدى إستجاباتها لتلك المستويات المرتفعة من المنجنيز . ومن الأصناف المقاومة نسبيا لمستويات المنجنيز المرتفعة بنجر السكر والشوفان والحشائش والفول البلدى . وزيادة تركيز المنجنيز فى المادة الجافة للنباتات عن 1000 ppm يؤدي لظهور أعراض سمية للنباتات من المنجنيز .
وتعتبر التربة عالية فى محتواها من المنجنيز ، إذا زاد محتواها من المنجنيز الكلى (المستخلص بحمض البيروكلوريك أعلى من 2000 ppm)

• وتتأثر تفاعلات المنجنيز فى التربة وبدرجة كبيرة على وجود العناصر الأخرى فى التربة ، حيث اثبتت الدراسات البحثية ان الـ Mn لن يسبب Fe-chorosis ، كما أن كل من الـ Fe والـ Zn تتداخل (interfere) مع إمتصاص المنجنيز . وكذلك فإن كل من الـ P والـ Mn بينهما تأثير تضادى تبادلى (mutually antagonistic effect) .

• ولإستخلاص المنجنيز من التربة تستخدم مواد مختزلة (reducing agents) مثل : الهيدروكينين hydroquinone و محاليل الفوسفات H_3PO_4 ، $NH_4H_2PO_4$ و المواد المخيلية والماء الساخن وخلات الأمونيوم .

ومن أكثر هذه المستخلصات إستعمالا الهيدروكينين . وعموما فكل الطرق يمكن أن تصبح ذات قوة وفعالية جيدة إذا وضع فى الإعتبار pH التربة

(٦) الموليبدينيم (Molybdenum , Mo):

- يتواجد الموليبدينيم فى التربة بكميات قليلة جدا فى القشرة الأرضية ، ومحتواه فى التربة يتراوح من 0.2 to 5 ppm • ومخزونه الأساسى فى التربة يُعتقد أنه يوجد فى صورة أكاسيد الـ MoO_3 , Mo_2O_5 , MoO_3 • وهذه الأكاسيد بطيئة التحول إلى أيونات موليبيدات ذائبة (MoO_4^-) وهى الصورة التى تمتصها النباتات • وهذه الأيونات تدمص على أسطح أكاسيد الحديدك ferric oxides والأكاسيد المتأدته •
- وإحتياجات النباتات من الـ Mo صغيرة جداً ، وزيادة تركيزها فى النباتات كمحاصيل العلف فيمكن أن تسبب سمية لحيوانات المراعى grazing animals •
- وكبقية العناصر الصغرى تفاعلات الـ Mo فى التربة تتأثر بدرجة كبيرة بـ pH التربة ، ولكن فى سلوك مخالف وفريد عن بقية العناصر الصغرى الأخرى ، حيث يزداد تيسر الـ Mo بزيادة pH التربة ، فقد ادت إضافة الجير للتربة إلى زيادة الـ Mo الميسر بها (على الرغم من أن النباتات النامية لايزداد بها دائما تركيز الـ Mo مماثلة لتلك الزيادة الحادثة فى التربة) • وعموما فإن أعراض نقص الموليبدينيم لاتظهر إلا فى الأراضى الحمضية فقط • ومحدود المستويات المختلفة من الموليبدينيم فى التربة موضحة فى جدول (٣٦-١) •
- وزيادة تركيز الـ Mo عن 200 ppm فى الأنسجة النباتية يؤدي لظهور أعراض سمية بالـ Mo على النباتات ، وذلك على الرغم من أن زيادة محتوى النباتات عن 10-20 ppm تؤدي إلى حدوث إضطرابات وعدم توازن غذائى فى الحيوانات المجتررة Ruminants •
- وعموما ، فإن تفسير نتائج الـ Mo فى التربة لتحديد المستويات المناسبة منه يلاقى صعوبة كبيرة ، وذلك لكثرة او لتعدد numerous تفاعلاته فى التربة ، وأوصى العلماء بضرورة أن يؤخذ فى الإعتبار تأثير pH عند تفسير نتائج الـ Mo المتحصل عليها ، فمثلا :
- ** بالنسبة لإستجابة محاصيل العلف للـ Mo فى أراضى نيوزيلاند ، كان الحد الحرج للـ Mo عند pH=6 هو 0.1ppm مقارنة بـ 0.2 ppm عند pH=5 •
- ** وفى الأراضى الإستوائية كان الحد الأدنى الذى يظهر عنده نقص فى الـ Mo يساوى أو اقل من 0.01 ppm ، وأن تركيز 0.1 to 1.0 ppm يعتبر كافيا adequate •
- ولذلك أوصت الدراسات المختلفة على الـ Mo بأن التفسيرات الخاصة بسلوك الـ Mo فى التربة لاتكون نهائية وموثوق بها إلا بعد دراسات علمية وتجارب أكثر تقدما لمعرفة الكثير جدا عن تفاعلات هذا العنصر فى التربة •
- وبالنسبة للعناصر الغذائية الصغرى والكبرى فقد وجد :

** أن والفوسفات بصفة خاصة يشجع إمتصاص النباتات لـ Mo ، كما لوحظ أن زيادة تركيز الـ Mo يقلل من إمتصاص فول الصويا للفوسفور فى وأن هذا التأثير لم يلاحظ فى نباتات أخرى .

** كما وجد تأثير تضادى تبادلى (mutually antagonistic effect) بين كل من الكبريت والمولبيدينيم ، لأن كل من الايونين لهما نفس الحجم الأيونى ولذا يحدث بينهما تنافس على مواقع الإمتصاص فى جذور النباتات . ولذا يستخدم الجبس فى تقليل السمية الناتجة من زيادة تركيز الـ Mo فى التربة .

** كما وجد أن الـ Mo يتداخل تضاديا mutually interferes مع إمتصاص النحاس . وأن وجود تركيزات ولوضيئة من الـ Mo تضاد (antagonistic) إمتصاص النباتات للـ Fe .

- ومن المستخلصات الشائعة لإستخلاص الـ Mo الميسر فى التربة :
- ** محلول 0.275M ammonium oxalate عند pH=3.3 ، إلا أن هذا المستخلص يستخلص كميات أكبر من الواقع .
- ** وهناك مستخلصات أخرى مثل الماء الساخن و خلات الأمونيوم والصودا الكاوية NaOH و فلوريد الأمونيوم NH₄F والطرق البيولوجية Biological assay .

(١٣) المعادن الثقيلة (Heavy metals)

نظرة عامة :

• تحتاج النباتات الى بعض المعادن الثقيلة بكميات او نسب محدودة ، ان ازدادت عن تلك النسب فان تأثيرها يكون ضارا على النبات وبالتالي على الانسان والحيوان . وهناك بعض العناصر لا يحتاجها النبات في عملية بنائه مثل الكاديوم والرصاص .

- وعناصر المعادن الثقيلة نتجت فى التربة من :
- ** مصادر طبيعية : حيث أن التربة خليط من معادن نتجت من التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية لصخور القشرة الأرضية ، ومن ثم فإنها تتواجد طبيعيا فى التربة لانها جزء من مكوناتها . ويبين الجدول التالى محتوى بعض المعادن الخام من العناصر الثقيلة .
- ** مصادر ناتجة عن النشاط الانسانى ومن أهمها :

(١) عمليات إستخراج المعادن من المناجم .

(٢) مخلفات الصرف الصناعي (Cd , Cu , N , Zn) .

(٣) عند التخلص منها المخلفات الصلبة والسامة .

(٤) إحتراق الوقود (ينتج عنه عدد كبير من عناصر المعادن الثقيلة وعناصر بعض المغذيات الصغرى تشمل Mn, Cu, Ba, Se, As, Zn, Cr, Cd, Pb, V, U, والتي تترسب على الاراضى المحيطة, كما ان احتراق البترول الذى يحتوى على اضافات من الرصاص وهو يعتبر من اهم مصادر تلوث التربة).

(٥) ويوضح جدول (٤١-١) إن الأسمدة المعدنية والأسمدة المصنعة من المخلفات البلدية تعتبر من أهم مصادر تلوث التربة بعناصر المعادن الثقيلة والعناصر الصغرى .

العنصر	الأسمدة الفوسفاتية	الأسمدة النتروجينية	الأسمدة العضوية	الأسمدة المصنعة من المخلفات
ملجم / كجم سماد				
الزرنخ	١٢٠٠-٢	١٢٠-٢.٣	٢٥-٣	٥٢-٢
البورون	١١٥-٢	-	٠.٦-٠.٣	-
الكاديوم	١٧٠-٠.١	٨.٥-٠.٠٥	٠.٨-٠.١	١٠٠-٠.٠١
الكوبلت	١٢-١	١٢-٥.٤	٢٤-٠.٣	-
الكروميوم	٢٤٥-٦٦	١٩-٣.١	٠.٣٦-٠.٠١	٢١-٠.٠٩
النحاس	٣٠٠-١	-	١٧٢-٢	٣٥٨٠-١٣
الزئبق	١.٢-٠.٠١	٢.٩-٠.٣	٠.٣٦-٠.٠١	٢١-٠.٠٩
المنجنيز	٤٠-٢٠	-	٩٦٩-٣٠	-
الموليبيديوم	٦٠-٠.١	٧-١	٣-٠.٠٥	-
النيكل	٣٨-٧	٣٤-٧	٣٠-٢.١	٢٧٩-٠.٩
الرصاص	٢٢٥-٧	٢٧-٢	٢٧-١.١	٢٢٤٠-١.٣
القصدير	١٠٠<	-	-	-
السيلينيوم	٠.٥	-	٢.٤	-
يورانيوم	٣٠٠-٣٠	-	-	-
الفانديوم	١٦٠٠-٢	-	-	-
الزنك	١٤٥٠-٥٠	١.٤٢	٥٦٦-١٥	٥٨٩٤-٨٢

• لا توجد محددات للحدود المسموح بها لعناصر المعادن الثقيلة في الاراضى الزراعية ،

إلا أن هناك محددات معتمدة من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO,2003) للقيم

المحددة لتركيز المعادن الثقيلة في التربة (جدول ٤٢-١) .

العنصر	الحدود المسموح بها (ملليجرام / كجم تربة ، عند PH=6-7)
الكاديوم	٣-١
النحاس	١٤٠-٥٠
النيكل	٧٥-٣٠
الرصاص	٣٠٠-٥٠
الزنك	٣٠٠-١٥٠
الزئبق	١,٥-١
الكروم	---

نبذة مختصرة عن بعض عناصر المعادن الثقيلة :

(١) الكروميوم والنيكل ("Cr" & "Ni")

تتواجد هذه العناصر بتركيزات عالية متحدة مع صخور السربنتين (Serpentine rocks) حيث يتراوح تركيزها في هذه الصخور عدة آلاف جزء في المليون • وبصفة عامة فإن تركيزها يكون في حدود 100 - 300 ppm • والتركيزات المرتفعة من كل من الـ Cr والـ Ni تحدث سمية ، إلا ان التركيزات المنخفضة من الـ Ni يمكن أن تحدث سمية وخاصة إذا ما ارتبط ذلك بالقيم المرتفعة للنسبة بين الـ $(\frac{Ca}{Mg})$ القابلان للتبادل • والقيم المرتفعة من الـ Cr والمقدرة في المحاليل الزراعية (solution cultures) تتراوح ما بين 5 to 15 ppm ، وبالنسبة للـ Ni المستخلص بخلات الأمونيوم تتراوح ما بين 3 - 70 ppm •

(٢) الكوبالت ("Co")

- وهو لم يُعرف بأنه ضمن العناصر الغذائية الأساسية للنباتات ، ولكنه مطلوب للريزوبيا (Rhizobia) لتثبيت النتروجين ، لذا فيمكن إعتباره مطلوب بطريقة غير مباشرة للبقوليات • هذا بالإضافة إلى انه يعتبر عنصر اساسى لنمو الحيوانات ، حيث تظهر أعراض نقص الكوبالت على حيوانات الرعى (الماشية – grazing) عندما يقل محتوى محاصيل العلف من الكوبالت عن 0.1 ppm •
- ويتراوح محتوى التربة من الكوبالت 1.0 – 40.0 ppm ، وتتنخفض درجة تيسره للنباتات عند إضافة الجير للتربة ، كما تقل قدرة النباتات المنزرعة في الأراضي الجيرية على إمتصاص الكوبالت • كما تظهر أعراض نقصه في حيوانات الرعى إذا قل تركيز الكوبالت في محاصيل الأعلاف عن (0.1 ppm) • وتعتبر التربة فقيرة في الكوبالت إذا تراوحت قيمه في التربة ما بين (0.4 ppm) إلى (4.0 ppm) ، ويعتبر التركيز من (4.0 ppm) إلى (40.0 ppm) هو التركيز العادى أو الطبيعى في التربة •

(٣) اليوديد ("I")

- لايعتبر من العناصر المغذية الأساسية للنباتات ، على الرغم من أن النباتات تستفيد منه بطريق غير مباشر • وبمعنى آخر ظهرت لليود تأثيرات ثانوية أفادت النباتات النامية ، فقد ظهر على نباتات الذرة تأثيرات إيجابية بعد إضافة اليود ، والتأثيرات الثانوية لليود تشمل :
** تأثير مشجع ثانوى للـ (I) على بكتريا النترة في التربة (soil nitrifying bacteria)
** تأثير مشجع ثانوى للـ (I) على ذوبان المنجنيز ، وكذلك على تقليل سمية النحاس •

وعلى الرغم من ذلك يعتبر اليود من العناصر الضرورية للحيوانات وأى نقص فى اليود يؤدي إلى حدوث تضخم فى الغدة الدرقية (enlarged thyroid glands) •

- وبصفة عامة فإن محتوى التربة من اليود يتراوح من آثار (traces) إلى 80 ppm ، ومعظم الأراضى بها تركيز 0.1 - 10.0ppm • ويزداد تيسر اليود فى الأراضى الحامضية ، ويقل إمتصاصه عند إضافة الجير أو المادة العضوية ، حيث لوحظ أن تركيز اليود فى النباتات يقل بحوالى عشرة أمثال - عن تركيزه العادى - عن إضافة السماد العضوى البلدى (FYM) • وهناك تفاعلات اخرى متنوعة لليود فى التربة ولكن لم يتم تأكيدها بدرجة كافية ، والدراسات على اليود إجريت على النباتات أكثر مما أجريت على النباتات •

(٤) السلينيوم ("Se"):

- السلينيوم عنصر ضرورى فقط لنبات ألسطراجاللس (القتاد او القعاء) * Astragalus spp ، كما أنه من العناصر الضرورية للمواشى وتظهر الإضطرابات على الحيوانات غالبا نتيجة حدوث نقص من الـ Se ولكن الزيادة تسبب السمية.
- يوجد السلينيوم فى الصخور متحدا مع لصفائح الطينية (shale) أو بصفة خاصة مع تلك المحتوية على مادة عضوية • ومحتوى التربة من السلينيوم منخفض جدا إذ يتراوح ما بين 0.1 – 2 ppm •
- يوجد السلينيوم الكلى فى الأراضى ذات الأصل المتحول يليه ذات الأصل النارى ثم ذات الأصل الرسوبى ، ولكن الميسر منه يكون أكبر فى الأراضى ذات الأصل الرسوبى تليه الأراضى ذات الأصل النارى ثم الأراضى ذات الأصل المتحول.
- والنباتات تمتص السلينيوم فى إما فى صورة selenate أو فى صورة selenite ، وفى الغالب فهو يوجد فى صورة "SeO₄⁼" selenite والتي تكون فى صورة ذائبة عند pH يساوى أو اكبر من ٧ • وقد وجدت بعض الدراسات فى تجربة اصص ان السلينيوم فى صورة "SeO₄⁼" selenite عند pH اكبر من ٢.٥ يقلل من إمتصاص لوبيا العلف cowpeas للكبريت والنتروجين والفوسفور، كما تختلف مقدرة النباتات على تجميع السلينيوم •
- يوجد السلينيوم فى الطبقة السطحية ويقل مع العمق سواء الكلى منه أو الميسر إلا أن الميسر يزداد مع زيادة الفوسفور الميسر فى الأراضى .

- وحتى الآن فالدراسات على السلينيوم لم تنل القدر الكافي وبخاصة فيما يتعلق بسلوكه الكيميائي في التربة.

* (الأسطراجالس نبات بقولي ، يعتبر البعض ان له فوائد طبية ، حيث أثبتت أبحاثهم وجود دلالات أولية على أن القناد يعزز جهاز المناعة والقلب والكبد إما منفرداً وإما بالتشارك مع أعشاب أخرى كمعالجة داعمة لمرض السرطان ، ويكثر في المناطق المعتدلة في الشمال).

(٥) السيليكون ("Si") : (Silicon)

- لايعتبر السيليكون من لعناصر الضرورية للنبات • ولكن بعض النباتات حدث بها اضطراب disorder عند وجود السيليكون بتركيزات ضئيلة ، كما ان إضافة السيليكات silicates أدت إلى تحسن ملفت للإنتباه dramatically في قصب السكر، مما جعل بعض العلماء تطالب بتكثيف الأبحاث للتعرف على المزيد من علاقته بالنباتات • والنباتات تمتص السيليكون في صورة حمض السيليك ، ويظهر النقص في السيليكون في الأراضي ذات التركيز المنخفض من السيليكون الذائب soluble Si •
- والسيليكون مهم بصفة خاصة لمحاصيل الحبوب حيث انه يزيد من صلابة وقوة خلاياها ، كما انه يزيد من مقاومة معظم المحاصيل للسمية الناشئة من المنجنيز (Mn-toxicity) •
- ويمكن التنبأ بحدوث النقص في السيليكون عادة من خلال تحليل اوراق النباتات ، ويتم معالجة هذا النقص بإضافة السيليكات الذائبة أو الـ basic slag الغني في سيليكات الكالسيوم •
- والحد الحرج للسيليكون لم يُسجل حتى الآن ، إلا الباحثين أعتبروه أنه يساوي 77 ppm من الـ acid-soluble Se ، لكي يتمكنوا من من إستخدامه للإضافة الروتينية والإقتصادية كسماد سيليكاتي في تسميد قصب السكر، وذلك على الرغم من ان بعض العلماء اوضحوا ان الإستجابة للسيليكون لاتحدث إلا عند مستويات من السيليكون تصل إلى 125ppm • وإضافة سيليكات الكالسيوم (CaSiO₃) أوضحت ان تأثيره يبقى لمدة طويلة (long-live effect) ، حيث ان اضافته بمعدل ٤ طن / هكتار أدت إلى زيادة محلول السكر بمعدل ٣٠% اعلى من الغير معاملة حتى بعد إنقطاع إضافة سيليكات الكالسيوم (CaSiO₃) بـ ٦ سنوات •

(٦) الكاديوم ("Cd") : (Cadium)

- الكاديوم يعتبر من العناصر غير الضرورية للنبات والحيوان ومع ذلك تدخل جسم الانسان عن طريق السلسلة الغذائية كملوث . نتيجة لاستعمال الكاديوم الواسع في الصناعات منها صناعة الألواح الكهربائية والبطاريات وصناعة الاصباغ والانابيب البلاستيكية والمطاطية

- ويعتبر الكاديوم من العناصر السامة جدا للانسان فان استنشاق (٠.٠٤) منه يؤدي الى حدوث اعراض الم في الراس والسعال والم في الصدر قد يؤدي الى الموت . كما ان ابتلاع (١ جم) من الكاديوم ينتج عنه التقيؤ والام في الراس والغثيان وفقدان الوعي . ان اعلى تركيز للكاديوم وجد في الكلية حيث ان جدارها الخارجي يحتوي ثلث مجموع الكاديوم الموجود في الجسم . ويؤدي بروتين الميلثاينونين والذي له القابلية على الاتصال بالكاديوم او الزنك دورا اساسيا في تجمع الكاديوم في الجسم . كما ان هذا العنصر له دورا كبير في ايقاف فاعلية انزيم (Prolethydroxyxse) المسوؤل عن تكوين الكولوجين (Collagen) فضلا عن ذلك فان الكاديوم يؤثر بشكل واضح على تمثيل الجلوكوز في الجسم .
- كما وان كمية الكاديوم تعتمد بشكل او بآخر على نسب عناصر اخرى تدخل الجسم مع الكاديوم . فقد ثبت علميا ان الكاديوم ياخذ مكان الزنك في بعض الانزيمات الذي يدخل الزنك في تركيبها . لذا يكون ضروريا ان تكون هناك موازنة غذائية يكون منها نسبة الزنك الى الكاديوم بشكل لايزيد من سمية الكاديوم .

