



الجمهورية العربية السورية

طرائق تحليل التربة والنبات والمياه والأسمدة

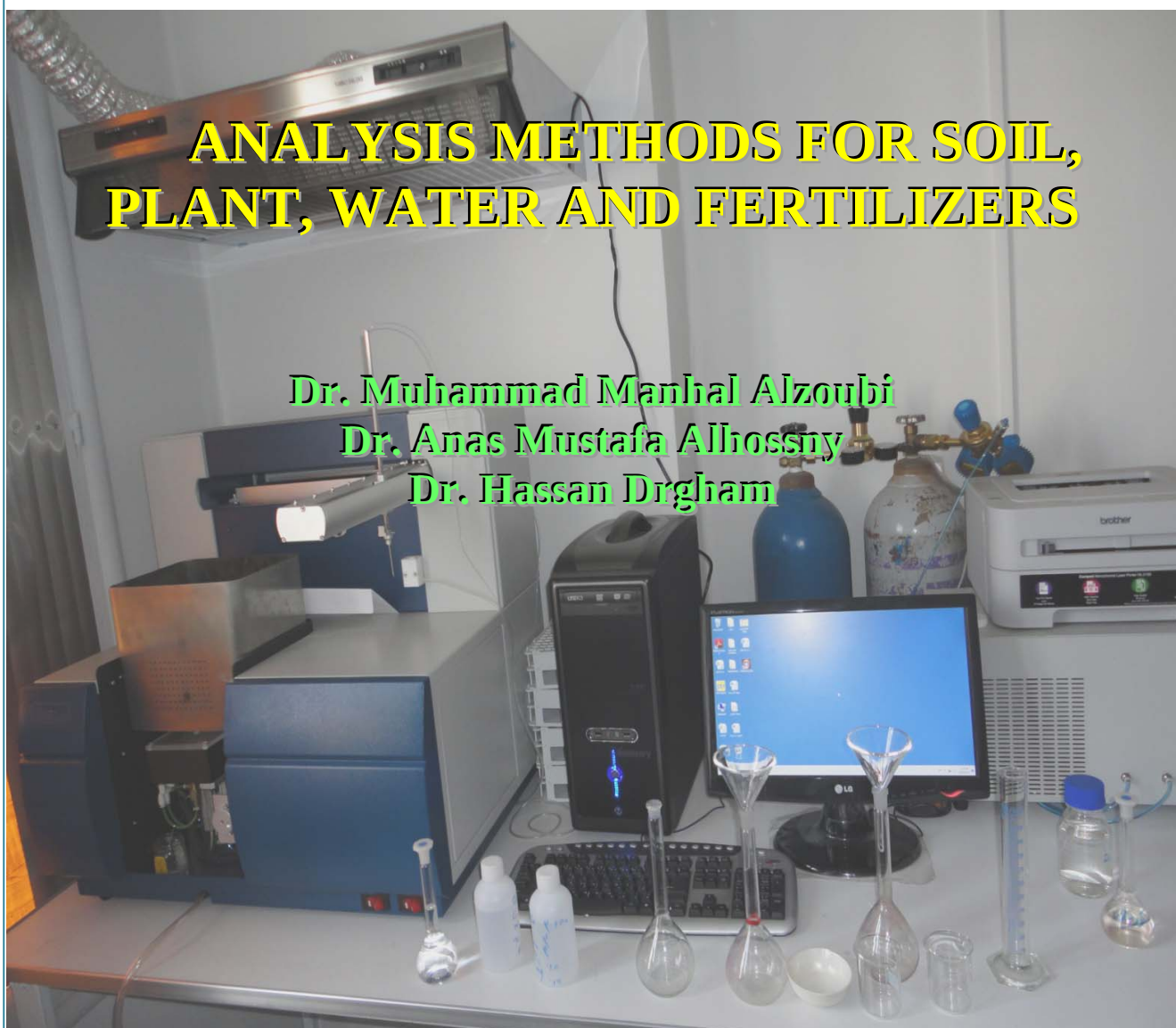
الدكتور محمد منهل الزعبي
الدكتور أنس المصطفى الحصري
الدكتور حسان درغام



2013

ANALYSIS METHODS FOR SOIL, PLANT, WATER AND FERTILIZERS

Dr. Muhammad Manhal Alzoubi
Dr. Anas Mustafa Alhossniy
Dr. Hassan Drgham



Damascus 2013

طرائق تحليل التربة و النبات و المياه و الأسمدة

METHODS OF ANALYSIS FOR SOIL, PLANT, WATER AND FERTILIZERS

الدكتور حسان درغام

الدكتور أنس الحصني

الدكتور محمد منهل الزعبي

تدقيق

الأستاذ الدكتور محمد سعيد الشاطر

ساهم في إعداد هذا الكتاب

المهندسة لميس محمود

المهندس فواز السحلي

الدكتور أحمد شلاش

المهندس طلعت عامر

المهندسة ناديا بيجون

المهندسة سميرة كباس

الكيميائية عبير كربوج

الكيميائية ندى غيبة

المهندس هادي نصر الله

معالجة الأشكال

المهندس فراس الغماز

مراجعة

الدكتور اويديس ارسلان

المحتويات Contents

8	مقدمة
9	العناصر المغذية و أشكالها في التربة
9	1. خصوبة التربة
9	2. تكوّن التربة و تطورها
10	3. أهم الفلزات المشكلة للجزء الصلب بالتربة
11	4. طرائق تقييم خصوبة التربة
11	5. العناصر التي تدخل في تركيب النبات
12	1.5. الآزوت
12	1.1.5 وظائف الآزوت في النبات
12	2.1.5 أشكال الآزوت في التربة
13	3.1.5 أعراض نقص الآزوت على النبات
13	2.5 الفوسفور
13	1.2.5 وظائف الفوسفور في النبات
13	2.2.5 أشكال الفوسفور في التربة
14	3.2.5 أعراض نقص الفوسفور على النبات
14	3.5 البوتاسيوم
14	1.3.5 وظائف البوتاسيوم في النبات
15	2.3.5 أشكال البوتاسيوم في التربة
15	3.3.5 أعراض نقص البوتاسيوم على النبات
15	4.5 الكالسيوم
15	1.4.5 وظائف الكالسيوم في النبات
16	2.4.5 أشكال الكالسيوم في التربة
16	3.4.5 أعراض نقص الكالسيوم على النبات
16	5.5 المغنيزيوم
16	1.5.5 وظائف المغنيزيوم في النبات
16	2.5.5 أشكال المغنيزيوم في التربة
17	3.5.5 أعراض نقص المغنيزيوم على النبات
17	6.5 الكبريت
17	1.6.5 وظائف الكبريت في النبات
17	2.6.5 أعراض نقص الكبريت على النبات
17	7.5 العناصر الصغرى
17	1.7.5 الحديد
17	1.1.7.5 وظائف الحديد في النبات

17	2.1.7.5	أعراض نقص الحديد على النبات.....
17	2.7.5	النحاس.....
17	1.2.7.5	وظائف النحاس في النبات.....
18	2.2.7.5	أعراض نقص النحاس على النبات.....
18	3.7.5	المنغنيز.....
18	1.3.7.5	وظائف المنغنيز في النبات.....
18	2.3.7.5	أعراض نقص المنغنيز على النبات.....
18	4.7.5	الزنك.....
18	1.4.7.5	وظائف الزنك في النبات.....
19	2.4.7.5	أعراض نقص الزنك على النبات.....
19	5.7.5	البورون.....
19	1.5.7.5	وظائف البورون في النبات.....
19	2.5.7.5	أعراض نقص البورون على النبات.....
19	6.	إتاحة العناصر المغذية للنبات بحسب pH التربة.....
20	7.	العلاقات بين العناصر الغذائية المعدنية في التربة (تساند - تضاد).....
		الباب الأول التربة
21		الفصل الأول طرائق أخذ العينة الترابية.....
21	1.	جمع عينات التربة بالطريقة العشوائية.....
22	2.	جمع عينات التربة بالطريقة الشبكية.....
23	3.	جمع عينات التربة بطريقة المنطقة.....
23	4.	جمع العينات الجغرافية/الطبوغرافية.....
24	5.	جمع العينات بالاستناد إلى الإنتاجية.....
24	6.	جمع العينات بالاعتماد على الاستشعار عن بعد.....
28		الفصل الثاني تحضير عينات التربة للتحليل.....
28	1.	تجفيف التربة.....
29	2.	طحن التربة و غربلتها.....
29	3.	مزج التربة.....
29	4.	تقدير محتوى رطوبة التربة.....
31		الفصل الثالث التحاليل الفيزيائية للتربة.....
31	1.	التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الهيدروميتر.....
33	2.	تقدير الكثافة الظاهرية للتربة.....
34	3.	تقدير الكثافة الحقيقية للتربة (كثافة المكونات الصلبة).....
36	4.	حساب مسامية التربة.....
36	5.	تقدير المحتوى المائي للتربة بالطريقة المباشرة (طريقة التجفيف).....

38	6. تقدير التوصيل المائي المشبع للتربة في المختبر.....
40	7. إيجاد منحني خصائص رطوبة التربة المميز (pF) بطريقة حجرة الضغط.....
42	الفصل الرابع التحاليل الكيميائية للتربة.....
43	1. تقدير درجة الحموضة (pH_{H_2O} , pH_{KCl} , pH_{CaCl_2}).....
45	2. تقدير الأملاح القابلة للذوبان بماء التربة بواسطة قياس الناقلية الكهربائية في مستخلص التربة.....
48	3. تقدير كربونات الكالسيوم
48	1.3. تقدير الكربونات الكلية في التربة بطريقة المعايرة.....
50	2.3. تقدير الكربونات الكلية بطريقة الكالسيومتر.....
53	4. تقدير الكلس الفعال باستخدام أوكزالات الأمونيوم.....
54	5. تقدير المادة العضوية.....
54	1.5. تقدير المادة العضوية بطريقة ولكلي و بلاك.....
57	2.5. تقدير محتوى الكربون العضوي باستخدام جهاز تقدير العناصر الأساسية لتحليل الكربون و الكبريت و الكلور.....
58	3.5. تقدير المادة العضوية بطريقة الترميد (فرق الوزن).....
60	6. تقدير محتوى كربون المركبات الدبالية (الأحماض الفولفية و الهيومية).....
63	7. تقدير الجبس.....
63	1.7. تقدير الجبس بطريقة الترسيب بالأسيتون.....
65	2.7. تقدير الجبس بطريقة العكارة باستخدام سبكتروفوتومتر.....
67	8. تقدير السعة التبادلية الكاتيونية (CEC).....
67	1.8. تقدير السعة التبادلية الكاتيونية بطريقة باور.....
68	2.8. تقدير السعة التبادلية الكاتيونية بطريقة أسيتات الأمونيوم.....
70	9. هضم العينات الترابية.....
70	1.9. هضم التربة بمزيج حمض الكبريت المركز مع السيلينيوم و حمض الساليسليك.....
71	2.9. هضم التربة بالماء الملكي.....
72	3.9. هضم التربة بالطريقة الرطبة المغلقة.....
73	10. تقدير الآزوت في التربة.....
73	1.10. تقدير الآزوت الكلي.....
73	1.1.10. تقدير الآزوت الكلي بطريقة كداهل.....
76	2.1.10. تقدير الآزوت الكلي برثلوت بجهاز التحليل آلي.....
78	3.1.10. تقدير الآزوت الكلي برثلوت بجهاز سبكتروفوتومتر.....
80	4.1.10. تقدير الآزوت الكلي في التربة بالطريقة اللونية باستخدام كاشف نيسلر.....
82	2.10. تقدير الآزوت المعدني.....
82	1.2.10. تقدير الآزوت المعدني بطريقة كداهل.....
85	2.2.10. تقدير الأمونيوم برثلوت بجهاز التحليل الآلي.....
86	3.2.10. تقدير الأمونيوم برثلوت بجهاز سبكتروفوتومتر.....

88	تقدير الآزوت الأمونيائي بالطريقة اللونية باستخدام كاشف نيسلر.....	4.2.10
89	تقدير النترات بالطريقة اللونية (إرجاع بعمود الكادميوم) بجهاز التحليل الآلي.....	5.2.10
91	تقدير الآزوت النتراتي بطريقة الامتصاص الفوتومتري في مجال الأشعة فوق البنفسجية.....	6.2.10
92	تقدير النترات بجهاز سبكتروفوتومتر مع استخدام حمض الكروموتروبيك.....	7.2.10
94	تقدير النترات باستخدام إلكترود إنتقائي.....	8.2.10
96	تقدير الفوسفور.....	11
96	تقدير الفوسفور الكلي بجهاز التحليل الآلي و سبكتروفوتومتر.....	1.11
97	تقدير الفوسفور العضوي.....	2.11
100	تقدير الفوسفور المتاح.....	3.11
100	استخلاص فوسفور الترب الحامضية ($pH > 7$) طريقة برييه.....	1.3.11
102	استخلاص فوسفور الترب القاعدية ($pH < 7$) طريقة أولسن.....	2.3.11
104	تقدير الفوسفور المتاح بجهاز سبكتروفوتومتر (طريقة مورفي).....	3.3.11
105	تقدير الفوسفور المتاح بجهاز التحليل الآلي (طريقة مورفي).....	4.3.11
107	تقدير البوتاسيوم في التربة.....	12
107	تقدير البوتاسيوم الكلي.....	1.12
108	تقدير البوتاسيوم المتاح.....	2.12
109	تقدير البوتاسيوم الذائب بماء التربة.....	3.12
109	تقدير البوتاسيوم المتبادل.....	4.1.2
110	تقدير الصوديوم في التربة.....	13
110	تقدير الصوديوم القابل للاستخلاص بأسيتات الأمونيوم.....	1.13
111	تقدير الصوديوم الذائب بماء التربة.....	2.13
111	تقدير الصوديوم المتبادل.....	3.13
112	تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم.....	14
112	تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم القابلين للاستخلاص بجهاز الامتصاص الذري.....	1.14
113	تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم بطريقة المعايرة بفيرسينات الصوديوم.....	2.14
116	استخلاص و تقدير الكلور بالطريقة اللونية.....	15
117	تقدير الكلور.....	16
117	تقدير الكلور بطريقة المعايرة (طريقة مور).....	1.16
119	تقدير الكلور بالطريقة اللونية بجهاز التحليل الآلي.....	2.16
120	تقدير الكربونات و البيكربونات في مستخلص التربة.....	17
120	تقدير الكربونات و البيكربونات في مستخلص التربة بطريقة المعايرة.....	1.17
121	تقدير الكربونات و البيكربونات في مستخلص التربة بالطريقة اللونية بجهاز التحليل الآلي.....	2.17
123	تقدير الكبريت في مستخلص التربة.....	18
123	تقدير الكبريت في مستخلص التربة بطريقة العكارة.....	1.18

125	 تقدير الكبريت في مستخلص التربة بطريقة العكارة بالطريقة اللونية بجهاز التحليل الآلي	2.18
126	 تقدير العناصر الصغرى في مستخلص التربة (الاستخلاص بـ DTPA و القراءة بجهاز الامتصاص الذري)	19
128	 تقدير البورون القابل للامتصاص (طريقة الاستخلاص بالماء الحار)	20
128	 تقدير البورون بجهاز سبكتروفوتومتر	1.20
129	 تقدير البورون بجهاز التحليل الآلي	2.20
130	 تقدير العناصر الثقيلة	21
130	 العناصر الثقيلة الكلية (الهضم بالماء الملكي و القراءة بجهاز الامتصاص الذري)	1.21
132	 تقدير العناصر الثقيلة المتاحة (الاستخلاص بالـ DTPA و القراءة على جهاز الامتصاص الذري)	2.21

الباب الثاني تحليل النبات

134	 جمع العينات النباتية	الفصل الأول
137	 تحضير العينة النباتية	الفصل الثاني
137	 1. غسيل النبات	
137	 2. تقطيع النبات	
137	 3. تجفيف العينات النباتية	
138	 4. طحن العينات النباتية	
138	 5. تقدير رطوبة النبات	
139	 طرق هضم العينات النباتية	الفصل الثالث
139	 1. الهضم الجاف للعينات النباتية	
140	 2. الهضم الرطب للعينات النباتية	
140	 1.2. هضم العينات النباتية بمزيج حمض الكبريت المركز مع السيلينيوم و حمض الساليسليك	
141	 2.2. هضم النبات بالماء الملكي	
142	 3.2. هضم النبات بحمض البيروكلوريك مع حمض الآزوت	
143	 تقدير الآزوت	الفصل الرابع
143	 1. تقدير الآزوت الكلي بطريقة كداهل	
145	 2. تقدير الآزوت الكلي برثلوت (تحليل آلي)	
146	 3. تقدير الآزوت الكلي برثلوت (سبكتروفوتومتر)	
148	 4. تقدير الآزوت الكلي بالتربة بالطريقة اللونية باستخدام كاشف نيسلر	
150	 تقدير الفوسفور	الفصل الخامس
150	 1. تقدير الفوسفور الكلي بجهاز السبكتروفوتومتر باستخدام كاشف بارتون	
151	 2. تقدير الفوسفور الكلي بجهاز التحليل الآلي (طريقة مورفي)	
153	 تقدير البوتاسيوم الكلي في النبات بواسطة جهاز التحليل الطيفي باللهب	الفصل السادس
154	 تقدير الصوديوم الكلي في النبات بواسطة جهاز التحليل الطيفي باللهب	الفصل السابع
155	 تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم	الفصل الثامن
155	 1. تقدير الكالسيوم بجهاز الامتصاص الذري بعد الهضم الرطب	

156	2. تقدير المغنيزيوم بجهاز الامتصاص الذري بعد الهضم الرطب.....	
156	3. تقدير الكالسيوم بطريقة الفيرسينات.....	
158	4. تقدير المغنيزيوم في النبات بطريقة الفيرسينات.....	
160	الفصل التاسع تقدير الكلور في النبات.....	
160	1. تقدير الكلور القابل للاستخلاص من أنسجة النبات بالطريقة اللونية (تحليل آلي).....	
161	2. تقدير الكلور (القابل للاستخلاص بالماء أو بحمض الخل) بالمعايرة بنترات الفضة.....	
163	الفصل العاشر تقدير الكبريت في النبات بطريقة العكارة.....	
164	الفصل الحادي عشر تقدير البورون.....	
164	1. تقدير البورون بجهاز التحليل الآلي و استخدام الأزوميثين.....	
165	2. تقدير البورون الكلي بجهاز السبكتروفوتومتر.....	
167	العناصر الصغرى.....	الفصل الثاني عشر
168	العناصر الثقيلة.....	الفصل الثالث عشر
	تحليل المياه	الباب الثالث
169	الإعتيان.....	الفصل الأول
169	1. جمع عينات المياه.....	
169	2. التعامل مع عينات المياه و حفظها.....	
172	الاختبارات الكيميائية للمياه.....	الفصل الثاني
172	1. تقدير الرقم الهيدروجيني للمياه.....	
172	2. تقدير الناقلية الكهربائية للمياه.....	
174	3. تقدير الأملاح الكلية.....	
174	4. تقدير الآزوت النتراتي.....	
175	5. تقدير الكربونات و البيكربونات.....	
177	6. تقدير الكلور بطريقة مور.....	
178	7. تقدير الكبريت.....	
179	8. تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم.....	
181	9. تقدير البوتاسيوم.....	
182	10. تقدير الصوديوم.....	
183	11. تقدير العناصر الصغرى.....	
184	12. تقدير العناصر الثقيلة.....	
186	13. تقدير البورون.....	
187	14. تقدير العكارة.....	
188	الاختبارات البيولوجية للمياه.....	الفصل الثالث
188	1. تقدير الأكسجين المنحل في الماء بطريقة وينكلر (DO).....	
190	2. تقدير الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD).....	

192	3. تقدير الأكسجين الكيميائي المطلوب (COD).....
	الباب الرابع الأسمدة
195	الفصل الأول الأسمدة الكيميائية.....
195	1. الإعتيان.....
195	2. تحضير العينة.....
195	3. تقدير الآزوت.....
197	4. تقدير الفوسفور.....
199	5. تقدير البوتاسيوم.....
200	6. تقدير الكبريت.....
200	7. تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم.....
201	8. تقدير الكلور.....
202	9. تقدير البورون.....
203	10. تقدير الصوديوم.....
204	11. تقدير العناصر الصغرى.....
205	12. تقدير العناصر الثقيلة.....
206	13. تقدير البيوريت.....
207	14. تقدير التحبب في أسمدة اليوريا و السوبر فوسفات.....
207	15. تحليل الرطوبة في سماد اليوريا.....
208	16. تقدير محتوى حمض الفوسفور في سماد السوبر فوسفات.....
209	الفصل الثاني الأسمدة العضوية.....
209	1. تقدير درجة الحموضة و الملوحة في عينات التورب، كومبوست و الأسمدة العضوية.....
209	2. تقدير الرطوبة.....
210	3. تقدير كربونات الكالسيوم.....
210	4. تقدير محتوى المادة العضوية في السماد العضوي.....
210	1.4. تقدير محتوى المادة العضوية باستخدام جهاز تقدير العناصر الأساسية لتحليل الكربون و الكبريت و الكلور.....
211	2.4. تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة.....
213	3.4. تقدير المادة العضوية في السماد العضوي (تورب-كومبوست) بطريقة الفقد بالترميز.....
214	5. تقدير الآزوت.....
214	1.5. تقدير الآزوت الكلي.....
215	2.5. تقدير الآزوت المعدني (NH ₄ -NO ₃).....
215	1.2.5. تقدير الآزوت النتراتي.....
215	2.2.5. تقدير الآزوت الأمونياكي.....
216	6. تحليل العناصر الصغرى.....
217	7. تقدير الفوسفور الكلي و البوتاسيوم الكلي.....
218	الملحق

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة Introduction:

تعد التربة و النبات و المياه و الأسمدة المكونات الرئيسية للنظم الزراعية، و قد أظهرت التجارب في العقود الفائتة بأن السبيل العلمي و العملي لفهم مشاكل تلك الموارد هو التحري الشامل و التحليل الدقيق بهدف تشخيص سليم لتلك المشاكل و اقتراح طرائق المعالجة الناجعة مما يقود لإنتاج زراعي جيد و على أسس مستدامة تخدم في الإدارة الجيدة لتلك الموارد، سيما أن العالم يتجه الآن نحو زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية في وحدة المساحة لتغطية الحاجات المتزايدة من الغذاء الناجمة عن زيادة التعداد السكاني مما أدى إلى زيادة و عشوائية في استعمال الأسمدة الكيميائية، الأمر الذي نتج عنه مشاكل عديدة في التربة و الماء و الهواء. فعلى سبيل المثال لا الحصر عند إضافة الأسمدة الآزوتية للتربة تبدأ بعض المشاكل بالظهور كضياح قسم من آزوت السماد عن طريق إرجاع النترات، عكس التأزت و تطاير الأمونيا ما يؤدي لتلوث الهواء، كما أنه من الممكن أن يُغسل قسم من الأسمدة الآزوتية إلى الماء السطحي و الأرضي مما يسبب تلوث التربة و المياه السطحية و الجوفية. بالإضافة لمشاكل الآزوت لا بد من ذكر بعض مشاكل الفوسفور، فمن المعروف أن الفوسفور المضاف إلى التربة يُثبت مباشرة بصورة أشكال غير ذائبة كأملح الكالسيوم و الحديد و الألمنيوم تبعاً للكاتيونات السائدة و لاختلاف خواص التربة، كما أن الثمن العالي لهذه الأسمدة يزيد من كلفة إنتاج المحاصيل الزراعية، الأمر الذي استدعى وجوب معرفة التركيب الكيميائي للتربة و النبات و السماد و المياه لأجل التقليل من استعمال الأسمدة الكيميائية بما يتناسب مع حاجة المحاصيل من العناصر الغذائية.

إن إعداد كتاب يصف طرائق تحليل التربة و النبات و المياه و الأسمدة جاء تلبية لضرورة ملحة بأن تُرود مخابرنا بطرائق تحليل دقيقة و سريعة و مرجعية، حيث جمع الكتاب بين طياته تقدير العناصر المغذية الهامة بالإضافة إلى التراكيز المتلى للعناصر الخصوبية في التربة و النبات.

و قد أعد هذا الكتاب من قبل مجموعة من خبراء التحليل في المخابر السورية التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - إدارة بحوث الموارد الطبيعية و دُقق من قبل بعض المختصين في هذا المجال بحيث يكون هذا الكتاب مرجع علمي للطلاب و المعلمين و الباحثين و المحللين.

إن كتاب طرائق تحليل التربة و النبات و المياه و الأسمدة هو الكتاب الأول الذي تقوم به الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في هذا المجال، علماً أن الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - إدارة بحوث الموارد الطبيعية يتبع لها 16 مختبراً موزعة في جميع المحافظات السورية. و تُقدم هذه المختبرات خدماتها في مجال تحليل التربة مجاناً للفلاحين و ذلك بهدف إعطاء النبات احتياجه الفعلي من الأسمدة دون زيادة أو نقصان مما يعطي إنتاجية و نوعية أفضل للمحاصيل مع المحافظة على مكونات البيئة بشكل عام، والله ولي التوفيق.