(٦) الرصاص "pb":

- يعتبر الرصاص من العناصر الواجب متابعتها بشكل مستمر لخطورتها العاليه على البيئه وذلك لدخوله في صناعات عد يده اهمها صناعة البطاريات وصناعة حروف الطباعة وبنزين السيارات والمبيدات بشكل عام . كما ويعد من السموم الخطره التراكميه والتي لها تاثير على العمليات الفسيولوجيه في جسم الانسان وعلى الاطفال وله تاثير خطر على النشوء الجنيني، حيث يؤدي تراكمه الى اسباب التخلف العقلي او الإسقاط عند الحوامل . وان أهم أسباب خطورته هو أن الجسم لا يستطيع التخلص إلا من جزء ضئيل من الرصاص الذي يدخل إليه والمترسب بشكل ثالث فوسفات الرصاص الذي يعتبر من المركبات قليلة الذوبان
- إزداد الإهتمام بالرصاص من بين العناصر الثقيلة لأنه يدخل في سلسلة الغذاء food chain من الأرض للنبات بتركيزات يمكن أن تضر بصحة الإنسان .
- ومن اهم المصادر الرئيسية للرصاص هو معدن الجالينا (pbS كبريتيد الرصاص) ، وهناك معادن أخرى يدخل الرصاص ضمن مكوناتها مثل البيريت Pyrite .
- ومن أهم مصادر التلوث بالرصاص :

○ الرصاص الناتج من إحتراق الجازولين في محركات الإحتراق الداخلي ، حيث أن معظم هذا الرصاص يكون في صورتين كلوروبروميد الرصاص (pb Cl Br) و كلوريد الرصاص (pbCl) وفي ضوء الشمس يفقد البروم ، وعلى ذلك فإن كلوريد الرصاص هو

الذى يلوثها بالرصاص والذى يتحول بمرور الوقت إلى أكاسيد الرصاص نتيجة لفقد الكلور منها . ويمكن أن يتفاعل كلوروبروميد الرصاص مع الأيونات المخلفة مثل $SO_4^{=}$ و $CO_3^{=}$ وكذلك مع معقدات الطين العضوية (organic – clay compounds) وعند ذلك تزداد قابلية الرصاص للإمتصاص ويزداد إحتمال التلوث به .

○ الرصاص الناتج من دخان المصانع ومصادر المعادن ، فقد وُجد ان نسبة الرصاص الكلى على بعد ٣ كيلومتر من مصادر الرصاص زادت بنسبة ٣٧ - ٢٩٠ ppm وأن النسبة المئوية للرصاص الممتص قلت بنسبة ٤٤.١ - ٠.٦٩ % وذلك لتأثير القلوية الناتجة من أكاسيد الأبخرة المتصاعدة من المصانع على الأرض .

○ الرصاص الناتج من إضافة بعض الأسمدة ومبيدات الحشائش ، حيث يضاف الرصاص للأسمدة وبكميات قليلة جداً جدول (٣٨) ، بينما يضاف بكميات كبيرة نسبياً لمبيدات الحشائش .

● وتختلف نسبة الرصاص فى الأراضى التى على جانبى الطريق الرئيسية ، بإختلاف العوامل التالية:

○ بعد الأرض عن الطريق ، حيث تقل نسبة الرصاص فى التربة كلما بعدت عن الطريق ووصلت إلى مستوى ثابت بعد ١٥ متر من الطريق الرئيسى .

○ حجم حركة المرور على الطريق ، حيث تزداد نسبة التلوث بالرصاص بزيادة عدد العربات المارة يوميا على الطريق ، وعموما فالعربات تلوث الهواء بمقدار ١ - ٣ ملليجرام / م^٢ وقد تصل إلى ٧ - ٩ ملليجرام / م^٢ فى المناطق ذات الحركة الكبيرة .

○ وهناك عوامل أخرى مثل : عمر الطريق ، إتجاه الريح ، نوع الأرض ، طبوغرافية الارض ، الغطاء النباتى ، نوع العربات المارة .

● ويتراوح مستوى الرصاص فى التربة ما بين ٩.٧ إلى ١٧.٥٨ ppm . وقد فدر الرصاص فى أحد انواع الأراضى فكانت الكمية الميسرة منه ٠.٥٧ إلى ١.٨ ppm فى حين كانت الكمية الكلية فى التربة ٢٣.٣ - ٤٢.٢ ppm . والرصاص ينتقل من الطبقة السطحية إلى الطبقة تحت السطحية ولكن بمعدل أقل من الزنك وأكبر من النحاس .

● وعادة ما يكون انتقاله إلى النباتات ثم الى الحيوانات ثم إلى الإنسان بعد تناوله للغذاء كما ان ذرات الرصاص المنبعثة من عوادم السيارات تشكل تسمىاً للفواكه والخضروات والاعذيه المطروحة على الأرض فى الشوارع المزدهمة وبالتالي إلى الإنسان . وإنخفاض الـ pH للتربة يؤدي لزيادة الرصاص الممتص فى جذور واوراق الفجل .

● وبالنسبة لعلاقة الرصاص بالعناصر الأخرى :

- فقد وُجد أن زيادة الفوسفور والجير يقلل من الرصاص الممتص بواسطة الشوفان .
 - كما وجد أنه في وجود تركيز كاف من الكبريت يكون تركيز الرصاص في قمم نبات الشليم أقل من تركيزه في الجذور .
 - وعند نقص الكبريت فإن تركيز الرصاص في قمم نبات الشليم أعلى من تركيزه في الجذور ، وزيادة الرصاص في قمم نباتات الشليم التي تعاني من نقص الكبريت بصاحبها نقص في محصول المادة الجافة .
-

الباب الثاني

المعايير المستخدمة لتقدير صلاحية المياه للري

(إعداد: د. طارق عبد الرحمن ابو الضيفان و د. صادق على احمد الريس)

يتم تحديد نوعية المياه وفقا للغرض الذي سيتم استخدامه ، وبالنسبة للإستخدام فى الري فإن هناك معايير لتقييم مدى صلاحية المياه للإستخدام فى الري ، وهذه المعايير "والمذكوره تفصيليا فيما بعد" تتناول حدود مياه الري المناسبه لتجنب المخاطر الممكن حدوثها بسبب نوعية مياه الري المستخدمه ، وتلك المخاطر تشمل :

Salinity Hazards	١) مخاطر الملوحة .
Sodicity Hazards	٢) مخاطر الصوديوم .
Alkalinity Hazards	٣) مخاطر القلويه .
Hazards Permeability	٤) مخاطر النفاذيه .
Specific Ion Hazards in irrigation water	٥) المخاطر النوعيه لايونات فى مياه الري

ومائلى دراسه للمعايير المختلفه وحدوها المناسبه لتجنب مخاطر رداة مياه الري .

(١) مخاطر الملوحة (Salinity Hazards)

تؤدى زياده الأملاح فى التربه إلى قله تيسر الماء فى التربه للإمتصاص بواسطه النباتات ويزداد هذا التأثير مع زياده ملوحة مياه الري ، وإذا إستمرت تلك الأضرار طيله فتره نمو المحصول دون مواجهه فسوف يمتد الضرر إلى المحصول الناتج كميًا ونوعيًا .
وتصنف مياه الري من حيث تركيز الأملاح الذائبة بها والمقدرة بوحدات التوصيل الكهربائي (EC, $ds m^{-1}$) ، كما يمكن تقديرها كأملح ذائبه كليه (TDS, $mg l^{-1}ppm$)
وطبقا لـ (Richards , 1954) تقسم مياه الري إلى أربع فئات جدول (١-٢) بحسب درجة مخاطر ملوحتها ومدى تأثيرها على تطور الملوحة فى التربه والتأثير السلبى لذلك التطور على المحاصيل الناميّه . وهناك تقسيم آخر لـ (UCC, 1974) جدول (٢-٢)

دليل الملوحة (Salt Index)

أوضحت الأبحاث ان حدود الأمان المسموح بها (accepted safe limit) للملوحة فى مياه الري هي $600 mg.kg^{-1}$. وعند إحتواء المياه على املاح فى حدود ٢٠٠ إلى ١٢٠٠ ملليجرام/كجم ، فإن دليل الملوحة (Salt Index) يجب أن يتم تقديره .

يستخدم هذا التقييم للتنبؤ بمخاطر الصوديوم أيضا ، وهو عبارة عن العلاقة بين ايونات الصوديوم الأحاديه الكليه (Total Na^+) وايونات الكالسيوم الثنائيه الكليه (Total Ca^{2+} in CaCO_3) المتواجدان في مياه الري والمقدره بالـ (ppm i.e., mg/l) ، ويحسب باستخدام المعادله التاليه لـ (Singh, 2005) :

$$\text{Salt index} = [(\text{Total Na}-24.5) - (\text{total Ca}^2 \text{ in CaCO}_3)] \times 4.85$$

وتقيم صلاحية المياه للري من القيمه الناتجه كمايلي:

- سالبه القيمه في نوعيه المياه الجيده للإستخدام في الري
- موجب القيمه في المياه التي لاتصلح للإستخدام للري
- الحد الأعلى للأملح الكليه والذي تصبح المياه بعده غير صالحه أو غير مناسبه للري هو (1200 mg.kg^{-1} unfit)

Table (1-2) Classes of irrigation water salinity

Water class for Salinity		Irrigation Water Salinity		Remarks
Class	Description	EC ($dS m^{-1}$)	TDS (ppm)	
C1	Low Salinity	< 0.25	< 200	Used for irrigation for most crops on most soils. Some leaching required under normal irrigation practices, but excess irrigation is required in extremely low permeability soil.
C2	Medium Salinity	0.25-0.75	200 - 500	Can be used if a moderate amount of leaching occurs. Plants with moderate salt tolerance can be grown in most instances without special practices for salinity control.
C3	High Salinity	0.75-2.25	500 -1500	Can't be used on soil with restricted drainage. Even with adequate drainage, special management for salinity control may be required and plants with good salt tolerance should be selected.
C4	Very high Salinity	> 2.25	> 1500	Not suitable for irrigation under ordinary conditions but may be used occasionally under very special circumstances .The soils must be permeable , drainage must be adequate , irrigation water must be applied in excess to provide considerable leaching , and very salt-tolerant crops should be selected.

Table (2-2) Potential of Irrigation Problems based on salinity values

Potential of Irrigation Problem	Units	Degree of problem		
		None	Slight to Moderate	Severe
EC _w	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000

(٢) مخاطر الصودية (Sodicity Hazards)

تؤدي التركيزات العالية من الصوديوم إلى إحداث تأثيرات غير مرغوب فيها في التربة بسبب حدوث إدمصاص لكاتيونات الصوديوم السائده في ماء الري على معظم مواقع تبادل الأيونات الموجبة على حبيبات التربة ، مما يتسبب في حدوث تفريق لتجمعات الحبيبات الأرضية (deflocculation) إلى حبيبات ناعمة تتحرك لأسفل التربة وترسب فيما بين المسام الأرضية وتقوم بإغلاقها (sealing the pores) مما يتسبب في تضيقها فتزداد قدرتها على مسك المياه بداخلها ، وتصبح غير منفذة (impermeable) وتقل حركة المياه عبر هذه المسام الضيقة أي تقل نفاذية التربة للمياه بدرجة كبيرة .

وعادة ما يتم تقييم مخاطر الصودية (Sodicity Hazards) في مياه الري بأحد المعايير التالية:

Sodium ratio (SR)	نسبه الصوديوم
Soluble Sodium Percentage (SSP)	% للصوديوم الذائب
Sodium Adsorption Ratio (SAR)	نسبه الصوديوم المدمص (SAR)
Adj. SAR	نسبه الصوديوم المدمص المعدله (adj SAR)
Adj. R _{Na}	نسبه الصوديوم المعدله الكالسيوم (adj. R _{Na})
Sodium to calcium ratio(SCAR) activity	نسبه النشاط بين ايونات الصوديوم / الكالسيوم

(١) نسبه الصوديوم (Sodium Ratio , SR)

في الماضي كانت تقييم جوده مياه الري يتم على اساس النسبه المئوية للصوديوم الذائب بالنسبه للكالسيوم والمغنسيوم (SR) من المعادله :

$$SR = (Na^+) / (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \text{ all the ions conc. me l}^{-1}$$

وفي المياه الجيده فهذه النسبه يجب الا تزيد قيمتها عن (١)

(٢) % للصوديوم الذائب (Soluble Sodium Percentage , SSP)

يعتبر الصوديوم من أكثر الأيونات الذائبة في مياه الري لذا فهو الأيون الأكثر خطورة . الكميات الزائده من أيونات الصوديوم يعطى للماء صفات مميزه للماء الصودي (كما في حاله زياده الصوديوم في التربة فإنها تكسب التربة صفات التربة الصديه ، في زياده الملوحة في

التربة تكسبها صفات التربة المالحة) • ويتوقف شدة تأثير كاتيون الصوديوم فى نوعية مياه الري على نوع الأنيون المصاحب لكاتيون الصوديوم من الكلوريد / الكبريتات أو من الكربونات / البيكربونات.

وايضا فى الماضى ، كان قياس نوعية مياه الري المستخدمة يتم تقييمها فيما يتعلق بالصوديوم على أساس النسبة المئوية (%) للصوديوم القابلة للذوبان بالنسبة للكاتيونات الذائبة الكليه فى مياه الري (Soluble Sodium Percent , i.e. SSP) ، وكانت تحسب على النحو التالى:

$$SSP = \left\{ \frac{\text{Soluble} \cdot \text{Sodium} \cdot \text{Conc.}}{\text{Total} \cdot \text{Cations} \cdot \text{Conc.}} \right\} \times 100$$

وكان هذا القياس مفيداً فى وصف صفات المياه، لأن القيمة العالية تشير للمياه العاديه وهو مايسمى بالـ soft water والقيمة المنخفضة تشير إلى الماء العسر hard water .

ومع تساوى الصوديوم أو زيادته عن ٦٦% (SSP ≥ 66%) ، فعند استخدام المياه الري، يدمص جزء منه على حبيبات التربة وتسؤ خواصها وكذلك فإن النباتات الناميه تتأثر سلباً كما تتأثر التربة بإستخدام مياه الري عالية الصوديوم . والتربة الصوديه سيئه النفاذيه للمياه والهواء وتربتها تكون شديده الصلابه عند الجفاف ولزجه عندما تكون رطبه ، مما يجعل صفاتها بصفه عامه رديئه مما يصعب إجراء عمليات الخدمه الزراعيه المختلفه بها ، وبالتالي تصبح غير مناسبه لنمو النباتات بشكل عام.

والصوديوم ليس من العناصر الضرورية لنمو النباتات ، على الرغم من إمتصاصه بكميات كبيره من قبل العديد من النباتات ، وعلى وجه التحديد فقد يكون له تأثيرات سامه للغالبية العظمى من النباتات والمحاصيل الغذائيه والاقتصاديه.

٣) نسبة الصوديوم المتوقع إدمصاصها على حبيبات التربة (SAR)

فى الماضى كانت توجد عده طرق للتنبؤ بالمخاطر المتوقعه من صوديوم مياه الري فى تقليل نفاذيه المياه خلال التربه ، وكان من أهم المعايير الأكثر إنتشارا فى إستخدامها فى هذا الوقت تقدير نسبه كربونات الصوديوم المتبقيه (RSC) • ثم قام مختبر الملوحة بالولايات المتحدة الأمريكيه (USSL, 1954) بتقديم مفهوم آخر لتقييم المخاطر المتوقعه على نفاذيه التربه من صوديه مياه الري من خلال مفهوم نسبة الصوديوم المدمص (SAR) ومازال هو الأكثر شيوعا حتى الوقت الحالى ، وقدم (Richards, 1954) تقسيما لمياه الري بحسب المخاطر الناشئه من الصوديه بحسب قيم الـ (SAR) كما فى جدول (٣-٢) •

ويتم فى هذا التقدير حساب نسبه الصوديوم من المياه المستخدمه لري التربه والمتوقع إدمصاصها على حبيبات التربه و بإستخدام المعادله التاليه ، حيث تقدر الأيونات بـ ($me l^{-1}$) :

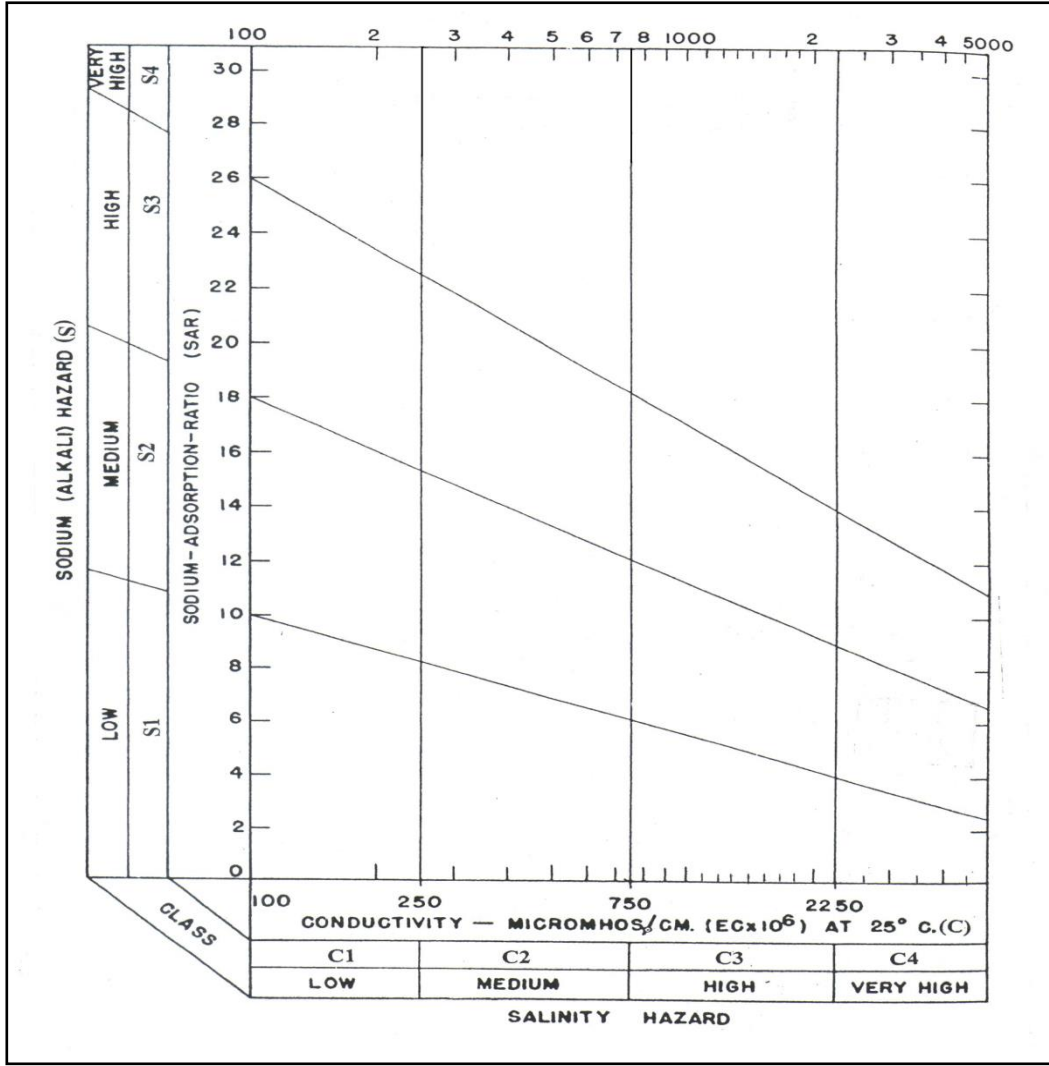
$$SAR = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}}$$

تقييم نوعيه مياه الري طبقاً لمخاطر كل من ملوحتها (EC_w) وقيم الـ SAR :

قدم مختبر الملوحة والقلويه (USSL, 1954) المخطط البياني لـ Wilcox (1948) لتقييم نوعيه مياه الري طبقاً لمخاطر الناشئه من كل الملوحة (EC_w , $\mu mho/cm$ at $25 C^\circ$) والصودييه (SAR) ، وهذا التقييم يوضحه المخطط البياني (شكل ١-٢) والذي يوضح محوره السيني درجات الملوحة (EC_w) بينما يوضح محوره الصادي درجات الصودييه (SAR) .

Table (3-2) Irrigation water classes and description as SAR values (Water Sodidity)

Water class & Description		SAR	Remarks
Class	Description		
S1	low sodium Water	< 10	Can be used for irrigation on almost all of soil with little danger of the development exchangeable sodium. However sodium sensitive crops may accumulate injurious concentration of sodium.
S2	medium sodium Water	10-18	Appreciable sodium hazard in fine-textured soil having CEC especially under low leaching conditions, unless gypsum is present in the soil. But can be used on coarse textured or organic soil with good permeability.
S3	High sodium Water	18-26	Unsatisfactory for most of the crops and may produce harmful levels of exchangeable sodium. Most of soil will require special soil management <i>i.e.</i> good drainage, high leaching and organic matter additions. Gypsi-ferous soils may not develop harmful levels of exchangeable sodium from such water. Chemical amendmets may be required for replacement exchangeable sodium.
S4	Very high sodium Water	> 26	Is general unsatisfactory for irrigation purposes, most of the crops, except at low and perhaps medium salinity, where the solution of calcium from the soil or use of gypsum may make the use of these water feasible.



Fig(1-2) Classification of irrigation water according to the degree of risks for both of (ECw) and (SAR) , Wilcox (1948)

وفيما يتعلق بمخاطر كل من الـ (ECw) والـ (SAR) على نوعية مياه الري والتي يمكن توضيحها من خلال جدول (٢-١) و(٢-٢) والمخطط البياني (شكل ٢-١) أوضح (Richards, 1954) مايلي:

- مياه الري المستخدمة في الأراضي الجيرية ، قد تذيب كميه من الكالسيوم بكميه كافيه تقلل من الأضرار الناتجه من الصوديوم بشكل ملحوظ ، وهذا ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار عند استخدام نوعية مياه تابعه لأي من الفئات C1-S4 ، C1- S3 .
- وبالنسبة للتربة الجيرية ذو قيم الـ pH العالية أو للتربة غير الجيرية، يمكن تحسين حاله الصوديوم في المياه المستخدمه للري للفئات C1-S3 ، C1-S4 ، C2-S4 من خلال إضافة الجبس إلى الماء.

- بالمثل، قد يكون من المفيد إضافة الجبس إلى التربة بشكل دوري عند استخدام نوعيه من مياه الري تابعه للفئات C3-S2 ، C2-S3 .

٤) النسبه المعدله للصوديوم المتوقع ادمصاصه (*adj SAR*)

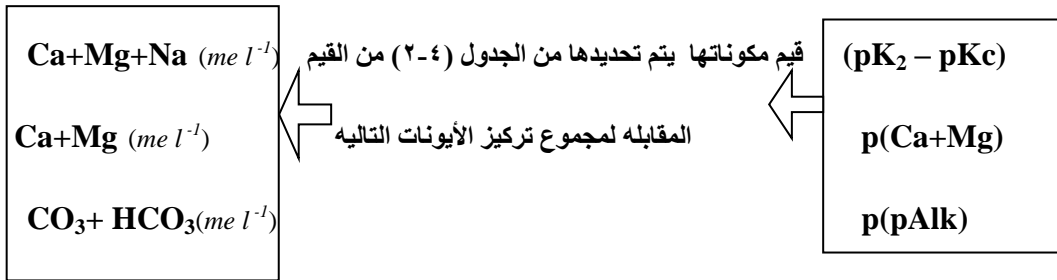
حديثاً وللتنبؤ بمخاطر الصوديه (sodicity) بشكل صحيح وأكثر دقه لتلك المياه التي تحتوي على كميات ملموسة من HCO_3^- ولكن لا تحتوي على RSC ، فقد أشار Ayers and Wescot (1976) إلى أن خطر الـ sodicity في هذه المياه الري يجب أن يحدد من المعادله التي يتم حسابها على النحو التالي.

$$\text{Adj. SAR} = \text{SAR} \{1 + (8.4 - \text{pHc})\}$$

Where: SAR = Sodium Adsorption Ratio

$$\text{pHc} = (\text{pK}_2 - \text{pKc}) + \text{p}(\text{Ca}+\text{Mg}) + \text{p}(\text{Alk})$$

والـ (pHc) تحسب قيم مكوناتها كما يلي :



مثال لطريقه حساب الـ pHc and *adj.SAR*

Given: The water analysis is: $\text{EC}_w = 1.15 \text{ dS/m}$

$$\text{Ca}^{+2} = 2.32 \text{ me/l}^{-1}, \text{Mg}^{+2} = 1.44 \text{ me/l}^{-1}, \text{Na}^+ = 7.73 \text{ me/l}^{-1}$$

$$\text{CO}_3^{-2} = 0.42 \text{ me/l}^{-1}, \text{HCO}_3^- = 3.66 \text{ me/l}^{-1}$$

Explanation Solution:

$$(1) \text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na} = 11.49 \text{ me/l}^{-1}, \text{Ca}+\text{Mg} = 3.76 \text{ me/l}^{-1}$$

$$\text{CO}_3+\text{HCO}_3 = 4.08 \text{ me/l}^{-1}$$

$$(2) \text{SAR} = \frac{7.73}{\sqrt{\frac{2.32 + 1.44}{2}}} = 5.64$$

$$(3) (\text{pK}_2 - \text{pKc}) = 2.3 \text{ [(2.3) is the value correspond to "Ca+ Mg+Na } \approx 11.5 \text{ "column 2"}]$$

$$\text{P}(\text{Ca}+\text{Mg}) = 2.7 \text{ [(2.7) is the value correspond to "Ca+ Mg } \approx 3.8 \text{ "column 3"}]$$

$$\text{P}(\text{Alk}) = 2.4 \text{ [(2.3) is the value correspond to "CO}_3+\text{HCO}_3 \approx 4 \text{ " in "column 4"}]$$

$$\text{Then, pHc} = (2.3 + 2.7 + 2.4) = 7.4$$

$$(4) \text{Since: adj. SAR} = \text{SAR} \{1 + (8.4 - \text{pHc})\}$$

$$\text{Then: (adj SAR} = 5.64 [1 + (8.4 - 7.4)] = 11.3$$

Table (4-2) : Procedure for calculation of pHc

Concentration (me/l) of (Ca+Mg+Na) or (Ca+Mg) or (CO ₃ +HCO ₃)	The values of		
	pK ₂ – pKc	P(Ca+Mg)	p(Alk)
	Versus the sum of		
	(Ca+Mg+Na)	(Ca+Mg)	(CO ₃ +HCO ₃)
0.05	2.0	4.6	4.3
0.10	2.0	4.3	4.0
0.15	2.0	4.1	3.8
0.20	2.0	4.0	3.7
0.25	2.0	3.9	3.6
0.30	2.0	3.8	3.5
0.40	2.0	3.7	3.4
0.50	2.1	3.6	3.3
0.75	2.1	3.4	3.1
1.00	2.1	3.3	3.0
1.25	2.1	3.2	2.9
1.50	2.1	3.1	2.8
2.00	2.2	3.0	2.7
2.50	2.2	2.9	2.6
3.00	2.2	2.8	2.5
4.00	2.2	2.7	2.4
5.00	2.2	2.6	2.3
6.00	2.2	2.5	2.2
8.00	2.3	2.4	2.1
10.00	2.3	2.3	2.0
12.50	2.3	2.2	1.9
15.00	2.3	2.1	1.8
20.00	2.4	2.0	1.7
30.00	2.4	1.8	1.5
50.00	2.5	1.6	1.3
80.00	2.5	1.4	1.1

pHc is a theoretical, calculated pH of the irrigation water.

ملاحظات :

(١) قدم (Wilcox, 1966) تفسيراً لقيم الـ pH_c ، وأوضح أن :

• قيم الـ pH_c الأعلى من (٨.٤): تدل إلى أن هناك إتجاه لإذابة الجير من التربة خلال حركة ماء الري فيها .

(Indicate a tendency to dissolve lime from the soil through which the water moves)

• وقيم الـ pH_c الأقل من ٨.٤ : تشير إلى الإتجاه لترسيب الجير في التربة من ماء الري

المضاف • (Indicate a tendency to precipitate lime from the water applied)

• زياده قيم الـ pH_c عن ٨.٤ تعنى قلة قيم (adi.SAR) والعكس صحيح .

• كما يمكن التنبؤ بإمكانية ترسيب كالسيوم في ماء الري باستخدام (Saturation Index)

مؤشر التشبع ، ويُعرف بأنه درجة الـ pH الحقيقي والمقدرة معملياً لماء الري "pHa" مطروحا منه درجة الـ pH النظرية – المقدره رياضياً كما سبق شرحه - "pHc" ويقصد بها درجة الحموضه التي يمكن ان تكون للماء إذا كانت في كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ مياه الري متواجده في حاله توازن .

اي ان : $(\text{Saturation index} = pHa - pHc)$

ودليل التشبع يدل علي :

** والقيم الموجبه للـ Saturation index ($pHa > pHc$) تشير إلى وجود اتجاه لترسيب

كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ من المياه

** والقيم السالبه للـ Saturation index ($pHa < pHc$) تشير إلى أن الماء سوف

تذوب كربونات الكالسيوم $CaCO_3$. (يتم الحصول على قيمة الـ pHa من التقدير المعملى ، بينما تقدر

الـ pHc باستخدام البيانات الموضحة في جدول ٤)

(٢) ويجب أن تقدر الـ (adi.SAR) لنوعيه مياه الري التي لها قيم EC أكبر من 1.5 وأقل

من $3.0 (dS m^{-1})$ ، لأن الري بهذه النوعيه من المياه هي الأكثر توقعا في إحداث اضرار

صوديه مزدوجه التأثير لكل من RSC والـ SAR في التربه .

وقدم (Ayers and Westcot, 1976) إرشادات تهدف إلى أهميه الـ (adi.SAR) في

حدوث مخاطر على نفاذيه التربه للمياه ومدى إرتباط ذلك بالتركيب البللورى وبنوع معدن

الطين السائد ، وأنسب ملوحة مياه ري $EC_w (dS/m)$ بحسب درجة الضرر بجدول

(٢-٥)

Table (5-2): Guidelines of (adj. SAR) problems on infiltration rate of water into the soil.

Clay mineral Type	Degree of hazards		
	No	Increasing	Severe
	adj. SAR values		
Monomorillonite (2:1 crystal lattice)	< 6	6 - 9	> 9
Illite-Vermiculite (2:1 crystal lattice)	< 8	8 - 16	> 16
Kaolinite- Sesquioxide (1:1 crystal lattice)	< 16	16 - 24	> 24
Suitable EC_w (dS/m) for use for the tabulated ranges	< 0.4	0.4 - 1.6	> 1.6

(٣) وقد ذكر (Ayers and Westcot, 1976) أن قيم الـ adj SAR غير مطلوبة ولا يوصى بها كثيراً ، إلا أن (Oster and Schroer (1979) and Suarez (1981) اقترحوا بعد دراسات وحسابات دقيقة ، بأنه لكي يكون تقدير الـ adj SAR ذو دقة عالية في تقييم الأخطار المتوقعه من الصوديوم في ماء الري على التربة ، يجب ان تُعدل مرة أخرى قيم الـ adj SAR المتحصل عليها بالطريقة السابقة في ثابت مقداره 0.5 أي إن:

$$\text{(More corrected adj SAR = obtained values of adj SAR} \times 0.5)$$

وبذلك يكون قد تم الأخذ في الإعتبار وبكثير من الدقة تأثيرات الـ HCO_3 على ترسيب الكالسيوم في المحلول الأرضي .

(٥) نسبه الصوديوم المدمص المعدله الكالسيوم ($adj R_{Na}$)

من المعروف ان الصوديوم ، من اهم الأيونات الذائبة في المحلول الأرضي وهو المسبب الرئيسي للملوحة في التربة ، لأنه يتواجد دائماً في حالة ذائبه ومتوازنه مع الصوديوم المدمص على حبيبات التربة. والكالسيوم لايتواجد في صورته متوازنه دائماً في التربة لأن ذوبانه أو الإمداد منه في تغير باستمرار ، وقد يحدث ترسيب لأيون الكالسيوم في وجود ما يكفي من الكالسيوم جنباً إلى جنب مع تواجد كميات كبيره من ايونات الكربونات والبيكربونات أو الكبريتات مما يؤدي إلى التقليل من ذوبان كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) أو كبريتات الكالسيوم (الجبس).

وانحلال معادن التربة يؤدي لزيادة محتوى الكالسيوم في محلول التربة ، كما يحدث تشجيع لذوبان الكالسيوم عن طريق التخفيف بعد عمليات الري أو بسبب ثاني أكسيد الكربون المذاب في ماء التربة .

وبعد عمليه الري، والذوبان ، يتغير الإمداد من الكالسيوم ويحدث توازن في تركيز الكالسيوم في التربة ويكون مختلفاً عن ذلك الموجود في المياه المضافه للري .

وتعبر قيمه SAR عن المشاكل الناتجة بسبب وجود فائض من الصوديوم بالنسبة للكالسيوم والمغنيسيوم . وحساب الـ SAR بهذه الطريقة لا يأخذ في الإعتبار ذوبان أو ترسيب ايونات كالسيوم مياه التربة (المحلول الأرضي) قبل او بعد عمليات الري ، ولذلك فالمعادلة SAR لا تأخذ في الحسبان هذه التغيرات، وبالتالي إلى حد ما قد توجد بعض الأخطاء. ومع ذلك، فإن استخدام معادلة الـ SAR لا يزال يعتبر إجراء تقييم مقبولاً بالنسبة لمعظم عينات المياه التي تستخدم للري .

وحديثاً ، قدم (Suarez 1981) تقدير الـ $(adj R_{Na})$ وأعتبر انه اكثر دقة وقبولاً ، ولكنه اوضح أن كل من الـ SAR والتقييم الجديد $(adj R_{Na})$ مقبولتان . ولكنه اعتبر أن صفة الـ $(adj R_{Na})$ هي المفضله لأنها وقيمته الـ Ca_x المحسوبه من جدول (٦-٢) يعبر بدقه عن حاله الكالسيوم في نظام التربة - المياه .

وعلى ذلك يعتبر الـ $(adj R_{Na})$ شكلاً جديداً معدلاً للمعادلة القديمه SAR ، حيث أن الـ $(adj R_{Na})$ تأخذ في الاعتبار بحساب الـ Ca_x ذلك الكالسيوم المذاب من كربونات وسيليكات التربة ، وكذلك الكالسيوم المفقود من في نظام التربة - المياه عن طريق الترسيب في صوره كربونات . و أيضاً تأخذ في الإعتبار تعديل تركيز الكالسيوم في مياه الري إلى قيمه المتوازنه المتوقعه للكالسيوم بعد الري والتي تشمل تأثيرات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من البيكربونات (HCO_3) وكذلك تأثير ملوحه مياه الري (EC_w) على الكالسيوم الموجود أصلاً في ماء الري المضاف للتربة والذي اصبح الآن جزء في نظام التربة - المياه . كذلك يفترض هذا التقدير أن مصدر الكالسيوم في التربة يرجع إلى الجير (كربونات الكالسيوم $CaCO_3$) أو إلى غيرها من معادن التربة مثل السيليكات - وليس نتيجة لترسيب المغنيسيوم . ويرجع ذلك إلى أن جزء من الكالسيوم يترسب من المياه المالحة بالقرب من سطح التربة ، بسبب أو عن طريق الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون الهواء (*partial pressure of air carbon dioxide*). لذلك فلا بد من تصحيح حاله الكالسيوم في المياه المالحة كما في الجدول رقم (٦-٢) من قيم النسبة (HCO_3^- / Ca_2) والـ $(EC_w, dS/m)$.

ولذلك فتقدير الـ $adj R_{Na}$ (نسبه الصوديوم المعدله) وخطوات الحساب في المثال التالي يمكن استخدامها للتنبؤ أكثر بشكل صحيح وبدقه كبيره بمشاكل النفاذيه المحتملة بسبب نسبه الصوديوم العاليه نسبياً (أو انخفاض الكالسيوم) في مياه الري المضافه (Suarez 1981) and (Rhoades 1982)

وهذه المعادله هي :

$$adj R_{Na} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca_x + Mg}{2}}}$$

Where:

Na: sodium in the irrigation water as *me/l*

Ca_x: A modified calcium value, *in me/l.*, taken from Table (6-2)

Ca_x represents Ca in the applied irrigation water but modified due to ratio of HCO₃/Ca ratio (HCO₃ and Ca in *me/l*) and the estimated partial pressure of CO₂ in the surface few millimeters of soil (PCO₂ = 0.0007 atmospheres)

Mg: Magnesium in the irrigation water reported in *me/l*

مثال لطريقه حساب الـ $adj.R_{Na}$:

Given:

ECw = 2.74 dS/m

Ca = 7.73 me/l

Mg = 9.06 me/l

Na= 12.07 me/l

HCO₃= 1.56 me/l

Explanation Solution:

Since: HCO₃/ Ca= 1.56 / 7.73 me/l, ECw ≈ 3.0 dS/m.

Then: HCO₃/ Ca = 0.20 **and then from Table (6-2):** Ca_x = 6.86 me/l

Then: $adjR_{Na} = \frac{12.07}{\sqrt{\frac{6.86 + 9.06}{2}}} = 4.28$

Table (6-2): Calcium concentration (Ca_x) expected to remain in near-surface soil-water following irrigation with water of given HCO_3/Ca ratio and EC_w ^{1,2,3}

		Salinity of applied water (EC_w , dS/m)										
		0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0
Ratio of (HCO_3 / Ca)		Ca_x values										
		0.05	13.20	13.61	13.92	14.40	14.79	15.26	15.91	16.43	17.28	17.97
0.10	8.31	8.57	8.77	9.07	9.31	9.62	10.02	10.35	10.89	11.32	12.01	12.56
0.15	6.34	6.54	6.69	6.92	7.11	7.34	7.65	7.90	8.31	8.64	9.17	9.58
0.20	5.24	5.40	5.52	5.71	5.87	6.06	6.31	6.52	6.86	7.13	7.57	7.91
0.25	4.51	4.65	4.76	4.92	5.06	5.22	5.44	5.62	5.91	6.15	6.52	6.82
0.30	4.00	4.12	4.21	4.36	4.48	4.62	4.82	4.98	5.24	5.44	5.77	6.04
0.35	3.61	3.72	3.80	3.94	4.04	4.17	4.35	4.49	4.72	4.91	5.21	5.45
0.40	3.30	3.40	3.48	3.60	3.70	3.82	3.98	4.11	4.32	4.49	4.77	4.98
0.45	3.05	3.14	3.22	3.33	3.42	3.53	3.68	3.80	4.00	4.15	4.41	4.61
0.50	2.84	2.93	3.00	3.10	3.19	3.29	3.43	3.54	3.72	3.87	4.11	4.30
0.75	2.17	2.24	2.29	2.37	2.43	2.51	2.62	2.70	2.84	2.95	3.14	3.28
1.00	1.79	1.85	1.89	1.96	2.01	2.09	2.16	2.23	2.35	2.44	2.59	2.71
1.25	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	1.86	1.92	2.02	2.10	2.23	2.33
1.50	1.37	1.41	1.44	1.49	1.53	1.58	1.65	1.70	1.79	1.86	1.97	2.07
1.75	1.23	1.27	1.30	1.35	1.38	1.43	1.49	1.54	1.62	1.68	1.78	1.86
2.00	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.31	1.36	1.40	1.48	1.54	1.63	1.70
2.25	1.04	1.08	1.10	1.14	1.17	1.21	1.26	1.30	1.37	1.42	1.51	1.58
2.50	0.97	1.00	1.02	1.06	1.09	1.12	1.17	1.21	1.27	1.32	1.40	1.47
3.00	0.85	0.89	0.91	0.94	0.96	1.00	1.04	1.07	1.13	1.17	1.24	1.30
3.50	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90	0.94	0.97	1.02	1.06	1.12	1.17
4.00	0.71	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.86	0.88	0.93	0.97	1.03	1.07
4.50	0.66	0.68	0.69	0.72	0.74	0.76	0.79	0.82	0.86	0.90	0.95	0.99
5.00	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.74	0.76	0.80	0.83	0.88	0.93
7.00	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74
10.00	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.51	0.53	0.56	0.58
20.00	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37
30.00	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27	0.28

¹ Adapted from Suarez (1981).

² Assumes a soil source of calcium from lime ($CaCO_3$) or silicates; no precipitation of magnesium, and partial pressure of CO_2 near the soil surface (P_{CO_2}) is .0007 atmospheres.

³ Ca_x , HCO_3 , Ca are reported in me/l, EC_w is in dS/m.