العناصر المغذية وأشكالها في التربة Nutrient Elements in Soil

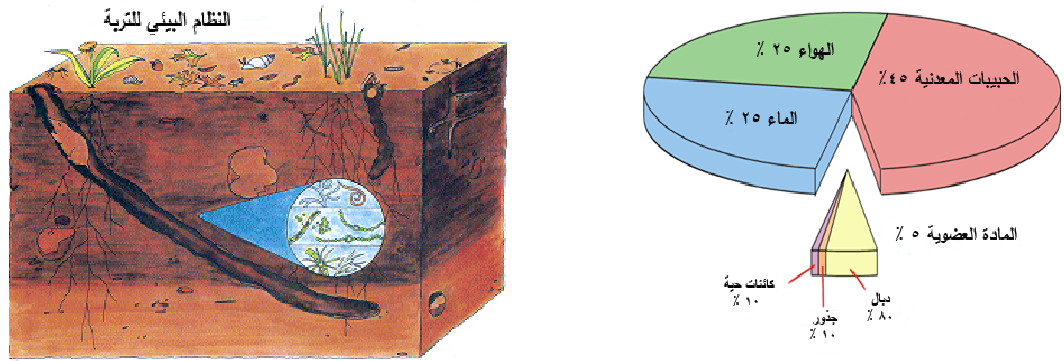
ليست التربة بالبساطة التي تبدو عليها، و إنما هي مجتمع معقد التكوين يحدث فيه تفاعلات متعددة شبيهة بالتفاعلات التي تحدث في أي كائن حي و لكنها أكثر تعقيداً، من هذا المنطلق يتضح بأن التربة ليست مادة واحدة متجانسة بل هي مجموعة من المواد تشكل نظام معقد يتكون من أربعة مكونات (Principal components of soil) تشمل:

المكون الصلب Solid component: أهم مكونات التربة و يتألف من حصى، أحجار، رمل، سلت، طين و مادة عضوية.

المكون السائل Liquid component: (المحلول الأرضي) و هو هام جداً لنمو النبات لإذابته العناصر الغذائية و إتاحتها لجذور النبات.

المكون الغازي Gaseous component: (الهواء الأرضي) هو مهم لتنفس الجذور و أحياء التربة حيث يُعتبر وسط للتبادل الغازي الذي ينعكس على نمو النبات و أحياء التربة عامة.

المكون الحي Biological component: يُعبر عن الكائنات الحية الموجودة في التربة من جذور و أحياء دقيقة و باقي الأحياء التي تعيش في التربة، و يبين الشكل (1) مكونات التربة و النظام البيئي للتربة.



الشكل (1) مكونات التربة و النظام البيئي للتربة

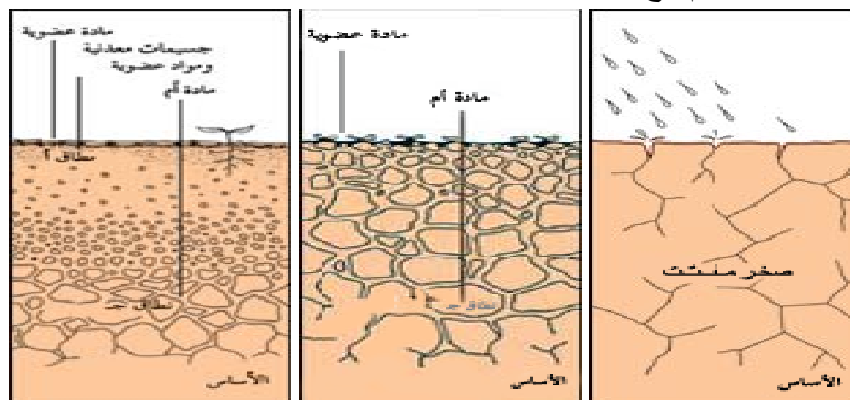
1. خصوبة التربة Soil fertility:

تُعبّر خصوبة التربة عن مدى و قدرة التربة على تزويد النباتات بالعناصر الغذائية اللازمة لنموها و إتمام دورة حياتها بنجاح، و إعطاء إنتاج متوافق مع قدرة المحصول. و التربة الخصبة هي التربة القادرة على تأمين كل احتياجات النبات من العناصر الغذائية القابلة لإفادة النبات بنسب متوازنة، و قليلة المحتوى من المواد السامة أو المثبطة للنمو، و تمتاز بخواص فيزيائية و حيوية و محتوى رطوبي مناسب لنمو الجذور و انتشارها.

2. تكوّن التربة و تطورها Soil formation and development:

تتكوّن التربة كنتاج لعمليات فيزيائية و كيميائية (عملية التجوية) و حيوية تؤثر على الصخرة الأم لتشكل بالنهاية ما يدعى بالتربة، حيث تفتت الأمطار و الثلوج و العوامل البيئية الأخرى الصخرة الأم، ثم تتفكك

المادة الناتجة التي تسمى المادة الأم إلى مركبات و عناصر معدنية، تبدأ فيما بعد بعض المتعضيات البسيطة بالعيش على الصخور فتشارك في عملية التجوية حيث تُنتج الطحالب و الأشنيات أحماضاً تساعد على تحلل الصخور. و حينما تموت المتعضيات تتجمع المواد العضوية بين المركبات المعدنية، و مع مرور الوقت تتشكل الطبقات المسماة آفاق، حيث تحوي الطبقة العليا أو الأفق A مواد عضوية أكثر و تصبح عميقة بدرجة كافية لدعم جذور النبات، أما الأفق C فيشبه المادة الأم. و يبين الشكل (2) تكوّن التربة اعتباراً من الصخور الأم مع مرور الزمن:



الشكل (2) تكوّن التربة اعتباراً من الصخرة الأم مع مرور الزمن

3. أهم الفلزات المشكلة للجزء الصلب بالتربة Soil mineralogical composition:

يبين الجدول (1) أهم الفلزات المشكلة للتربة.

جدول (1) أهم الفلزات المشكلة للجزء الصلب للتربة

المواصفات	التركيب	المعدن
		معادن أولية
صلب، بطيء التجوية، المكون الرئيس للرمل، و مكون للسلت أيضاً.	SiO_2	الكوارتز
صلب، بطيء إلى متوسط التجوية يمد التربة بالعناصر الغذائية و الطين عند تجويته	متعدد	فيلدسبارات
مصدر مهم للبوتاسيوم.	متعدد	ميكا
مصدر مهم للفوسفور.	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	أباتيت
		معادن ثانوية
يوجد في المناطق الجافة، قليل الذوبان، مصدر للكالسيوم و أحياناً المغنيزيوم.	CaCO_3	كالسيت
يوجد في المناطق الجافة، قليل الذوبان، مصدر للكالسيوم و المغنيزيوم.	$\text{Ca-Mg}(\text{CO}_3)_2$	الدولوميت
يوجد في المناطق الجافة، متوسط الذوبان.	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	جبس
مصدر للحديد، ذات قدرة عالية على تلوين التربة.	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	أكاسيد الحديد
أهم معادن التربة بالنسبة للزراعة، و لها استخدامات صناعية متعددة.	متعدد	معادن الطين

4. طرائق تقييم خصوبة التربة Methods of soil fertility evaluation:

يمكن تلخيص أهم الطرائق المتبعة لتقييم خصوبة التربة بما يلي:

- اختبار أعراض النقص على النبات (نقص خفي أو نقص مرئي).
- اختبارات كيميائية للتربة (تحليل التربة).
- اختبارات بيولوجية (زراعة بكتريا على بيئات مغذية).
- اختبار التحليل النباتي (تحليل كامل لنسج النبات).
- اختبار النظائر الموسومة (إضافة عنصر غذائي موسوم للتربة).

5. العناصر التي تدخل في تركيب النبات Essential plant nutrients: تُقسم هذه العناصر إلى:

المجموعة الأولى: العناصر الغذائية الكبرى Macronutrient elements: يحتاجها النبات بكميات كبيرة

نسبياً و هي الآزوت N، الفوسفور P، البوتاسيوم K، الكالسيوم Ca، المغنيزيوم Mg، الكبريت S، علماً أن الأشكال الأيونية لهذه العناصر في التربة التي يمتصها النبات هي النتروجين NO_2^- NO_3^- NH_4^+ الفوسفور H_2PO_4^- HPO_3^{--} البوتاسيوم K^+ الكالسيوم Ca^{++} المغنيزيوم Mg^{++} الكبريت SO_4^{--} .

المجموعة الثانية: العناصر الغذائية الصغرى Micronutrient elements: يحتاجها النبات بكميات قليلة

نسبياً (أجزاء بالمليون) و هي الحديد Fe، المنغنيز Mn، النحاس Cu، الزنك Zn، البورون B، الموليبدنيوم Mo، الكلور Cl. أما الأشكال الأيونية للعناصر المعدنية الصغرى في التربة التي يمتصها النبات فهي النحاس Cu^{++} Cu^+ ، الزنك Zn^{++} ، الموليبدنيوم MoO_4^{--} ، الحديد Fe^{++} Fe^{+++} ، المنغنيز Mn^{++} Mn^{+++} ، الكلور Cl^- ، البورون BO_3^{--} . و يمكن ملاحظة التراكيز التقريبية لبعض العناصر الكبرى و الصغرى في أنسجة أوراق النبات الجافة من خلال الجدول التالي (Bennett, 1996):

جدول (2) التراكيز التقريبية لبعض العناصر الكبرى و الصغرى في أنسجة أوراق النبات الجافة

العناصر المعدنية	نقص	كفاية	زيادة أو تسمم	%
N	$2 >$	5 - 2	غير سام	
P	$0.2 >$	0.5 - 0.2	غير سام	
K	$1 >$	5 - 1	غير سام	
Ca	$0.1 >$	1 - 0.1	غير سام	
Mg	$0.1 >$	0.4 - 0.1	غير سام	
S	$0.1 >$	0.3 - 0.1	غير سام	مغ/كغ
Fe	$50 >$	250-50	غير سام	
Cu	5 - 3	20-5	$20 <$	
Mn	20 - 10	300 - 20	$300 <$	
B	$10 >$	100-10	$100 <$	
Mo	$0.1 >$	0.5 - 0.1	$0.5 <$	
Cl	$0.2 >$	2 - 0.2	$2 <$	

1.5. الآزوت (N): Nitrogen

1.1.5. وظائف الآزوت في النبات The role of Nitrogen in plant

- يدخل في تكوين الأحماض الأمينية التي يتكون منها البروتين و في تكوين النيوكليوتيدات و اليخضور و الفيتامينات و الأنزيمات و منظمات النمو. و هو المكون الأساسي للمادة الحية، كما هو ضروري لعملية التنفس.
- يدخل في بناء الأغشية الخلوية.
- يدخل في تركيب مشتقات الأمينات مثل الكولين.
- يدخل في تركيب الأحماض النووية.
- يلعب دوراً هاماً في الثمار و تكوين الجذور.
- يوجد الآزوت عموماً بشكله المعدني في محلول التربة بشكل أيونات النترات و الأمونيوم و هذه الأيونات لا تشكل أكثر من 1 - 2 % من الآزوت الكلي الموجود في التربة. إن امتصاص النترات من قبل النبات سريع و هو أفضل عند الرقم الهيدروجيني المنخفض، و يسبب امتصاصها ميل إلى القاعدية في الوسط البيئي، زيادة في امتصاص الكاتيونات من قبل النبات، كذلك الحث لبناء الأنيونات العضوية في النبات. و عموماً يعتبر الآزوت عنصر متحرك داخل النبات فينتقل من الأجزاء القديمة إلى الأجزاء الحديثة النمو.
- بينما يسبب امتصاص الأمونيوم زيادة في حموضة الوسط البيئي، حيث يكون امتصاصه أفضل في الوسط المتعادل و ينقص في الوسط الحامضي و يتوقف عند الرقم (4) تقريباً، و يسبب امتصاصه نقص في امتصاص الكاتيونات و خاصة الثنائية مثل الكالسيوم و المغنيزيوم و الأحادية مثل البوتاسيوم، بينما يؤدي إلى زيادة امتصاص الأنيونات غير العضوية مثل الفوسفور و الكبريت و الكلور، يتم تحويل الأمونيوم الممتص بواسطة الجذور إلى مركبات كيميائية، و ذلك لمنع تراكمها في الجذور. تشير بعض الأبحاث إلى أن امتصاص أي من صورتَي الآزوت يؤثر على امتصاص الصورة الأخرى، فمثلاً الأمونيوم يثبط امتصاص النترات، بينما تشير أبحاث أخرى أن امتصاص النترات لا يؤثر على امتصاص الأمونيوم.

2.1.5. أشكال الآزوت في التربة Forms of Nitrogen in soil

- الآزوت المعدني (النترات و النتريت و الأمونيوم و أشكال أخرى): و يشكل 1-2 % من الآزوت الكلي، و يستخلص النترات و النتريت بالماء المقطر عادة أما الأمونيوم فيستخلص باستخدام محلول غني بشوارد البوتاسيوم (كلوريد البوتاسيوم) حيث يقوم البوتاسيوم بإزاحة الأمونيوم المدمص على حبيبات الطين لينتقل إلى المحلول.

- الآزوت العضوي و يشكل 98% من الآزوت الكلي: و هو مجموع الآزوت الميكروبي و أزوت المادة العضوية المتحللة و المستقرة (الدبال) و الحديثة، يستخلص الآزوت العضوي بهضم التربة بحمض الكبريت بوجود مواد إرجاع مناسبة مع مساعدات الهضم (أملاح النحاس، السيلينيوم،... إلخ) فيتحول الآزوت بكامله إلى سلفات الأمونيوم. تؤدي إضافة المادة العضوية الطازجة (غير المخمرة) إلى زيادة كبيرة في نشاط الأحياء الدقيقة، هذه الزيادة تدفع الأحياء الدقيقة إلى استهلاك الآزوت المتمعدن في التربة لبناء خلاياها و تكاثرها مما يسبب نقص حاد و مؤقت بالآزوت القابل للامتصاص من قبل النبات، ينتهي هذا العوز عند استهلاك كامل المادة العضوية الطازجة و عودة النشاط الحيوي في التربة إلى حدوده الاعتيادية لتتفكك أجسام الأحياء الدقيقة في التربة و يتاح الآزوت من جديد.

3.1.5. أعراض نقص الآزوت على النبات Nitrogen deficiency symptoms on plant:

- اصفرار أجزاء النبات.
- تتلون الأوراق بلون بني و تموت (نقص شديد).

2.5. الفوسفور (P): Phosphorus

1.2.5. وظائف الفوسفور في النبات The role of Phosphorus in plant:

- يدخل عنصر الفوسفور في تركيب السائل النووي للخلايا كما يدخل في تركيب الأحماض النووية DNA-RNA التي تتحد مع البروتين لتكون البروتوبلازم الحي.
- للفوسفور دور في إعطاء الطاقة ATP-ADP اللازمة لعملية استقلاب الكربوهيدرات.
- للفوسفور دور في عملية انقسام الخلايا و في عملية نمو و تكوين الجذور، و يُنظم pH الخلايا النباتية.
- يُؤثر الفوسفور في عملية النضج و إنتاج البذور و الأزهار، حيث يُؤثر الفوسفور في عملية نضج الثمار بطريقة غير مباشرة فوفرتة تُقلل من امتصاص الآزوت و بالتالي يقل النمو الخضري و يُسرّع في عملية نضج الثمار.
- ينتقل الفوسفور من الأجزاء القديمة إلى الأجزاء الحديثة النمو.

2.2.5. أشكال الفوسفور في التربة Forms of Phosphorus in soil:

- الفوسفور القابل للإفادة Available Phosphorus: و هو الفوسفور الذي يستطيع النبات امتصاصه بشكل مباشر و يتأثر تركيز هذا الشكل بحسب تفاعل التربة فعند pH أقل من 6.5 يمتاز محلول التربة بوفرة شوارد الهيدروجين و التي تُحوّل شوارد الفوسفات الثلاثية غير الذوابة (غير المتاحة) إلى فوسفات أحادية و ثنائية الأكثر ذوباناً مما يؤدي إلى إتاحة كمية أكبر من الفوسفور للنبات، من جهة أخرى يؤدي ارتفاع الـ pH فوق 9 إلى ذوبان الفوسفات الثلاثية، أما

في حالة الترب السورية و حيث يكون الـ pH السائد 7.5-8.5 (قاعدياً) يكون معظم الفوسفور بحالة مثبتة فيقوم النبات من خلال إفرازاته الجذرية بإذابة جزء منه و إتاحتها كما تقوم الأحياء الدقيقة من خلال نشاطها بتحويل جزء من الفوسفور غير المتاح إلى فوسفور متاح. يُستخلص الفوسفور القابل للإفادة بمحلول مضبوط الـ pH (8.5) من بيكربونات الصوديوم كمحاولة لمحاكاة ظروف محلول التربة الطبيعية.

- **الفوسفور المعدني Inorganic Phosphorus:** و هو يشمل الفوسفور القابل للإفادة و الفوسفور المثبت و يتوفر في التربة بكميات كبيرة جداً تفوق حاجة النباتات و يشكل مخزون احتياطي كبير للفوسفور في التربة، تقوم بعض الأحياء الدقيقة كفطور الميكوريزا المتعايشة مع جذور النبات و أنواع من البكتيريا بالمساهمة بتأمين احتياجات النبات من الفوسفور أو جزء كبير منها بإتاحتها للنبات. يُقدر الفوسفور المعدني باستخلاصه بمحلول حامضي مخفف.

- **الفوسفور العضوي Organic Phosphorus:** و هو الفوسفور الموجود في المركبات العضوية نباتية أو حيوانية المنشأ و يمكن أن يكون في الكتلة الحيوية.

3.2.5. أعراض نقص الفوسفور على النبات Phosphorus deficiency symptoms on plant:

- يتميز النمو الخضري في النبات النامي بلون أخضر داكن يميل للزرقة.
- تتلون الأوراق السفلى بلون أرجواني مصفر (خاصة بين العروق) تتحول إلى برونزي.

3.5. البوتاسيوم Potassium (K):

1.3.5. وظائف البوتاسيوم في النبات The role of Potassium in plant:

- يلعب البوتاسيوم دوراً هاماً في العمليات الحيوية فهو ضروري في تكوين البروتينات و المواد الكربوهيدراتية و اختزال النترات في النباتات، و يُساعد في تحويل الكربوهيدرات إلى دهون، و هو عامل مساعد له أهمية كبيرة في العمليات الكيميائية داخل النبات، و يُنشط إفراز بعض الأنزيمات الداخلة بعملية تركيب البروتين، كما يُساعد في تمثيل البروتين.
- يلعب البوتاسيوم دوراً هاماً في حركة السكريات من الأوراق إلى أجزاء النبات الأخرى.
- يزيد البوتاسيوم من فعالية الأنزيمات المشاركة في تبادل الكربوهيدرات و تراكم السكريات و النشاء، و يُشجع على انتقال المواد الكربوهيدراتية من مناطق التصنيع إلى مواقع التخزين.
- يعد البوتاسيوم مسؤولاً عن ضبط حركة الخلايا الحارسة في الثغور التنفسية و كذلك محتوى الماء في النبات.
- البوتاسيوم له تأثير في زيادة مقاومة النبات للأمراض و كذلك في زيادة المقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة و الصقيع.
- للبوتاسيوم دوراً في قيام الحديد بوظائفه الحيوية لتكوين الكلوروفيل.

- ينتقل البوتاسيوم من الأجزاء القديمة إلى الأجزاء الحديثة.

2.3.5. أشكال البوتاسيوم في التربة **Forms of Potassium in soil**:

- **البوتاسيوم الكلي Total Potassium**: وهو يشمل البوتاسيوم الفلزي (الموجود في بلورات فلزات التربة) و يحتاج إلى قرون ليتحرر من خلال عمليات تجوية معقدة و طويلة المدى، و يُقدّر فقط في حالة تحطيم فلزات التربة المختلفة بالماء الملكي أو حمض فلور الماء.
- **البوتاسيوم المتبادل Exchangeable Potassium**: و هو البوتاسيوم المدمص على حبيبات الطين و يكون بحالة تبادلية مستمرة مع محلول التربة و يُشكل المخزون الحقيقي من البوتاسيوم في التربة حيث يُعوض البوتاسيوم الممتص من قبل النبات و المغسول مع ماء التربة الراشح. يُقدّر البوتاسيوم المتبادل باستخلاصه بمحلول غني بشوارد الصوديوم أو الأمونيوم (أسيئات الصوديوم أو الأمونيوم) التي تقوم بإزاحته إلى المحلول.
- **البوتاسيوم الذائب بماء التربة Water-soluble Potassium in soil**: و هو شوارد البوتاسيوم الموجودة في محلول التربة عند لحظة معينة و تكون بحالة توازن مع البوتاسيوم المدمص مما يجعل قياسها صعباً، و تنعدم في حالة جفاف التربة و تزداد عند الري.

3.3.5. أعراض نقص البوتاسيوم على النبات **Potassium deficiency symptoms on plant**:

- اصفرار الأوراق عند الحافة ثم يمتد الاصفرار للداخل.
- تتحول الأجزاء الصفراء إلى اللون الأصفر القاتم أو البني المحروق (حالة العوز الشديد).

4.5. الكالسيوم (Ca) **Calcium (Ca)**:

1.4.5. وظائف الكالسيوم في النبات **The role of Calcium in plant**:

- يدخل في تركيب الصفيحة الوسطى لجدران الخلايا النباتية على شكل بكتات الكالسيوم، و يعمل على ترسيب المواد السامة التي يُفرزها النبات أثناء عملية الإستقلاب، و هو ضروري لعمليات الانقسام الخلوي في القمم النامية.
- يؤثر الكالسيوم على درجة نفاذ العناصر الغذائية و الماء من جدر الخلايا و أغشية البروتوبلازم، و يزيد قدرة النبات على امتصاص و تمثيل النترات و يُشجع النبات على تكوين العقد الجذرية.
- له دور في عملية الإنبات، و يُشجع نمو الجذور و يزيد قدرتها على الانتشار.
- يشارك في عملية نقل الكربوهيدرات.
- ينشط عدد من الأنزيمات (الفوسفاتاز).
- ضروري للنباتات البقولية لزيادة قدرتها في تثبيت الآزوت الجوي.

2.4.5. أشكال الكالسيوم في التربة :Forms of Calcium in soil

- الكالسيوم الكلي Total Calcium: و هو يشمل الكالسيوم الفلزي (الموجود على شكل كربونات أو كبريتات الكالسيوم و أشكال أخرى) و يشكل في بعض الترب نسبة مؤثرة رغم ضعف ذوبانه حيث يلعب دوراً في تفاعل التربة و تثبيت بعض العناصر و التضاد مع عناصر أخرى و يُقدر حسب نوع الفلز.

- الكالسيوم المتبادل Exchangeable Calcium: و هو الكالسيوم المدمص على حبيبات الطين و يكون بحالة تبادلية مستمرة مع محلول التربة و يلعب دوراً إيجابياً في تحسين بناء التربة و تجميع حبيبات الطين كما يشكل جسوراً لبعض الشوارد السالبة لتدمص على حبيبات التربة و يلعب دوراً أساسياً في التخفيف من قلوية الترب. يُقدر الكالسيوم المتبادل باستخلاصه بمحلول غني بشاردة الأمونيوم أو الصوديوم (أسيتات الأمونيوم أو الصوديوم) التي تقوم بإزاحته إلى المحلول.

3.4.5. أعراض نقص الكالسيوم على النبات Calcium deficiency symptoms on plant: تظهر على القمم النامية لأفرع و جذور النبات (حيث تموت البراعم). و تجف أطراف الأوراق حديثة النمو بعد أن تلتوي بشكل خطاف.

5.5. المغنيزيوم :Magnesium (Mg)

1.5.5. وظائف المغنيزيوم في النبات :The role of Magnesium in plant

- يعتبر المغنيزيوم من مكونات الكلوروفيل الهامة و يدخل في عملية التمثيل الضوئي.
- يساهم في عملية تكوين و نقل الكربوهيدرات.
- ينشط تكوين الأحماض الأمينية و الفيتامينات، و ينشط حركة الفوسفور في النبات.
- يدخل المغنيزيوم في تركيب الفاييتين (Phytin) المسؤول عن تأمين الفوسفور عند الإنبات.
- للمغنيزيوم دوراً هاماً في تركيب أغشية الخلايا و نفاذية المواد الغذائية و الماء من جدر الخلايا.

2.5.5. أشكال المغنيزيوم في التربة :Forms of Magnesium in soil

- المغنيزيوم الكلي Total Magnesium: و هو يشمل المغنيزيوم الفلزي (الموجود على شكل كربونات المغنيزيوم أو أشكال أخرى) و تختلف كميته حسب نوع الفلز.
- المغنيزيوم المتبادل Exchangeable Magnesium: و هو المغنيزيوم المدمص على حبيبات الطين و يكون بحركة مستمرة تبادلية مع محلول التربة، و تكون نسبته إلى الكالسيوم المتبادل 15/8 هي الأفضل للنبات. يُقدر المغنيزيوم المتبادل باستخلاصه بمحلول غني بشاردة الصوديوم أو الأمونيوم التي تقوم بإزاحته إلى المحلول.

3.5.5. أعراض نقص المغنيزيوم على النبات **Magnesium deficiency symptoms on plant**: تتحول الأوراق المسنة إلى اللون الأخضر الفاتح ثم يبدأ الاصفرار من الطرف العلوي للورقة و يمتد حتى يصل إلى عنق الورقة بينما تبقى العروق خضراء.

6.5. الكبريت (S): Sulfur

1.6.5. وظائف الكبريت في النبات **The role of Sulfur in plant**:

- يدخل في تركيب الأحماض الأمينية.
- يساعد في اختزال النترات داخل النبات، إذ يصاحب نقص هذا العنصر تراكم النترات في النبات.
- يدخل في تكوين الغلوكوسيدات (السكريات).