وجداول (٧-٢) يوضح التحليل الكيماوي لعدد ٢١ عينة من مياه الري ، ومقارنه بين القيم المحسوبه لكل من الـ SAR و الـ Adj R_{Na} و الـ Adj SAR لهذه العينات ، ومن هذا الجدول يتضح التقارب بين قيم الـ SAR وقيم الـ $adi R_{Na}$ ، كما سبق أيضا ذلك .

Table (7-2): Comparison the calculated data of SAR, Adj R_{Na} and Adj SAR .

samples No	Chemical composition of irrigation water samples						Assessment of sodicity hazards					
	EC (dS/m)	Ion concentration (meq/l)					SAR	HCO ₃ /Ca	Ca _x	adj R _{Na}	pHc	adj SAR
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻						
1	3.25	4.82	13.98	13.7	0	1.57	4.47	0.36	4.72	4.48	7.2	9.83
2	2.74	7.73	9.06	12.07	0	1.56	4.17	0.20	6.86	4.28	7.3	8.75
3	2.74	4.99	6.75	12.13	0	1.21	5.01	0.24	5.91	4.82	7.5	9.51
4	1.827	6.85	2.5	9.12	0	2.22	4.22	0.32	4.98	4.72	7.4	8.44
5	1.791	5.48	2.98	8.2	0	2.13	3.97	0.39	4.11	4.36	7.4	7.97
6	1.808	8.1	3.28	8.26	0	2.18	3.46	0.27	4.98	3.92	7.3	7.27
7	1.75	4.67	4.11	7.82	0	2.16	3.73	0.46	3.68	3.93	7.4	7.46
8	4.18	6.99	6.99	27.02	0	2.38	10.22	0.34	4.91	10.54	7.35	20.95
9	0.861	2.45	2.68	1.96	0	1.97	1.22	0.80	2.51	1.22	7.55	2.26
10	2.36	8.93	3.7	10.36	0.1	1.27	4.12	0.14	7.90	4.3	7.4	8.25
11	2.35	6.74	5.81	10.34	0.1	1.64	4.13	0.24	5.62	4.33	7.4	8.26
12	2.41	5.89	7.81	10.53	0	1.88	4.02	0.32	4.98	4.16	7.3	8.45
13	2.42	9.73	2.52	10.09	0	1.23	4.08	0.13	7.90	4.42	7.5	7.75
14	2.14	5.51	5.76	10.22	0	1.12	4.31	0.20	6.52	4.12	7.55	7.96
15	2.02	6.24	5.32	8.94	0	1.82	3.72	0.29	4.98	3.94	7.35	7.62
16	2.06	6.75	4.34	9.05	0	1.79	3.84	0.27	4.98	4.06	7.4	7.69
17	2.05	6.81	5.43	8.98	0.1	1.99	3.63	0.29	4.98	3.94	7.3	7.62
18	3.27	9.75	11.51	10.97	0	2.01	3.36	0.21	6.86	3.62	7.1	7.74
19	8.64	7.29	9.13	9.78	0	2.35	3.41	0.32	6.04	3.55	7.1	7.85
20	2.6	8.48	6.74	9.7	0.1	1.97	3.52	0.23	5.91	3.86	7.2	7.74
21	6.15	26.2	20.56	12.96	0	1.53	2.68	0.06	19.07	2.91	6.9	6.7

٦) نسبه نشاط ايونات الصوديوم الى ايونات الكالسيوم

Sodium to Calcium Activity Ratio SCAR

كما تعتبر دقه تقدير الـ SAR لنوعيه المياه التي لها ($EC > 5 \text{ dS m}^{-1}$) و ($Mg/Ca \text{ ratio} > 1$) أمراً يثير التساؤل . فقد أوضح (Gupta and Abichandani (1970) انه إذا كانت الـ SAR لمياه الري = 8 أو أكثر وكانت نسبه الـ ($Mg / C \text{ ratio} > 5.4$) ، وحسبت قيمه الـ ESP من هذه القيم فإن قيمه الـ ESP الناتجه حسابيا من معادله (Richards,1954) :

$$ESP = \frac{100 (0.01475 SAR - 0.0126)}{0.01475 SAR + 0.9874}$$

والتي تربط رياضيا بين SAR لمياه الري وبين الـ ESP للتربة "وتستخدم للأراضى بعد الوصول لحاله الإتزان بعدالري ، لاتتفق مطلقا مع قيمة الـ ESP المقدره من التحليلات المعملية . ومن ناحيه أخرى فإنهما أوضحا انه عند حساب الـ SAR من العلاقه (Na/\sqrt{Ca}) ، فإن قيمه الـ ESP المقدره حسابيا تتفق تماما مع قيمتها المقدره من التحليلات

المعملية • وعلى هذا الأساس عرف (Gupta and Abichandani (1970) تلك العلاقة بأنها النسبة بين نشاط ايونات الصوديوم والكالسيوم ، أى أن :

$$\text{Sodium: Calcium Activity Ratio (SCAR)} = (\text{Na} / \sqrt{\text{Ca}})$$

ونظرا لأن كاتيون الصوديوم اكثر كاتيونات مياه الري فى إحداث الضرر ، فإن افضل انواع مياه الري هى التى لايسود فيها ايون الصوديوم على بقية الأيونات • وعندما تتساوى قيم الـ ESP والـ SAR أى تكون الـ ($EC < 5$) اقل من (5) ، نسبه الـ ($Mg / Ca < 1$) اقل من (1) فإن مياه الري تستخدم بدون اى قيود لأنه لا يوجد تأثيرات ضاره على الخواص الطبيعیه للتربة ولاعلى النباتات الناميّه •

ولكن إذا كانت الـ EC تقع ما بين ($5-10 \text{ dSm}^{-1}$) ونسبه الـ (Mg / Ca) أعلى من (4-2) ، فإن الـ SCAR تعطى تقييم جيد لهذه المياه عند إستعمالها للري وبخاصه فيما يتعلق بنوعيه المحاصيل المناسبه زراعتها فى التربيه بهذه النوعيه من المياه • ولذلك فقد صنف Gupta and Abichandani (1970) مياه الري بحسب النسبه بين (SAR/SCAR) إلى ٦ فئات :

- 1) **Non-sodic waters (SAR/SCAR < 5)- (S.0):** can be used for irrigation on almost all soils, for all crops even those sensitive to sodium such as stone-fruit trees or wood trees.
- 2) **Normal sodicity waters (SAR/SCAR 5-10)-(S.1),:** can be used for irrigation on almost all soils with little danger of development of harmful levels of exchangeable sodium for growing all crops except some stone-fruit trees or wood trees which are specially sensitive to sodium. These waters do not have any requirement for leaching and/or amendments.
- 3) **Low sodicity waters (SAR/SCAR 10-20)-(S.2):** can be used for crops which are semi-tolerant or tolerant to sodium on almost all soils so that **LF*** is around 0.3. If soils contain gypsum or calcium carbonate, these waters can be used more successfully. EC should not be less than 1 to 2 dSm^{-1} . Less permeability problem develops.

- 4) **Medium sodicity waters (SAR/SCAR 20-30)-(S.3):** can be used only for crops which are tolerant to sodium on soils provided with good drainage such that LF^* is always greater than 0.3. If soils contain gypsum or calcium/carbonate and if rainfall is appreciable and effective, these waters can be carefully used. EC should not be less than 2 to 3 dS/m less permeability problem develops.
- 5) **High sodicity waters (SAR/SCAR 30-40)-(S.4):** These waters are directly unsuitable for irrigation without drastic treatment.
- 6) **Very high sodicity water (>40)-(S.5):** These waters are unsuitable for irrigation.

* (The leaching fraction (LF) is defined as the ratio of the quantity of water draining past the root zone to that infiltrated into the soil's surface. ($LF = EC_{IW} / EC_{DW}$, in dS/m).)

(٣) مخاطر القلوية (Alkalinity Hazards)

يمكن تقديرها بالمعايير التاليه :

• كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) Residual Sodium Carbonate

تظهر ايونات البيكربونات (HCO_3^-) في المياه قليله الملوحة ، وعاده ما يقل تركيزها مع اى زياده في ملوحة المياه (اى زياده الـ EC_w) ، وزياده نسبة ايونات البيكربونات عن ايونات الكالسيوم تعتبر من الصفات الغير مرغوبه ، لأنه بعد تبخر مياه الري فإن أيونات البيكربونات في المياه تميل لترسيب أيونات الكالسيوم .

وبالتالى ، فإن تأثير البيكربونات جنبا إلى جنب مع الكربونات يتم تقييمه من خلال تقدير الـ

RSC بالمعادله التاليه والتي عرضها (Eaton ,1950) :

$$RSC = (CO_3^{=} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}), \text{ all ions expressed as } me.l^{-1}.$$

وقسم (Wilcox, 1954) مياه الري إلى ثلاث فئات طبقا لقياس الـ (RSC) كما جدول ٨-٢) :

Table (8-2): Irrigation water classes as RSC values

Water Quality	RSC (me.l ⁻¹)
Water probably safe for irrigation.	< 1.25
Water marginally suitable for irrigation and can be used with certain management.	1.25 - 2.5
Water unsuitable for irrigation purposes.	> 2.5

• بيكربونات الصوديوم المتبقية (*Residual Sodium Bicarbonate (RSBC)*)

لأن أيونات الكربونات (CO_3^{2-}) لا تتواجد في كثير من الأحيان بتركيزات ملموسة ، وكما أيونات البيكربونات (HCO_3^-) لا ترسب أيونات المغنيسيوم ، فقد اقترح Gupta and Todd (1980) and Gupta (1987) أنه من الممكن تقدير مخاطر القلوية من خلال تقدير ما يسمى دليل بيكربونات الصوديوم المتبقية (RSBC) والتي يتم حسابها على

$$\text{RSBC} = \text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}, \text{ all ions expressed as me.l}^{-1}.$$

وعلى أساس قيمه (RSBC) فإنه يمكن تقسيم مخاطر القلوية لمياه الري إلى ٦ فئات :

- 1) Non-alkaline water (- value)
- 2) Normal water (0 me.l⁻¹)
- 3) Low alkalinity water (2.5 me.l⁻¹)
- 4) Medium alkalinity water (2.5-5.0 me.l⁻¹)
- 5) High alkalinity water (5.0-10.0 me.l⁻¹)
- 6) Very high alkalinity water (> 10.0 me.l⁻¹)

(٤) مخاطر النفاذية (Permeability hazard)

نظراً لأن ايون الصوديوم يمكن ان يسبب حدوث مشاكل حاده في نفاذيه التربيه للمياه ، ولأن نفاذيه التربيه لا تتأثر فقط بالتركيزات المرتفعه من الصوديوم ولكن ايضا تتأثر بتواجد ايونات الـ CO_3^{2-} وايونات الـ HCO_3^- في مياه الري والتي يترسب جزء منهما في صورة CaCO_3 و MgCO_3 ويقل تركيز ايونات الكالسيوم ، فإنه تظهر تأثيرات سلبيه على نفاذيه التربيه . ويمكن تقييم تأثير تواجد كاتيونات الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم وانايونات البيكربونات على النفاذيه ، من مصطلح يعرف بـ (دليل النفاذيه- (Permeability Index (PI % باستخدام المعادله التاليه بواسطه (Doneen , 1964) :

$$PI\% = \frac{Na + \sqrt{HCO_3}}{Ca + Mg + Na} \times 100$$

Where ions are expressed as , me.l⁻¹.

إذا زادت قيمه الـ Permeability Index عن ٦٥% فإن مياه الري تعتبر صالحه للري .

معدل دخول الماء للتربه (Infiltration Rate) وتأثره بـ ECw والـ SAR لمياه الري :

يشير تعبير الـ infiltration إلى رشح (دخول Entry) المياه للتربه ، وكميه المياه الداخلة للتربه في وحده الزمن يعبر عنها بمعدل الرشح (Infiltration Rate) . وقد قدم

(1976) Ayers and Westcot تعبير آخر وهو تعبير النفاذية (Permeability) وهو يشير إلى تخلل (percolation) الماء الداخلى للتربة إلى مابين حبيبات التربة.

و تظهر مشاكل الـ (Infiltration Problem) عندما يكون معدل دخول المياه للتربة ليس بالسرعه الكافيه خلال دورة الري العاديه ، بسبب رداءة بعض الخواص الطبيعيه مثل القوام ونوع معدن الطين السائد ، لسد النقص وتجديد الموارد المائيه للتربة بالكيميه اللازمه للمحصول والتي يجب ان يتحصل عليها من الري . ويعتبر معدل الرشح **Infiltration rate** منخفضاً إذا قل عن 3 mm/ hour ويعتبر مرتفعاً إذا زاد عن 12 mm/hour ، ومن ناحيه أجرى يمكن أن تظهر مشاكل الـ (Infiltration) نتيجة للتأثر بنوعيه ماء الري ، ومشاكل الـ (Infiltration) الناشئه بسبب نوعيه مياه الري تؤدي لحدوث تغييرات غير مرغوب فيها فى الصفات الكيميائيه للتربة بسبب ارتفاع ملوحه مياه الري ونسبه الصوديوم المتوقع إدمصاصها (SAR) على حبيبات التربة من المياه المستخدمه للري، حيث :

- عند انخفاض الـ EC_w لمياه الري (أقل من 0.5 dS/m وبخاصه أقل من 0.2 dS/m) يكون هناك احتمال بدرجه كبيره إلى غسيل الأملاح التربة وبخاصه الكالسيوم ، لتصبح خالية من الأملاح الذائبة و بخاصه الطبقة السطحيه ، ويتسبب ذلك إلى التقليل بدرجه كبيره من تماسك وإستقرار التربة مما يؤثر سلبياً وبدرجه واضحه على ثبات كل من التجمعات الأرضيه (soil aggregates) والبناء الأرضى (soil structure) .
- وقله الأملاح والكالسيوم فى التربة تؤدي إلى حدوث تفريق للتجمعات الحبيبات الأرضيه وتتحول لحبيبات ناعمه تتحرك لأسفل التربة وتترسب فيما بين المسام الأرضيه وتقوم بإغلاقها (sealing pores) ممايتسبب فى تضيقها فتزداد قدرتها على مسك المياه بداخلها ، وتصبح غير منفذه (impermeable) وتقل حركه المياه من السطح عبر هذه المسام الضيقه أى تقل نفاذيه التربة أى تقل الـ (Infiltration Rate) بدرجه كبيره . كما يؤدي ذلك إلى حدوث مشاكل فى الإنبات للمحاصيل المنزرعه وإحتياجاتها المائيه .

بالإضافة إلى أن المياه ذات الملوحه المنخفضة جدا (أقل من 0.2 dS/m) كمياه الأمطار – وهى مياه تكاد تكون منعدمة الملوحه – عندما تسقط بشده وتنهمر بشده تتسبب دائما ، وبصفه إستثنائيه مؤقتة ، فى خفض الـ (Infiltration Rate) ، بغض النظر عن نسبة الـ SAR .

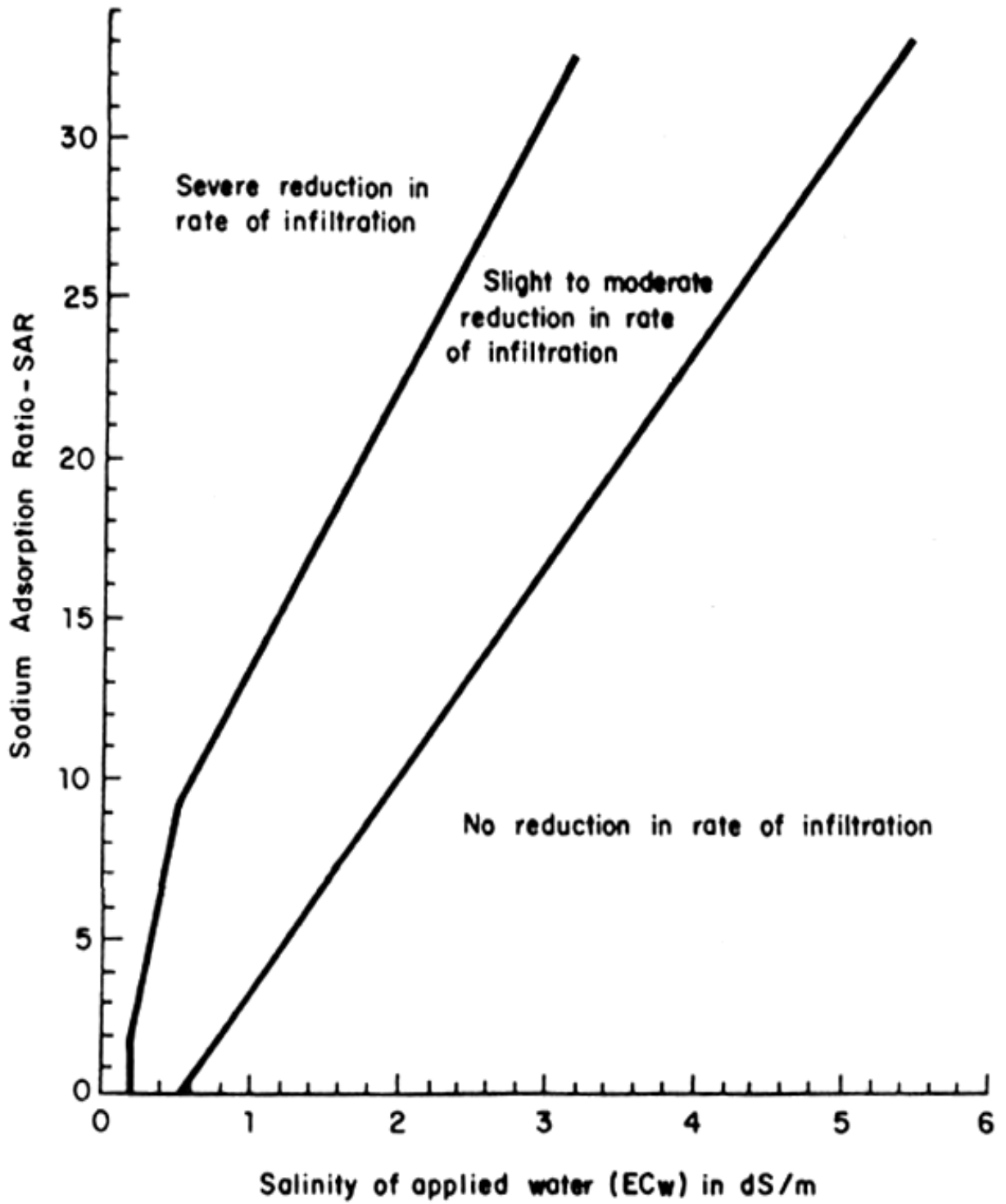
- وتؤدي زياده الصوديوم فى مياه الري عن الكالسيوم بنسبه (1)Ca : (3)Na إلى حدوث تفريق لحبيبات التربة وهدم للبناء الأرضى وتسؤ خواص التربه . كما تتسبب الزياده النسيبيه للصوديوم عن الكالسيوم عن (3:1) > إلى حدوث مشاكل حاده وشديده فى نفاذيه المياه للتربة نتيجة لهدم التجمعات الأرضيه لحبيبات ناعمه وهجرتها لأسفل التربة

(sealing soil pores) وسدها للمسام الأرضيه كما يتسبب ذلك ايضا إلى سوء التهويه فى التربه ، ويؤدى كل ذلك إلى ضعف الإنبات للمحاصيل الناميه وإنتشار الأمراض خاصه فى جذور النباتات والأعشاب الضاره وصعوبه إجراء العمليات الحقلية المختلفه .
وبصفه عامه فإن الـ (Infiltration Rate) يتناقص مع تناقص الـ (ECw) أو مع زياده الـ (SAR) ، ويزيد الـ (Infiltration Rate) مع زياده ملوحة مياه الري (ECw) .
ولذلك، فإن كل من العاملين (ECw) و الـ (SAR) يجب أخذهما بعين الاعتبار معا من أجل التقييم السليم للتأثير النهائى على الـ (Infiltration Rate).
وقد قام كل من (Rhoades (1977) and Oster and Schroer (1979) بتصميم وإقتراح جدول (٩-٢) والشكل البيانى (٢-٢) والليذان يمكن إستخدامهم للتعرف على التقييم العددي والإتجاه العام للتأثير المشترك لملوحه مياه الري (ECw) ونسبه الصوديوم المتوقع إدمصاصها (SAR) على معدل الرشح (infiltration rate) .

Table (9-2): Affects of infiltration rate of water into the soil by EC & SAR of irrigation water together.