2.6.5. أعراض نقص الكبريت على النبات **Sulfur deficiency symptoms on plant**: تظهر أعراض النقص على الأوراق الحديثة فيبدو لونها أخضراً فاتحاً كما أن عروق الأوراق تبقى أفصح لوناً من باقي نسيج الورقة (بعكس أعراض نقص المغنيزيوم).

7.5. العناصر الصغرى **Micronutrient elements**:

1.7.5. الحديد (Fe): Iron

1.1.7.5. وظائف الحديد في النبات **The role of Iron in plant**:

- يعمل الحديد كحامل للأكسجين أثناء عملية التنفس.
 - يعتبر الحديد عامل هام في تكوين الكلوروفيل رغم أنه لا يدخل في تركيبه.
 - يلعب الحديد دوراً في عملية التمثيل الضوئي و عملية استقلاب البروتينات.
 - للحديد دوراً في التثبيت الحيوي للأزوت و في أكسدة السكريات و إرجاع النترات.
- من الواضح أن نقص الحديد هو الأكثر شيوعاً بين أعراض نقص العناصر الصغرى الأخرى علماً أنه قد يوجد بكميات كبيرة في التربة، مع ذلك لا يمكن للنبات امتصاصه خصوصاً إذا كانت التربة غنية بالكالسيوم. يظهر نقص الحديد في الأراضي الكلسية و الحامضية أو نتيجة عدم توازنه مع الفوسفور و النحاس و المنغنيز. و لا ينتقل الحديد من الأجزاء القديمة إلى الأجزاء الحديثة للنبات.

2.1.7.5. أعراض نقص الحديد على النبات **Iron deficiency symptoms on plant**: تظهر على الأوراق حديثة التكوين حيث تبدو صفراء بين العروق بينما تبقى هذه العروق خضراء اللون و عند اشتداد النقص تموت حواف الورقة و نهاية العروق.

2.7.5. النحاس (Cu): Copper

1.2.7.5. وظائف النحاس في النبات **The role of Copper in plant**:

- يلعب النحاس دوراً كمنشط في اصطناع فيتامين B.
- يدخل النحاس في تركيب أنزيمات الأكسدة في خلايا النبات.

- يعتبر النحاس هاماً للتبادل الكربوهيدراتي و البروتيني و تركيب الكلوروفيل، كما أن النحاس ضروري لعملية التنفس.

2.2.7.5. أعراض نقص النحاس على النبات Copper deficiency symptoms on plant: يظهر نقص النحاس في الأراضي القلوية و العضوية و الغنية بالعناصر المعدنية الأخرى، و تظهر أعراض نقصه بموت البراعم الصغيرة و اصفرار الأوراق، و لا ينتقل من الأجزاء القديمة إلى الحديثة في النبات.

3.7.5. المنغنيز (Mn):

1.3.7.5. وظائف المنغنيز في النبات The role of Manganese in plant:

- يلعب المنغنيز دوراً في عملية التنفس و اصطناع البروتينات، و هو عنصر ضروري لبعض الأنزيمات المرتبطة بعملية تركيب الكربوهيدرات.
- يلعب المنغنيز دوراً في اصطناع الكلوروفيل، و بدوره يتراكم مركب فوق أكسيد الهيدروجين و الذي يسبب عدم تحلله بواسطة المنغنيز موت الخلايا النباتية.
- تعتبر معظم المحاصيل الجذرية (كالبطاطا، الشوندر، الجزر) و محاصيل الحبوب من أكثر النباتات حساسية لنقص المنغنيز.
- عادة يلاحظ نقص المنغنيز في الأراضي القلوية و الأراضي الفقيرة بالمادة العضوية.
- لا ينتقل المنغنيز من الأجزاء القديمة إلى الأجزاء الحديثة.

2.3.7.5. أعراض نقص المنغنيز على النبات Manganese deficiency symptoms on plant: تبقع الورقة ببقع مبعثرة و تساقط الأوراق و كذلك الأزهار في حالة النقص الشديد.

4.7.5. الزنك (Zn):

1.4.7.5. وظائف الزنك في النبات The role of Zinc in plant:

- يُعتبر الزنك عنصر هام لحياة النبات حيث أن هذا العنصر ضرورياً لإنتاج الكلوروفيل.
- يدخل الزنك في تركيب العديد من الأنزيمات أو يزيد من فعاليتها داخل النبات.
- يُشجع الزنك تكوين مركبات النمو داخل النبات (الأوكسينات) و يمنع تفككها.
- يعمل كعامل مساعد في عملية الأكسدة، و يُسهم بتنظيم عمليات استهلاك السكر داخل النبات.
- يزيد الزنك من الاصطناع الحيوي للفيتامينات مثل حمض الأسكوربيك و الثيامين و يؤثر على تبادل الكربوهيدرات و الفوسفات، كما يساعد على زيادة إنتاج الطاقة لتصنيع الكلوروفيل.
- يساعد الزنك في عملية امتصاص الماء و بهذا يمنع عملية التقزم في النبات.
- من أكثر النباتات حساسية للزنك: التفاح، الحمضيات، المشمش، الدراق، اللوز، الكرز، الذرة، الصويا و البطاطا.

2.4.7.5. أعراض نقص الزنك على النبات Zinc deficiency symptoms on plant:

يظهر نقص الزنك في الأراضي القلوية و الغنية بالفوسفور و الرطبة و الفقيرة بالمادة العضوية. من المعروف بأن الزنك لا ينتقل من الأجزاء القديمة إلى الأجزاء الحديثة. تظهر أعراض النقص باصفرار الأوراق أو تحول لونها إلى العاجي، كما يقل طول السلاسلات في الساق.

5.7.5. البورون (B):

1.5.7.5. وظائف البورون في النبات The role of Boron:

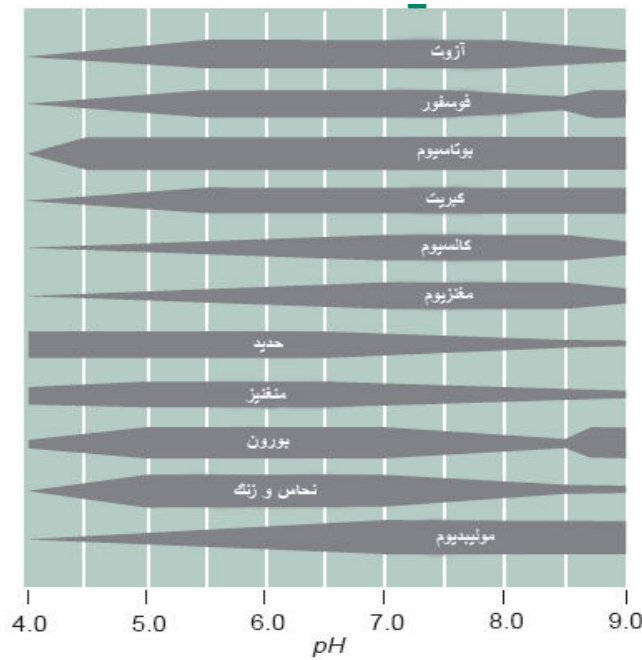
- يؤثر البورون في العديد من العمليات الكيميائية الحيوية في النبات كالإزهار، تكوين الثمار، إنبات حبوب اللقاح، الانقسام الخلوي، اصطناع البروتينات و الكربوهيدرات و امتصاص الأملاح.
- تتراكم السكريات في حالة نقصه في الأوراق مما يعرقل التركيب الضوئي و يقل تأمين المواد النشوية للجذور. كما يلعب البورون دوراً في عملية تنظيم امتصاص الماء.
- البورون ضروري للنبات خلال جميع مراحل نموه و نقصه يؤدي إلى وقف النمو و الإصابة بالأمراض و انخفاض الإنتاج كماً و نوعاً.

2.5.7.5. أعراض نقص البورون على النبات Boron deficiency symptoms on plant: يظهر نقص

البورون في الأراضي القلوية و الأراضي غير المتوازنة بين الكالسيوم و البورون و الفقيرة في محتواها العضوي أو ذات المحتوى العضوي الكبير. تظهر أعراض نقصه بموت البراعم و القمم النامية و ضعف نمو الجذور. تقل كمية الجزء الداخلي في جذور الشوندر مع اصفرار الأوراق، و تظهر في ثمار التفاح ظاهرة التفلن.

6. إتاحة العناصر المغذية للنبات بحسب pH التربة Relationship between nutrients availability

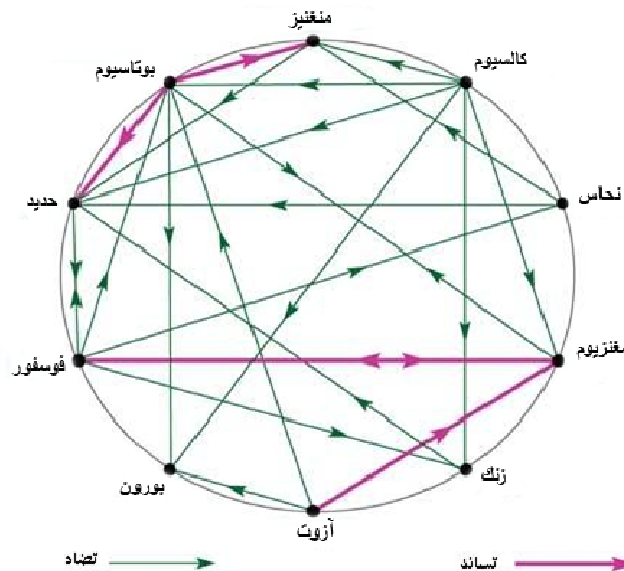
and soil pH: من المعروف أن إتاحة العناصر المغذية للنبات تتأثر برقم pH التربة حيث يوضح الشكل التالي أثر تفاعل التربة pH على إتاحة العناصر المغذية.



الشكل (3) أثر تفاعل التربة (pH) على إتاحة العناصر المغذية

7. العلاقات بين العناصر الغذائية المعدنية في التربة (تساند - تضاد) Relationships between nutrients in soil (antagonism-stimulation)

هناك علاقة تساند أو تضاد بين بعض العناصر المغذية للنبات، فعلى سبيل المثال الآزوت يُنشط امتصاص المغنيزيوم بينما يُثبط امتصاص البوتاسيوم و البورون، و يوضح المخطط التالي العلاقة بين العناصر المغذية في التربة (Mulder's Chart):



الشكل (4) العلاقة بين العناصر المغذية في التربة

8. المرجع Reference

Bennett, W. F. (Ed.). 1993. Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. The American Phytopathological Society.

الباب الأول

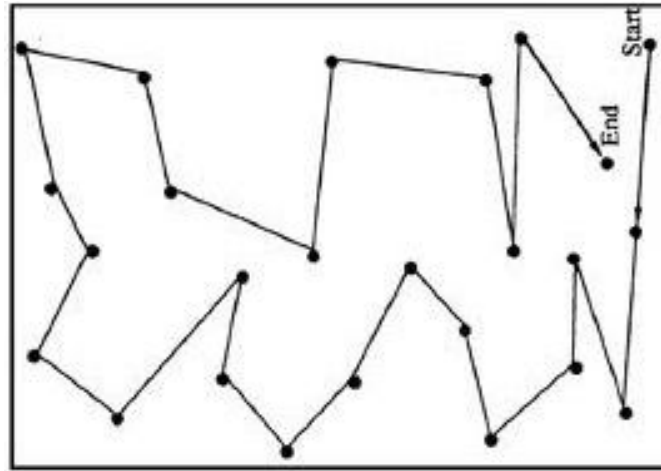
التربة Soil

الفصل الأول: طرائق أخذ العينة الترابية Methods of soil sampling

إن الغرض الأساسي من تحليل عينات التربة الوصول للتوصية السمادية بمعرفة قدرة التربة النسبية على تزويد المحصول بالعناصر الغذائية خلال موسم النمو، وكذلك تقدير احتياجات الكلس، و تحديد بعض المشاكل مثل الملوحة، و يستخدم تحليل التربة أيضا كدليل لإدارة العناصر الغذائية المتعلقة بإضافة السماد العضوي. و بسبب اختلاف أنظمة الزراعة و اختلاف الأراضي و الحقول فيما بينها (التضاريس، خواص التربة... إلخ) فليس هناك طريقة واحدة لجمع عينات التربة لتقدير العناصر الغذائية في جميع أنظمة الإنتاج و لكل الحقول. و قد حددت الأبحاث الأخيرة طرائق كثيرة لجمع عينات التربة، و من أهم هذه الطرائق و أكثرها شيوعاً ما يلي (Jacobson , 1998):

1. جمع عينات التربة بالطريقة العشوائية Random sampling method:

تُجمع في هذه الطريقة عينة مركبة (مؤلفة من عدد من العينات الفردية) بطريقة عشوائية (الشكل 5)، و ذلك لتقدير متوسط قيم العناصر الغذائية في الحقل، و بناءً على ذلك توضع توصية سمادية واحدة و التي تستند على متوسط العينة.



الشكل (5) جمع العينات بالطريقة العشوائية

و إن عدد العينات الفردية المأخوذة يقرر مدى دقة النتيجة، هذا و قد حددت أغلب الدراسات العلمية أن العينات المركبة و المؤلفة من عشرين عينة فردية تعطي قيم اختبار أكثر ثباتاً من العينات المؤلفة فقط من خمس إلى عشرة عينات فردية (Franzen *et al.*, 1998 ; Warnck, 2000 ; Peters *et al.*, 2007). و بالنسبة لمساحة الوحدة التحليلية (المساحة المأخوذة منها العينة المركبة) فالجدول التالي يبين عدد العينات المركبة المقترح جمعها من الحقول المتشابهة (Peters *et al.*, 2007):

جدول (3)

عدد العينات المركبة المقترح جمعها	حجم الحقل بالهكتار
2	4 - 2
3	10 - 4.5
4	16 - 10.5
5	24 - 16.5
6	32 - 24.5
7	40 - 32.5

من ميزات هذه الطريقة أن كلفة جمع العينات منخفضة نسبياً و هي سريعة الإجراء مقارنة بباقي الطرائق.

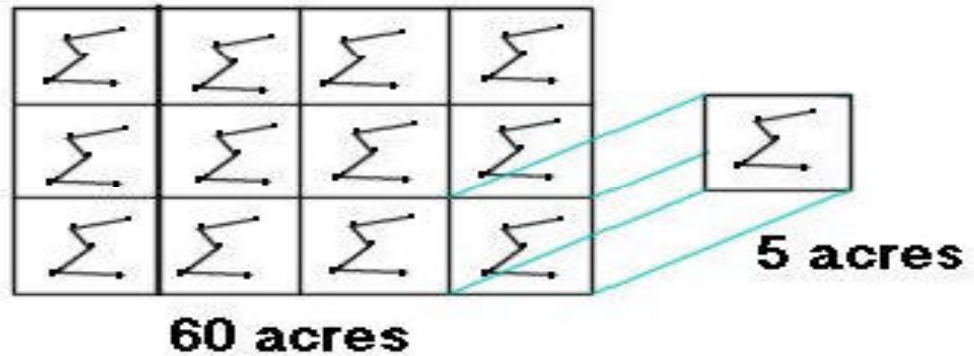
2. جمع عينات التربة بالطريقة الشبكية Grid sampling method:

و هناك نموذجان عامان لجمع عينات التربة بالطريقة الشبكية و تتضمن:

- جمع عينات التربة بطريقة الخلية الشبكية Grid cell.

- جمع عينات التربة بطريقة النقطة الشبكية Grid point sampling method

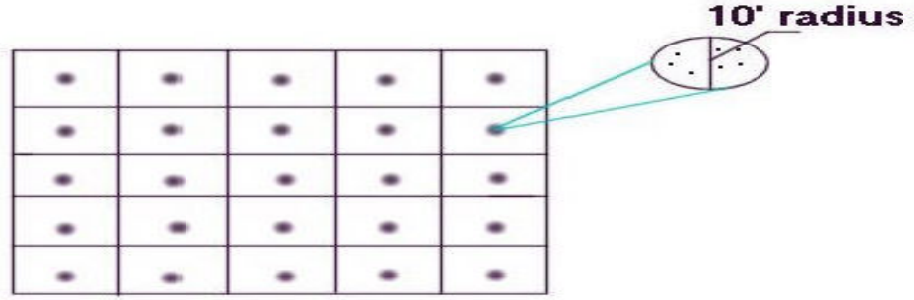
1.2. جمع التربة بطريقة الخلية الشبكية: في هذا النموذج تُجمع عينات التربة بشكل عشوائي في خلية الشبكة (الشكل 6)، حيث تُؤخذ عدة عينات فردية من كافة أنحاء الخلية الشبكية لتشكل عينة مركبة واحدة.



الشكل (6) جمع التربة بطريقة الخلية الشبكية

ملاحظة: 1 acres تعادل 4046.85 م²

2.2. جمع عينات التربة بطريقة النقطة الشبكية: في هذا النموذج تُجمع عدة عينات حول نقطة مرجعية (محددة من قبل Gaps) كما في الشكل (7) واقعة ضمن الشبكة أو على تقاطعات الشبكة.

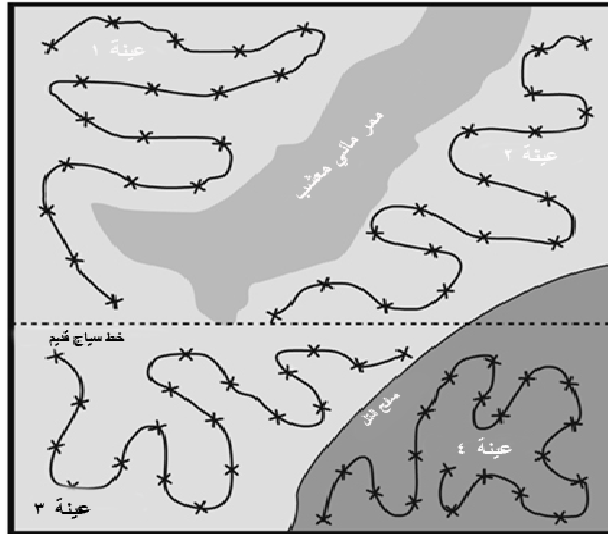


الشكل (7) جمع عينات التربة بطريقة النقطة الشبكية

و إضافة إلى الطرائق السابقة، فقد حددت الأبحاث الأخيرة طرائق أخرى لجمع عينات التربة و تتضمن:

3. جمع عينات التربة بطريقة المنطقة Zone Sampling method:

و في هذه الطريقة تُؤخذ العينات المركبة من المناطق الرئيسية ضمن الحقل و التي تختلف في خواصها مثل القوام أو اللون أو غير ذلك (الشكل 8)، و هذه المناطق يجب أن تُؤخذ منها العينات بشكل منفصل (Dinkins and Jones, 2008):

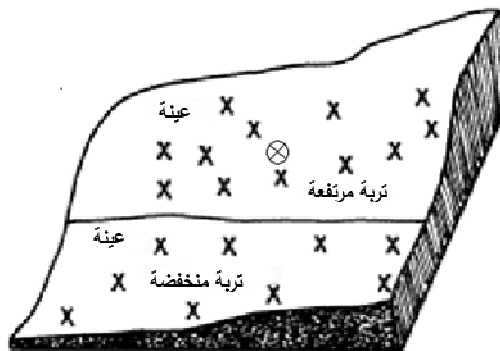


الشكل (8) جمع عينات التربة بطريقة المنطقة

4. جمع العينات الجغرافية/الطبوغرافية Topographic/Geographic sampling method:

تختلف الحقول في المعالم الطبيعية الطبوغرافية مثل الارتفاع و الانخفاض و درجة الميل و الانحدار، لذلك فإن الإعتيان بطريقة الوحدة الجغرافية/الطبوغرافية يأتي ليعالج اختلاف صفات التربة العائد لعدم تجانس الطبيعة الطبوغرافية بتحديد مناطق متجانسة طبوغرافياً.

هناك طريقتين لإعتيان التربة بهذه الطريقة، الأولى (أ) هي أخذ عينة تربة مركبة لمنطقة متجانسة طبوغرافياً (من مركز هذه المنطقة و من عدة نقاط تحيط بالمركز) كما في الشكل (9)، أما الثانية (ب) فهي أخذ عينة تربة من المركز فقط لمنطقة متجانسة طبوغرافياً.



الشكل (9) طريقة (أ) لجمع عينات الوحدة الجغرافية/الطبوغرافية

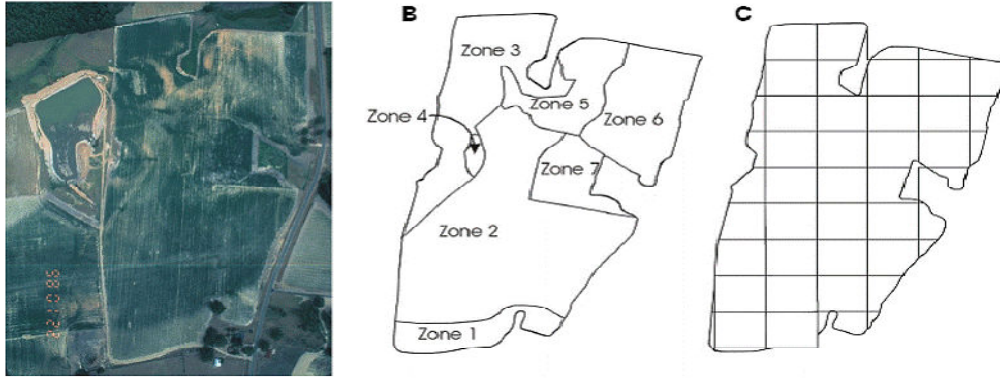
5. جمع العينات بالاستناد إلى الإنتاجية Production sampling method:

تستخدم هذه الطريقة خرائط إنتاجية المحاصيل و التي تنتج من جمع بيانات مراقبة الإنتاجية لتحديد موقع أخذ عينات التربة (من منطلق أن نمو المحاصيل و الإنتاجية تختلف بسبب عدة متغيرات في التربة كتركيب التربة و ممارسات إدارة التربة كالري و الصرف و التسميد ... الخ). إن بيانات الإنتاجية تستخدم مع GPS لإنتاج خارطة الإنتاجية للأرض و التي تعتبر الاستخدام الأفضل لتنبؤ إنتاجية منطقة في حال تم تقسيم الحقل الى قطاعات في برنامج GIS (أخذ متوسط الإنتاجية لكل قطاع)، القطاعات التي تتجاوز معدل الإنتاجية تعطى القيمة +1 و التي تقل عن المعدل تعطى القيمة (1) و التي تقارب المعدل تعطى القيمة (0) ، بتكرار هذه العملية كل عام سنحصل على خارطة تواتر الإنتاجية الموحدة (Normalized Yield Frequency Map) علماً أن الإنتاجية الموحدة لكل منطقة تحسب بتقسيم كل عينة على معدل إنتاجية الحقل و الناتج يعبر عنه بنسبة مئوية لمعدل إنتاجية الحقل و بجمع خرائط بيانات الإنتاجية الموحدة لعدة سنوات تعطي مدلولاً إلى المناطق التي تكون فيها الإنتاجية عالية أو منخفضة أو متوافقة مع المعدل الطبيعي. يمكن تحديد المواقع التي تؤخذ منها عينات التربة إذا ظهرت تغيرات في الإنتاجية لبعض القطاعات في الحقل بسبب عامل معين سيتم كشفه بتحليل تربة تلك القطاعات.

6. جمع العينات بالاعتماد على الاستشعار عن بعد Remote-Sensing sampling method:

تعتمد هذه الطريقة على تقانات الاستشعار عن بعد حيث تؤخذ صورة فضائية للمنطقة و تجمع مع معلومات جدولية ميدانية و خرائط رقمية عن المنطقة، تعالج هذه المعلومات في برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS لإنتاج خارطة معلومات جغرافية، البيانات و الصور المتحصل عليها بشكل أطوال موجات مميزة تفسر باستخدام الدلائل الشائعة مثل معامل التغير الطبيعي للنبات (NDVI) لتحليل طبقات الطيف

الضوئي و معرفة و تحديد مساحة الغطاء النباتي و متغيرات أخرى، المعلومات الدالة تنزل على خرائط لتشير عن مستويات مختلفة لمتغير خاص مثل محتوى الماء، محتوى عنصر غذائي، متغيرات التربة كلون التربة. و بسبب العلاقة بين الدلائل الجدولية و أي متغير من المتغيرات الأنفة الذكر فلا بد من التحقق و المقارنة بين القيم المحسوبة مع نتائج عينات ميدانية و إجراء المطابقة.



الشكل (10) A صورة جوية لحقل مساحته 67 فدان. B تحديد المناطق. C شبكة بمساحة للوحدة 2 فدان (Rains and Thomas, 2001)

أدوات جمع عينات التربة Sampling tools: إن أهم أدوات جمع عينات التربة ما يلي:
المجرفة spade، أوغر يدوي hand auger، مسبار يدوي hand probe، أوغر مسبار هيدروليكي hydraulic probe and auger. و أفضل هذه الأدوات لجمع عينات التربة هي المسبار اليدوي أو الآلي (Frazen and Cihacek, 1998). و عند جمع عينات التربة لابد من استخدام أدوات نظيفة و خالية من الصدأ و مطلية بالكروم أو مصنوعة من stainless steel و خاصة عند جمع العينات لتحليل العناصر الصغرى، كما يجب تخزين أدوات جمع عينات التربة في مكان خال من الملوثات مثل الأسمدة.
توقيت جمع عينات التربة Sampling time: يمكن جمع عينات التربة في أي وقت خلال السنة عندما تكون حرارة و رطوبة التربة و الظروف الحقلية تسمح بذلك. و من أجل تتبع قيم اختبار التربة مع التوقيت فإن أفضل وقت لجمع عينات التربة هو نفس الوقت من كل عام. أما بالنسبة للحقول المستخدمة في إنتاج المحاصيل فإن أفضل وقت لجمع عينات التربة هو قبل الزراعة و ذلك للحصول على تقدير دقيق للآزوت المتاح في التربة، و تؤخذ العينات في أقرب وقت ممكن قبل الزراعة.

عمق جمع عينات التربة Sampling depth: إن المسافة ما بين العينات المأخوذة يعتمد على أبعاد الحقل المأخوذة منه العينات، كما يتعلق عمق جمع عينات التربة بالعناصر الغذائية المراد اختبارها و كذلك المحصول المراد تسميده. و قد بينت الدراسات المختلفة (Franzen and Cihacek, 1998) أنه لتقدير الآزوت النتراتي و الكبريت و الكلور فإن العينات تؤخذ من العمق 0 - 60 سم و يمكن أن يقسم هذا العمق إلى 0 - 30 سم و 30 - 60 سم. أما بالنسبة لتقدير الفوسفور و البوتاسيوم القابل لإفادة النبات فإن العمق 0 - 30 سم كاف (Peters et al., 2007).

تكرار جمع عينات التربة Repetition of sampling: في معظم أنظمة المحاصيل الحقلية فإن أخذ عينات التربة و اختبارها بكل الحقل يجري على الأقل مرة كل 3 سنوات و خاصة بالنسبة للفوسفور و البوتاسيوم أما بالنسبة للآزوت فيجري مرة كل سنة. و لكن في أنظمة الزراعة الكثيفة، حيث تضاف كميات كبيرة من الأسمدة سنوياً و تمتص هذه الكميات بواسطة المحاصيل المزروعة، فإن اختبار التربة السنوي ضروري للمحافظة على ظروف التسميد (Warnke, 2000).

طريقة أخذ عينات التربة Way to take soil samples:

- نظف سطح التربة من بقايا المحاصيل أو الأسمدة العضوية.
- أدخل المسبار (الأوغر) إلى العمق المراد أخذ العينة منه و من الضروري الانتباه إلى أخذ العينات من نفس العمق للسنوات السابقة.
- في حال استخدام المجرفة يتم عمل حفرة على شكل حرف V و يؤخذ بطريقة الكشط من أعلى الحفرة إلى أسفل بسماكة 1.5 - 2 سم.
- امزج العينات الفردية في وعاء بلاستيكي مناسب.
- خذ من الوعاء بعد المزج عينة بكمية 1-2 كغ.
- ضع العينة المركبة في كيس بلاستيكي و دون المعلومات المتاحة كاملة و خاصة عمق العينة و تاريخ و مكان جمع العينات و اسم جامع العينات.
- تجنب جمع العينات بعد وقت قصير من إضافة الأسمدة المعدنية أو العضوية أو بعد الري مباشرة.
- تجنب جمع العينات من المناطق التالية:
 - مناطق تحوي روث الحيوانات.
 - التلال المنجرفة و البقع المنخفضة.
 - أماكن البالات المكدسة.

▪ المناطق التي تختلف بشدة عن باقي الحقل في اللون، الخصوبة، الميل، التصريف، الإنتاجية. إذا كانت هذه المناطق كبيرة فتؤخذ منها العينات بشكل منفصل و تُختبر بشكل منفصل.

:المراجع References

- Dinkins, C.B. and C. Jones. 2008. Soil sampling strategies. Montana state university extension.
- Franzen, D.W. 2008. Summary of grid sampling project in two Illinois fields. NDSU Technical Bulletin, NDSU Extension Service, Fargo, ND.
- Franzen, D.W. and L.J. Cihacek. 1998. Soil sampling as a basis for fertilizer application. NDSU Ext. Circ. SF-990.
- Franzen, D.W., L.J. Cihacek, V.L. Hofman and L.J. Swenson. 1998. Topography-based sampling compared with grid sampling in the Northern Great Plains. **Journal of Production Agriculture**, 11: 364-370.
- Jacobson, J.S. 1999. Soil sampling: Montana State University Extension. Publ. 8602. Bozeman, MT.
- Mallarino, A.P. and D.J. Wittry. 2004. Efficacy of grid and zone soil sampling approaches for site-specific assessment of phosphorus, potassium, pH, and organic matter. **Precision Agric.** 5:131-144.
- Mylavarapu, R.S. and W.D. Lee. 2002. Soil sampling strategies for precision Agriculture, UF/IFAS nutrient management series, The University of Florida.
- Natural Resource Conservation Service. 2002. Soil sampling. USDA-NRCS, soil quality institute and grazing lands technology institute, Fort Worth, Texas.
- Peters, J.B., C.A.M. Laboski and L.G. Bundy. Revised in 2007. Sampling soils for testing. University of Wisconsin-Extension Publication A2100. University of Wisconsin-Madison, Madison, WI.
- Rains, G.C. and D.L. Thomas. 2001. Soil-Sampling Issues for Precision Management of Crop Production. The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences, Bulletin.
- Rehm, G.W., A. Mallarino, K. Reid, D. Franzen and J. Lamb. 2002. Soil sampling for variable rate fertilizer and lime application. North Central Multistate Report 348 - NCR 13 Committee, University of Minnesota Extension.
- Warnck, D.D. 2000. Sampling Soils for Fertilizer and Lime Recommendations Crop & Soil Sciences Dept., Michigan State University Extension.

الفصل الثاني: تحضير عينات التربة للتحليل Preparation of soil samples for analysis

يقصد بتحضير عينات التربة سلسلة العمليات التي تجري على عينة التربة بدءاً من استلامها من عناصر المختبر و لحين إجراء التحليل المطلوب. و للحصول على نتائج اختبار دقيقة لابد أن تجري سلسلة عمليات تحضير عينات التربة بدون تغير أو تأثير في الخواص الكيميائية و الميكانيكية لعينات التربة.

العوامل المؤثرة في تحضير العينات الترابية Factors affecting soil samples preparation:

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على نتائج اختبار التربة عند تحضير العينة الترابية قبل التحليل، و من أهمها:

- مكان تحضير العينة الترابية: يجب أن يكون جافاً و مزوداً بمخلاة هواء مع فتحات تهوية لتسهيل حركة الهواء و فقد الرطوبة من العينة.
- الأدوات المستخدمة في تحضير العينة: يجب أن تتم عملية تجفيف و طحن العينات الترابية باستخدام أدوات لا تؤثر على خواص العينة و بالتالي نتائج التحليل.
- درجة حرارة المختبر: تلعب درجة حرارة المختبر دوراً هاماً في التأثير على نتائج التحاليل المخبرية و خاصة العناصر الغذائية، و لهذا يجب أن لا تزيد درجة حرارة المختبر عن 40 م° و خاصة عند تجفيف عينات التربة (Geldermen and Mollerinc, 1998).

خطوات تحضير عينات التربة Soil sample preparation steps:

تحتاج بعض التحاليل المخبرية إلى استخدام عينات تربة برطوبتها المأخوذة (كتقدير رطوبة التربة) في حين تحتاج تحاليل أخرى إلى تربة مجففة هوائياً كتقدير المادة العضوية مثلاً (Mc Keagve, 1976)، عموماً بعد نقل عينات التربة أو استلامها من قبل المختبر فإنه يجري تقسيمها إلى قسمين:

القسم الأول: يُترك على حاله بدون تجفيف أو طحن، حيث يُحفظ في الثلاجة على درجة 4 م° لحين إجراء التحليل. و يُستخدم هذا القسم في بعض الاختبارات الفيزيائية و تقدير رطوبة التربة، كما قد يُستخدم في تقدير الآزوت النتراتي وفق الطريقة المتبعة في المختبر (فبعض المختبرات تُجري تقدير الآزوت النتراتي باستخدام عينات التربة برطوبتها المأخوذة، في حين تُجري مختبرات أخرى تقدير الآزوت النتراتي على عينات تربة جافة هوائياً).

القسم الثاني: من أجل إجراء مختلف التحاليل الكيميائية و بعض الاختبارات أو التحاليل الفيزيائية، يحضر كما يلي:

1. **تجفيف التربة Soil drying:** قد تؤثر عملية تجفيف التربة و طريقة التجفيف على نتائج اختبار عينات التربة (Searle and Sparling 1987; Brown et al., 1998)، و خاصة بالنسبة لمعدنة العناصر الغذائية و يتم تجفيف عينات التربة باتباع ما يلي:

تُشر العينات الرطبة (في أماكن جافة درجة حرارتها 20-40 م° و مزودة بمخلية هواء) في صواني من الألمنيوم ذات أحجام مناسبة (ISO, 1993; Mullins and Heckendorn, 2005) كما يجب تفتيت الكتل ما أمكن قبل تجفيفها لأن ذلك يُسرّع من جفاف العينات. إذا كان استخدام الحرارة ضرورياً فيتم التجفيف في فرن التجفيف على درجة حرارة لا تتجاوز 30-40 م°.

في حال كان المطلوب هو تحليل النترات فإن التربة يجب أن تُجفف هوائياً أو توضع في الثلاجة خلال 12 ساعة من جمع عينات التربة (VanEck *et al.*, 1995) و يُفضل وضع العينات في أوعية مبردة لحين وصولها إلى المختبر.

2. طحن التربة و غربلتها Grinding and sieving of soil samples: من أجل الاختبارات التقليدية فإن الأكثر شيوعاً هو طحن التربة و تمريرها من خلال غربال قطر فتحاته 2 مم (ISO, 1994). أما عينات التربة المطلوب إجراء التحليل الميكانيكي لها فإنه يجري طحنها بأدوات خشبية بعد إزالة الحجارة منها، و في هذه الحالة يجب أن لا تخضع التربة إلى قوة طحن كبيرة لأن ذلك يؤدي إلى تفتيت حبيبات التربة المفردة و خاصة الرمل (Brown *et al.*, 1998) و بعد عملية الطحن فإنها تمرر من خلال غربال قطر فتحاته 2 مم، و يمكن أن توزن الحبيبات التي لا تمرر من خلال المنخل لتقدير محتوى الكتل الترابية أو الأجزاء الأكبر من 2 مم، في حين تُستخدم الأجزاء الأقل من 2 مم لتحليل التربة. و الجدير بالملاحظة أنه بالنسبة للتربة المأخوذة لتحليل العناصر الصغرى و الثقيلة فيجب أن تكون المطحنة (خاصة أجزاء المطحنة الملامسة للتربة) مصنوعة من معادن خالية من تلك العناصر (التيثانيوم، العقيق)، كما يجب استخدام أدوات مصممة لعدم نقل التلوث من عينة لأخرى.

3. مزج التربة Soil mixing: إن عملية مزج التربة ضرورية للحصول على تجانس جيد للعينات، و يمكن أن تتم هذه العملية باستخدام أدوات خاصة لمزجها، كما يمكن مزج عينة التربة بنشر التربة و تقسيمها إلى أرباع ثم تمزج الأرباع المتقابلة أو المتخالفة، و تعاد هذه العملية عدة مرات للحصول على مزيج تربة متجانس.

4. تقدير محتوى رطوبة التربة Determining of soil moisture: إن تقدير محتوى رطوبة التربة هو أحد الإجراءات الضرورية عند تحضير عينات التربة، حيث يجري حساب النتائج للكثير من الاختبارات على أساس الوزن الجاف تماماً. و يجري تقدير محتوى رطوبة التربة وفق ما يلي: (ISO, 1993)

- خذ 5-15 غ تربة جافة هوائياً (أقل من 2 مم) باستعمال ميزان حساس ذو دقة حتى 0.0001.
- ضعها في علب الرطوبة و تُجفف على 105 م° حتى ثبات الوزن (المدة 24 ساعة على الأقل).
- تُخرج علب الرطوبة من الفرن و تُغلق و تُترك لتبرد في مجفف (ديسكاتور) لمدة 30-40 دقيقة، يُعاد وضع العلب في الفرن لمدة 1.5-3 ساعة ثم تُبرد بوضعها في المجفف و يؤخذ وزنها (توقف عملية التجفيف عند ثبات الوزن).

5. طريقة الحساب :Calculation

$$\text{للرطوبة \%} = \frac{\text{وزن علبه الرطوبة مع العينة الجافة هوائياً} - \text{وزن علبه الرطوبة مع العينة بعد التجفيف}}{\text{وزن علبه الرطوبة مع العينة بعد التجفيف} - \text{وزن علبه الرطوبة فارغة}} \times 100$$

و لحساب عامل تصحيح النتائج أو لحساب النتائج على أساس الوزن الجاف:

$$\text{عامل تصحيح الرطوبة: MCF} = \frac{100 + \text{رطوبة \%}}{100}$$

6. المراجع :References

- Brown, J.R., T.R. Peck, S. Broader, D. Mollerino, D. Warncke, G. Rehm, K. Frank, L.J. Cihoeck, M. Watson, D. Beagle, R. Gelderman and S. Combs. 1998. Recommended, Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region .North Central Regional Research publication No. 221.
- Gelderman, R.H., and A.P. Mollarino. 1998. Soil sample preparation. In Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region (Ed. J.R. Brown). Missouri Agr. Exp. Sta. Columbia, MO.
- ISO, 11464 .1994. Soil quality–pretreatment of Samples for physic – chemical analysis, part 9. International Organization for standardization. Geneva, Switzerland. Available at: (www.iso.ch).
- ISO, 11465. 1993. Soil quality-determination of dry and water content on amass basis-gravimetric, part 3. International organization for standardization, Geneva, Switzerland. Available at: (www.iso.ch).
- Mc Keagve, J.R. 1976. Manual of soil sampling and Method of analysis. Soil Research Institute. pp.1-2.
- Mullins, G.L. and S.E. Heckendorn. 2005. Draft Copy of Laboratory Procedures - Publication 452-881. Virginia Tech Soil Testing Laboratory, Blacksburg.
- Searle, P.L, Sparling, G.P. 1987. The effect of air drying and storage conditions on the amounts of sulphate and phosphate extracted from arrange of New Zealand topsoils. **Comm. Soil Sci. Plant Anal. 18:**725-739.
- VanEck, W.A. and C.W. Collier, Jr. 1995. Sampling Soils. West Virginia University Extension Service. Available on line at: <http://www.caf.wvu.edu/~forage/3201.htm>.

الفصل الثالث: التحاليل الفيزيائية للتربة Soil Physical Analysis

1. التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الهيدروميتر Mechanical analysis of soil by hydrometer (Soil separates Bouyoucos hydrometer method):

- 1.1. **الغاية و الهدف Scope:** تقدير نسبة كل من الطين و السلت و الرمل في عينة التربة.
- 2.1. **المبدأ العام Principle:** يقوم مبدأ هذه الطريقة على قياس كثافة معلق التربة عند أزمنة محددة، ففي بداية الترقيد تكون كثافة المعلق عالية و لا تلبث أن تتناقص مع مرور الزمن نظراً لترسب الحبيبات الأكبر فالأصغر استناداً لقانون ستوكس.

3.1. المواد اللازمة Apparatus:

- هيدروميتر قياسي ASTM رقم 152H، مدرج بوحدات غ/لتر.
- خلاط كهربائي و محرك يدوي.
- سلنדרات زجاجية ذات رمز 36 ، سعة 1000 مل $\pm$ 2 مل.
- محلول الكالغون تركيز 50 غ/لتر، يحوي هيكساميتا فوسفات الصوديوم كمادة مفرقة.

4.1. طريقة العمل Procedure:

- زن 50 غ من التربة الجافة هوائياً و المنخولة على غربال 2 مم (100 غ إذا كانت التربة لومية رملية أو رملية)، و ضعها في بيشر سعة 600 مل ثم أضف 5-6 مل ماء اكسجيني لحرق المادة العضوية و أضف 150 مل ماء مقطر ثم أضف 50 مل محلول الكالغون و تترك لليوم التالي.
- زن 10 غ من نفس التربة لتقدير رطوبة التربة الوزنية بالتجفيف على درجة 105 م° حتى ثبات الوزن.
- انقل العينة المعاملة بمحلول الكالغون إلى كأس الخلاط، و اخلط المزيج بالخلاط الكهربائي لمدة 8-10 دقائق.
- انقل المعلق إلى سلندر سعة 1000 مل، و أكمل المعلق حتى 1000 مل.
- دع المعلق حتى تتوازن درجة حرارته مع درجة حرارة الغرفة (20-25 م°).
- ادخل الغطاس في العينة و قم بتحريكها أعلى و أسفل لخلط المحتويات كلياً بشكل جيد، حرك العينة بواسطة المحرك اليدوي صعوداً و هبوطاً قرب أسفل السلندر بشكل خفيف ليتحرك الراسب أسفل السلندر لمدة 20 ثانية.
- أضف بضع نقاط من الكحول الإيثيلي إذا كان هناك رغوة على سطح العينة.
- أدخل الهيدروميتر إلى العينة برفق و خذ القراءة بعد 40 ثانية (R_{40s}).
- أدخل الهيدروميتر إلى العينة برفق و خذ قراءة أخرى بعد 2 ساعة (R_{2h}).
- يحسب وزن العينة الجافة تماماً = وزن العينة $\times$ (1 - نسبة الرطوبة).

- حضر شاهد كالتالي: يُضاف 50 مل من محلول الكالغون إلى سلندر سعة 1000 مل، و يُكمل الحجم حتى 1000 مل (RL).

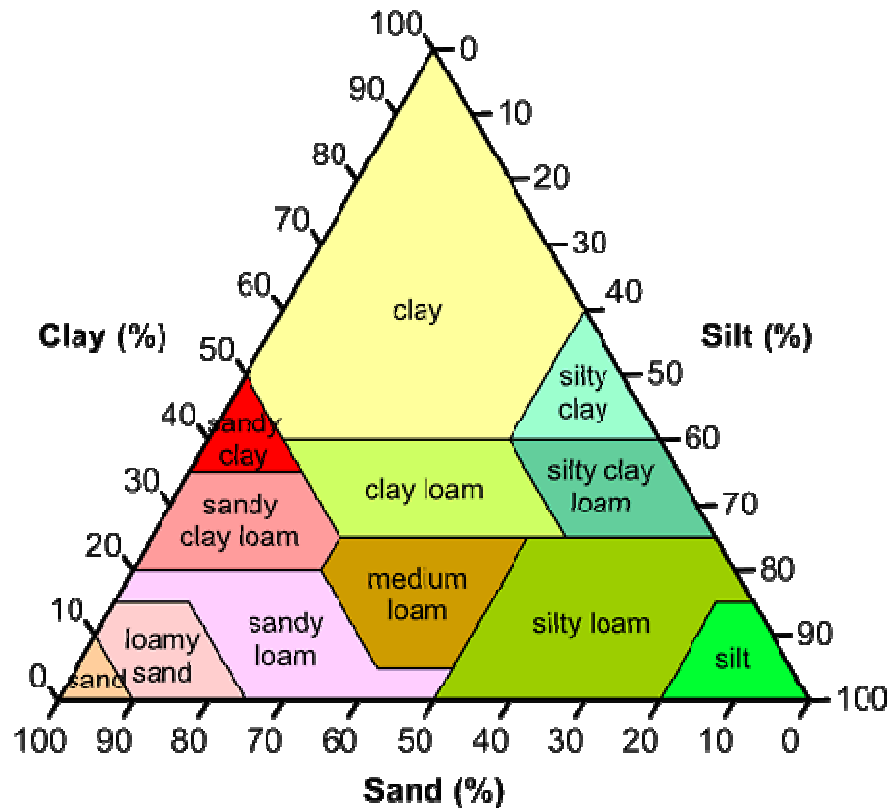
5.1. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{السلت + الطين \%} = 100 \times \frac{\text{قراءة الهيدرومتر المصححة بعد 40 ثانية - قراءة الشاهد}}{\text{وزن العينة الجافة تماماً}}$$

$$\text{الطين \%} = 100 \times \frac{\text{قراءة الهيدرومتر المصححة بعد ساعتين - قراءة الشاهد}}{\text{وزن العينة الجافة تماماً}}$$

$$\text{السلت \%} = (\text{السلت \%} + \text{الطين \%}) - \text{الطين \%}$$

$$\text{الرمال \%} = 100 - (\text{السلت \%} + \text{الطين \%})$$



الشكل (11) مثلث القوام

ملاحظات:

- إن طريقة الهيدرومتر غير مفضلة للتربة المالحة أو للتربة التي تحوي أكثر من 2% مادة عضوية.
- عند تحليل التربة المالحة يمكن أن يتخثر و يترسب معلق التربة بشكل تام أو جزئي و في هذه الحالة يترك المعلق يوماً أو يومين حتى يروق تماماً يتم بعدها إبانة الجزء الرائق من المعلق و تقدر فيه نسبة الأملاح و تطرح من وزن التربة. ثم يضاف إلى الراسب في الأسطوانة 20 مل من محلول المادة المفركة و يحرك المعلق جيداً و تكمل الأسطوانة المدرجة بالماء المقطر ثم يتم قياس كثافة المعلق بواسطة الهيدرومتر.

- من أجل تصحيح درجة الحرارة استخدم قيمة 0.4 لكل درجة حرارة مختلفة عن 20 م، أضف أو اطرح هذا العامل إذا كانت درجة الحرارة أعلى أو أدنى من 20 م على التوالي.
- صحح قراءة الهيدرومتر المأخوذة بمقدار 0.4 لكل درجة حرارة مئوية تزيد أو تقل عن 20 م بحيث يضاف التصحيح للقراءة عندما تكون حرارة المعلق أعلى من 20 م و يطرح التصحيح من القراءة عندما تكون حرارة المعلق أقل من 20 م، يرجع سبب التصحيح إلى اختلاف لزوجة المعلق و بالتالي سرعة ترسب الحبيبات.

6.1. المرجع Reference:

Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios (India), Jodhpur, New Delhi, India. p.438.

2. تقدير الكثافة الظاهرية للتربة : Measurement of bulk density (ρ_b) of soil

1.2. الغاية و الهدف Scope: كثافة التربة هي كتلة المادة الصلبة من التربة لحجم معين، و تعبر عن كمية التربة و تتوقف قيمتها على محتوى التربة من الفلزات المعدنية و المادة العضوية من جهة و على مساميتها من جهة أخرى. إن كثافة التربة هي خاصية فيزيائية هامة تؤثر بشكل كبير على الزراعة، حيث أن الترب المتراسة الكثيفة و المنخفضة النفاذية تثبط نمو النبات بشكل كبير. و بشكل عام يُعبر عن كثافة التربة بطريقتين هما: الكثافة الظاهرية و الكثافة الحقيقية.

تعريف الكثافة الظاهرية Definition of bulk density: هي نسبة كتلة التربة الجافة تماماً إلى الحجم الكلي لهذه التربة، حيث يضم حجم التربة الكلي حجم المكونات الصلبة للتربة بالإضافة إلى حجم المسامات. تُقدر كتلة عينة التربة و ذلك بعد التجفيف عند درجة حرارة 105 م حتى ثبات الوزن.

2.2. مبدأ طريقة الأسطوانة Principle of cylinder method: في هذه الطريقة يتم إدخال سلندر معدني في التربة في الأفق أو العمق المطلوب تقدير كثافته الظاهرية حتى يمتلئ بعينة التربة ثم يُخرج من التربة و تُزال التربة الزائدة عن السلندر، بعدها تُخرج عينة التربة من السلندر معروف الحجم ثم تُوضع في الفرن عند درجة حرارة 105 م حتى ثبات الوزن.

3.2. خطوات العمل Procedure:

- أدخل جهاز أخذ عينة الكثافة الظاهرية في التربة إما بالاتجاه العمودي أو في الاتجاه الأفقي حسبما تريد بشكل كافي لتمتلئ أسطوانة عينة الكثافة.
- لا تقم بإدخال جهاز الكثافة بشكل أكثر من اللازم حتى لا يحدث انضغاط لعينة التربة داخل الأسطوانة.
- أخرج جهاز أخذ عينة الكثافة من التربة بحذر لتحافظ على عينة التربة و على بناء التربة داخل الأسطوانة، ثم أخرج الأسطوانة المعبأة بالتربة من داخل الجهاز.
- نظف الأسطوانة من الخارج بواسطة سكين ثم اقطع أجزاء التربة الزائدة من طرفي الأسطوانة بشكل مستقيم.

- قم بحساب حجم عينة التربة الذي يساوي حجم الأسطوانة من الداخل
(حجم الأسطوانة = مساحة القاعدة × ارتفاع الأسطوانة).
- أخرج عينة التربة من داخل الأسطوانة بشكل كامل ثم جففها في الفرن عند درجة حرارة 105 م° حتى ثبات الوزن.

$$\text{الكثافة الظاهرية غ/سم}^3 = \frac{\text{وزن (كتلة) عينة التربة بعد التجفيف غ}}{\text{حجم عينة التربة سم}^3}$$

4.2. المرجع Reference:

Blake, G.R., and K.H. Hartge. 1986. Bulk Density. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. (Ed. Klute A.), American Society of Agronomy, Inc., and Soil Science Society of America, Madison, Wis., pp. 363-376.

3. تقدير الكثافة الحقيقية للتربة (كثافة المكونات الصلبة) Measurement of particle density (ρ_s) :of soil

1.3. الغاية و الهدف Scope: تعبر الكثافة الحقيقية للتربة عن كثافة مكونات التربة الصلبة مجتمعة و يعبر عنها بالنسبة بين كتلة المكونات الصلبة للتربة و حجمها أي حجم تلك المكونات بدون حجم المسامات التي بينها، واحداً غ/سم³، طن/م³. تستعمل الكثافة الحقيقية في معادلات فيزياء التربة لحساب قيم فيزيائية أخرى.