	Degree of hazards on Use		
	None	Slight to Moderate	Severe
SAR and EC(dS/m) together of irrigation water			
(SAR)*	EC (dS/m)		
0 – 3	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
3 – 6	> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
6 – 12	> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
12 – 20	> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
20 – 40	> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9

*SAR (sodium adsorption ratio) is sometimes reported by R_{Na}



(Fig. 2-2) Infiltration Rate of soil as affected by (EC_w) and (SAR) of irrigation water.

(٥) المخاطر النوعية للأيونات فى مياه الري

Specific Ion Hazards in irrigation water

الحدود القصوى للعناصر الصغرى وعناصر المعادن الثقيلة المسموح بها فى ماء الري :

طبقاً لـ تقرير الـ (FAO,1994) ، فالجدول التالى (١٤-٢) يوضح الحدود القصوى

للأيونات عناصر المغذيات الصغرى والمعادن الثقيلة المسموح بها فى ماء الري :

Table (14-2): Recommended maximum concentrations of trace elements & heavy metals in irrigation water.

Element	Symbol	For water used continuously on soil (mg l ⁻¹)	For use up to 20 years on fine-textured soil (mg l ⁻¹)
Aluminum	(Al)	5	20
Arsenic	(As)	0.1	2
Beryllium	(Be)	0.1	0.5
Boron	(B)	No Problem: < 0.7 Increasing Problem: 0.7 – 2.0 Severe Problem: > 2.0	2
Cadmium	(Cd)	0.01	0.05
Chromium	(Cr)	0.1	1
Cobalt	(Co)	0.05	5
Copper	(Cu)	0.2	5
Fluoride	(F)	1	15
Iron	(Fe)	5	20
Lead	(Pb)	5	10
Lithium*	(Li)	2.5	2.5
manganese	(Mn)	0.2	10
Molybdenum	(Mo)	0.01	0.05**
Nickel	(Ni)	0.2	2
Selenium	(Se)	0.02	0.02
Vanadium	(V)	0.1	1
Zinc	(Zn)	2	10

* Recommended maximum concentration for irrigating citrus is 0.075 mg/l.

** Only for fine –textured acid soils or acid soils with relative high oxide contents.

نبذة مختصرة عن التأثيرات السلبية لبعض العناصر فى مياه الري على التربة والمحاصيل:

(١) المغنيسيوم (Magnesium)

يعتقد أن محتوى الماغنسيوم وعلاقته بالمجموع الكلى للكاتيونات ثنائيه التكافؤ هو أحد المعايير النوعية الهامة في الحكم على صلاحية مياه الري ، ولأن محتوى المغنيسيوم العالي بالنسبة إلى مجموع الكاتيونات ثنائي التكافؤ يعنى ارتفاع نسبه امتصاص الماغنسيوم على حبيبات التربة مما يؤثر سلبيا على خواص التربة بسبب ماقد تحدثه من " قلوبه مغنيسيه" تؤدي إلى حدوث تأثيرات سيئه فى خواص التربة الطبيعيه مشابهه للمخاطر الناشئه من زياده

الصوديوم ، والتأثيرات الضاره على التربة تظهر عندما تقل قيمه الـ (Ca: Mg ratio) إلى أقل من 50.

$$\text{Mg adsorption Ratio} = \frac{\text{Mg}}{\text{Ca} + \text{Mg}}, \text{ ions are expressed as } \text{me.l}^{-1}.$$

(٢) الكلوريد (Chlorides)

يزداد تركيز أيونات الكلوريد في مياه الري مع الزيادة في الـ EC وأيونات الصوديوم في مياه الري. لذلك فهذه الأيونات هي الأكثر وجوداً في المياه العالية جداً في ملوحتها. وعلى العكس فإن أيونات الكلوريد لا تؤثر على الخصائص الفيزيائية للتربة لأنها لا تدمص على حبيبات التربة كأيونات الصوديوم. ولذلك لم يتم تضمينه في نظام التصنيف الحديث كعامل مؤثر على صفات التربة ، ومع ذلك، يتم استخدامه كعامل في تصنيف بعض المياه الإقليمية لتأثيره على بعض المحاصيل والنباتات التي تزرع في هذه الأقاليم. ويقسم مياه الري بالنسبة لصلاحيته للري بحسب محتواها من عنصر الكلور وبالنسبة لمحتواها من الأيونات الأخرى إلى خمسة فئات (جدول ١٠-٢) :

Table(10-2) : Irrigation water classes as Cl⁻ conc.

Water Quality	Cl ⁻ Conc.	
	(me.l ⁻¹)	(ppm))
Excellent Water.	< 4	< 60
Good water.	4 – 7	60 -200
Slightly usable.	7 – 12	200 – 600
Not suitable.	12 – 20	> 600
Not suitable.	> 20	

وقدم تقرير الـ (FAO,1994) تقييماً لتأثير الكلوريد في ماء الري معتمداً في ذلك على طريقته الري المستخدمة كما في جدول (١١-٢)

Table (11-2): Irrigation water classes as Cl⁻ conc based on irrigation methods,

Irrigation Methods	Degree of problem		
	No	Increasing	Severe
	Cl ⁻ in irrigation water		
Surface	< 4	4 -10	> 10
Sprinkler	< 3	> 3	

Notes:

For surface irrigation, most tree crops and woody plants are sensitive to sodium and chloride; use the values shown. Most annual crops are not sensitive; use the salinity tolerance. For chloride tolerance of selected fruit crops.

With overhead sprinkler irrigation and low humidity (< 30 percent), sodium and chloride may be absorbed through the leaves of sensitive crops.

٣) الكبريتات (Sulphate)

أملاح الكبريتات هي الأقل ضرراً بالمقارنة مع الكلوريدات ، لأنه عندما تتساوى كل الأيونات في التركيز فالنصف فقط يكون من أيونات السلفات وهو المساهم في إحداث الملوحة . ويرجع السبب في ذلك إلى حقيقة أن ما يقرب من نصف الكبريتات يترسب في صورته $CaSO_4$ بينما يبقى النصف الآخر في شكل قابل للذوبان في التربة في صورته SO_4Na أو $MgSO_4$.

وقد أفترض Eaton , 1950 وجود ثلاث فئات بالنسبة لصلاحية المياه بالنسبة لتركيز عنصر السلفات بها هي:

Three classes for sulphate (SO_4^-):

< 4 (meL^{-1}) excellent water

4 - 12 (meL^{-1}) good to injurious

> 12 (meL^{-1}) injurious to unsatisfactory

ولهذا السبب يجب حساب الملوحة المحتملة لمياه الري كمايلي:

Potential Salinity of irrigation, $me\ l^{-1}$ - نسبة الملوحة المحتملة للري
باستخدام الصيغة :

$$PS_{i,w} = (Cl^- + \frac{1}{2} SO_4^{2-}) \text{ whereas, ions are expressed in } me\ l^{-1}.$$

ومنها يمكن تحديد إمكانيه إستخدامها في الري بحسب درجه نفاذيه التربه للمياه ، كما في جدول (١٢-٢) :

Table (12-2) : Soil permeability classes as $PS_{i,w}(me.l^{-1})$ classes of irrigation water.

Potential salinity ($me.l^{-1}$)	Remarks
3-15	Can be recommended for medium permeability soils.
3-7	Recommended for soils of low permeability.

٤) البورون (Boron)

ومن الواضح أن البورون ضروري للنمو الطبيعي للنبات، ولكن بكميات صغيرة جداً. وتواجد البورون بتركيزات سامة في بعض مياه الري يجعل من الضروري أخذ تركيزات البورون في الإعتبار عند تقييم نوعية المياه المستخدمه للري . والحدود المسموح بها من البورون في مياه الري (جدول ١٣-٢):

Table (13-2) : Irrigation water classes and suitability for crops as Boron content.

Boron Class	Crops			Remarks
	Sensitive	Semi-tolerant	Tolerant	
<i>Very Low</i>	< 0.33	< 0.67	<1.00	For safely use.
<i>Low</i>	0.33 – 0.67	0.67 – 1.33	1.00 – 2.00	Can be managed.
<i>Medium</i>	0.67 – 1.00	1.33 – 2.00	2.00 – 3.00	Unsuitable.
<i>High</i>	1.00 – 1.25	2.00 – 2.50	3.00 – 3.75	Unsuitable.
<i>Very High</i>	> 1.25	> 2.50	> 3.75	Unsuitable.

٥) النترات (Nitrate)

تحتوي المياه الجوفية ، فى كثير من الأحيان ، على كمية عالية من النترات. وبصفه عامه فإن الري وبشكل مستمر بمياه ري تحتوى على تركيزات عالية من النترات قد يؤثر على بعض صفات النباتات الناميه ولايؤثر سلبيا على كثير من الخصائص المختلفة للتربة .
وصلاحيه المياه للرى طبقاً لحدود الـ Nitrate فى مياه الري هي:

< 5 *No problem.*

NO_3^- (me t^l) 5-30 *Intensity of NO_3^- (me t^l) problem is moderate.*

> 30 *Intensity of NO_3^- (me t^l) problem is severe.*

٦) الليثيوم (Lithium)

الليثيوم من العناصر النادره (Trace elements) ، وهذه العناصر يمكن ان تتواجد فى معظم المياه الجوفية المالحة . وقد وجد أن الليثيوم إذا تواجد بتركيز (0.075 ppm) فى المياه يؤدي إلى إحداث آثار سامة على نمو الحمضيات. وقد تتواجد فى بعض البلدان أراضى مالحة بها تركيزات متفاوتة من الليثيوم تصل الى 2.5 ppm ، ولحسن الحظ، فإن إنبات معظم المحاصيل فى تلك الأراضى لم تتأثر بهذا التركيز من الليثيوم.

الباب الثالث

الصفات الطبيعية للأراضي الزراعية

(إعداد : د.أ / صادق على أحمد الرئيس)

مقدمة :

تختلف أنواع الأراضي عن بعضها في نسبة ما تحتويه من المواد المعدنية والعضوية وكذلك نسبة المواد السائلة والغازية, و مكونات الاراضى هي:-

- جزء صلب يشمل حبيبات التربة المعدنية العاديه المختلفه الأقطار والبقايا العضوية.
- جزء سائل يشمل السوائل كالماء
- جزء غازى ويحتوى على الغازات والهواء.

وهذه المكونات توجد مختلطة مع بعضها طبيعيا فى نظام معقد ويختلف من افق إلى آخر فى نفس القطاع للأرض الواحد مما ينشأ عنه إختلاف فى الخواص الطبيعيه للأراضى.

وعلم طبيعة الأراضي او فيزياء الأراضي هو علم يهتم بدراسة الصفات او الخصائص الفيزيائية للتربة. وهذه الصفات التربة الفيزيائية تشمل قوام التربة والبناء الأرضى و كثافة التربة وحيزها المسامى والسعة الهوائية للتربة وخواص التربة المائية من احتفاظ بالرطوبة و سعة تخزين الماء و حركة الماء وتوزيعه فى التربة و علاقة الماء بالنبات من حيث تيسيره للنبات و تأثيره على تعمق جذور النبات و يهتم العلم بالخصائص الحرارية للتربة. والجزء التالى يتناول دراسة تفصيلية عن دلالات قياسات أهم هذه الصفات :

(١) التوزيع الحجمى لحبيبات التربة (قوام التربة)

- حبيبات التربة المعدنية تنقسم من وجهه نظر علم طبيعة الأراضي إلى ثلاثة مجموعات حجمية وأقطار حبيبات (وللتبسيط ، يفترض أن الحبيبات كروية الشكل ، حيث أنها حقيقة فى الطبيعة ليست كروية تماما) المجموعات الحجمية الثلاثة فى جدول (٣-١):
- جدول (٣-١) اقطار حبيبات التربة الأساسية(م)٠

قطر الحبيبات ملليمتر(م)	توزيع الحبيبات
٢-٠.٠٢	حبيبات الرمل وهى الأكبر حجما، (الخشنة)
٠.٠٢-٠.٠٠٢	حبيبات السلت وهى المتوسطة حجما
اقل ٠.٠٠٢	حبيبات الطين الأصغر حجما ، (الناعمة)

- الرمل كبير الحبيبات صغير السطح النوعى خامل كيميائيا عديم التفاعل بتاتا ولا يحمل سطحه شحنات كهربية لذلك فسعته التبادلية للكاتيونات تساوى صفرا و من جهة النظر

الكيميائية هو ثانى أكسيد السيلكون المعروف باسم معدن الكوارتز كما تحتوى الرمال على فليسبار و ميكا فى الأراضى الصحراوية التى ظروف تكوينها راجع لعوامل فيزيائية لغياب الماء.

• الطين حجمة الدقيق يسمى حجم غروى ومساحة السطح النوعى لحبيباته كبيرة وكيميائيا هو معدن معقد التركيب من ألومنيات السيليكون وجزئياته صفائحية التركيب (لذلك يمكن الأنزلاق فوق الطين المبتل لأن الضغط على جزئياته الصفائحية المبتلة يجعلها تنزلق فوق بعضها البعض) و معادن الطين الثانوية السيلكاتية مكونة من رقائق صفائحية تنتفخ بالماء فتتمدد عند الابتلال وتصير تربتها أكثر ليونة و العكس يحدث بالجفاف لكن أهم خصائص الطين أنه نشط كيميائيا لوجود شحنات كهربية سالبة على سطحه تجذب إليها أيونات العناصر المغذية للنبات (كاتيونات).

• السلت يشبه الطين فى الليونة و التمدد عند الابتلال و الانكماش عند الجفاف لكن بدرجة أقل و كذلك فى قدرته على الاحتفاظ بالماء و تميل حبيبات السلت لعدم الانتظام و تنوع الشكل ووجود كسور بها وقلما تكون ملساء أو مسطحة. و السلت تظهر به بعضا من خواص الرمل و بعضا من خواص الطين وكيميائيا يتربك جزء منه من الكوارتز (جزء من معادن سيلكاتية أولية وجزء من معادن سيلكاتية ثانوية).

• هناك ثلاثة مجموعات قوام رئيسية هى :

١. الأراضى الرملية و تحتوى على ٧٠% من وزنها حبيبات رمل وتسود بتلك الأراضى

خصائص الرمال وهى ما تحتوى على ٨٥% من وزن حبيباتها المعدنية رمل.

٢. الأراضى الطينية وتصل نسبة حبيبات الطين بها لأكثر من ٣٥% من وزن التربة

و غالبا ما تكون النسبة ٤٠% وتسود بها خصائص الطين.

٣. الأراضى الطميية تعتبر هى الأراضى النموذجية و تحتوى على نسب متوازنة من

المجموعات الحجمية الثلاث (طين – سلت – رمل).

و ليست هذه الرتب هى رتب القوام فقط ولكن هناك رتب أخرى هى : الرملية – الطميية

الرملية – الرملية الطمييه – الرملية الطينية الطميية – الطميية – السلتية الطميية – السلتية –

السلتية الطينية الطميية – السلتية الطينية – الطينية الطميية – الطينية الرملية – الطينية (شكل

التحليل الحجمي للحبيبات (التحليل الميكانيكي)

وهى الطريقة المستخدمة لتقدير التوزيع الحجمي للحبيبات (قوام التربة) ويتم بواسطة المعامل المتخصصة فى الأراضى للتحليل الميكانيكي لعينات التربة . حيث تؤخذ عينة ممثلة للتربة ثم تفصل بواسطة الغربيل ذات أحجام ذات الأقطار أكبر من ٢ ملليمتر وهى من الحصى والحجارة ولا تدخل فى تحديد القوام لكن يتم تقدير كميتها و مدى انتشارها على سطح التربة وفى عمق الحرث . و تفصل حبيبات الرمل الخشن ذات أقطار ٠.٢-٢ ملليمتر بغربال قطر ثقوبه ٠.٢ ملليمتر و توزن و يتبقى خليط من الرمل الناعم والسلت و الطين حيث يتم التخلص من المواد اللاحمة و الأملاح و تقدر المكونات إما بالماصة أو الهيدروميتر أو المناخل و من معرفة أوزان المكونات يتم تحديد القوام من مثلث القوام.

الأساس النظرى لفصل الحبيبات (التحليل الميكانيكى للتربة):

• يمكن تعريف التحليل الميكانيكى بصورة عامة بأنه عملية تقسيم عينة التربة بطريقة ما إلى مجموعات ، حيث أن كل قسم أو مجموعة تحتوى كل حبيباتها على أقطار متساوية ، وهذه المجموعات من الأحجام بعد قياسها وتحديد لها ثم وزن كل مجموعة منها ويعبر عنها كنسبة مئوية من المجموع الكلى للعينة المأخوذة ، ويمكن استخدام المناخل ذات الثقوب المختلفة الأحجام إلا أنها غير عملية ولا تصلح إلا فى حالة الحبيبات الكبيرة والأراضى الرملية.

• لذلك استعملت طريقه أخرى تعتمد على تساقط الحبيبات فى وسط سائل كالماء بسرعات مختلفه تعتمد على وزنها وكثافتها النوعية و على شكلها . وعلى ذلك فحين تسقط هذه الحبيبه تبدأ سرعتها فى الازدياد حتى تتوازن ثلاث قوى هى :

١- الجاذبيه الأرضيه

٢- قوة الدفع الى أعلى

٣- لزوجة الوسط السائل

و حينما تتعادل القوة الأولى مع القوتين الأخرتين فإنها سوف تسقط بسرعة منتظمة ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة التى تم صياغتها فى قانون يعرف بقانون ستوكس .

• قانون ستوكس: هوقوة مقاومة المانع لكرة تسقط سقوطاً حراً فيه تتناسب طردياً مع

معامل لزوجة هذا المائع وقطر الكرة وسرعتها الحدية

الجاذبيه الأرضيه = قوة الدفع الى أعلى + لزوجة الوسط السائل ، ويُعبر عنه بالمعادلة :

$$(F) + (U) = (W)$$

Where:

$$(6\pi\eta r v) + (\rho_f \frac{4}{3} \pi r^3 g) = (\rho_b \frac{4}{3} \pi r^3 g)$$

Then:

$$6\pi\eta r v = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_b - \rho_f) g$$

Whereas:

$V =$	سرعة سقوط الحبيبة (سم/ث)
$r =$	نصف قطر الحبيبة (سم)
$\rho_b =$	الكثافة النوعية للجسم الصلب (جم/سم ^٣)
$\rho_f =$	الكثافة النوعية للسائل (جم/سم ^٣)
$g =$	عجلة الجاذبية (سم/ث ^٢)
$\eta =$	لزوجة السائل (جم/سم/ث)
$\pi =$	النسبة التقريبية

وكما سبق القول فإن فصل الحبيبات يتم بطريقة الترسيب نتيجة اختلاف أحجامها وعلاقة ذلك بسرعة رسوب الحبيبات في الوسط. هذا الأساس يعتمد على قانون ستوكس stock's law والذي ينص على أنه عند سقوط حبيبة في سائل فان سرعة الرسوب تتناسب طردياً مع حجم الحبيبة (نصف قطر الحبيبة) كما يظهر ذلك من العلاقة التالية:

$$v = \frac{2}{9} g r^2 \left(\frac{\rho_b - \rho_f}{\eta} \right)$$

حيث :

(V) : سرعة سقوط حبيبات التربة في الوسط (سم/ثانية)

(g) : عجلة الجاذبية الأرضية (٩٨٠ سم/ثانية^٢)

(r) : نصف قطر الحبيبات (سم)

(Pb) : كثافة الحبيبات الصلبة (جم/سم^٣)

(Pf) : كثافة السائل أو الماء (جم/سم^٣)

(η) : لزوجة السائل (جم/سم/ثانية)

**** وبفرض معرفة الثوابت المختلفة فان المعادلة تصبح

$$v = K * r^2 \quad \text{أى أن :}$$

(سرعة رسوب الحبيبات في الوسط تتناسب طردياً مع مربع نصف قطر الحبيبات الصلبة).

هذا القانون مبنى على أساس توازن القوى المؤثرة على سقوط الحبيبات فى سائل له مواصفات معينة (الكثافة واللزوجة). ولكي يتم تطبيق هذا القانون بدقة لابد من الآتي:

- ١- يجب أن يكون التفريق تاماً وكاملاً حتى تكون النتائج معبرة عن حبيبات التربة الفردية وليست المركبة.
- ٢- يفترض القانون أن الحبيبات كروية الشكل حيث يعبر عنها بنصف القطر ولما كانت حبيبات التربة غير كروية وذات أشكال مختلفة فاننا نستخدم ما يسمى نصف القطر المكافئ $equivalent\ radius$ وهو عبارة عن نصف قطر حبيبة كروية لها نفس حجم الحبيبات المذكورة
- ٣- لابد أن يكون سطح الحبيبات أملس حتى لا تؤثر لزوجة السائل على حركة الحبيبات
- ٤- لابد أن يكون حجم الإناء كبير (قطر الإناء) مقارنة بقطر الحبيبات حتى لا يؤثر على حركة الحبيبات أثناء سقوطها.