1.3. المبدأ العام Principle: يتم حساب الكثافة الحقيقية للتربة بعد إجراء قياسين كميين، كتلة و حجم التربة حيث يتم حساب كتلة التربة بالتجفيف أما حجم عينة التربة فيحسب باستعمال البكنومتر حيث يتم حساب حجم الماء الذي تم استبداله بحجم عينة التربة.

3.3. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- البكنومتر و هو ورق زجاجي مع سداة زجاجية مثقوبة بشكل طولي بفتحة شعيرية، حيث يعتبر بكنومتر بحجم 10 مل مناسباً.
- ميزان حرارة.
- ملاحظة: يمكن استعمال دوارق معيارية سعة 25، 50، 100 مل عند عدم توفر بكنومتر و توفر حجم مناسب من العينة.

4.3. خطوات العمل Procedure:

- زن بكنومتر نظيف و جاف و هو فارغ Wa.
- أضف حوالي 10 غ من التربة الجافة هوائياً و المنخولة على منخل بقطر 2 مم.
- إذا كنت تستعمل ورق معياري سعة 100 مل أضف 50 غ من التربة.
- زن البكنومتر مع سدادته و مع محتوياته Ws.
- قدر رطوبة التربة بالتجفيف على درجة حرارة 105 م° حتى ثبات الوزن على عينة من نفس التربة.

- املئ البكنومتر حتى منتصفه بماء مقطر و اغسل عنق البكنومتر من أي بقايا تربة عالقة عليه من الداخل.
- قم بإزالة فقاعات الهواء عن طريق التسخين بلطف لعدة دقائق.
- قم برج بسيط للعينة لمنع تشكل الرغوة و بالتالي منع فقدان بعض أجزاء من التربة.
- برد البكنومتر مع محتوياته لدرجة حرارة الغرفة.
- املئ البكنومتر بماء مقطر مغلي و مبرد حتى درجة حرارة الغرفة.
- ضع السدادة و ثبتها بعناية.
- جفف البكنومتر من الخارج و نظفه بقطعة قماش جافة ثم قم بتقدير درجة حرارة البكنومتر و محتوياته بعد أن بردت لدرجة حرارة الغرفة.
- زن البكنومتر مع محتوياته بدرجة حرارة الغرفة W_{sw} .
- أزل التربة من البكنومتر و قم بغسله بشكل جيد.
- املئ البكنومتر بشكل كامل بماء مقطر مغلي و مبرد لدرجة الحرارة السابقة نفسها.
- نظف البكنومتر من الخارج بشكل جيد، ثم ثبت سداده.
- زن البكنومتر مع محتوياته و تأكد من كون درجة الحرارة هي نفسها كما في السابق W_w .

5.3. طريقة الحساب Calculation:

قم بحساب الكثافة الحقيقية كما يلي:

$$\rho_s = \frac{\rho_w (W_s - W_a)}{[(W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s)]}$$

حيث:

ρ_s الكثافة الحقيقية للتربة.

ρ_w كثافة الماء غ/سم³ عند درجة حرارة القياس.

W_s وزن البكنومتر + وزن عينة التربة المصحح حسب رطوبة التربة.

W_a وزن البكنومتر و هو فارغ.

W_{sw} وزن البكنومتر و هو مملوء بالماء و التربة.

W_w وزن البكنومتر و هو مملوء بالماء عند درجة حرارة القياس.

ملاحظة: عندما تحتوي التربة على أكثر من 0.5 % من وزنها أملاح ذوابة فيجب الاستعاضة عن الماء في تقدير الكثافة الحقيقية للتربة باستعمال أحد المحاليل الخاملة مثل البنزول، البنزن، التوليول، الكسيول، أو غيرها و يرجع ذلك إلى ذوبان الأملاح في الماء و بالتالي التأثير في نتائج الكثافة الحقيقية و تكون أعلى من حقيقتها.

6.3. المرجع Reference:

Blake, G.R., and K.H. Hartge. 1986. Bulk Density. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. (Ed. Klute A.), American Society of Agronomy, Inc., and Soil Science Society of America, Madison, Wis., pp. 363-376.

4. حساب مسامية التربة :Calculation of porosity

تعرف المسامية الكلية للتربة بأنها النسبة بين مسامات التربة إلى الحجم الكلي لها، حيث يشمل الحجم الكلي للتربة حجم المسامات بالإضافة لحجم المكونات الصلبة.

يتم تقديرها حسابياً من معرفة قيمة الكثافة الظاهرية و قيمة الكثافة الحقيقية للتربة حسب القانون التالي:

$$\text{المسامية الكلية} = 1 - \frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}}$$

و للحصول على نسبة مئوية نضرب الناتج بـ 100

5. تقدير المحتوى المائي للتربة بالطريقة المباشرة (طريقة التجفيف) Measurement of soil moisture by Gravimetric (oven dry) method

1.5. الغاية و الهدف Scope: يمكن تعريف رطوبة التربة إما على أساس الوزن (النسبة بين وزن الماء الرطوبي المحتوى في تربة و وزن هذه التربة جافة تماماً)، أو على أساس الحجم (النسبة بين حجم الماء الرطوبي المحتوى في تربة و حجم هذه التربة جافة تماماً)، و يكون الرقم الناتج إما بدون واحدة أو يعبر عنه كنسبة مئوية.

2.5. المبدأ العام Principle: يعتمد مبدأ الطريقة على تجفيف عينة التربة عند درجة حرارة 105 م° حيث يتم في البداية وزن عينة التربة و هي رطبة ثم تجفف في الفرن بدرجة حرارة 105 م° حتى ثبات الوزن، بحساب الفرق بين كتلة التربة قبل التجفيف و كتلتها بعد التجفيف نحصل على وزن الماء الموجود في عينة التربة و بتقسيم هذا الوزن على وزن عينة التربة الجافة تماماً نحصل على رطوبة التربة و بضرب الناتج بـ 100 نحصل على النسبة المئوية للمحتوى الرطوبي الوزني في التربة.

3.5. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- أوعر لأخذ عينات التربة.
- علب ذات أغطية محكمة الإغلاق.
- فرن تجفيف يمكن التحكم بدرجة حرارته من 100 حتى 110 م°.
- مجفف مع مادة تجفيف فعالة.
- ميزان بدقة 0.01 غ.

ملاحظات:

- يمكن استعمال أجهزة خاصة لوزن عينة التربة في الحقل مباشرة و ذلك لتقليل الفقد بالتبخر عندما تكون ظروف أخذ العينة تؤدي لخسائر واضح في الوزن الرطب لعينة التربة.
- يمكن استعمال موازين ذات حساسية مختلفة و يعتمد ذلك على وزن العينة و على الدقة المطلوبة.

4.5. خطوات العمل Procedure:

- خذ عينات التربة من الحقل بواسطة أوعر أو أي أداة أخرى مناسبة.

- ضع العينات في علب موزونة أو بأوعية معدنية يمكن سدها بإحكام بواسطة غطاء.
- خزن العينات بطريقة مناسبة بحيث تقلل التبخر ما أمكن إلى حدوده الدنيا و انقل العينات إلى المختبر.
- زن كل عينة تربة مع العلة الموضوعة فيها و سجل الأوزان بدقة 0.01 غ قبل التجفيف.
- ضع عينات التربة في الفرن بعد إزالة الأغذية عن العلب و قم بتجفيفها حتى ثبات الوزن عند درجة 105 م°.
- أخرج العينات من الفرن ثم أعد تغطيتها بالأغذية و ضعها في المجفف حتى تبرد و قم بوزنها مرة أخرى و سجل الأوزان بعد التجفيف.
- زن العلة الخاصة بكل عينة مع الغطاء بعد إفراغها و تنظيفها بشكل جيد، و سجل الوزن.
- احسب المحتوى الرطوبي الوزني للعينات بتطبيق العلاقة:

$$\text{المحتوى الرطوبي الوزني} = \frac{(\text{الوزن الرطب} + \text{وزن العلة}) - (\text{الوزن الجاف} + \text{وزن العلة})}{(\text{الوزن الجاف} + \text{وزن العلة}) - \text{وزن العلة}}$$

وبضرب الناتج بـ 100 نحصل على النسبة المئوية للمحتوى الرطوبي الوزني للتربة.
ملاحظات:

- يجب عمل عدة مكررات و على الأقل مكررين.
 - تحتاج العينات للوصول إلى حالة ثبات الوزن حوالي 24 ساعة كحد أدنى.
 - يمكن استعمال طرائق أخرى للتجفيف كالتجفيف بالأشعة تحت الحمراء أو مصابيح التجفيف.
- تقدير المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة Measurement of soil moisture by Volumetric method:** يتطلب تقدير المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة معرفة قيمة المحتوى الرطوبي الوزني و الكثافة الظاهرية للتربة، حيث يمكن الحصول على المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة بضرب قيمة المحتوى الرطوبي الوزني بقيمة الكثافة الظاهرية للتربة كما في القانون التالي:
- $$\text{المحتوى الرطوبي الحجمي} = \text{المحتوى المائي الوزني} \times \text{الكثافة الظاهرية}$$
- و بضرب الناتج بـ 100 نحصل على النسبة المئوية للمحتوى المائي الحجمي للتربة.

5.5. المرجع Reference:

Gardner, W.H. 1986. Water content. In: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods (Ed. A. Klute). Agronomy Series No. 9. Am. Soc. Agronomy, 2nd edition, pp. 493-544.

6. تقدير التوصيل المائي المشبع للتربة في المختبر Determination of hydraulic conductivity of a disturbed soil sample by constant head method

1.6. **الغاية و الهدف Scope:** التوصيل المائي المشبع للتربة هو قياس لقدرة التربة على تمرير الماء من خلالها في ظروف الإشباع بالماء، يمكن قياس التوصيل المائي المشبع بعدة طرائق حيث يعتمد اختيار الطريقة على جملة من الأمور و هي التجهيزات المتاحة، طبيعة التربة، نوع عينات التربة، قيمة الشد المائي المراد تغطيتها، الهدف من القياس.

يتم قياس التوصيل المائي المشبع في التربة عن طريق أخذ عينات تربة غير مخربة من الحقل بأسطوانات معدنية أو بلاستيكية رقيقة بقطر 2-10 سم و بطول من 5 حتى 25 سم مع المحافظة قدر الإمكان على بناء التربة كما هو في الحقل.

2.6. **المبدأ العام Principle:** يعتمد قياس التوصيل المائي المشبع في المختبر على تطبيق قانون دارسي للتوصيل المائي المشبع لعمود تربة متجانس، حيث يتم تطبيق رأس مائي ثابت فوق عمود التربة و يقاس تدفق الماء الناتج، و يعطى قانون دارسي كالتالي:

$$\text{التوصيل المائي المشبع } Ks \text{ سم/ثا} = \frac{\text{حجم الماء المتدفق من عينة التربة ذات المساحة } A \text{ خلال الزمن } T \times \text{ارتفاع عينة التربة}}{\text{مساحة مقطع عينة التربة} \times \text{الزمن} \times \text{ارتفاع الرأس الهيدروليكي المطبق (و هو يمثل ارتفاع الماء + ارتفاع التربة)}}$$

$$Ks = \frac{VL}{ATH} \text{ أو}$$

حيث:

Ks التوصيل المائي المشبع بواحدات (سم/ثا).

V حجم الماء المتدفق من عينة التربة ذات المساحة A خلال الزمن T .

L ارتفاع عينة التربة سم.

A مساحة مقطع عينة التربة سم².

T الزمن ثا.

H ارتفاع الرأس الهيدروليكي المطبق و هو يمثل ارتفاع الماء + ارتفاع التربة سم.

3.6. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز بسيط لتطبيق ارتفاع ماء ثابت فوق عينة التربة.
- أسطوانات لأخذ عينات التربة.
- بيشر زجاجي لاستقبال الماء الراشح من أسفل العينة.
- أسطوانات زجاجية لقياس حجم الماء الراشح.

- عبوات لتزويد عينة التربة بالماء و ورق ترشح.
- قطع قماشية توضع أسفل العينة لمسك التربة و منعها من السقوط و ميقائية زمنية.

4.6. خطوات العمل Procedure:

- خذ عينات التربة من الحقل بواسطة أسطوانة معدنية رقيقة بغرس الأسطوانات في التربة لعمق 4 - 7 سم، أخرجها من التربة و نظف حوافها و أزل أجزاء التربة الزائدة و قم بتغطيتها من الأسفل بقطعة نايلون أو قماش للمحافظة عليها داخل الأسطوانة و منعها من السقوط.
- انقل العينات إلى المختبر، و ضعها على صينية مملوءة بالماء حتى عمق أعلى بقليل من ارتفاع التربة داخل العينات، و اترك العينات لامتصاص الماء و تترطب من الأسفل لمدة 12 ساعة و تصل إلى الإشباع تقريباً.
- جهز العينة لتطبيق الرأس الهيدروليكي الثابت حيث يوضع برفق جزء من ورقة ترشيح فوق كل عينة، ثم ضع تحتها قطعة من قماش ناعم (موسلين) تثبت بواسطة قطعة مطاط لمنع سقوط التربة من الأسفل، ضعها على الحامل المخصص لتطبيق الرأس الهيدروليكي الثابت.
- قم بتطبيق الرأس الهيدروليكي على العينة، عن طريق المحافظة على ارتفاع ماء ثابت فوق العينة، من خلال قلب دورق مليء بالماء ينتهي بأنبوب مشطوف الحافة فوق النهاية العلوية للعينة بحيث يُملأ من ثلث إلى ثلاثة أرباع الجزء الفارغ فوق العينة.
- عندما يصبح ارتفاع الماء ثابت فوق العينة و بدء رشح الماء من الأسفل قم بتشغيل الميقائية لبدء زمن القياس.
- قم بقياس حجم الماء الراشح V من أسفل العينة خلال أزمنة متساوية تتناسب مع حجم الماء الراشح.
- استمر بالتجربة حتى يثبت حجم الراشح لثلاث مرات متتالية خلال الفاصل الزمني نفسه.
- احسب الرأس الهيدروليكي H الذي يساوي (ارتفاع الماء فوق العينة + ارتفاع عينة التربة).
- قم بقياس ارتفاع العينة L ، و مساحة مقطع العينة A.
- قم بتطبيق قانون دارسي المذكور سابقاً لحساب قيمة التوصيل المائي المشبع للعينة K.

7. إيجاد منحني خصائص رطوبة التربة المميز (pF) بطريقة حجرة الضغط Moisture retention characteristics of soil (soil water desorption curve by pressure plate method):

1.7. الغاية و الهدف Scope: يهدف إيجاد منحني خصائص رطوبة التربة المميز للتعبير عن قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء عند قيم مختلفة لجهد مادة التربة، حيث تستعمل طريقة حجرة الضغط لاستخلاص الماء من التربة بتطبيق ضغوط مختلفة تتراوح من 0.1 بار و حتى 15 بار، لتشمل مجالاً واسعاً من رطوبة التربة، يبدأ من الإشباع حتى معامل الذبول الدائم.

2.7. المبدأ العام Principle: يعتمد على تعريض عينات التربة المشبعة بالماء لضغط هواء محدد و الانتظار حتى يخرج الماء من العينات، حيث يتوقف خروج الماء من العينات عندما يتساوى الضغط المطبق مع قوة مسك التربة للماء.

3.7. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- حجرة الضغط: و هي وعاء مصمم خصيصاً لمخابر فيزياء التربة، و هناك نوعان من الأوعية، الأول يتحمل ضغط حتى 5 بار، و الآخر يتحمل حتى 15.
- ضاغط غاز يستخدم إما الهواء أو النيتروجين.
- وحدة توصيل الضاغط مع وعاء الضغط، حيث تتألف من خرطوم توصيل تتحمل الضغوط العالية، صمامات، مقاييس و منظمات ضغط.
- أقراص مسامية سيراميكية.
- أسطوانات بقطر من 2.8-4.7 سم و ارتفاع من 2-4 سم.
- غرفة ذات درجة حرارة متوازنة.
- فرن تجفيف و مجفف لوضع عينات التربة فيه لتبرد بعد خروجها من الفرن، بهدف عدم امتصاص الرطوبة من الهواء.

4.7. خطوات العمل Procedure:

- تجهيز العينات: يتم تجهيز عينات التربة سواءً مخربة أو غير مخربة بأسطوانات بقطر من 2.8-4.7 سم و ارتفاع من 2-4 سم، و مراعاة تجهيز ثلاث عينات لكل ضغط حيث يلزم حوالي 24 عينة لرسم منحني خصائص رطوبة التربة المميز.
- عينات التربة غير المخربة: تُجهز بإدخال الأسطوانات في التربة حتى تمتلئ، و يُراعى عدم ضغط التربة و تخريبها عند أخذ العينات حتى تمثل التربة بوضعها الطبيعي في الحقل، كما يُراعى المحافظة عليها بطريقة مناسبة حتى الوصول إلى المختبر.
- عينات التربة المخربة: يتم تجفيف التربة تجفيفاً هوائياً في المختبر، و تُخل بمنخل بقطر 2 مم، ثم تُعبئ الأسطوانات بالتربة.

- قم بوضع عينات التربة على الأقراص المسامية و وزعها بشكل جيد على كامل القرص.
- قم بتطريب الأقراص المسامية مع العينات لمدة يوم كامل بوضعها في وعاء مملوء بالماء، بحيث يغمر الماء القرص المسامي و يغمر عينات التربة حتى تُلثي ارتفاعها، و ذلك قبل يوم من وضعها في وعاء الضغط.
- في اليوم التالي ضع أقراص المسامية مع العينات المرطبة في وعاء الضغط، و قم بوصل الأنابيب المسؤولة عن توصيل الماء من الأقراص المسامية إلى خارج حجرة الضغط.
- قم بإغلاق حجرة الضغط بإحكام.
- قم بتطبيق الضغط المطلوب قياس قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء عنده.
- بعد تطبيق الضغط يبدأ الماء الموجود ضمن عينات التربة و الممسوك بقوة أقل من الضغط المطبق بالخروج من العينات إلى خارج حجرة الضغط من خلال التوصيلات السابقة، و يستمر الرشح حتى الوصول إلى حالة التوازن، و هي الحالة التي تتساوي فيها قوة مسك التربة للماء مع الضغط المطبق عليها، و يستدل عليه من توقف خروج الماء من وعاء الضغط.
- يتم تفريغ الضغط بواسطة الصمامات، ثم يتم فتح حجرة الضغط و إخراج العينات منها.
- قم بوزن عينات التربة و هي رطبة بعد إخراجها من حجرة الضغط و سجل الأوزان.
- ضع العينات في الفرن و قم بتجفيفها على درجة حرارة 105 م° حتى ثبات الوزن.
- قم بإخراج العينات من الفرن و وضعها في المجفف حتى تبرد.
- قم بوزن عينات التربة الجافة و سجل الأوزان.
- قم بحساب رطوبة التربة المقابلة للضغط المستخدم.
- كرر الخطوات السابقة و لكن بتطبيق ضغط مختلف في كل مرة، بحيث تنتزع الضغوط في المجال بين 0 - 15 بار، أي من الإشباع حتى معامل الذبول الدائم، مع مراعاة أخذ ثلاثة مكررات عند كل ضغط.
- قم بتحويل قيم الضغط المطبقة إلى قيم pF كالتالي: تحويل قيم الضغط بالبار إلى سم ماء بضربها ب 1020 حيث كل 1 بار = 1020 سم ماء، ثم تحويل القيم الناتجة إلى قيم pF بإيجاد اللوغاريتم العشري لها حيث: (الضغط المطبق بوحدات سم ماء) $pF = \log_{10}$
- قم بإسقاط رطوبة التربة مقابل قيم الـ pF باستخدام أي برنامج لإنشاء الخطوط البيانية كبرنامج إكسل.

5.7. المرجع Reference:

Carter, M.R. 1993. Soil sampling and method of analysis. Ed. Can. Soc. Soil Sci., Ottawa, Ontario, Canada.

الفصل الرابع: التحاليل الكيميائية للتربة Soil Chemical Analysis

تعتمد العمليات الحسابية في التحليل الكمي بالحجم على نقطة رئيسة تُعتبر عماد الكيمياء التحليلية و هي أن المكافئ من أي مادة يتفاعل مع المكافئ من مادة أخرى، أي أن 1 مكافئ من مادة يتفاعل مع 1 مكافئ من مادة أخرى و هذا يستدعي الرجوع إلى تعريف الوزن المكافئ.

الوزن المكافئ Equivalent weight: هو عبارة عن الوزن من العنصر الذي يُكافئ أو يتحد مع 8 غ أكسجين أو 1 غ هيدروجين أو 35.5 غ من الكلور، و هناك علاقة عددية بسيطة بين الوزن الذري المضبوط لعنصر ما و وزنه المكافئ:

$$\text{الوزن الذري} = \text{الوزن المكافئ} \times \text{التكافؤ}.$$

قد يكون الوزن المكافئ لعنصر ما يساوي وزنه الذري مثال Na, K, Cl، أو يكون الوزن الذري مساوياً للوزن المكافئ مضروباً بعدد التكافؤ، و هنا يجب الرجوع إلى خاصية التكافؤ و هي قدرة ذرة عنصر ما على الاتحاد مع عدد معين من ذرات عنصر آخر. و حيث أن ذرة الهيدروجين لا يمكنها أن تتحد مع أكثر من ذرة واحدة من عنصر آخر فقد أُعتبر تكافؤها مساوياً للواحد الصحيح، أما تكافؤات العناصر الأخرى فقد تكون 1، 2، 3، 4 و يتوقف ذلك على عدد ذرات الهيدروجين التي يمكن أن تتحد معها هذه العناصر، و بما أن الذرات تدخل في التفاعلات الكيميائية كوحدة لا تتجزأ فإن تكافؤ عنصر ما دائماً رقم صحيح.

المحلول العياري Standard solution: هو المحلول الذي يحتوي 1 لتر منه على مكافئ واحد من المادة المُذابة.

مثال: المحلول العياري من حمض HCl هو المحلول الذي يحتوي 1 لتر منه على 36.5 غ HCl.

المحلول العياري من حمض H₂SO₄ هو المحلول الذي يحتوي 1 لتر منه على 49 غ H₂SO₄.

تعريف:

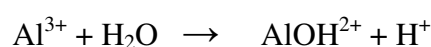
- **غرام في وحدة الحجم:** في هذه الطريقة يُعبر عن التركيز بعدد الغرامات أو الميلي غرامات من المُذاب الموجود في لتر واحد أو ميليلتر واحد، و كمثال لتحضير محلول من كلوريد الصوديوم تركيزه 5 غ/لتر: أذب 5 غ من كلوريد الصوديوم في قليل من الماء، ثم خفف بالماء حتى يصبح الحجم الكلي للمحلول لتر واحد.

- **النسبة المئوية:** تُعتبر النسبة المئوية أبسط الوسائل لتوضيح تركيز مادة ما و ذلك بالتعبير عن كمية المادة المُذابة بالغرام في 100 غرام من المحلول، فيُحضر مثلاً محلول كلوريد الصوديوم الذي يبلغ تركيزه 5% بإذابة 5 غ من ملح الطعام النقي في 95 غ من الماء، و بذلك يصبح وزن المحلول 100 غ، أي أن التركيز (5 غ مُذاب/100 غ محلول). و بنفس الطريقة يحتوي المحلول المائي لحمض الكبريت الذي تركيزه 28% بالوزن على 72% من الماء.

- النسبة المئوية الوزنية - الحجمية: لحساب النسبة المئوية الوزنية - الحجمية يلزم معرفة حجم المحلول ثم يُنسب هذا الحجم إلى 100 وحدة حجم، و تساوي كثافة المحلول $\times$ النسبة المئوية.
- النسبة المئوية الحجمية - الوزنية: تحتاج إلى معرفة حجم المُذاب في 100 وحدة وزنية من المحلول، و تساوي النسبة المئوية مقسومة على كثافة المُذاب.
- النسبة المئوية الحجمية - الحجمية: تساوي حجم المُذاب على حجم المحلول منسوباً إلى 100 وحدة حجم، و تساوي النسبة الوزنية $\times \frac{\text{كثافة المحلول}}{\text{كثافة المذاب}}$
- و يُعبر أحياناً عن كمية المادة التي توجد بقلة في المحلول بعدد الأجزاء في المليون (بالوزن أو بالحجم).
- التركيز المولر (المولارية) Molarity: و تعبر عن عدد مولات المادة المُذابة في لتر من المحلول (حيث يحتوي المول الواحد من أي مركب على الوزن الجزيئي للمركب بالغرام).
- مثال: محلول 1 مول H_2SO_4 يحتوي على 98 غ H_2SO_4 + 1000 غ ماء مقطر.
- التركيز المولال (المولالية) Molality: يحتوي المحلول المولال على مول واحد من المادة مُذاباً في كيلوغرام واحد من المُذيب و يُلاحظ في هذه الحالة عدم الاهتمام بالحجم الكلي للمحلول. إلا أن الشرطين الرئيس للتعبير عن التركيز بالمولال هي معرفة كم مول من المادة المُذابة تُضاف إلى كيلو غرام من المُذيب دون الرجوع إلى الحجم الكلي للمحلول.

1. تقدير درجة الحموضة pH Measurement of pH ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$):

- 1.1. الغاية و الهدف Scope: قياس pH التربة المائي و pH_{KCl} أو $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ ، و يعرف pH التربة بأنه اللغارتيم العشري لمقلوب تركيز شوارد الهيدروجين. $\text{pH} = \text{Log}_{10} [1/\text{H}^+] = -\text{Log}_{10} [\text{H}^+]$
- 2.1. المبدأ العام Principle: يُقاس pH التربة إما في العجينة المشبعة أو في معلق 2.5:1 (تربة:محلول)، المحلول يكون ماء أو KCl 1 M أو CaCl_2 ذو التركيز 0.01 M، يُعبر $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ عن تركيز البروتونات الموجودة خارج الطبقة الكهربائية المزدوجة لغرويات التربة. و يُعبر pH_{KCl} و $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ عن تركيز البروتونات المتوضعة خارج الطبقة الكهربائية المزدوجة و البروتونات المدمصة على الطبقة الكهربائية المزدوجة لغرويات التربة (الأيونات المتبادلة) بالإضافة للبروتونات الناتجة عن حلمة شوارد الألمنيوم حيث يؤدي استخدام محلول KCl أو محلول CaCl_2 إلى نزع شوارد الهيدروجين و الألمنيوم المدمصة على غرويات التربة و انتقالها للمحلول فتتحلمه شوارد الألمنيوم محررة شوارد الهيدروجين وفق المعادلة:



تتراوح قيم pH التربة عادةً بين 3-9 و يوضح الجدول (4) ترتيب درجة الحموضة و القلوية للتربة:

الجدول (4) ترتيب درجة الحموضة و القلوية للتربة (Marx et al.,1999)

المستوى	درجة الحموضة
حامضي قوي	5.1>
حامضي متوسط	6 – 5.2
حامضي طفيف	6.5 – 6.1
طبيعي	7.3 – 6.6
قاعدي	8.4 – 7.4
قلوي قوي	8.5<

طرائق قياس درجة الحموضة :Methods of pH measurement

- استخدام أوراق ملونة حساسة.
- استخدام سلم ملون (سلم Gillespie).
- الطريقة الكهربائية pH meter.

3.1. الأجهزة Apparatus: جهاز pH (من الضروري إجراء معايرة دورية لجهاز الـ pH باستخدام محاليل قياسية قبل بدء العمل عليه).

4.1. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- كلوريد البوتاسيوم 1 نظامي: أذب 74.5 غ من كلوريد البوتاسيوم النقي في لتر من الماء المقطر.
- كلوريد الكالسيوم 0.01 نظامي: أذب 1.11 غ من كلوريد الكالسيوم النقي في لتر من الماء المقطر.
- محلول قياسي منظم pH 4، 7، 10 لضبط جهاز الـ pH .

5.1. طريقة العمل Procedure :

- تقدير درجة الـ pH في العجينة المشبعة pH measurement of saturated soil paste
 - خذ حوالي 200 غ من العينة الترابية الجافة و المنخولة (2 مم) إلى دورق زجاجي أو بلاستيكي.
 - أضف الماء المقطر تدريجياً مع التحريك المستمر للعينة بقضيب زجاجي حتى تمام الإشباع لنحصل على العجينة المشبعة حيث يكون سطحها لامعاً و عاكساً للضوء، و لا يتجمع الماء على السطح و تكون لزجة قابلة للسكب، إذا حدث شق فيها يعود و يلتئم بعد طرق الدورق.
 - اترك العينات أربع ساعات كحد أدنى ثم أعد التدقيق لدرجة التشبع. أضف تربة فإذا كان الماء زائداً أو بالعكس (تترك العينة لفترة و ذلك لضمان دخول الماء و ملئ كافة الفراغات و لتمام ذوبان الأملاح بها).

▪ يُغمس الإلكترود في العجينة مباشرة مع تحريك العينة قبل أخذ القراءة (ليتم التخلص من الخلطة الهوائية و ضمان كامل التماس).

- تقدير درجة الـ pH في معلقات التربة 2.5:1 pH measurement of 1:2.5 soil water :suspension

- زن 10 غ من التربة في مخروطية 250 مل.
- أضف 25 مل ماء المقطر أو M 1 KCl أو M 0.01 CaCl₂ حسب الـ pH المراد قياسه ثم أغلق المخروطية. رج لمدة ساعة ثم اقرأ على جهاز الـ pH مباشرة.

- تقدير درجة الـ pH في معلقات التربة 5:1 pH measurement of 1:5 soil water :suspension

- زن 10 غ من التربة في مخروطية 250 مل.
- أضف 50 مل ماء المقطر أو M 1 KCl أو M 0.01 CaCl₂ حسب الـ pH المراد قياسه ثم أغلق المخروطية. رج لمدة ساعة ثم اقرأ على جهاز الـ pH مباشرة.

6.1. المراجع References:

- Conyers, M.K. and B.G. Davey. 1988. Observations on some routine methods for soil pH determination. **Soil Science**, **145**: 29-36.
- Peech, M. 1965. Hydrogen-ion activity. In: Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and Microbiological Properties (Ed. Black, C.A.). American Society of Agron., Madison, WI. pp. 914-926.
- Schofield, R.K. and A.W. Taylor. 1955. The measurement of soil pH. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** **19**:164-167.
- Marx E.S., J. M. Hart, and R.G. Stevens 1999. Soil Test Interpretation Guide, EC 1478, Oregon State University, USA.

2. تقدير الأملاح القابلة للذوبان بماء التربة بواسطة قياس الناقلية الكهربائية في مستخلص

التربة Determination of water soluble salts by the Electrical Conductivity in soil water

extract: تُعبر الناقلية الكهربائية عن تركيز الأملاح اللاعضوية الذائبة في التربة (عجينة مشبعة أو معلقات 2.5:1، 5:1)، و الناقلية الكهربائية هي ناقلية 1 سم³ من محلول موضوع بين صفيحتين من البلاتين مساحة كل منهما 1 سم² و يبعدان عن بعضهما بمسافة 1 سم و وحدتها ديسمنس/م (dS/m). و يمكن بدلالة الناقلية الكهربائية لمحلول ما معرفة كمية الأملاح الكلية الذائبة فيه. و تُقاس الناقلية الكهربائية بتعيين التوصيل الكهربائي Electricl Conductance و هو مقلوب المقاومة الكهربائية بجهاز خاص يسمى جهاز الـ EC.

1.2. الغاية و الهدف Scope: يُعد قياس الناقلية الكهربائية طريقة من طرائق تقدير كمية الأملاح الذائبة الكلية في التربة لأن تركيز الأملاح الذائبة في المستخلص المائي يتناسب مع الناقلية الكهربائية.

2.2. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على إذابة الأملاح الذائبة في التربة بالماء المقطر و ذلك بإضافة الماء للتربة بنسب مختلفة أو بطريقة العجينة المشبعة و تقدير الناقلية الكهربائية في المستخلص الناتج، و ترتبط مع كمية الأملاح الذائبة بالعلاقة التجريبية التالية:

كل 1 ميلي سمنس/سم يعادل 640 مغ/لتر أملاح ذائبة.

3.2. طريقة تقدير الناقلية الكهربائية في مستخلصات التربة (5:1 ، 2.5:1) Measurement of EC of soil extract

- حضر معلق تربة 2.5:1 أو 5:1. و رج لمدة ساعة ثم رشّح.
- خذ قراءة الـ EC للراشح من جهاز الناقلية الكهربائية للراشح بعد معايرة الجهاز باستخدام المحاليل القياسية الخاصة به.

4.2. طريقة التجفيف Drying method: يمكن بهذه الطريقة تعيين الأملاح الكلية الذائبة في مستخلص تربة و تعتمد الطريقة على عمل مستخلص مائي للتربة 5:1 أو 10:1 و تجفيف قسم من المستخلص على درجة 110 م° و وزن البقايا الجافة فيه.

1.4.2. طريقة العمل Procedure:

- حضر مستخلص تربة 5:1.
- رج لمدة 15 دقيقة ثم رشّح.
- خذ من الراشح الصافي 20 مل و ضعها في جفنة نظيفة معروفة الوزن على ميزان حساس.
- جفف الجفنة بما فيها الراشح في فرن على درجة حرارة 110 م° حتى تمام الجفاف.
- برّد الجفنة في المجفف ثم زنها و أعد التجفيف و الوزن حتى الثبات.

2.4.2. طريقة الحساب Calculation:

كمية الأملاح في الحجم المأخوذ = وزن الجفنة مع الأملاح الجافة - وزن الجفنة فارغة

كمية الأملاح الكلية في المستخلص غ = كمية الأملاح في الحجم المأخوذ × $\frac{\text{حجم المستخلص الكلي}}{\text{الحجم المأخوذ للتجفيف}}$

النسبة المئوية للأملاح الكلية في التربة = كمية الأملاح في الحجم المأخوذ غ × $\frac{\text{حجم المستخلص الكلي}}{\text{الحجم المأخوذ للتجفيف}} \times \frac{100}{\text{وزن التربة}}$

5.2. تقدير الناقلية الكهربائية في عجينة التربة المشبعة Measurement of Electrical Conductivity from extract of soil saturated paste (EC_e)

تستخدم هذه الطريقة لتقدير الـ EC، و لتقدير أكثر دقة للأملاح الذائبة في العينات التي لها ناقلية كهربائية عالية فوق 1.8 ديسمنس/م.

1.5.2. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- وحدة تفريغ، قمع بوخنر، مخروطية ذات فتحة جانبية، أنابيب اختبار، بوتقة بورسلانية.
- جهاز EC.

2.5.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents: ماء مقطر و محلول منظم (بفر).

3.5.2. طريقة العمل Procedure:

- حضر عجينة مشبعة (كما في الفقرة 1-5).
- اسحب الماء من التربة باستخدام مضخة التفريغ و ذلك عن طريق قمع بوخر و ورق ترشيح.
- اجمع الراشح في أنبوب اختبار.
- قدر الأملاح الذائبة بالتجفيف أو بواسطة جهاز الناقلية الكهربائية عن طريق غمس الإلكترود في المحلول و خذ القراءة من الجهاز (ديسمنس/م).

6.2. وحدات الناقلية الكهربائية Electrical conductivity units:

إذا كانت المقاومة بالأوم كانت الناقلية الكهربائية ديسمنس/م إلا أن هذه الوحدة كبيرة جداً فيستعمل مشتقاتها:

- 1 ديسمنس/م = (dS/m) = 1000 ملليسمنس/م (mS/m).
- 1 ملليسمنس/م = 1000 ميكروسمنس/م (μS/m).
- 1 ديسمنس/م = 1000000 ميكروسمنس/م.
- كمية الأملاح بالمليمكافى/لتر = $EC \times 12.5$ (dS/m).
- النسبة المئوية للأملاح في المحلول = $EC \times 0.064$ (dS/m).
- الضغط الأسموزي للمحلول (ضغط جوي) = $EC \times 0.36$ (dS/m).

$$\frac{EC \times 0.064 \times \text{النسبة المئوية للماء في التربة عند الاستخلاص}}{100} = \text{النسبة المئوية للأملاح الكلية في التربة}$$

إن تقييم أو مقياس الملوحة المبني على أساس التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة حسب منظمة الفاو هو موضح في الجدول 5 (Jones, 2001):

الجدول (5) تقييم الملوحة للتربة على أساس التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة

نوع التربة	الناقلية الكهربائية للعجينة المشبعة
غير مالحة	dS/m 2-0
قليلة الملوحة (قد يؤثر على المحاصيل الحساسة)	dS/m 4-2.1
متوسطة الملوحة (تؤثر على معظم المحاصيل)	dS/m 8-4.1
عالية الملوحة	dS/m 16-8.1
عالية الملوحة جداً	dS/m أكثر من 16.1

أما تقييم أو مقياس الملوحة المبني على أساس التوصيل الكهربائي لمستخلص 5:1 حسب منظمة الفاو هو:

الجدول (6) تقييم الملوحة للتربة على أساس التوصيل الكهربائي لمستخلص 5:1

نوع التربة	النقلية الكهربائية لمستخلص 5/1
غير مالحة	dS/m 0.6-0
قليلة الملوحة	dS/m 1.2-0.6
متملحة	dS/m 2.4-1.2
شديدة الملوحة	dS/m 6-2.4
مالحة جداً	dS/m أكثر من 6

7.2. المراجع References:

- Jones, J.B., Jr. 2001. Laboratory guide for conducting soils tests and plant analysis. CRC Press, Boca Raton Florida, USA.
- Corwin, D.I. and J.D. Rhoades. 1982. An improved technique for determining soil electrical conductivity-depth relations from aboveground electromagnetic measurements. **Soil Sci. Soc. Am. J.** **46**: 517-520.
- Corwin, D.L. and S.M. Lesch. 2003. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. **Agron. J.** **95**: 455-471.
- Rhoades J.D. 1990. Determining soil salinity from measurements of electrical conductivity. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** **21**: 1887-1926.
- Rhoades, J.D. and D.L. Corwin. 1981. Determining soil electrical conductivity-depth relations using an inductive electromagnetic soil conductivity meter. **Soil Sci. Soc. Am. J.** **42**: 255-260.
- Peech, M. 1965. Hydrogen-ion activity. In: Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and Microbiological Properties (Ed. Black, C.A.). American Society of Agron., Madison, WI. pp. 914-926.

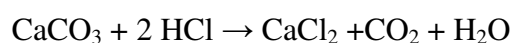
3. تقدير كربونات الكالسيوم Determination of Calcium Carbonate

1.3. تقدير الكربونات الكلية في التربة بطريقة المعايرة Determination of Total Carbonate by

:Titration method

1.1.3. الغاية و الهدف Scope: تقدير كربونات الكالسيوم في التربة.

2.1.3. المبدأ العام Principle: تعتمد طريقة تقدير الكربونات الكلية في التربة على إضافة كمية زائدة من حمض HCl حيث يتفاعل الحمض مع الكربونات الموجودة لينطلق غاز CO₂، ثم معايرة حجم الحمض الزائد عن التفاعل بمحلول ماءات الصوديوم الأمر الذي يُمكن من حساب كمية الحمض المستهلك في التفاعل مع الكربونات و بالتالي حساب النسبة المئوية للكربونات في التربة، و يتم التفاعل على الشكل التالي:



من عيوب هذه الطريقة تفاعل أنواع مختلفة من الكربونات الموجودة في التربة مثل كربونات المغنسيوم مع حمض كلور الماء و لكن يُعبر عن النتيجة بما يعادل كربونات الكالسيوم.

3.1.3. الأدوات اللازمة Apparatus: مخروطيات 250 مل، سحاحات، سخان كهربائي.

4.1.3. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول ماءات الصوديوم 1 نظامي:
 - أذب 40 غ من ماءات الصوديوم بحوالي 200 مل ماء مقطر في بيشر و دعه يبرد.
 - انقل المحلول نقلاً كميّاً إلى دورق معياري سعة 1000 مل.
 - أكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة.
- محلول حمض كلور الماء HCl 1 نظامي:
 - ضع حوالي 200 مل ماء حراري في دورق معياري سعة لتر.
 - أضف له 82.8 مل من حمض كلور الماء المركز تركيزه 37% و كثافته 1.19 (قدّر حجم الحمض بواسطة سلندر مدرّج).
 - اترك المحلول حتى يبرد، ثم أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.
- دليل فتالين 1%: أذب 1 غ من فينول فتالين في دورق معياري يحوي 100 مل كحول إيثيلي 95%.
- محلول كربونات الصوديوم 1 نظامي: أذب 53 غ من كربونات الصوديوم اللامائية Na_2CO_3 في الماء المقطر و أكمل الحجم إلى لتر.
- دليل برتقالي مثيل: خذ 0.1 غ من دليل برتقالي مثيل و أذبها في 100 مل من الماء المقطر.
- لحساب نظامية حمض كلور الماء 1 نظامي:
 - خذ 10 مل من محلول كربونات الصوديوم 1 نظامي في مخروطية سعة 250 مل.
 - أضف 2 نقطة من دليل برتقالي المثيل.
 - عاير بواسطة محلول حمض كلور الماء حتى يتغير لون المحلول من برتقالي فاتح إلى برتقالي غامق.

$$\begin{aligned} \text{نظامية حمض كلور الماء: } \text{ح} \times \text{ع} &= \text{ح} \times \text{ع} \\ 1 \times 10 &= \text{حجم الحمض المستهلك} \times \text{ع} \\ \text{ومنه } \text{ع} (\text{نظامية حمض كلور الماء}) &= \frac{1 \times 10}{\text{ع} (\text{حجم الحمض المستهلك})} \end{aligned}$$

- لحساب نظامية ماءات الصوديوم المحضرة:
 - خذ 10 مل من محلول حمض كلور الماء المحدد النظامية سابقاً و ضعها في مخروطية 250 مل ثم أضف 2 نقطة من دليل فينول فتالين.
 - عاير بواسطة محلول ماءات الصوديوم حتى يتغير اللون من عديم اللون إلى زهري.

- نظامية ماءات الصوديوم:

$$ح \times ع = ع \times ح$$

$$ع \times ح = 1 \times 10$$

حيث أن:

ح: كمية ماءات الصوديوم التي لزمتم للمعايرة.

ع: نظامية ماءات الصوديوم.

$$ع = \frac{1 \times 10}{ح \text{ (حجم ماءات الصوديوم)}}$$

5.1.3. طريقة العمل Procedure:

- زن 1 غ تربة جافة هوائياً و منخولة على منخل 0.2 مم في مخروطية زجاجية سعة 250 مل.
- أضف 10 مل من محلول حمض كلور الماء 1 نظامي المحضر سابقاً.
- رج المزيج يدوياً و سخنه إلى ما قبل الغليان ثم برّد.
- أضف له 100 مل من الماء المقطر بواسطة دورق معياري، ثم رشّح المحلول.
- أضف 2-3 نقاط من دليل الفينول فتالين إلى الراشح.
- عاير بواسطة محلول ماءات الصوديوم حتى يظهر اللون الوردي و يثبت عند تحريك المحلول.
- سجّل حجم ماءات الصوديوم المستهلكة.

6.1.3. طريقة الحساب Calculation:

$$\frac{100 \times 50 \times (أ-ب)}{1000 \times \text{التربة وزن}} = \% \text{ CaCO}_3$$

أ: عدد مليمكافئات حمض HCl = ح × ع

ب: عدد مليمكافئات ماءات الصوديوم NaOH = ح × ع

أ-ب: عدد مليمكافئات الحمض المستهلكة في معادلة التفاعل مع الكربونات.

$$\text{الوزن المكافئ لـ } \text{CaCO}_3 = \frac{100}{2}$$

7.1.3. المرجع Reference:

Jackson, M.L. 1985. Soil chemical analysis - advanced course, 2nd edn., Madison, WI, USA.

2.3. تقدير الكربونات الكلية بطريقة الكالسيومتر Determination of Total Carbonate by

:Calcimeter method

1.2.3. الغاية و الهدف Scope: تقدير الكربونات الكلية في التربة.

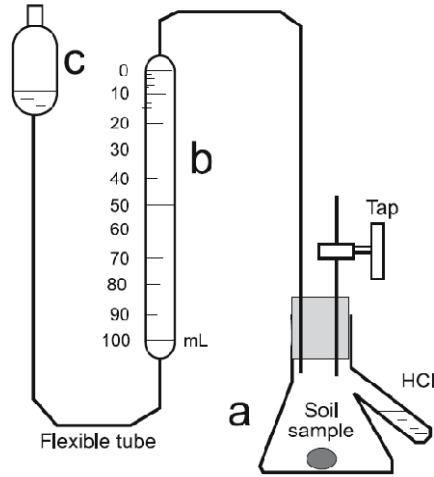
2.2.3. المبدأ العام Principle: يتم تحطيم الكربونات باستخدام حمض كلور الماء و يُقاس حجم ثاني

أكسيد الكربون المتحرر عند درجة حرارة و ضغط محددين.



3.2.3. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز كالسيومتر نموذج برنارد مجهز بصمامين و موصل بمخروطية ذات أصبع سعة 250 مل (شكل 12).
- جهاز بارومتر لقياس الضغط و ملقط خشبي.



الشكل (12) جهاز الكالسيومتر

4.2.3. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض كلور الماء المخفف (1:1): يُضاف حجم من الحمض المركز إلى حجم مساوٍ له من الماء المقطر بحذر ثم يُحرَّك جيداً. يُبرَّد ليصبح جاهزاً للاستعمال.
- بودرة كربونات كالسيوم نقية: مجففة على الدرجة 105 م° لمدة ساعتين.
- محلول مائي للكاسيمتر: كلوريد الصوديوم المشبع و المحتوي على وسيط ملون.

5.2.3. طريقة العمل Procedure:

- زن 1-10 غ من التربة الجافة هوائياً و المنخولة على منخل 0.1 مم و ذلك للحصول على حجم من CO₂ يعادل من 60-80 مل.
- خذ باستخدام الماصة 10 مل من حمض كلور الماء و ضعها بحرص في أصبع المخروطية مراعيًا عدم السماح لأي جزء من الحمض بالوصول إلى أسفل المخروطية ذات الأصبع.
- انقل العينة الترابية الموزونة بحرص إلى المخروطية.
- تجنب تسخين المخروطية باليد.
- افتح الصمام الموجود أعلى المخروطية (a).
- استخدم المحلول الموجود في الخزان (c) لملئ الأسطوانة المدرجة بمحلول الكالسيومتر حتى العلامة، صفر ثم أغلق الصمام (a).
- استخدم الملقط الخشبي لخلط العينة مع حمض كلور الماء.

- حرك المخروطية و أنزل الخزان (c) تدريجياً مراقباً الانخفاض في مستوى السائل في الأسطوانة المدرجة.

- عندما يكون مستوى السائل في الأسطوانة المدرجة قد استقر، اجعل مستويي السائل في الخزان (c) و في الأسطوانة المدرجة متساويين. اقرأ حجم CO₂ المتحرر على الأسطوانة المدرجة.

- حدد درجة حرارة المخبر و الضغط الجوي.

معايرة الجهاز: زن 0.3 غ من كربونات الكالسيوم النقية الجافة و ضعها في المخروطية ذات الأصبع و كرر نفس الخطوات المذكورة أعلاه و لاحظ حجم CO₂ المتحرر. كرر هذه العملية مع 0.2 غ و 0.1 غ من كربونات الكالسيوم.

6.2.3. طريقة الحساب Calculation:

حيث M: الوزن (غ) لواحد لتر من CO₂ في شروط العمل من الحرارة و الضغط (جدول 7)

$$\frac{100.09}{44.01} = \frac{CaCO_3}{CO_2} = 2.28$$

الجدول (7) وزن واحد لتر من CO₂ عند درجات حرارة و ضغوط مختلفة (غ)

درجة الحرارة	986.66 ملي بار	1.00000	1.01333	1.0266
	740 mm Hg	750	760	770
20 م	1.7423	1.7665	1.7906	1.8147
21 م	1.7338	1.7530	1.7818	1.8059
22 م	1.7251	1.7443	1.7730	1.7970
23 م	1.7164	1.7355	1.7641	1.7880
24 م	1.7075	1.7266	1.7551	1.7789

ملاحظات: تملئ الاسطوانة المدرجة في جهاز الكالسيتر بمحلول مشبع ملون من كلوريد الصوديوم و ذلك للحد من انحلالية غاز CO₂ و لتسهيل القراءة.

- إن درجة الحرارة المقاسة هي درجة حرارة محيط التجربة و لكن عندما يبدأ تفاعل حمض كلور الماء مع كربونات الكالسيوم و هو تفاعل ناشر للحرارة ترتفع درجة الحرارة قليلاً لذلك يجب علينا الانتظار لمدة دقيقة واحدة قبل قراءة درجة الحرارة حتى يحدث الاستقرار.

- عند وجود الدولميت CaMg(CO₃)₂ من الضروري إجراء قرائتين لحجم CO₂ المتحرر، الأولى بعد دقيقة واحدة و الثانية بعد ثلاثة دقائق نظراً إلى أن الدولميت يتفاعل ببطأ أكثر من كربونات الكالسيوم.

7.2.3. المراجع References:

- Balazs, H., O. Opara-Nadib, and F. Beesea 2005. A simple method for measuring the carbonate content of soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69, 1066–1068, DOI: 10.2136/sssaj2004.0010.
- ISO, 10693. 1995. Soil quality–determination of carbonate content-Volumetric method, part 7. International organization for standardization. Geneva, Switzerland. Available at: (www.iso.ch).

4. تقدير الكلس الفعال باستخدام أوكزالات الأمونيوم Determination of Active Calcium

:Carbonate with the use of Ammonium Oxalate

1.4. الغاية و الهدف Scope: تقدير كربونات الكالسيوم النشطة في التربة.

2.4. المبدأ العام Principle: تعتمد طريقة تقدير كربونات الكالسيوم النشطة (الناعمة) في التربة على إضافة كمية زائدة من أوكزالات الأمونيوم و معايرة الحجم الزائد عن التفاعل بمحلول برمنغنات البوتاسيوم حيث يتم التفاعل التالي:



ثم يُعابير الزائد من أوكزالات الأمونيوم بواسطة محلول عياري من برمنغنات بوتاسيوم و ذلك وفق التفاعل التالي:



3.4. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول أوكزالات الأمونيوم 0.2 نظامي تقريباً $\text{C}_2\text{O}_4(\text{NH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$: أذب 14.2 غ من أوكزالات الأمونيوم النقية (موضوعة في المجفف لمدة 48 ساعة) في دورق معياري سعة لتر بالماء المقطر و يُكمل الحجم بالماء المقطر الحراري.
- محلول برمنغنات البوتاسيوم 0.2 نظامي تقريباً KMnO_4 : زن 6.4 غ من برمنغنات البوتاسيوم النقية و ضعها بدورق معياري سعة لتر، أضف لها حوالي 700 مل ماء مقطر و سخّن على النار حتى الغليان ثم برّد و أكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر.
- محلول حمض الأوكزاليك 0.2 نظامي:

- زن 1.2607 غ من حمض الأوكزاليك $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ في بيشر صغير.
- أضف له قليلاً من الماء المقطر و سخّن على النار حتى يتم الذوبان.
- برّد ثم انقل بحذر إلى دورق معياري سعة 100 مل نقلاً كمياً ثم أكمل الحجم بالماء المقطر.