طرق تقدير التوزيع الحجمى للحبيبات

(١) طريقة الماصه (٢) طريقة الهيدروميتر (٣) طريقة المناخل

(١) طريقة الماصه

الأساس العملى التى بنيت عليه هذه الطريقة هو تقدير تغير تركيز المعلق عند عمق ثابت مع الزمن ويقاس هذا التغير بأخذ حجم معلوم من المعلق عند العمق المعلوم وعند الزمن المعلوم المحسوب من قانون ستوك ثم تجفف هذه الحجوم وتوزن وتحسب نسبتها المئوية. والعمق المتخذ هو ١٠ سم بينما الأزمنة اللازمة لسقوط الحبيبات فى المعلق تحسب من قانون ستوك حيث أن الزمن اللازم لسقوط أصغر حبيبة رمل على عمق ١٠ سم من سطح المعلق ٤ دقائق ٤٨ ثانية وبالتالي حبيبات التربة الموجودة فى هذا العمق تكون السلت والطين فقط والزمن اللازم لسقوط اصغر حبيبة سلت على عمق ١٠ سم من سطح المعلق ٨ ساعات وبالتالي حبيبات التربة الموجودة فى هذا العمق تكون الطين فقط.

المحاليل المطلوبة

- ١- محلول فوق اكسيد الهيدروجين ٦% (يحضر بتخفيف ٢٠٠ مل من المحلول المركز ٣٠% فى لتر ماء مقطر).
- ٢- محلول حامض الهيدروكلوريك ١ ع (يحضر بتخفيف ٨٠ مل من الحامض المركز فى لتر ماء مقطر).
- ٣- محلول مفرق (يحضر باذابة ٥٠ جرام هكساميتا فوسفات الصوديوم فى لتر ماء مقطر).

خطوات العمل

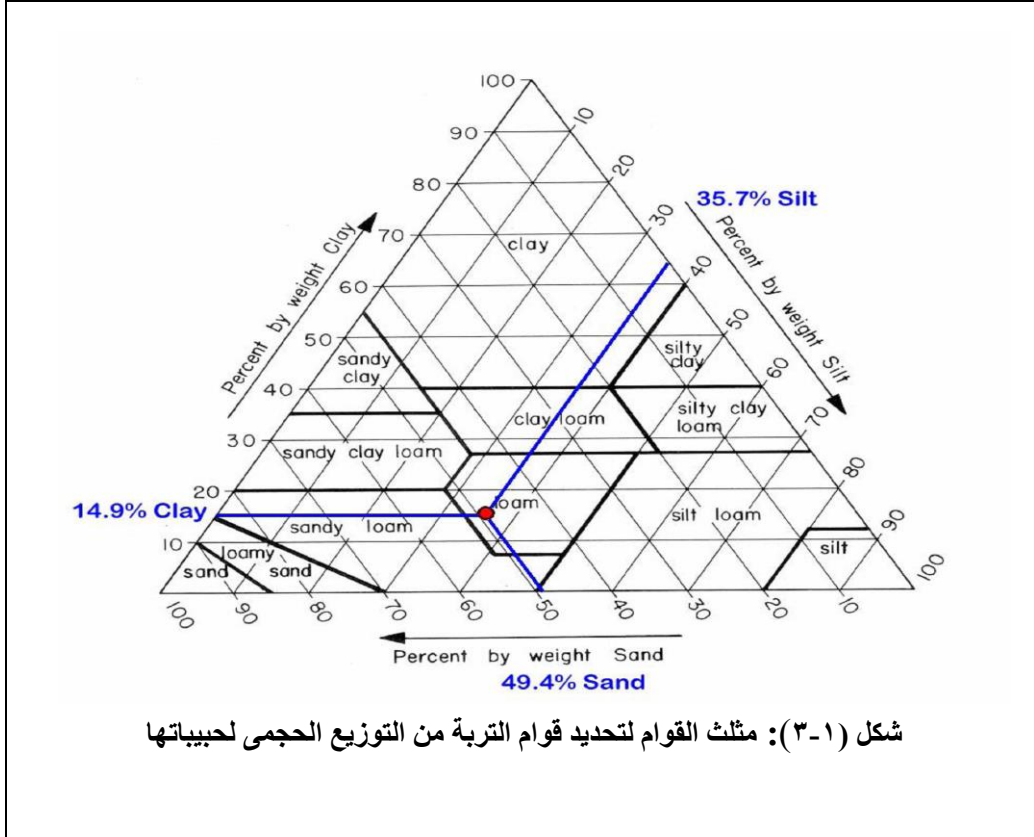
- وزن ٢٠ جرام من ناعم التربة والمجهزة للتقدير وقدر بها المحتوى الرطوبى بالتجفيف فى الفرن على درجة ١٠٥ مئوية لمدة ٢٤ ساعة.
- وزن ٢٠ جرام أخرى من عينة التربة وانقلها الى كأس زجاجى سعة ٥٠٠ مل ثم اضع بالمخبر المدرج باحتراس ٥٠-٦٠ مل من محلول فوق أكسيد الهيدروجين (٦%) للتخلص من المادة العضوية مع الرج جيداً ويترك لمدة ٥-١٠ دقائق لحدوث التفاعل.
- ينقل الكاس الى حمام مائى أو سخان مسطح على درجة حرارة ٨٠ مئوية لمدة ١٥ دقيقة مع التقليب مع إضافة ٣٠-٤٠ مل أخرى من فوق أكسيد الهيدروجين إذا تطلب الأمر (يظهر فوران بالعينة نتيجة أكسدة المادة العضوية وخروج غاز ثانى أكسيد الكربون ويستدل على انتهاء أكسدة المادة العضوية بانتهاء تصاعد الفوران).
- يترك الكأس حتى يبرد ثم يضاف ٢٥ مل من حمض الهيدروكلوريك ٢ع للتخلص من كربونات الكالسيوم فى حالة التربة التى تحتوى على أكثر من ٢% كربونات كالسيوم.
- التخفيف بالماء المقطر حتى ٢٥٠ مل مع الرج لمدة تزيد عن ساعة لزيادة التفاعل.
- ترشيح المحتويات باستخدام ورق ترشيح واتمان ٥٠.
- غسل التربة بالماء المقطر حتى يكون الراشح خالى تماماً من الكلوريدات ويتم الاستدلال من خلال اختبار الراشح بمحلول نترات فضة.
- تنقل العينة كيميا (جميع محتويات الكاس باستخدام تيار من الماء المقطر) الى كأس سعته ٥٠٠ مل والتكمله بالماء المقطر حتى ٤٠٠-٥٠٠ مل .
- يضاف صودا كاوية حتى يتلون المعلق بلون وردى مما يدل على قلوية الوسط (يكفى ٧ مل من هيدروكسيد صوديوم ٠.١ع كما يمكن استخدام محلول هكساميتا فوسفات الصوديوم بدلا من الصودا الكاوية).
- الرج باستخدام جهاز رج كهربائى لمدة ١٠ دقائق.
- ينقل معلق التربة نقلا كيميا إلى منخل قطر ثقوبه ٠.٢ ملم مثبت على فوهة قمع مثبت بدوره على مخبر ترسيب سعة ١ لتر.
- تنقل الحبيبات الخشنة الممثلة للرمل الخشن المتبقية فى المنخل الى جفنة جافة نظيفة سبق وزنها وتوضع فى فرن على ١٠٥ درجة مئوية حتى تمام التجفيف ومنها يتم حساب وزن الرمل الخشن.

- يكمل حجم المعلق فى المخبار الى ١ لتر باستخدام ماء مقطر مع رج المعلق جيداً بساق تقليب ٢٠-٢٥ مرة خلال دقيقة واحدة.
- نأخذ ١٠ مل باستخدام ماصة بحرص من عمق ١٠ سم قبل انتهاء الوقت المقرر (٤ دقائق و ٤٨ ثانية وهو الزمن اللازم لسقوط أصغر حبيبة رمل ناعم مسافة مقدارها ١٠ سم) بحوالى ٢٠ ثانية ثم توضع فى جفنة جافة نظيفة سبق وزنها وتوضع فى فرن على ١٠٥ درجة مئوية حتى تمام التجفيف ومنها يتم حساب وزن السلت والطين معا.
- يكمل حجم المعلق فى المخبار الى ١ لتر باستخدام ماء مقطر مع رج المعلق جيداً بساق تقليب ٢٠-٢٥ مرة خلال دقيقة واحدة.
- نأخذ ١٠ مل باستخدام ماصة بحرص من عمق ١٠ سم قبل انتهاء الوقت المقرر (٨ ساعات وهو الزمن اللازم لسقوط أصغر حبيبة سلت مسافة مقدارها ١٠ سم) بحوالى ٢٠ ثانية ثم توضع فى جفنة جافة نظيفة سبق وزنها وتوضع فى فرن على ١٠٥ درجة مئوية حتى تمام التجفيف ومنها يتم حساب وزن الطين.
- يتم سكب المعلق ونقل الراسب (الرمل الناعم) نقلاً كميًا إلى كأس سعة ٥٠٠ مل مع إكمال الحجم بالماء المقطر والرج جيداً ثم يترك لمدة ٤ دقائق و ٤٨ ثانية مع التخلص من المعلق وهكذا تكرر هذه الخطوة حتى يصبح الجزء العلوى فوق الراسب رائق تماماً.
- ينقل الرمل الناعم نقلاً كميًا إلى جفنة جافة نظيفة سبق وزنها وتوضع فى فرن على ١٠٥ درجة مئوية حتى تمام التجفيف ومنها يتم حساب وزن الرمل الناعم.

طريقة الحساب

- ١- وزن التربة الجافة هوائياً (جرام)
- ٢- وزن التربة الجافة تماماً (جرام)
- ٣- وزن الجفنه نظيفة جافة (جرام)
- ٤- وزن الجفنة بها السلت والطين بعد التجفيف (جرام)
- ٥- وزن الجفنة بها الطين بعد التجفيف (جرام)
- ٦- وزن الجفنة بها الرمل بعد التجفيف (جرام)
- ٧- وزن السلت فقط (خطوه ٤ - خطوه ٥ بالجرام)
- ٨- وزن الطين فقط (خطوه ٥ - خطوه ٣ بالجرام)
- ٩- وزن الرمل فقط (خطوه ٦ - خطوه ٣ بالجرام)

- % للسلت = (وزن السلت فقط 100×1000) \div (وزن التربة جافة تماما $10 \times$).
- % للطين = (وزن الطين 100×1000) \div (وزن التربة جافة تماما $10 \times$).
- % الرمل = (وزن الرمل \div وزن التربة جافة تماما) $100 \times$
- بعد تحديد النسب المئوية لكل مكون يتم استخراج قوام التربة من مثلث القوام (شكل التالي ٣-١)



(٢) طريقة الهيدروميتر

- تعتبر طريقة الهيدروميتر لتقدير تركيز الحبيبات في معلقات التربة (طريقة الفصل بالترسيب) من أكثر الطرق الروتينية شيوعاً في معامل التربة وذلك لسهولة اجرائها وسرعة الحصول على النتائج منها.
- وتعتمد هذه الطريقة على قياس كثافة معلق التربة عند أزمنة مختلفة بواسطة الهيدروميتر حيث أن كثافة المعلق المتجانس تتغير مع الزمن نتيجة ترسيب الحبيبات الفردية بسرعة تتناسب مع أحجامها حسب قانون ستوكس. ويتم ذلك بأخذ قراءة الهيدروميتر لمعلق التربة عند أزمنة مختلفة تعتمد على حجم الحبيبات المراد قياسه مع أخذ القراءة في نفس الأزمنة في محلول المادة المفرقة في الماء.

على ذلك يمكن معرفة تركيز معلق التربة (C) عند زمن معين حيث:

$$C = R - R_L \pm R_T$$

حيث :

R : قراءة الهيدروميتر في معلق التربة عند زمن معين

R_L : قراءة الهيدروميتر في المحلول المفرق في الماء عند نفس الزمن

R_T : تصحيح درجة حرارة المعلق

ويتم عمل تصحيح لقراءة الهيدروميتر نتيجة تأثير درجة الحرارة على سرعة رسوب الحبيبات حيث يتم اضافة ٠.٤ وحدة لكل درجة حرارة للمعلق أكبر من ١٩.٤ م° او طرح ٠.٤ وحدة لكل درجة حرارة للمعلق اقل من ١٩.٤ م°. حيث أن ١٩.٤ م° هي درجة الحرارة المدرج عندها الهيدروميتر. ويمكن استخدام القاعدة التالية :

$$R_T = 0.4 * (T - 19.4)$$

حيث T : درجة حرارة المعلق المقاسة عند الزمن المقابل لقراءة الهيدروميتر

ومن ثم يمكن إيجاد النسبة المئوية لحجم معين من الحبيبات من العلاقة :

$$P = \frac{C}{C_0} * 100$$

حيث: C_0 كتلة حبيبات التربة الجافة تماماً التي تم اجراء التقدير عليها.

٣) طريقة المناخل

يستخدم مجموعة من المناخل ذات أقطار متدرجة حيث يمرر عينة موزونة على الأقطار جدول (٣-٢) ثم يوزن كمية التربة على كل منخل وينسب الى الوزن الكلي لمعرفة وزن المكونات:

الوزن الكلي = (وزن المتبقى على منخل (١) / الوزن الكلي x ١٠٠) + (وزن المتبقى على منخل (٢) /

الوزن الكلي x ١٠٠) + (وزن المتبقى على منخل(٣) / الوزن الكلي x ١٠٠) +

جدول (٢-٣) التقاسيمات الدولية المختلفة الخاصة بحدود أقطار مجاميع حبيبات التربة

التقسيم الأوربي		التقسيم الدولي (تقسيم الجمعية الدولية لعلوم التربة)		التقسيم الأمريكي / FAO (تقسيم وزارة الزراعة الأمريكية)		مجاميع الحبيبات الأولية
قطر الحبيبات	نوع الحبيبات	قطر الحبيبات (مم)	نوع حبيبات التربة	قطر الحبيبات (مم)	نوع حبيبات التربة	
٢	رمل خشن	٠.٢ - ٢	رمل خشن	١ - ٢	رمل خشن جداً	الرمل
	رمل متوسط			٠.٥ - ١	رمل خشن	
	رمل ناعم	٠.٠٢ - ٠.٢	رمل ناعم	٠.٢٥ - ٠.٥	رمل متوسط	
				٠.١ - ٠.٢٥	رمل ناعم	
٠.٢	رمل ناعم جداً	٠.٠٥ - ٠.١	رمل ناعم جداً			
٠.٠٦	سلت خشن	٠.٠٢ - ٠.٠٥	سلت	٠.٠٢ - ٠.٠٥	سلت خشن	السلت
	سلت متوسط				سلت ناعم	
	٠.٠٢				سلت ناعم	
٠.٠٠٦	سلت ناعم	٠.٠٠٢ - ٠.٠٠٢	سلت ناعم	٠.٠٠٢ - ٠.٠٠٢	سلت ناعم	
٠.٠٠٢	طين خشن	أقل من ٠.٠٠٢	طين	أقل من ٠.٠٠٢	طين	الطين
	طين متوسط					
	٠.٠٠٠٦					
٠.٠٠٠٢	طين ناعم					

(٢) كثافة التربة Soil Density

كثافة التربة هي كتلة المادة الصلبة من التربة لحجم معين. ويعبر عنها بطريقتين هما : الكثافة الحقيقية والكثافة الظاهرية.

١- الكثافة الحقيقية Particle density :

الكثافة الحقيقية للتربة هي كتلة المواد الصلبة فيها بالنسبة إلى حجم الحبيبات دون الفراغات وتحسب كالتالي:-

$$\text{الكثافة الحقيقية للتربة (جم/سم}^3\text{)} = \frac{\text{كتلة المادة الصلبة بعد التجفيف (جرام)}}{\text{حجم المادة الصلبة (سم}^3\text{)}}$$

وتختلف الكثافة الحقيقية من تربة إلى أخرى حسب نوعية المعادن، ونسبة المادة العضوية. فنظراً إلى الكثافة المنخفضة للمادة العضوية (١.٣، ١.٥ جرام/سم^٣) مقارنة بالمادة المعدنية فإنه كلما ازدادت نسبة المادة العضوية في التربة كلما قلت الكثافة الحقيقية لتلك التربة، أما الجزء المعدني من المادة الصلبة في التربة فيناهم متوسط كثافة ٢.٧ جرام/سم^٣ وهي تقترب من كثافة معدن الكوارتز Quartz الذي يسود في التربة الرملية إلا أنه يوجد إختلاف كبير بين كثافة المعادن فكلما ارتفعت نسبة العناصر الثقيلة في المعدن مثل الحديد Fe كانت كثافته عالية ومثل معدن الهيماتيت Fe₂O₃ الذي تقدر كثافته بنحو ٥ جرام/سم^٣ لذا فإن التربة التي تحتوى على

نسبه مرتفعه من أكاسيد الحديد تكون كثافتها أعلى من كثافة التربة المكونه أساساً من معادن الكوارتز والفلسبارت .

٢-الكثافة الظاهرية Bulk Density :

الكثافة الظاهرية Soil Bulk Density هي نسبة كتلة المادة الصلبة من التربة بعد تجفيفها (على درجة ١٠٥ مئوية) منسوبة إلى حجمها التربة الكلى فى حالتها الطبيعية بما فى ذلك الفراغات (undisturbed) ويعبر عنها بوحدهات جرام/سم^٣ او كجم/متر مكعب ، وتتراوح متوسط قيمها يصفة عامة من ١.١ الى ١.٨ جرام /سم^٣.

الكثافة الظاهرية ليست لها قيمة ثابتة للتربة فهي تتغير مع تغير احوال بناء التربة المتعلقة نتيجة اندماج (كبس) التربة نتيجة عمليات الخدمة الزراعية المختلفة أو تفككها نتيجة لعمليات زراعية مثل الحرث او العزيق او التسميد العضوي.

والترب العضوية تنخفض فيها قيمة الكثافة الظاهرية بدرجة كبيرة مقارنة بالترب المعدنية وهذا معناه ان الكثافة الظاهرية ليست خاصية ذات قيمة ثابتة .

ولما كانت الكثافة تتوقف على الكتلة والحجم للمادة ولما كانت كتلة التربة ثابتة فان الكثافة الظاهرية تتغير تبعاً لتغير حجم التربة, حيث ان هذا الحجم يتغير بناءً على عمليات الخدمة الزراعية كما سبق القول. وتحسب كما يلى:-

$$\text{الكثافة الظاهرية (جم/سم}^3\text{)} = \frac{\text{كتلة التربة الجافة (مجففة على درجة حرارة ١٠٥ درجة مئوية) جرام}}{\text{حجم التربة في حالتها الطبيعية (الحجم الظاهري للتربة) سم}^3}$$

بما أن الكثافة الظاهرية للتربة تستخدم الحجم الكلى للتربة (حجم المادة الصلبة + حجم الفراغات مجتمعه) فأنها تكون دائماً أقل من كثافتها الحقيقية وتتأثر الكثافة الظاهرية للتربة بالعوامل التى تؤثر فى الكثافة الحقيقية (نوع المعادن، ونسبة المادة العضوية) إضافة إلى العوامل المؤثرة فى مسامية التربة مثل قوام التربة وبنائها وتراص حبيباتها ، فكلما ازدادت مسامية التربة قلت كثافتها الظاهرية لذلك تكون الأراضى الطينية العالية المسامية أقل فى كثافتها الظاهرية من الأراضى الرملية.

الكثافات الظاهرية للأراضى الطينية ، والأراضى الطينية الطميية والطينية السلتية تراوحت بين ١ و ١.٦ جرام/سم^٣ وأن الأراضى الرملية والرملية الطمييه تتراوح بين ١.٢ الى ١.٨ جرام/سم^٣ . كما أن الكثافة الظاهرية تزداد مع العمق كما انها تقل مع العمليات الزراعية أو زيادة المادة العضوية كما تزداد فى الطبقات شديدة الأندماج تزداد حيث تصل الى ٢ جرام/سم^٣

طرق تقدير الكثافة الظاهرية

(١) تقدير الكثافة الظاهرية للتربة (ρ_b) بطريقة شمع البرافين (Clod Method)

الفكرة الأساسية :

بنيت هذه الطريقة على أساس قاعدة ارشميدس والتي تنص على " إذا غمر جسم في سائل فانه يلقى دفعاً من اسفل الى أعلى وهذا الدفع يساوى وزن السائل المزاح وحجم السائل المزاح يساوى حجم الجسم المغمور " ، فإذا وضعت كتلة من التربة في سائل فان هذه الكتلة سوف تؤدي الى حدوث ازاحة لجزء من السائل لكي تحل محله هذه الكتلة ، وحجم هذا السائل المزاح لابد ان يكون مساوياً لحجم هذه الكتلة من التربة .

وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون عينه التربة عبارة عن كتلة طينية متماسكة ، وبما أن التربة مادة مسامية فلا يمكن وضعها في الماء مباشرة ، ولكن لابد من تغليفها بمادة حافظة (لكي تمنع تفكك التربة ولتمنع دخول الماء خلال مسام تربة تلك العينة) ، وهذه المادة هي شمع البرافين Paraffin Wax على أن يؤخذ حجم الشمع في الاعتبار عند الحساب .

طريقة العمل:

- ١- خذ جزء من كتلة التربة المراد حساب الكثافة الظاهرية لها وقدر محتواه الطوبى بطريقة التجفيف في الفرن على درجة ١٠٥ مئوية لمدة ٢٤ ساعة .
- ٢- خذ جزء آخر من كتلة التربة واربطه بخيط رفيع وعلقه في كفة الميزان لايجاد وزنه في الهواء (ك١) .
- ٣- أصهر شمع البرافين على حمام مائي واتركه يبرد قليلاً حتى حوالي ٦٠ درجة مئوية .
- ٤- أغمس كتلة التربة في شمع البرافين المصهور وارفعها بسرعة لتعريضها للهواء .
- ٥- اعد غمس كتلة التربة في شمع البرافين المصهور مرة اخرى حتى تتأكد من تكوين غشاء من شمع البرافين حول كتلة التربة يحميها من وصول الماء اليها .
- ٦- زن كتلة التربة وهي مغلفة بشمع البرافين ومعلقة في الهواء (ك٢) .
- ٧- زن كتلة التربة بعد ذلك وهي مغلفة بشمع البرافين وذلك بعد غمسها في كاس به ماء موضوع على قنطرة خشبية حول كفة الميزان مع مراعاة ان تكون كتلة التربة مغموسة في الماء تماماً ولا تلامس جدران الكاس او قاعدته (ك٣) .
- ٨- أحسب الكثافة الظاهرية (ρ_b)

القياسات وطريقة الحسابات

** القياسات :

- وزن كتلة التربة في حالتها الطبيعية معلقة في الهواء = (ك١) جرام
- وزن كتلة التربة + شمع البرافين المغلف لها وهي معلقة في الهواء = (ك٢) جرام
- وزن كتلة التربة + شمع البرافين المغلف لها وهي مغموسة في الماء = (ك٣) جرام
- وزن كتلة الشمع المغلف للتربة = (ك٢) - (ك١) جرام

** طريقة الحساب :

$$(ك١) - (ك٢)$$

$$(١) \text{ حجم كتلة شمع البرافين} = \frac{(ك١) - (ك٢)}{\dots}$$

$$\text{كثافة شمع البرافين (٠,٩ جرام/سم}^٣$$

$$(٢) \text{ وزن السائل المزاح} = (\text{وزن كتلة التربة+الشمع}) \text{ في الهواء (ك٢)} - (\text{وزن كتلة التربة+الشمع}) \text{ في الماء (ك٣)}$$

إذن : وزن السائل المزاح (\approx حجمه) = (ك٢) - (ك٣) جم (لأن كثافة الماء \approx ١ جم/سم^٣)

(٣) بما ان: وزن السائل المزاح "الماء" (\approx حجمه) = حجم الجسم المغمور = (حجم كتلة التربة + الشمع)
 إذن : حجم كتلة التربة (ح) = وزن السائل المزاح - حجم الشمع = سم^٣

$$\text{سم}^3 = \frac{(ك١) - (ك٢)}{٠,٩} - [(ك٣) - (ك٢)] =$$

$$(٤) \text{ كتلة التربة الجافة تماماً (ك) = } \frac{\text{كتلة التربة الرطبة } 100 \times \text{جرام}}{(100 + \text{نسبة الرطوبة الكلية لكتلة التربة})}$$

$$(٥) \text{ الكثافة الظاهرية للتربة } (\rho_b) = \frac{\text{كتلة التربة الجافة تماماً (ك)}}{\text{حجم كتلة التربة (ح)}} = \text{جرام / سم}^3$$

(٢) طريقة الكور

يؤخذ حلقة من المعدن بارتفاع ٢.٥ سم وقطر ٥ سم ويحسب حجمها الداخلى وتدفع فى التربة برفق ثم تحفظ جيداً حتى لا تفقد الرطوبة وفى المعمل توزن لمعرفة وزنها بالكور وتحسب الكثافة الظاهرية للتربة الجافة هوائياً ثم توضع فى الفرن الكهربى على درجة ١٠٥° ثم توزن جافة تماماً ومنها تحسب الكثافة الظاهرية لعينة التربة الجافة تماماً بعد طرح وزن وحجم الكور وذلك بقسمة الوزن على الحجم (جرام/سم^٣). وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون عينة التربة غير متماسكة.

$$\text{الكثافة الظاهرية للتربة } (\rho_b) = \frac{\text{كتلة التربة الجافة تماماً (ك)}}{\text{حجم كتلة التربة (ح)}} = \text{جرام/سم}^3$$

جدول (٣-٣) مدى الكثافة الظاهرية للأراضى المختلفة

المادة	الكثافة الظاهرية (جرام/سم ^٣)
الأراضى المستصلحة حديثه	٠.٩ - ١.٢
أراضى ذات سطح معدنى (ليست مستصلحة حديثه وليست مندمجه)	١.١ - ١.٤
أراضى رملية و طمييه	> ١.٦ - ١.٨
أراضى سلتيه	> ١.٤ - ١.٦
أراضى طينيه	< ١.٣

(٣) المسامية الأرضية (Soil Prosimy)

أنواع المسام بالتربة

١- المسام الواسعة : Coarse (macro) pores

مسام لها أقطار أكبر من ١٠٠ ميكرومتر (٠.١ مم) ووظيفتها التهوية والصرف بتأثير التدفق الجاذبية الأرضية وتساعد على انتشار الجذور. وايضا تسمى بالمسام الغير شعيرية Non capillary ، وتعرف بأنها مجموع حجم المسام الكبيره.

٢- المسام المتوسطة : Medium (meso) pores

مسام لها أقطار بين ٣٠ إلى ١٠٠ ميكرومتر ووظيفتها تساعد مرور المياه بالخاصية الشعيرية.

٤- المسام الضيقة : Fine (micro) pores

مسام لها أقطار أقل من ٣٠ ميكرومتر ووظيفتها حفظ الماء وتساعد على مرره ببطئ من خلال الخاصية الشعيرية. وايضا تسمى بالمسام الشعيرية Capillary أو Micro pore وهى مجموعة حجوم المسام الصغيره والتي تحفظ بالماء وهى المسئولة عن قدره الارض لحفظ الماء. وتتميز المسام الكبيره (غير الشعيره) بأنها تسمح بالحركة السريعة للماء والهواء المنتشرين فيها بعكس المسام الشعيرية التى تقلل حركة الماء والهواء ولذلك نجد أن. الأراضى الرملية بالرغم من صغر الحيز المسامى الكلى فإن حركة الماء والهواء سريعة وذلك لسيادة المسام الكبيره. وتسمح الأراضى الدقيقه القوام المندمجة بحركه بطيئه للغازات والماء ويظهر ذلك بوضوح تحت التربة حيث تكون التهوية غير كافية للنمو المناسب للجذور أو للنشاط الميكروبى المرغوب فيه ويتضح من ذلك أن حجم الحيز المسامى الدقيق هو الأهم من الحجم الكلى للمسام. ومما يشجع التهوية فى الارض ذات القوام الدقيق تفككها وتجمع حبيباتها أما الأراضى الرملية فنظرا للمسام الواسعه بالإضافة الى المواد العضوية مما يساعد على الأخلال بفقد الماء بالرشح والعناصر الغذائية الذائبة. و أن نسبة المسامية المثلى فى الارض هى ٥٠% وتكون مناصفة مع الماء والهواء وفى هذه الحالة يكون حيز المسام الدقيقه مملؤا بالماء و حيز المسام الكبير مملؤا بالهواء وتصبح تهوية الارض تحت هذه الظروف كافيه.

المسامية Porosity :

إذا اخذنا أى حجم من الارض وهو بحالته الطبيعية فى الحقل نجد ان جزء من هذا الحجم تشغله حبيبات الارض والباقي فراغات يشغلها الماء والهواء. وهذه الفراغات تسمى المسافات البينية pore spaces ويطلق على نسبتها فى الارض لفظ المسامية: وهى عبارة عن نسبة حجم المسام الى الحجم الكلى للارض

$$\text{س} = \frac{\text{الحجم الظاهري} - \text{الحجم الحقيقي}}{\text{الحجم الظاهري}} \quad \text{س} \% = \frac{\text{ح} - \text{ح ق}}{\text{ح}} = 100 \times \left(\frac{\text{ح} - \text{ح ق}}{\text{ح}} \right) = 100 \times \left(\frac{\text{ث ظ}}{\text{ث ق}} - 1 \right)$$

تختلف المسامية فى الأراضى، حيث انها فى الأراضى الخفيفة القوام تتراوح من ٣٥ - ٥٠ ٪، الثقيلة القوام ٤٠ - ٦٠ ٪ أو اكثر إذا كانت تحتوى على نسبة عالية من المادة العضوية ولها تحبيب جيد.

المسامية الكلية (Total porosity)

$$\text{المسام الكلية (} \% \text{ حجمية)} = \left(\frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الحقيقية الكثافة}} - 1 \right) \times 100$$

وحيث أن معظم الأراضى كثافتها الحقيقية تساوى ٢.٦٥ جم/سم^٣ فإذا كانت الكثافة الظاهرية ١.٤٠ جم/سم^٣ وأن الكثافة الظاهرية هى كما سبق فإن المسامية الكلية هى = ١٠٠ { (٢.٦٥/١.٤) - ١ } = ٤٧ ٪ والمسامية الكلية تقع بين ٣٠ و ٧٠ ٪ وهى تدل على درجة اندماج التربة فمثلاً فى الأراضى الرملية فإن المسامية تكون أقل من ٤٠ ٪ وفى الأراضى الطينية تكون المسامية مرتفعة وأقل من ٥٠ ٪.

العلاقة بين كثافة التربة ومساميتها

المسامية الكلية للتربة تعبر عن نسبة المسام الموجودة في كتلة التربة منسوبة الى الحجم الكلي للتربة أي أن :

حجم المسام (سم^٣)

----- = المسامية الكلية

حجم التربة الكلي (سم^٣)

الحجم الظاهري (الحجم الكلي) - الحجم الحقيقي (حجم الحبيبات الصلبة)

----- = المسامية الكلية

الحجم الظاهري للتربة (الحجم الكلي)

الحجم الحقيقي

----- = ١ - المسامية الكلية

الحجم الظاهري

بالقسمة على كتلة التربة الجافة

الكثافة الظاهرية (ρ_b)

----- = ١ - المسامية الكلية

الكثافة الحقيقية (ρ_s)

الكثافة الحقيقية للتربة (كثافة الحبيبات الصلبة) هي قيمة تقريباً ثابتة للتربة وتؤخذ على أساس انها تساوى ٢.٦٥ جرام/سم^٣ كقيمة متوسطة.

العلاقة بين الفراغات الكلية والتهوية بالتربة

لا يعتبر تقدير المسام الكلية للأرض مقياس صحيح لدرجة التوية بها فقد تحتوى الأرض على نسبة عالية من الفراغات الكلية ولكنها قد تكون سيئة التهوية والعكس. فالأرض الطينية تحتوى على نسبة من المسام الكلية أكبر من الأرض الرملية ولكن درجة التهوية بالرملية أحسن بكثير ويرجع السبب إلى هذا أن معظم المسام فى الأرض سيئة التهوية يكون مسام ضيقة (مسام شعريه) وعلى هذا فإن هذا النوع من الأرضى يمكنه الاحتفاظ بكمية كبيرة من الرطوبة فى هذه المسام وبالتالي يكون تبادل الهواء الموجود بالتربة مع الهواء الجوى صعب جدا. أما الاراضى الرملية أو الاراضى ذات البناء الجيد المحبب فإن نسبه كبيره من المسام تكون من النوع الواسع (غير شعريه) وبالتالي يتحرك الماء بسرعة إلى أسفل ويحمل محله الهواء ولذلك فمن أهم المشاكل فى الزراعة للأرض ثقيلة القوام مشكلة التهوية فيجب أن يتم التركيز والأهتمام على إجراء المعاملات الزراعية التى تحسن من بناء الأرض وتزيد من نسبه الحبيبات المتجمعه بها حتى يزيد من نسبة المسام أو الفراغات الواسعة لتساعد على تجدد الأكسجين فى الهواء الاراضى.

(٤) علاقة التربة بالماء

يوجد الماء فى التربة الغير مشبعه كغشاء رقيق على حبيبات التربة أو فى سطح الفراغات أو الشقوق ، حيث الحبيبات وسطوح الفراغات التى توجد بين بعضها . وقوة مسك الماء على حبيبات التربة ضد سحب الجاذبيه تكون ضروريه للقوى الكهربيه لمسافات قصيره والتى تختلف باختلاف القوة والمسافة من قوى الشد.

تقدير الماء الأرضى ووحداته :

يقدر محتوى التربة- ماء بقوى الجاذبيه، (بمعنى، وزن العينات من التربة قبل وبعد التجفيف لمدة ٢٤ ساعة على درجة ١٠٠-١١٠ درجة مئوية)، فيكون فقد الوزن بعد التجفيف عن قبله بالنسبة المئوية للوزن الجاف (حجم/حجم%)، و بقسمة حجم العينه الأصلية على الحجم الجاف يعبر عنه بالكثافه الظاهرية. وبمعنى آخر:

$$\text{الرطوبة الأرضية} \times \text{الكثافة الظاهرية} = \text{المحتوى الحجمى للرطبه (حجم/حجم \%)}$$

أنواع قوى الشد (الجهود) :

١- جهد الحشوة (الحبيبات) Ψ_m :

هو الجهد الذى ينشأ من قوى الشد بين حبيبات التربة والماء ويعتبر هذا الشد سالب وهو ما يعبر عنه بشد التربة للماء، و أحيانا يستخدم على أنه الجهد الشعري وأن اصطلاح شد الرطوبة الأرضية إلى الحبيبات يعبر عنه بالتوترالسطحي إلا أنه شد موجب.

٢- الجهد الملحي Ψ_s :

هو الجهد الذى ينشأ من شد الأملاح للماء وهى فى الغالب جهد سالب وأيضا يطلق عليه بالجهد الأسموزى والضغط الأسموزى مشابه له إلا انه ضغط موجب.

٣- جهد الضغط Ψ_p :

هو ينشأ إما من الضغط الهيدروستاتيكي أو من اختلاف فى ضغط الهواء بين التربة والهواء الجوى، فى التربة الغير مشبعة ولا يوجد ضغط هيدروستاتيكي ولا يختلف الضغط بين الهواء الأرضى والهواء الجوى. لذلك فأن جهد الضغط يصبح صفراً. ففى التربة المشبعة فأن مجموع الضغط الهيدروستاتيكي والضغط الهوائى يكون أكبر من جهد الضغط و الضغط الهوائى ويكون ذلك موجب.

٤- جهد الجاذبية Ψ_z :

هو الجهد الذى يبنى على الاختلاف فى الارتفاع بين الماء الأرضى والمواقع المرجعية وإشارتها موجبه او سالبة بالأعتماد على مكان الموضع المرجعى. واذا كان الموضع المرجعى هو سطح التربة فأن كل الأعماق فى التربة سوف تكون ذات جهد جاذبيه سالب.

٥- جهود أخرى:

من المحتمل وجود مكونات نوعيه أخرى لجهد الماء الأرضى (مثل الجهد الكهربى – الجهد الحرارى) ولكن نادر وجودها.

٦- وإضافة الجهود إلى بعضها البعض فأن التكامل يكون مناسب و كالاتى:

$$\Psi_m + \Psi_s + \Psi_p + \Psi_z = (\Psi_t) \quad \text{الجهد الكلى}$$

$$\Psi_m + \Psi_z + \Psi_p = (\Psi_h) \quad \text{الجهد الهيدروليكي (المائى)}$$

والتدرج فى الجهد المائى يسبب تدفق الماء إلى التربة، وأن الجهد هو طاقة لوحدة كتله من الماء.

الطاقة لكل وحدة حجوم (الضغط)

هى طريقة ميسرة للتعبير عن الجهد وهى تكتب إما بوحدات الباسكال أو البار أو الضغط الجوى

حيث ان : $(1) \text{ بسكال} = (10^{-6}) \text{ بار} = (10^{-1}) \text{ ضغط جوى}$

الطاقة لكل وحدة وزن (ارتفاع الضاغظ):

هى طريقة تعبر عن الضغط المناسب لـ ١٠ متر ارتفاع عمود الماء

الطاقة لكل وحدة كتل :

هى طريقة غير واسعة الاستخدام ووحداتها

جول/كجم ، حيث أن (١) بار = (١٠٠) جول/كجم

، ونظرا لأن هناك مدى واسع من الوحدات للتعبير عن الجهد إلا أن هناك طريقة واحدة لتعبر

عن جهد فريد لعلماء الأراضى وهى pF ، حيث أن الـ PF هو لوغاريتم ارتفاع عمود من الماء

مقداره ١٠ متر أى أن : $pF = \log_{10}$

ثوابت الرطوبة الأضية

(١) السعة الحقلية (FC) :

هو يعبر عن محتوى الماء الذى يمكن ان تمسكها التربة بعد التخلص من الماء الحر، و ان

الأراضى ذات الجهد -٣٣ كيلوباسكال قد تفقد الماء من المسام الواسعه.

قطر المسام = $0.3/h$ حيث ان h (سم ماء) = الشد المائى للأرض

(٢) نقطة الذبول المستديم (PWP) :

هو محتوى الماء فى التربة والتي عندها تصبح اوراق نبات عباد الشمس ذابله ذبول مستديم وان

محتوى الرطوبه (- ١٥) بار جهد مائى ($pF = ٤.٢$ او ١٥ سم ماء).

$$BD \times (w/w \%) MC = (v/v \%) MC$$

حيث ان (MC) : محتوى الرطوبه ، (BD) : الكثافة الظاهريه

وتحسب الـ (MC) من المعادلة :

$$(MC) \% = \frac{v}{v} \% = \left(\frac{\text{وزن الماء}}{\text{وزن التربة الجاف}} \right) \left(\frac{\text{وزن التربة الجاف}}{\text{حجم التربة الكلية}} \right)$$

(٣) سعه الرطوبه الميسرة (AWC) :

يعرف سعه الرطوبه الميسرة بحجم الماء الممسوك بين السعة الحقلية (FC) ونقطة الذبول

المستديم (PWP) و ان (AWC) يعبر عن عمق الماء اللازم للرى، وعلى سبيل المثال :

Thickness = 30 cm

Bulk density = 1.55 g/cm

FC = 8.8 w/w%

PWP = 3.2 w/w

AWC = (8.8 - 3.2) x 1.55 = 8.68 % v/v% = (8.68x 300) / 100 = 26 mm (per 30 mm mm⁻¹)

محتوى الشد المائى :

pF : ١.٧ - ٢ - ٢.٥ - ٣ - ٣.٥ - ٤.٢

بار : ٠.٠٥ - ٠.١ - ٠.٣٣ - ١ - ٣ - ٦ - ١٠ - ١٥

ض ج : ٠.٠١ - ٠.٠٥ - ٠.١ - ٠.٣ - ١ - ٣ - ٦ - ١٠ - ١٥

التوصيل المائى (النفاذية) Hydraulic conductivity

مقدمة : يطلق على التوصيل المائى بالنفاذية وهو مرور حجم من الماء خلال مساحة مقطع التربة حيث يمر ماء الصرف خلال المسام الواسعة ثم يبدأ فى التناقص حتى يصل إلى الحركة الغير مشبعة، وتبنى الخلفية النظرية فى التدفق المشبع على قانون دارسى .

$$q = kA\left(\frac{h}{L}\right)$$

حيث : معدل التدفق = Q التوصيل الهيدروليكي = K مساحة المقطع = A
الارتفاع المائى = h طول العينة فى اتجاه التدفق = L

قياس نفاذية الماء فى التربة باستخدام حفرة الأوجر Auger hole method :

يستخدم فى ذلك حفرة اسطوانية بالأوجر ويتم القياس ابتداء من أعلى سطح الماء الأرضى وتسجيل حركة الماء صعودا وهبوط ويتم ذلك بأنزال حلقة ربطه بخيط متصل أعلى سطح التربة حيث تدون القراءات.