4.4. طريقة العمل Procedure:

- زن 1 غ تربة جافة هوائياً منخولة على منخل بقطر 2 مم في مخروطية سعة 250 مل.
- أضف 100 مل من محلول أوكزالات الأمونيوم 0.5 نظامي.
- رج لمدة ساعتين ثم رشح.
- اسحب 5 مل من الراشح و ضعه في مخروطية 250 مل و أضف لها 50 مل من الماء المقطر.
- أضف لها بواسطة ماصة هيدروليك 5 مل من حمض الكبريت المركز (لتسريع التفاعل).
- سخّن على سخان كهربائي حتى درجة حرارة 70 - 80 م° إلى ما قبل الغليان.
- عاير الزائد من أوكزالات الأمونيوم بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم 0.5 نظامي حتى ثبات اللون الوردي لمدة دقيقة.

- حضر شاهد كالتالي: اسحب بواسطة ماصة 5 مل من أوكزالات الأمونيوم و ضعها في مخروطية سعة 250 مل و عامله معاملة العينة، ثم عاير بمحلول برمنغنات البوتاسيوم حتى ظهور اللون الوردي، سجّل رقم المعايرة.

- قدر عيارية برمنغنات البوتاسيوم بالضبط كالتالي:

- خذ 10 مل من حمض الأوكزاليك في مخروطية 250 مل.
- أضف لها حوالي 40 مل ماء مقطر و 5 مل من حمض الكبريت المركز.
- عاير بمحلول برمنغنات البوتاسيوم.
- و بتطبيق القاعدة $ح \times ع = ح \times ع$ تحصل على عيارية برمنغنات البوتاسيوم بالضبط.

5.4. طريقة الحساب Calculation:

ملمكافئ أوكزالات أمونيوم كلية - ملمكافئ أوكزالات أمونيوم زائدة عن التفاعل = ملمكافئ أوكزالات أمونيوم التي رسّبت كربونات الكالسيوم الناعمة على شكل CaC_2O_4

$$\text{الكلس الفعال غ/100 غ تربة} = \frac{(ب - س) \times \text{عيارية البرمنغنات} \times \text{الحجم الكلي للعينة} \times \text{الوزن المكافئ لكربونات الكالسيوم}}{\text{وزن العينة} \times \text{الحجم المسحوب} \times 1000} \times 100$$

ب: كمية برمنغنات البوتاسيوم اللازمة لمعايرة الشاهد.

س: كمية برمنغنات البوتاسيوم اللازمة لمعايرة أوكزالات الأمونيوم الزائدة.

1000: تحويل المكافئ إلى ملمكافئ.

6.4. المرجع Reference:

Jackson, M.L. 1985. Soil chemical analysis - advanced course, 2nd edn., Madison, WI, USA.

5. تقدير المادة العضوية Determination of Organic Matter:

1.5. تقدير المادة العضوية بطريقة ولكلي و بلاك Determination of Organic Mmatter by

:Walkley and Black method

1.1.5. الغاية و الهدف Scope: تقدير المادة العضوية اعتماداً على أكسدة الكربون العضوي بثاني

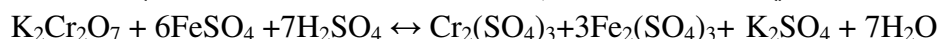
كرومات البوتاسيوم، و تطبق هذه الطريقة على العينات لقياس نسبة المادة العضوية في العينة.

2.1.5. المبدأ العام Principle: أكسدة المادة العضوية تحت ظروف مثالية بكمية زائدة من ثاني

كرومات البوتاسيوم بوجود حمض الكبريت وفق المعادلة:



يتم لاحقاً حساب كمية ثاني كرومات البوتاسيوم الفائضة بالمعايرة بسلفات الحديدي بوجود مشعر الفروئين



و بحساب الفرق بين حجم سلفات الحديدي اللازمة لمعايرة الشاهد و حجم سلفات الحديدي اللازمة لمعايرة

العينة نستطيع تحديد عدد ميلي مكافئات ثاني كرومات البوتاسيوم التي قامت بأكسدة الكربون و هي

مساوية لعدد ميلي مكافئات الكربون في العينة.

3.1.5. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- سحاحة أوتوماتيك و ميزان حساس أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- مخروطية سعة 250 مل و عدة وزن.

4.1.5. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول ثاني كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ 1 نظامي: أذب بدقة 49.04 غ من ثاني كرومات البوتاسيوم النقية المجففة سابقاً على درجة حرارة 105 م في لتر من الماء المقطر الحراري.
- دليل الفروئين: أذب 0.702 غ من سلفات الحديدي في 50 مل من الماء المقطر ثم أضف 1.5 غ من مادة أورثوفينانثرولين (الفروئين)، حرك حتى الذوبان و أكمل بالماء المقطر إلى 100 مل. يمكن استعمال دليل داي فينيل أمين عوضاً عنه و ذلك بإذابة 0.5 غ من داي فينيل أمين في 20 مل ماء مقطر و يُضاف له 100 مل حمض كبريت مركز. يُترك ليبرد قبل الاستعمال.
- محلول سلفات الحديدي $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 1 نظامي: زن 278 غ من سلفات الحديدي في ورق معياري سعة 1000 مل، أضف لها حوالي 200 مل من الماء المقطر، حرك جيداً لإذابتها ثم أضف لها 15 مل حمض كبريت مركز (ليمنع تأكسد الحديديك إلى حديدي)، أكمل الحجم إلى 1 لتر بالماء المقطر ثم انقل المحلول إلى زجاجة عاتمة و تنقل بعيدة عن الضوء.
- حمض الفوسفور 80%.
- ماء ثنائي التقطير و حمض الكبريت المركز.

5.1.5. طريقة العمل Procedure:

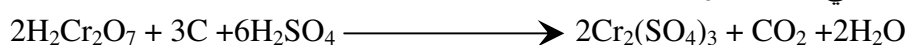
- زن 0.5 غ تربة جافة هوائياً و منخولة على منخل قطر 0.25 مم في مخروطية زجاجية 250 مل.
- أضف لها 5 مل من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم 1 نظامي.
- أضف لها 10 مل من حمض الكبريت المركز، حرك المخروطية جيداً.
- اترك المعلق لمدة 15 دقيقة، ثم انظر لون المزيج إذا كان زيتي غامق (دليل تواجد مادة عضوية مرتفعة) يجب مضاعفة كمية ثاني كرومات و حمض الكبريت للعينة أي أن حجم ثاني كرومات البوتاسيوم المضافة أولاً غير كافي لأكسدة الكربون العضوي في العينة.
- أغلق المخروطية بإحكام و اترك العينة حوالي 30 دقيقة أو لليوم التالي ليتم التفاعل أصولاً.
- بعدها أضف حوالي 100 مل من الماء المقطر ثم أضف 10 مل من حمض الفوسفور المركز 85% (لتوضيح لون المعايرة). برّد قبل المعايرة.
- أضف 3 - 4 نقاط من دليل فيروئين أو 1 مل من داي فينيل أمين و حرك جيداً.
- عاير بمحلول سلفات الحديدي 1 نظامي حتى يظهر اللون الأحمر القرمزي ثم سجّل حجم المحلول اللازم للمعايرة.

- حضّر عينة شاهد كالتالي (مع مراعاة أن يعامل الشاهد معاملة العينة تماماً):

- خذ 5 مل من ديكرومات البوتاسيوم.
- أضف لها 10 مل حمض كبريت مركز.
- اترك الشاهد 30 دقيقة على الأقل ثم أضف حوالي 100 مل ماء مقطر و دعه يبرد.
- أضف 3 - 4 نقاط من دليل فيروئين أو 1 مل من داي فينايل أمين و حرّك جيداً.
- عاير بمحلول سلفات الحديدي 1 نظامي حتى يظهر اللون الأحمر القرمزي. سجّل حجم المحلول اللازم للمعايرة.

6.1.5. طريقة الحساب Calculation:

يتم التفاعل الكيميائي بهذه الطريقة وفق المعادلة التالية:



تتفكك ثاني كرومات البوتاسيوم بوجود حمض الكبريت و ينطلق O_2 الذي يتفاعل مع الكربون العضوي و يشكل CO_2 ، و من المعادلة يحسب الكربون العضوي الذي يشكل 58% من المادة العضوية، و هذه الطريقة تؤكسد حوالي 77% من الكربون العضوي.

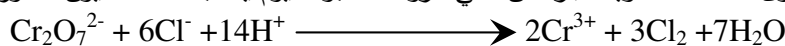
$$\frac{(b - s) \times \text{عيارية سلفات الحديدي} \times 3 \times 100 \times 100}{77 \times 0.5 \times 58 \times 1000} = \frac{\text{المادة العضوية}}{100 \text{ غ تربة}}$$

ب: حجم محلول سلفات الحديدي اللازم لمعايرة الشاهد، س: حجم محلول سلفات الحديدي اللازم لمعايرة العينة، 3: هي الوزن المكافئ للكربون في تفاعل أكسدته إلى CO_2 ، $4/12 = 3$ غرام/مول. 0.5: هي وزن العينة. 77/100: هي فعالية الأكسدة. 58/100: تحويل من الكربون العضوي إلى مادة عضوية.

و في المتوسط تحوي المادة العضوية على 58% من محتواها كربون عضوي و 5.5% هيدروجين و 5.5% نتروجين. و هناك علاقة تقريبية بين المادة العضوية و الآزوت العضوي حيث أن:

$$\frac{\text{كمية المادة العضوية}}{20} = \text{الأزوت العضوي}$$

ملاحظة: لا ينصح بهذه الطريقة للتربة المحتوية على كميات كبيرة من أيونات الكلور و المنغنيز و الحديدي حيث نحصل على نتائج أعلى لمحتوى المادة العضوية فجزء من ثاني كرومات البوتاسيوم يذهب لأكسدة أيون الكلور وفق المعادلة:



و من الممكن إزالة التداخل بإضافة كبريتات الفضة للمحلول المؤكسد.

إن تقييم نتائج المادة العضوية على أساس النسبة المئوية حسب (FAO 1980) موضح في الجدول (8)

الجدول (8) تقييم نتائج المادة العضوية

المستوى	المادة العضوية %
منخفض	0.86 %
متوسط	0.86 - 1.29 %
كاف	أكثر من 1.29 %

7.1.5. المراجع References:

- FAO. 1980. Soil testing and plant analysis. Bull. No. 38/1, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Walkley, A. and A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.**, 37: 29–38.
- Jackson, M.L. 1985. Soil chemical analysis - advanced course, 2nd edn., Madison, WI, USA.

2.5. تقدير محتوى الكربون العضوي باستخدام جهاز تقدير العناصر الأساسية لتحليل الكربون و

الكبريت و الكلور Determination of Total Organic Carbon (TOC) by TOC analyzer

1.2.5. الغاية و الهدف Scope: تقدير المادة العضوية في التربة.

2.2.5. المبدأ العام Principle: تقدير المادة العضوية اعتماداً على أكسدة الكربون باستخدام الهواء الصفري و من ثم تحديد تركيز غاز CO_2 المنطلق باستخدام الأشعة تحت الحمراء حيث يتناسب تركيز غاز CO_2 المنطلق مع الفرق الحاصل في طاقة الأشعة تحت الحمراء و الممتص من قبل غاز CO_2 .

3.2.5. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز TOC و كؤوس كوارتز خاصة بالجهاز (شكل 13).
- ميزان حساس أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- فرن تجفيف للعينات.
- حامل كؤوس كوارتز و ملقط معدني.



الشكل (13) جهاز TOC

4.2.5. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض كلور الماء HCl 37% و أسيتون تجاري.

- قياسي كربون صلب: CaCO_3 كربونات الكالسيوم.
- قياسي كربون سائل: كربونات الصوديوم، و فتالات البوتاسيوم.
- حضر حمض كلور الماء المخفف 1:1
- تحضير قياسي كربون صلب:
- زن عدة أوزان من القياسي CaCO_3 في كؤوس كوارتز.
- جهاز قياسات بوزن 3 أوزان من القياسي 0.002، 0.004، 0.008 غ و تلقم للجهاز لرسم المنحنى اللازم للعينات.
- تحضير قياسي كربون سائل:
- زن 4.41625 غ من كربونات الصوديوم على الميزان الحساس.
- زن 1.06364 غ من فتالات البوتاسيوم $\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$.
- أذب الوزنات السابقة في ورق معياري سعة 1 لتر، تُحضر من القياسي الأم السابقة قياسات حسب محتوى العينة من الكربون.

5.2.5. طريقة العمل Procedure:

- زن في كأس زجاجي كوارتز بحدود 0.05 غ أو أقل على الميزان الحساس من العينة.
- أضف 2-4 نقاط من حمض كلور الماء المجفف سابقاً على الكأس للتخلص من الكربون اللاعضوي الموجود في العينة.
- ضع العينة في فرن التجفيف على درجة حرارة 50-60 م° و لمدة ساعة واحدة فقط.
- لقم العينة للجهاز باستخدام الملقط المعدني.

6.2.5. طريقة الحساب Calculation:

تظهر نتيجة الكربون العضوي الموجود في العينة على الجهاز مباشرة باستخدام برنامج مرفق مع الجهاز على شكل TOC.

7.2.5. المرجع Reference:

Manual of TOC malte ea 2000.

3.5. تقدير المادة العضوية بطريقة الترميد (فرق الوزن) Direct determination of Organic

Matter by Loss on Ignition method

1.3.5. الغاية و الهدف Scope: تقدير المادة العضوية اعتماداً على حرق الكربون بدرجات حرارة عالية باستخدام المرمدة، و تطبق هذه الطريقة على عينات التربة (الخالية من الكربونات الكلية) و النبات و الخشب (بيتموس - تورب).

2.3.5. المبدأ العام Principle: حرق المادة العضوية في العينة الجافة تماماً عند درجة حرارة 550-600م و من ثم تحديد مقدار الفقد بالوزن و الذي بدوره يعبر عن محتوى المادة العضوية.

3.3.5. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- مرمدة و فرن تجفيف و جفئات بورسلان بقطر 10 سم.
- ملقط خشبي أو معدني.
- ميزان حساس أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- مجفف زجاجي مزود بمادة فعالة للتجفيف.

4.3.5. المحاليل و المواد اللازمة Reagents: لا تحتاج هذه الطريقة إلى محاليل.

5.3.5. طريقة العمل Procedure:

- زن الجفنة فارغة باستعمال ميزان حساس و سجل الوزن.
- أضف حوالي 10 غ من العينة إلى جفنة بورسلان بقطر 10 سم و سجل الوزن بدقة 0.001.
- جفف العينة السابقة على درجة حرارة 105 م لمدة 12 ساعة.
- برد العينة باستخدام المجفف الزجاجي.
- وزن الجفنة مع التربة الجافة: زن بعناية باستخدام الميزان الحساس العينة و سجل الوزن الناتج.
- ضع العينة في المرمدة على درجة حرارة 550 - 600 م لمدة 4 ساعات لتصل إلى تمام الترميد.
- برد العينة باستخدام المجفف و زن الجفنة مع الرماد و سجل الوزن الناتج.

6.3.5. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{المادة العضوية \%} = \frac{\text{وزن الجفنة مع العينة الجافة} - \text{وزن الجفنة مع العينة المرمدة}}{\text{وزن الجفنة مع العينة الجافة} - \text{وزن الجفنة فارغة}} \times 100$$

ملاحظات:

- بالرغم من سهولة هذه الطريقة إلا أنها غير دقيقة فعند ترميد العينة عند الدرجة 600 م تُفقد المادة العضوية بالإضافة لمكونات أخرى مثل الهيتيت (FeOOH) و يتحول إلى هيماتيت (Fe₂O₃) و كذلك يتم فقد الماء الكريستالي و تتطاير بعض العناصر مثل N, S, CL. كما أن الكربون اللاعضوي يبدأ بالتفكك عند الدرجة 400 م.
- إن امتصاص العينة للرطوبة بعد الترميد يؤثر على النتائج.
- ينصح باستعمال هذه الطريقة في الترب الرملية الخفيفة و لا ينصح بها للترب الطينية الثقيلة.

7.3.5. المرجع Reference:

Ben-Dor, E. and A. Banin. 1989. Determination of organic matter content in aridzone soils using a simple "loss-on-ignition" method. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, 20(15-16): 1675-1695.

6. تقدير محتوى كربون المركبات الدبالية (الأحماض الفولفية و الهيومية) Determination of Carbon in Humic compounds (Humic & Fulvic acids)

- 1.6. **الغاية و الهدف Scope:** تقدير محتوى كربون الأحماض الفولفية و الهيومية في عينة التربة.
- 2.6. **المبدأ العام Principle:** تُستخلص المركبات الدبالية باستخدام مزيج من بيروفسفات الصوديوم و ماءات الصوديوم، ثم تُفصل الأحماض الهيومية من المستخلص و ذلك بترسيبها في وسط حمضي pH (1.3-1.5) ثم يتم حل هذه الأحماض بهيدروكسيد الصوديوم ليتم تحديد محتوى كربون الأحماض الهيومية في حين يتم تحديد محتوى كربون الأحماض الفولفية بالفرق بين المحتوى الكلي لكربون المركبات الدبالية (الأحماض الفولفية و الهيومية) في مستخلص البيروفسفات و محتوى كربون الأحماض الهيومية.

3.6. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- ميزان حساس بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة و ميزان نصف حساس بدقة رقمين بعد الفاصلة.
- حمام مائي و ورق ترشيح و ورق مخروطي سعة 250 مل و بيشر سعة 1000 مل.

4.6. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول مزيج من بيروفسفات الصوديوم و ماءات الصوديوم 0.1 نظامي: زن 44.6 غ من بيروفسفات الصوديوم مع 4 غ من هيدروكسيد الصوديوم و تُحل في لتر باستخدام الماء المقطر الحراري لنحصل على محلول رقم حموضته حوالي 13 .
- محلول كبريتات الصوديوم المشبع Na_2SO_4 : أذب 200 غ من كبريتات الصوديوم اللامائية في لتر ماء مقطر (رشح عند اللزوم).
- حمض الكبريت تركيز 1 نظامي: أضف 28 مل من حمض الكبريت المركز إلى دورق معياري سعة 1 لتر يحوي حوالي 800 مل ماء مقطر، انتظر حتى يبرد ثم أكمل الحجم إلى العلامة.
- حمض الكبريت 0.1 نظامي: مدد 100 مل من الحمض السابق إلى 1 لتر بالماء المقطر.
- هيدروكسيد الصوديوم 0.1 نظامي: أذب 4 غ ماءات الصوديوم في لتر ماء مقطر.
- محلول ديكرومات البوتاسيوم 1 نظامي: أذب 49.04 غ من ديكرومات البوتاسيوم (مجففة على درجة 105 م° لمدة ساعتين) في الماء المقطر، أكمل الحجم إلى لتر.
- حمض الكبريت المركز.
- دليل الفروئين: أذب 0.702 غ من سلفات الحديدي في 50 مل من الماء المقطر ثم أضف 1.5 غ من مادة أورثوفيناثرولين، حرك حتى الذوبان و أكمل الحجم بالماء المقطر إلى 100 مل.
- محلول سلفات الحديدي ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 1 نظامي: أذب 278 غ من سلفات الحديدي في الماء المقطر و أضف بحذر 15 مل من حمض الكبريت المركز، أكمل الحجم إلى 1 لتر بالماء المقطر ثم انقل المحلول إلى زجاجة عاتمة و تُثقل بعيداً عن الضوء.

- حمض الفوسفور 80%.

5.6. الاستخلاص:

- زن 10 غ من التربة المجففة هوائياً إلى سلندر مزود بسدادة سعة 500 مل.
- أضف 200 مل من محلول بيروفسفات الصوديوم.
- أغلق السلندر بسدادة من أجل عزل غاز ثاني أكسيد الكربون و الموجود في الهواء عن العينة.
- حرك لعدة مرات و اترك العينة لليوم التالي (16 - 18 ساعة زمن التماس بين التربة و المزيج).
- أضف 50 مل من محلول كبريتات الصوديوم المشبع و ذلك من أجل تخثير جزئيات الغضار و تسريع عملية الترشيح.
- اخلط المزيج و اتركه مدة 15 - 20 دقيقة و رشح (تستبعد القطرات الأولى من الرشاحة).

6.6. تقدير المحتوى الكلي للمركبات الدبالية (الأحماض الفولفية و الهيومية):

- اسحب حجم (من 20 مل حتى 50 مل) من المستخلص (حيث ينقص حجم السحب بزيادة شدة اللون) توضع في مخروطية سعة 100 مل و جفف باستخدام حمام مائي.
- أضف لها 5 مل من محلول ديكرومات البوتاسيوم 1 نظامي.
- ثم أضف لها 10 مل من حمض الكبريت المركز، حرّك المخروطية جيداً.
- اترك المعلق لمدة 15 دقيقة، ثم انظر لون المزيج إذا كان زيتي غامق (دليل تواجد مادة عضوية مرتفعة) يجب مضاعفة كمية الديكرومات و حمض الكبريت للعينة أي حجم ديكرومات البوتاسيوم المضافة أولاً غير كافي لأكسدة الكربون العضوي في العينة.
- أغلق المخروطية بإحكام و اترك العينة حوالي 30 دقيقة أو لليوم التالي ليتم التفاعل أصولاً.
- بعدها أضف حوالي 100 مل من الماء المقطر ثم أضف 10 مل من حمض الفوسفور المركز 85% (لتوضيح لون المعايرة) برّد قبل المعايرة.
- أضف 3 - 4 نقاط من دليل فيروئين أو 1 مل من داي فينيل أمين و حرك جيداً.
- عاير بمحلول سلفات الحديدي 1 نظامي حتى يظهر اللون الأحمر القرمزي ثم سجّل حجم المحلول اللازم للمعايرة.
- حضرّ عينة شاهد كالتالي (مع مراعاة أن يُعامل الشاهد معاملة العينة تماماً):
 - خذ 5 مل من ديكرومات البوتاسيوم.
 - أضف لها 10 مل حمض كبريت مركز.
 - اترك الشاهد 30 دقيقة على الأقل.
 - أضف حوالي 100 مل ماء مقطر و دعه يبرد.
 - أضف 3 - 4 نقاط من دليل فيروئين أو 1 مل من داي فينيل أمين و حرّك جيداً.

■ عاير بمحلول سلفات الحديدي 1 نظامي حتى يظهر اللون الأحمر القرمزي، سجّل حجم المحلول اللازم للمعايرة.

7.6. حساب محتوى كربون المركبات الدبالية (الأحماض الفولفية و الهيومية):

$$\text{كربون المركبات الدبالية} \% = \frac{(ب-س) \times 250 \times \text{عيارية سلفات الحديدي} \times 3 \times 100}{1000 \times \text{حجم السحب} \times \text{وزن التربة} \times 77}$$

ب: حجم محلول سلفات الحديدي اللازم لمعايرة الشاهد.

س: حجم محلول سلفات الحديدي اللازم لمعايرة العينة.

8.6. تقدير محتوى كربون الأحماض الهيومية:

- خذ 20 مل أو 50 مل من الراشح (حيث ينقص حجم السحب بزيادة شدة اللون) توضع في مخروطية سعة 100 مل.
- أضف 10 مل من حمض الكبريت 1 نظامي.
- اضبط pH المحلول بإضافة حمض الكبريت النظامي عند pH (1.3 - 1.5).
- سخن حتى درجة حرارة 70 - 80 م باستخدام حمام مائي حتى بدء تشكل الأحماض الهيومية (على شكل هلام).
- تُرفع المخروطيات من الحمام المائي، تُترك لساعة حتى يتم الترسيب الكامل للأحماض الهيومية.
- رشح و اغسل الراسب الموجود على ورقة الترشيح و المتبقي في المخروطية ثلاث مرات بمحلول حمض الكبريت 0.1 نظامي و ذلك للتخلص من بقايا الأحماض الفولفية.
- أعد الراسب الموجود على ورق الترشيح إلى المخروطية.
- أذب الراسب باستخدام دفعات متتالية من محلول ماءات الصوديوم الدافئ (40-50 م) 0.1 نظامي باستخدام الرشاش (يجب أن لا يزيد الحجم المستخدم للإذابة عن 100 مل).
- يرد المحلول القلوي و انقله إلى دورق معياري سعة 100 مل، أكمل الحجم إلى العلامة.
- خذ من 5 - 25 مل من المحلول القلوي من أجل تحديد كربون الأحماض الهيومية بنفس الخطوات السابقة للمادة الدبالية.

9.6. حساب محتوى كربون الأحماض الهيومية:

$$\text{كربون الاحماض الهيومية} \% = \frac{(ب-س) \times 100 \times 250 \times \text{عيارية سلفات الحديدي} \times 3 \times 100}{1000 \times \text{حجم المستخلص الماخوذ لترسيب الاحماض الهيومية} \times \text{حجم المحلول القلوي الماخوذ للمعايرة} \times \text{وزن التربة} \times 77}$$

ب: حجم محلول سلفات الحديدي اللازم لمعايرة الشاهد.