(١) حركة الماء فى التربة الغير مشبعة :

تقاس حركة الماء فى التربة الغير مشبعة حسابيا من خلال موديل رقمى لصعوبة تقديرها ويتبع فى ذلك عدة معادلات:

• معادلة فان جنشن (1980) Van Genuchten :

$$\theta = \theta^r + \left(\frac{\theta^s - \theta^r}{[1 + (\alpha h)^n]^m} \right)$$

$$m = 1 - \left(\frac{1}{n} \right)$$

- Θ soil water content
- Θ^s saturation water content
- Θ^r residual water content
- h pressure head
- α, n, and m independent parameters

• معادلة بروكز-كوري (1964) من Liu and Dane (1995) Brooks-corey

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(\frac{h_b}{h} \right)^\lambda$$

- Θ_s : saturation water content
- Θ_r : residual water content
- Φ: total porosity
- h_b : air entry pressure
- λ : pore size index

• معادلة كامبل (1974) من Rawls et al (1991) Campbell

$$\frac{\theta}{\theta_s} = \left(\frac{H_b}{h} \right)^{\frac{1}{b}}$$

- Θ_s : saturation water content (porosity)
- H_b : air entry pressure
- b : constant $b = \frac{1}{\lambda}$
- h : Capillary suction (cm)
- Θ : volumetric water content

وقدر Rawls et al (1991) قيم الثوابت لكل من المعادلات التالية وهي :

Van Genuchten parameters

$$\Theta_r = 0.015 + 0.005 \text{ Clay\%} + 0.014 \text{ Carbon\%}$$

$$\alpha = 10^{(-2.486 + 0.025 \text{ Sand\%} - 0.35111 \text{ carbon\%} - 2.617 \text{ Bulk density} - 0.023 \text{ clay\%})}$$

$$n = 10^{(0.053 - 0.009 \text{ sand} - 0.013 \text{ clay\%} + 0.00015 \text{ sand\%2})}$$

$$m = 1 - 1/n$$

Brooks-Corey parameters

$$h_b = 2914 f^{0.79} \text{ Md}^{-0.96}$$

$$\lambda = 1.512 (e^{0.3f} - 1)$$

f = grain size distribution index

Md = median grain size (mm)

(٢) حركة الماء فى التربة المشبعة:

Infiltration rate: الرش فى التربة

يعتبر الرش خلال التربة هو مرور الماء خلال قطاع التربة من السطح إلى أسفل، وينظر إليه بمعدل الرش ويمكن أن يقدر باستخدام حلقة من المعدن تسمى باسطوانة الرش وهى إما مفردة single ring أو مزدوجة double ring.

توضع الاسطوانة المفردة او المزدوجة فى التربة حيث تدفع لمسافة ١٥ سم داخل التربة واستخدام الحلقة المزدوجة double ring هى الأفضل حيث يوضع بهما ماء لعمق من ١٥ إلى ٢٠ سم فى الحلقة الداخلية والخارجية وذلك لمنع الرش الجانبى وتكون حركة الماء لأسفل.

معاملات الرش المتتابع:

١- الرش المتتابع:

كميات الرش المتتابعة والمقدرة فى الحقل حيث توقع على أوراق لوغاريتمية مع الزمن.

٢- معدل الرش الوقتى:

هو حجم المياه الراشح خلال وحدة المساحات عند كل زمن حيث سرعة الرش فى البداية ثم تبدأ فى الثبات ثم تنخفض ببطء بعد ٣ الى ٤ ساعة .

٣- معدل الرش المتوسط:

هو قسمة قيم الرش المتتابع من بداية الرش على الزمن.

٤- معادلة فيليب:

تستخدم المعادلة لتصف معدل الرش عند الثبات فى الأراضى المتماتله

$$Cumulative\ Infiltration = at^{0.5} + bt$$

Whereas:

(t) = time (s)

(a) & (b) = constant

Table (4-3) Infiltration categories

class	Infiltration category	Basic infiltration rate (cmh ⁻¹)
1	Very slow (non-irrigable)	< 0.1
2	Slow	0.1-0.5
3	Moderately slow	0.5-2.0
4	Moderate	2.0-6.0
5	Moderately rapid	6.0-12.5
6	Rapid	12.5-25.0
7	Very rapid	> 25.0

البناء الأرضى (٥) Soil structure

البناء الارضى يعبر عن شكل وحجم وترتيب الحبيبات المتجمعة أو الثانوية أو يعبر عن الطريقة التى تترتب بها حبيبات الأرض وهذه الحبيبات إما أن تكون أوليه (رمل- سلت- طين) أو حبيبات ثانوية (الوحده التى تكون البناء العام) لتعطى أشكالاً مختلفة من الحبيبات المتجمعة.

أنواع البناء الارضى

١- بناء طبقي

حيث تترتب الحبيبات أو مجاميعها فى طبقات رقيقة فى أفق A . وفى المناطق الرطبة يكون هذا البناء غير مرغوب فيه نظرا لقلة المسام الموجودة بين الحبيبات.

٢- بناء منشورى وعمودى

تترتب الحبيبات راسيا فى صورة أعمدة أو شكل منشورى فى أفق B حيث يوجد فى الأراضى الجافة وشبه الجافة وقبل النظام العمودى يوجد المنشورى الذى تتآكل وتستدير فيه أطراف المنشور.

٣- بناء كتلى

فيه تتكون مجاميع الأرض فى صورة كتل على شكل مكعبات مدمجة ذات أوجة غير منتظمة وإذا ما استدارت هذه الكتل يطلق عليها بناء بندقى أى كتلى.

٤- بناء حبيبي أو فتاتى

توجد مجاميع الحبيبات فى صورة كروية ويتميز بأنه بناء مسامى وإذا ما احتوى على نسبة عالية من المسام ، سمي بناء فتاتى ويعتبر أنسب الأنواع الذى يجب العمل على إيجادها فى الأراضى الزراعية لسهولة تهويتها وملائمتها لنمو النبات ومما يساعد على إيجاد زيادة نسبة المادة العضوية و مركبات الكالسيوم فى التربة.

٥- سائب وعديم البناء.

لا يوجد بناء حيث أن وحدة القوام هى وحدة البناء لعدم ارتباط الحبيبات الأولية ببعضها. وهى سائد فى الأرض الرملية الخشنة وحديثة التكوين.

٦- بناء متعجن أو متهدم

وذلك عند حرث الارض الطينية وبها رطوبة مرتفعة حيث يتهدم بنائها وتصبح لزجة متعجنة وعند جفافها تصبح متماسكة بدرجة كبيرة. وذلك لوجوده فى الأرض القلوية

Soil temperature (٦) حرارة التربة

تتأثر العمليات الحيوية فى النبات والحيوان بدرجة الحرارة، فنمو النباتات يكون بطئ عند ٦ درجة مئوية وبزدداد تدريجيا حتى ٢٥ - ٣٥ درجة مئوية وكذلك تتأثر العمليات الكيميائية التى تحول العناصر الغذائية فى التربة الى صورة صالحة للأمتصاص بالنبات.

العوامل التى تؤثر على درجة حرارة التربة

- اللون فالارض الفاتحه تمتص كمية أقل وتعكس كمية أكبر من الحرارة مقارنة بالارض الداكنة حيث تمتص كمية حراره أكبر وتفقدتها بسرعة.
- مقدرة الأرض على الاحتفاظ بالماء ونسبة الطين والمادة العضوية بها ومكونات الأرض الأخرى حيث ان لها سعة حرارية حجميه لكل مكون (De Vries 1963) وبحسب مجموعها كالآتى:-

$$C_v = \sum_{i=1}^n C_i X_i \quad (JM^{-3}C^{-1})$$

حيث أن :

C_i = السعة الحرارية الحجمية لكل مكون

X_i = حجم مكون التربة

وتحسب السعة الحرارية الحجمية الكلية للتربة بجمع السعات الحرارية الحجمية للمكونات كما فى تطبيق المعادلة التالية الموضحة للمعادلة السابقة

$$C_v = 1.92X_m + 2.51X_o + 4.18X_w$$

حيث أن C_v هى السعة الحرارية الحجمية للتربة $(MJ m^{-3} K^{-1})$; X_m , X_o , X_w حجم كل مكون. جدول (٥ - ٣): السعة الحرارية الحجمية لكل مكون

Constituents	Volumetric Heat Capacity (C_v)
Air (C_a)	1256.3 (J/m^3C)
Liquid water (C_i)	4187600 (J/m^3C)
Silt and clay (C_m)	1926000 (J/m^3C)
Organic matter (C_{om})	2513000 (J/m^3C)
Quartz (C_q)	1926000 (J/m^3C)
Gravel (C_g)	1926000 (J/m^3C)

وأیضا لها سعة حرارية وزنية وذلك لا يختلف إلا فى اوزان المكونات

ويمكن ان تنتقل الحرارة خلال التربة وتسمى التوصيل الحرارى للتربة وتحسب من المعادلة التالية:-

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lambda_i x_i}{\sum_{i=1}^n k_i x_i} \quad (Jm^{-1}s^{-1}^{\circ}C^{-1})$$

حيث أن :

n ، عدد المكونات -

λ_i التوصيل الحرارى لكل مكون

x_i حجم كل مكون

نسبة تتوقف على التدرج الحرارى K_i

جدول (٦ - ٣) : (λ) التوصيل الحرارى لكل مكون و (K_i) التدرج فى درجة الحرارة

Constituents	λ (J/m ^o C)	K_i	g_i
Air (λ_{av})	0.02513+ λ_v	1	Calculate
Water (λ_w)	0.5737	1
Silt+clay (λ_m)	2.931	0.5223	0.125
Organic matter (λ_{om})	0.2513	1.2608	0.5
Quartz (λ_q)	8.794	0.2674	0.125
Gravel (λ_g)	6.3389	0.50395	0.144

ويمكن حساب تدفق الحرارة فى التربة من أعلى الى اسفل خلال النهار والعكس خلال الليل من

معادلة (Evet, 1999) :

$$G = -K_s \frac{\partial T}{\partial z} \quad Wm^{-2}$$

حيث أن

G هى تدفق الحرارة Soil heat flux

K_s التوصيل الحرارى للتربة

$d T$ التغير فى درجة حرارة التربة مع العمق

$Z d$ التغير فى العمق بالمتر

إنحدار الأرض ويرجع ذلك إلى إختلاف زاوية سقوط أشعة الشمس على سطح الأرض باختلاف الإنحدار وإتجاهه فالمنحدرات الشمالية تكون أراضيها أبرد من المنحدرات الشرقية والقبلية. الأراضي المنحدرة تكون أكثر جفافاً من الأرض الموجودة في السهول أسفل المنحدرات وهذا يؤثر على درجة حرارتها.

Soil colour (٧) لون التربة

يعتبر لون التربة انعكاساً لبعض خواصها مثل محتواها من المادة العضوية وحالة الصرف والتهوية والمعادن السائدة في التربة.

الوان الأراضى:

١- أراض قاتمه **Dark cloured soils.**

يرجع إلى وجود المادة العضوية بكثرة أو حبيبات دقيقة من المجنتيت (أكسيد الحديد المغناطيسي) •

٢- اراض حمراء- بنيه صفراء **Red, Brown, Yellow soils.**

يرجع إلى وجود أكاسيد الحديد في صور مختلفه فإذا زاد ماء التآدرث تحول اللون من أحمر- بني- أصفر

٣- اراضى رمادية **Grey soils**

يرجع الى نقص الحديد أو الرمال أو لوجود دبال حامض بنسبة كبيرة واللون الداكن في الطبقة السطحية والرمادى في الطبقة تحت السطحية يدل على سوء الصرف أو تراكم المادة العضويه على السطح

٤- أراضى بيضاء **White soils**

يرجع الى كون الأرض رملية أو جيرية أو أحتوائها على نسبة مرتفعه من الأملاح

بعض العوامل التى تؤثر على لون الأراضى:

١- الرطوبة الكليه : بزيادة الرطوبة يصير لونها اسود الارض وعندالجفاف يصير لونها فاتح •

٢- المواد العضوية الفردية والمعدنية : وجودها يسبب لون غامق خاصه عند إضافتها إلى أرض رملية أو جيرية

٣- المركبات المعدنية السائدة مثل:

- المجنتيت يعطى لون داكن، الليمونيت يعطى لون اصفر، أكاسيد الحديد البيريت يعطى لون أزرق أو أخضر، الهيماتيت يعطى لون أحمر.
 - وجود كالك أ٣ والكوارتر بنسبة عالية يعطى لون فاتح
 - وجود المنجنيز بنسبة عالية يعطى لون داكن أو بنى قاتم
 - أملاح الحديدوز الفاتحة من أختزال أملاح الحديدك فى الأراض الغدقة وريئه
الصرف تسبب ظهور اللون المزرق أو الرمادى المخضر بدلا من الأحمر أو الأصفر
 - وجود السليكا يعطى لون فاتح وحببيات السيكا يكسب الأرض لمعانا وبريقا خاصا.
-

قائمة المراجع العربية

١. شفيق إبراهيم عبد العال وآخرون (١٩٩٢) : كيمياء الأراضى برنامج تكنولوجيا وإستصلاح الأراضى الصحراوية.
٢. شفيق إبراهيم عبد العال (١٩٨٦) : أساسيات الأراضى – كلية الزراعة جامعة القاهرة.
٣. شفيق إبراهيم عبد العال وآخرون (١٩٩٦) : الأراضى – كلية الزراعة جامعة القاهرة.
٤. صلاح طاحون (١٩٨٦) : كيمياء ومعادن الأراضى الزراعية – دار المعارف (مصر)
٥. عبد المنعم بلبع (١٩٧٦) : إستصلاح وتحسين الأراضى – دار المطبوعات الحديثة.
٦. منظمة الصحة العالمية (WHO) / المكتب الاقليمي لشرق المتوسط / المركز الاقليمي لانشطة صحة البيئة / عمان , الاردن ٢٠٠٣ / تقرير استعمال مياه الفضلات في الزراعة.
٧. محمد حماد عطية وعبد الناصر أمين (٢٠٠٩) : إصلاح الأراضى/ زراعة الفيوم.

List of English References

- Abou El-Defan, T; El-Raies A. S.A.A.; El-Kholy H.M and Osman A.Sh.A. (2016):** A Summary of Water Suitability Criteria for Irrigation. *J. Soil Sci. and Agric. Eng., Mansoura Univ., Vol. 7 (12)*.
- Ayers R.S. and Westcot D.W. (1976) :** Water quality for agriculture. FAO: 29.
- Black C.A. (1965):** Methods of soil analysis. Amer. Soc. Of Agron. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Chapman, H.D. and P.E. Pratt, (1961) :** Methods of Analysis for Soil, Plant and Water. Division of Agricultural Science, University of California, Berkley.
- De Vries, D.A. (1963),** Thermal properties of soils, in "Physics of Plant Environment", W,R.Van Wijk (Ed.), North Holland, Amsterdam, 382pp.
- Dewis j, and Freitas; R.H (1970) :** Physical and chemical methods of soil and water analysis. Food & Agric.Organ. U.N .No: 10
- Doneen LD (1964) :**Notes on water quality in Agriculture. Published as a Water Science and Engineering Paper 4001, Department of Water Sciences and Engineering, University of California
- Eaton, F.M. (1950) :** Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Sci. 69, 123-133
- Evet, R. S. (1999),** Energ and water Balances at Soil-Plant-Atmosphere Interfaces. (C.F. HandBook of Soil Science, chapter 5 P. A129) editor in chief, Malclm E. Sumner, New york, Washington, D.C.
- FAO (1994) :** Water Quality for agriculture . Irrigation and Drainage, FAO, Rome.
- FAO. (1976):** Prognosis of salinity and alkalinity. FAO Soils Bulletin 31. FAO, Rome.

- Gupta, I.C, and Abichandani.C.T. (1970):** Use of saline water predominant in divalent cations in semi-arid- zones of western rajasthan. Ind. J. Agric. Sci. 40: 711 – 715)
- Gupta, S.K. and I.C. Gupta, (1987):** Management of Saline Soils and Water. Oxford and IBH Publication Coy, New Delhi, India, pp: 399.
- Hillel, D. (1982) :** Introduction to Soil Physics. Academic press, Paris san Diego San Francisco, Tokyo.
- Jackson, M. L. (1973) :** Soil Chemical Analysis, Prentice Hall Inc., Englewood Califfs, U.S.A.
- Landon, J, R. (1984) :** Booker tropical soil manual. Published in USA by longman Inc.New York.
- Leo, M.Walsh and James, D. Beaton (1973) :** Soil testing and plant analysis. Soil Scim Soc.Amer.Inc (Madison, Wisconsin USA).
- Liu, H.H. and Dane, J.H. (1995) :** Computation of the Brook-Corey Parameters at a Physical Point Based on Pressure cell Data. Department of Agronomy and Soil Special Report July 1995.
- Marshall, T.J.; Holmes, J.W. Rose, C.W. (1998):** Soil Physics. Cambridge Univ. Press.
- Mohamed K. Abdel-fattah, (Mechanical analysis),** soil Science Department, Fac. of Agric. Zagazig Univ., Egypt, (*soil-info.blogspot.com, E-mail: mohammedkama18@yahoo.com*)
- Mohsen S., Rashidi M. and Borzoo G.K. (2009):** Prediction of Soil Exchangeable Sodium Percentage Based on Soil Sodium Adsorption Ratio . American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 5 (1): 01-04
- National Res. C, & German Agency tech.Co. (1983) :** Methods for soil and plant analysis.(manual use for Lab, Routine work of micronutrients &plant nutrition in Egypt).
- Page A.L., Miller, R.H. and Keeney D.R. (1982) :** Methods of Soil Analysis 11- Chemical and Microbiological properties. Soil Sci. Amer. Madison Wisconsin, U.S.A.
- Piper, C. S. (1950) :** Soil and plant analysis " Univ. of Adelaide Australia.
- Oster J.D. and Schroer F.W. (1979) :** Infiltration as influenced by irrigation water quality. Soil Sci. Soc. Amer. J. 43:444–447.
- Rawls, W.J., Gish, T.J. and Brakensiek, D.L. (1991):** Estimating Soil Water Retention from Soil Physical Properties and Characteristics. Advances in Soil Science vol.16, p.213-234.
- Rhoades J.D. (1977) :** Potential for using saline agricultural drainage waters for irrigation. Proc. Water Management for Irrigation and Drainage. ASCE, Reno, Nevada. 20–22 July 1977. pp. 85– 116.

- Rhoades J.D. (1982)** : Reclamation and management of salt-affected soils after drainage. Proc. First Annual Western Provincial Conference on Rationalization of Water and Soil Research and Management, Alberta, Canada. pp. 123–197.
- Richards L.A. (1969)** : Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook No. 60, US Department of Agriculture, Washington DC.
- Singh N.T. (2005)** : "Irrigation and Soil Salinity in the Indian Subcontinent: Past and Present" (2005) Lehigh University Press,
- Suarez D.L. (1981)** : Relation between pHc and Sodium Adsorption Ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage waters. Soil Sci. Soc. Amer. J. 45:469–475.
- Taylor, H.M.; Roberson, G.M.; Parker, J.J. (1966)**: Soil strength-root penetration relation for medium- to coarse-textured soil materials. Soil Sci. 102:18-22
- Todd, D.K., (1980)** :Groundwater Hydrology. 2nd Edition, Wiley & Sons, New York, pp 535.)
- University of California Committee of Consultants (UCCC) (1974)** :FAO ,1994. 29(Rev.2)
- USSL (U.S. Salinity Lab.) staff (1954)**, Diagnosis and improvement saline and alkaline soil. Agric. Handbook 60.
- Van Genuchten M.Th. (1980)**: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. vol. 44, 892-898.
- Wilcox, L.V. (1948)**: The quality of water for irrigation use. U. S. Dep. Agric. Tech. Bull., 962:1-40.
- Wilcox L.V.(1966)** :Tables of calculating the pHc values of water. US Salinity Laboratory Mimeo Report.
- Wilcox L.V., Blair G.Y. and Bower C.A. (1954)**: Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. Soil Science 77:259–266.
-