س: حجم محلول سلفات الحديدي اللازم لمعايرة العينة.

- 10.6. تقدير محتوى كربون الأحماض الفولفية: يتم حساب محتوى كربون الأحماض الفولفية بالفرق بين المحتوى الكلي لكربون المركبات الدبالية و محتوى كربون الأحماض الهيومية:

محتوى كربون الأحماض الفولفية % = المحتوى الكلي لكربون المركبات الدبالية % - محتوى كربون الأحماض الهيومية %

11.6. المراجع References:

- Kononova, M.M. 1956. Humus der Boden der U.D.S.S.R., seine Natur und Rolle in Bodenbildungsprozessen. Trans. 6th Int. Congr. Soil Sci., II:557-565.
- Kononova, M.M. 1961. Soil Organic Matter. Transl. from Russian by T. Z. Nowakowski and G. N. Greenwood. Pergamon Press, London.
- Kononova, M.M. 1966. Soil organic matter. 2nd ed. Pergamon Press, New York.
- Kononova, M.M. and N.P. Bel'chikova. 1961. **Sov. Soil Sci.**, 1112-1121.

7. تقدير الجبس Determination of Gypsum :

1.7. تقدير الجبس بطريقة الترسيب بالأسيتون Determination of Gypsum by Acetone precipitation method :

1.1.7. الغاية و الهدف Scope: تقدير كمية الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) في العينات الترابية.

2.1.7. المبدأ العام Principle: من الصعب تقدير الجبس في التربة بشكل دقيق بسبب الأخطاء المرافقة لاستخلاص هذا المركب بالماء و ذلك يعود إلى أن حساب كمية الجبس اعتماداً على تركيز شاردتي الكالسيوم و الكبريتات العائدتين للجبس يتوافق بتداخل ناتج عن وجود مصدرين آخرين لهذه الشوارد أحدهما المركبات المنحلة في التربة عدا الجبس و التي تحوي هاتين الشاردتين، و الآخر هو الكالسيوم المدمص على غرويات التربة و الذي يتم استبداله بشوارد أخرى مثل الصوديوم و المغنيزيوم. عموماً يُستخلص الجبس من التربة بواسطة الماء المقطر باستخدام نسبة استخلاص للتربة 5:1، (أو 10:1 إذا كانت التربة تحتوي أكثر من 15 ميليمكافئ/100 غ تربة).

يُعامل قسم من مستخلص التربة بحجم مماثل من الأسيتون في أنبوب طرد مركزي لترسيب الجبس الذي يُذاب بعد ذلك بحجم معلوم من الماء المقطر و تؤخذ قراءة الناقلية الكهربائية للمحلول $\text{EC}_{\text{mS/cm}}$ (مع تعديل القراءة لدرجة حرارة 25 م°)، ثم يُشاهد ما يقابلها من تركيز كبريتات الكالسيوم مليمكافئ/لتر.

3.1.7. الأجهزة و الأدوات Apparatus :

- جهاز طرد مركزي و أنابيب طرد مركزي سعة 50 مل.
- رجاجة ميكانيكية، ميزان، معدات زجاجية مخبرية.

4.1.7. المواد اللازمة Reagents: الأسيتون.

5.1.7. طريقة العمل Procedure :

- ضع 1 غ من التربة المجففة هوائياً و المطحونة 270 مش (0.053 مم) بدورق مخروطي 500 مل و املئ بالماء المقطر حتى العلامة ثم أغلق الفوهة و ضعه على رجاج ميكانيكي مدة 20 دقيقة.

- رشح محتويات الدورق بورق ترشيح Whatman 41 . خذ 20 مل من الرشاحة بأنبوب طرد سعة 50 مل و أضف له 20 مل أسيتون، امزجه جيداً و اتركه 15 دقيقة ليتشكل الراسب بأسفله. ضعه في جهاز الطرد المركزي 3 دقائق بسرعة 2000 دورة/دقيقة ثم تخلص من السائل بحذر و اقلب الأنبوب على ورق ترشيح و دعه 5 دقيقة تقريباً للتخلص من السائل.
- اغسل جوانب أنبوب الطرد بـ 10 مل أسيتون و شتت الراسب بالأسيتون و اتركه 15 دقيقة ثم ضعه بجهاز الطرد و تابع كما في الخطوة السابقة.
- أضف 40 مل من الماء المقطر للأنبوب، أغلقه و رج حتى ذوبان كامل الراسب.
- خذ قياس الناقلية الكهربائية للمحلول و صحح قراءة الناقلية لدرجة حرارة 25 م°.
- قدر تركيز الجبس في المحلول من الجدول التالي الذي يُظهر العلاقة بين الناقلية الكهربائية للمحلول EC و محتواه من الجبس.

الجدول (9) قيم الناقلية الكهربائية لتراكيز مختلفة من كبريتات الكالسيوم في المحلول (Richards, 1954)

تركيز CaSO_4 (meq/l)	الناقلية الكهربائية ($\text{EC}_{\text{mS/cm}}$) عند الدرجة 25 م°
0.121	1
0.226	2
0.5	5
0.9	10
1.584	20
2.205	30.5

6.1.7. طريقة الحساب :Calculation

$$\text{CaSO}_4 \text{ للمستخلص مليمكافىء} = \frac{\text{CaSO}_4 \text{ مليمكافىء/لتر (الموافقة لقراءة EC)} \times \text{حجم الماء المستخدم لحل الراسب مل}}{1000}$$

$$\text{CaSO}_4 \text{ مليمكافىء/100 غ تربة} = \frac{\text{CaSO}_4 \text{ مليمكافىء للمستخلص}}{\text{نسبة الاستخلاص (500/1)} \times \text{حجم المستخلص}} \times 100$$

$$\text{CaSO}_4 \% = \frac{\text{CaSO}_4 \text{ مليمكافىء للمستخلص}}{\text{نسبة الاستخلاص (500/1)} \times 1000 \times \text{حجم المستخلص}} \times 100 \times 86$$

7.1.7. المراجع :References

- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. USDA. Washington, D.C.
- Pansu, M. and J. Gautheyrou. 2006. Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, The Netherlands. p. 992.

2.7. تقدير الجبس بطريقة العكارة باستخدام سبكتروفوتومتر

:Turbidimetric method with the use of Spectrophotometer

1.2.7. الغاية و الهدف Scope: تقدير الجبس في عينات التربة.

2.2.7. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على ترسيب كبريتات الجبس بواسطة كلوريد الباريوم

في وسط حامضي و قياس النفاذية بواسطة جهاز سبكتروفوتومتر.

3.2.7. الأجهزة Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر (المطياف الضوئي).

4.2.7. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- المحلول المنظم: أذب 40 غ كلوريد المغنيزيوم و 4.1 غ أسيتات الصوديوم و 0.83 غ نترات البوتاسيوم إلى 800 مل ماء مقطر في دورق معياري سعة لتر، أضف إليه 28 مل كحول إيثيلي نقي ثم أكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر.

- المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر كبريت: أذب 0.5435 غ سلفات البوتاسيوم النقية و الجافة تماماً (تُجفف في الفرن على درجة حرارة 105 م مدة 2 ساعة) في دورق معياري سعة 100 مل و يُكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر.

- محاليل قياسية: حضر 20، 40، 60، 80، 100 مغ/لتر كبريت، و ذلك بالسحب على التوالي 2، 4، 6، 8، 10 مل من القياسي الأم إلى دورق معيارية سعة 100 مل، أضف إلى كل منها 5 مل محلول حمض كلور الماء 1:1 ثم أكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر.

- كلوريد الباريوم النقي.

- حمض كلور الماء 1:1: أضف 500 مل حمض كلور الماء المركز إلى 500 مل ماء مقطر.

ملاحظة: القياسات (عدا القياسي الأم) صالحة لمدة ستة أسابيع.

5.2.7. طريقة العمل Procedure:

تحديد نسبة الاستخلاص: يحضر معلق التربة بنسبة 5:1 أو 10:1 أو أكثر (ملاحظة: يمكن أن تصل النسبة إلى 1:500) حيث يتم اختيار نسبة الاستخلاص بحسب المحتوى المتوقع للجبس في العينة على أن لا تزيد كمية الجبس في المعلق عن الحدود التالية:

الجدول (10)

المعلق	كمية الجبس مليماكاف/100 غرام تربة	محتوى الجبس %
5:1	15	1.29
10:1	30	2.58
20:1	60	5.16
30:1	90	7.74
50:1	150	12.9

- زن 10 غ تربة إلى مخروطية 250 مل.
- أضف ماء مقطر بحسب نسبة الاستخلاص المختارة و رج العينة مدة نصف ساعة ثم رشح.
- خذ 1 مل من راشح العينة/سلسلة القياسيات/الشاهد إلى بيشر سعة مناسبة (لا تقل عن 80 مل).
- أضف إليها 1 مل محلول حمض كلور الماء 1:1 ، حرك باليد حركة دائرية ثم أضف 20 مل ماء مقطر و 5 مل محلول منظم.
- ضع البيشر على المحرك المغناطيسي و أضف إليه جرعة من بللورات كلوريد الباريوم (بحدود 0.5 غ) و يستمر التحريك لمدة دقيقة بالضبط (استخدم المؤقت الزمني لكي تكون الشروط واحدة لكل العينات و القياسيات و الشاهد).
- نُقرأ العينات باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر على طول الموجة 420 نانومتر.

6.2.7. طريقة الحساب Calculation:

يتم إعداد المنحني البياني للقياسيات باستخدام الورق المليميترى أو برنامج Excel (قيم النفاذية المقروءة مع تركيز الكبريت). و في بعض أجهزة سبيكتروفوتومتر الحديثة يتم إعداد المنحني البياني مباشرة من قبل برنامج التحكم المرفق مع الجهاز و يقوم بحساب التركيز المقابل للقراءة مباشرة. و تتم عملية الحساب كما يلي:

$$\text{تركيز الكبريت غ في 100 غ تربة} = \frac{\text{تركيز الكبريت من المنحني (مغ/لتر)} \times \text{حجم المستخلص} \times 100}{1000 \times 1000 \times \text{وزن العينة}}$$

و بما أن معامل التحويل إلى جبس:

$$\text{معامل التحويل} = \frac{\text{الوزن الجزيئي للجبس } \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} (172)}{\text{الوزن الذري للكبريت} (32)} = 5.375$$

و منه:

$$\text{محتوى الجبس غ في 100 غ تربة} = \frac{\text{تركيز الكبريت من المنحني (مغ/لتر)} \times \text{حجم المستخلص} \times 100 \times 5.375}{1000 \times 1000 \times \text{وزن العينة}}$$

الجدول (11) تقييم نتائج الجبس في التربة*

المحتوى	تقدير الجبس %
فقيرة	أقل من 2
متوسطة	10-2
غنية	25-10
غنية جداً	أكثر من 25

7.2.7. المراجع References:

- *أساسيات علم التربة: د. محمد خلدون درمش، د. محي الدين القرواني، د. مصطفى البلخي. كلية الزراعة - جامعة حلب.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.

8. تقدير السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) :Determination of Cation Exchange Capacity

هي عبارة عن كمية المواقع على سطح التربة و التي تستطيع الاحتفاظ بالكاتيونات (أيونات الشحنات الموجبة) بقوى كهربائية مستقرة. ويعبر عن CEC بـ ميليمكافى شحنة موجبة في 100 غ تربة (meq(+)/100 g) أو سنتيمول/كغ (Cmol/kg) و تختلف هاتين الوحدتين عن بعضهما و لكنهما متساويتين عددياً. و هناك طرائق كثيرة لتقدير السعة التبادلية في التربة و من أهم هذه الطرائق:

1.8. تقدير السعة التبادلية الكاتيونية بطريقة باور :Determination of CEC by Bower method

1.1.8. الغاية و الهدف Scope: تستخدم هذه الطريقة بشكل خاص للترب الجيرية (الكلسية) (Skroch *et al.*, 2006 ; Warncke and Bron, 1998)، و لكنها يمكن أن تُعدل لجميع الترب و للترب الحاوية على الجبس و الزيوليت.

2.1.8. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على استبدال جميع الكاتيونات المدمصة على غرويات التربة بشاردة الصوديوم ثم إزاحة هذه الشاردة بكمية زائدة من شوارد الأمونيوم و قياس تركيز الصوديوم في المحلول الناتج عن الإزاحة.

3.1.8. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- أسيتات الأمونيوم 1 نظامي: أذب 77 غ أسيتات الأمونيوم في حوالي 800 مل موجودة في ورق سعة 1 لتر و يُضبط الـ pH على 7 (باستخدام حمض الخل و ماءات الأمونيوم) و أكمل الحجم بالماء المقطر إلى العلامة.
- أسيتات الصوديوم 1 نظامي: أذب 82 غ أسيتات الصوديوم اللامائية في حوالي 800 مل موجودة في ورق سعة 1 لتر و يُضبط الـ pH على 8.2 (باستخدام حمض الخل و ماءات الصوديوم) و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- كحول إيثيلي 98%.
- المحاليل القياسية للصوديوم: يحضر القياسي 1000 ميليمكافى/لتر بإذابة 2.5412 غ كلوريد الصوديوم نقي (يوزن بدقة بعد التجفيف على الدرجة 105 م لمدة ساعتين) في 1 لتر ماء مقطر.
- يحضر القياسي 100 ميليمكافى/لتر بتمديد 10 مل من القياسي 1000 ميليمكافى/لتر إلى 100 مل.

4.1.8. طريقة العمل Procedure:

- زن 4 غ تربة جافة هوائياً ناعمة أو متوسطة القوام، أو 6 غ تربة خشنة القوام.
- انقلها إلى أنبوبة طرد مركزي سعة 50 مل و أضف 33 مل من خلات الصوديوم 1 نظامي.
- أغلق الأنبوبة بسدادة ثم رج على رجاج ميكانيكي لمدة 5 دقائق.
- ضعها في جهاز الطرد المركزي، و شغل إلى أن يصبح السائل الرائق صافياً (نحتاج إلى حوالي 6 دقائق عند 3600 دورة/دقيقة).

- اسكب السائل ثم كرر العملية مع 33 مل من أسيتات الصوديوم 3 مرات ليصبح المجموع 4 مرات.
- اغسل العينة بنفس الطريقة بثلاثة مقادير حجم كل منها 33 مل بالكحول الإيثيلي 95%، بحيث تصبح الناقلية الكهربائية للسائل الرائق بعد الغسل الثالث أقل من 40 ميكروسيمنز.
- استبدل الصوديوم المدمص بثلاثة مقادير حجم كل منها 33 مل من أسيتات الأمونيوم.
- اسكب كل واحدة منها في ورق 100 مل، و أكمل الحجم بمحلول أسيتات الأمونيوم 1 نظامي، و امزج جيداً.
- قدر الصوديوم المزاح على جهاز فلام فوتومتر و عبر عن النتائج بالمكافئ/100 غ تربة جافة.

5.1.8. طريقة الحساب Calculation:

$$CEC \text{ ميلكافئ/100 غ تربة} = \frac{\text{ميلكافئ/لتر من المنحني} \times \text{حجم الراشح}}{1000 \times \text{وزن العينة}} \times 100$$

2.8. تقدير السعة التبادلية الكاتيونية بطريقة أسيتات الأمونيوم Determination of CEC by

:Ammonium Acetate method

- 1.2.8. الغاية و الهدف Scope: تستخدم هذه الطريقة لتقدير السعة التبادلية للترب العادية و الكلسية.
- 2.2.8. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على استبدال جميع الكاتيونات المدمصة على غرويات التربة بشاردة الصوديوم ثم إزاحة هذه الشاردة بكمية زائدة من شوارد الأمونيوم و قياس تركيز الصوديوم في المحلول الناتج عن الإزاحة.

3.2.8. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- قمع بوخزر قياس مناسب (15-20 سم).
- جهاز فلام فوتومتر.

4.2.8. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- أسيتات الأمونيوم 1 نظامي: أذب 77 غ أسيتات الأمونيوم في حوالي 800 مل موجودة في ورق سعة 1 لتر و حرك جيداً حتى تمام الذوبان. يُضبط الـ pH على 7 (باستخدام حمض الخل و ماءات الأمونيوم) و أكمل الحجم بالماء المقطر إلى العلامة.
- أسيتات الصوديوم 1 نظامي: أذب 82 غ أسيتات الصوديوم اللامائية في حوالي 800 مل موجودة في ورق سعة لتر و يُضبط الـ pH على 8.2 ثم أكمل الحجم بالماء المقطر إلى العلامة.
- كحول إيثيلي 98% .
- المحاليل القياسية للصوديوم: حضر القياسي 1000 ميلكافئ/لتر بإذابة 2.5412 غ كلوريد الصوديوم نقي (زن بدقة بعد التجفيف على درجة حرارة 105 م لمدة ساعتين) في لتر ماء مقطر.
- حضر القياسي 100 ميلكافئ/لتر بتمديد 10 مل من القياسي 1000 ميلكافئ/لتر إلى 100 مل.

5.2.8. طريقة العمل Procedure:

- زن 4 غ تربة جافة هوائياً و وضعها على ورقة ترشيح موضوعة في قمع بوخنر .
- ضع القمع على مخروطية 250 مل و بواسطة رشاش مملوء بأسيتات الصوديوم ترطب التربة بشكل متكرر بدفعات صغيرة لا تتجاوز 5 مل بحيث تُغسل جميع حبيبات التربة في كل مرة.
- عندما يبلغ حجم المحلول الراشح في المخروطية حوالي 100 مل يُستبعد الراشح.
- كرر العملية باستخدام الكحول الإيثيلي بنفس المخروطية حتى الحصول على راشح حوالي 100 مل و استبعد الراشح.
- انقل القمع إلى مخروطية جديدة و كرر العملية باستخدام محلول أسيتات الأمونيوم، يجب أن يكون حجم الراشح في نهاية العملية 100 مل.
- يُقاس حجم الراشح بواسطة سلندر 100 مل بحيث يُتمم الحجم بمحلول أسيتات الأمونيوم إلى 100 مل إذا كان ناقصاً أو يُقاس الحجم الزائد عن المائة ليدخل في الحساب.
- يُقاس تركيز الصوديوم في الراشح بواسطة جهاز فلام فوتومتر و يُستخرج التركيز المقابل للقراءة من الخط البياني المخصص حسب تركيز القياسي المستخدم.

6.2.8. طريقة الحساب :Calculation

$$CEC = \frac{\text{التركيز من المنحى} \times \text{حجم الراشح}}{1000 \times \text{وزن العينة}} \times 100$$

3.8. المراجع :References

- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange. In: Methods of soil analysis, (Ed. Black, C. A.), **America soil of Agronomy Monograph, 9(2):** 891- 901.
- Skroch, K., C. Hoffman, C. Morris, L. Ulvestad and R. Gelderman. 2006. Soil testing Soil testing procedures in use at south Dakota state soil testing and plant analysis laboratory. South Dakota Agric. Expt. Sta. Plant Sci., Pamphlet 25.
- Warncke, D. and J.R. Brown. 1998. Potassium and other basic cations. p. 31-33. In: Recommended chemical soil test procedures for the North Central region (Ed., Brown, J.L.). North Central Regional Publ. No. 221 (Rev.). Missouri Exp. Stn. Publ. SB 1001. Univ. of Missouri. Columbia.

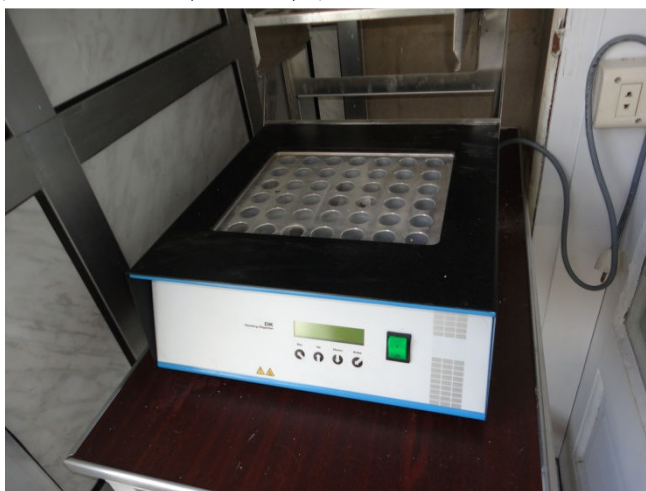
9. هضم العينات الترابية Digestion of soil samples:

1.9. هضم التربة بمزيج حمض الكبريت المركز مع السيلينيوم و حمض الساليسليك Digestion of soil sample with the use of Sulphuric acid-Selenium and Salicylic acid

1.1.9. الغاية و الهدف Scope: تستخدم هذه الطريقة لهضم العينات الترابية.

2.1.9. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على معاملة التربة بخليط من حمض الكبريت المركز و مزيج السيلينيوم و حمض الساليسليك، يتحد حمض الساليسليك مع النترات و بذلك يتم تقادي ضياع الآزوت النتراتي بعد التحلل الناتج عن إضافة كمية زائدة من الماء الأكسجيني. تتم عملية الهضم بواسطة حمض الكبريت عند درجة حرارة مناسبة بوجود مزيج السيلينيوم الذي يلعب دور مساعد للهضم بحيث تتحول أشكال الآزوت جميعها إلى أمونيوم (سلفات الأمونيوم).

3.1.9. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز هضم (شكل 14) و أنابيب هضم 100 مل.



الشكل (14) جهاز الهضم

4.1.9. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الكبريت المركز .
- مساعد هضم (Selenium reagent mixture: 1.6%Se, 1.6% CuSO₄, 96.8% Na₂SO₄).
- ماء أكسجيني 30%.

5.1.9. طريقة العمل Procedure:

- زن 2 غ تربة مطحونة (منخولة على 0.15 مم) على ميزان حساس و وضعها في أنبوب الهضم.
- أدخل عينة قياسية و شاهد لكل سلسلة من العينات الترابية.
- أضف 10 مل حمض الكبريت المركز على دفعتين لتجنب الفوران، ثم أضف 1 غ مساعد هضم.
- حرك الخليط حتى تتربط المادة و دع المزيج لليوم التالي.
- ضع أنابيب الهضم على جهاز الهضم.

- أضبط جهاز الهضم (بحسب طريقة تشغيله) على الحرارة 100 م° لمدة نصف ساعة ثم 380 م° لمدة ثلاث ساعات.
- أخرج الأنبوب من جهاز الهضم و دعه يبرد، يجب أن يكون لون العينة شفاف أو أصفر فاتح.
- للعينات غير المهضومة (لون قاتم): أضف بحذر 2 مل من الماء الأكسجيني 30% إلى المزيج، و اخلط بحذر ثم ضع الأنبوب على جهاز الهضم على درجة حرارة 380 م° حتى الحصول على لون شفاف أو أصفر فاتح.
- أضف الماء المقطر و حرك ببطئ و أكمل الحجم حتى 100 مل بالماء المقطر.

ملاحظات:

- في حال استخدام السيلينيوم النقي 99% (الأسود) يُذاب 3.5 غ منه في 1 لتر من حمض الكبريت المركز و يجب تسخينه على درجة حرارة 300 م° لمدة تكفي لتحول اللون من أسود إلى أزرق قاتم ثم الأصفر الفاتح.
- السيلينيوم النقي مادة سامة جداً بالاستنشاق و ضارة بيئياً لذا يفضل عدم استخدامها.
- في حال احتواء العينة الترايية على تركيز عالي من الآزوت النتراي يُضاف لكل 100 مل من حمض الكبريت المركز 3.5 غ حمض الساليسيليك مع مراعاة استخدامه مباشرة بعد التحضير لمدة لا تزيد عن 48 ساعة.

6.1.9. المرجع Reference:

Jackson, M.L. 1985. Soil chemical analysis - advanced course, 2nd edn., Madison, WI, USA.

2.9. هضم التربة بالماء الملكي Digestion of soil sample by Aqua Regia:

1.2.9. الغاية و الهدف Scope: تُستخدم هذه الطريقة لهضم العينات الترايية، و يمكن من خلالها تحديد المحتوى الكلي في التربة للعناصر التالية:

P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Al, Fe, Cr, Ni, S, Hg, Na

2.2.9. المبدأ العام Principle: تُهضم عينة التربة باستخدام مزيج من حمض كلور الماء و حمض الآزوت (الماء الملكي)، تترك 16 ساعة عند درجة حرارة الغرفة ثم يُغلى المزيج بوجود مكثف لـ 2 ساعة.

3.2.9. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز هضم و أنابيب هضم 100 مل.

4.2.9. المحاليل و المواد اللازمة Reagents: حمض الآزوت المركز و حمض كلور الماء المركز.

5.2.9. طريقة العمل Procedure:

- زن 1 غ من التربة الجافة هوائياً و المطحونة و المنخولة بمنخل 2 مم و المعروفة الرطوبة.
- ضع التربة في أنبوب هضم و رطب العينة بـ 0.5 - 1 مل ماء مقطر حراري.
- أضف مع المزج 6 مل من حمض كلور الماء المركز مع 2 مل من حمض الآزوت قطرة قطرة إذا كان ذلك ضروري لخفض الفوران ثم ضع المكثف على أنابيب الهضم (أجاصات).
- اترك المزيج لمدة 16 ساعة (هضم بارد) عند درجة حرارة الغرفة و ذلك للسماح بأكسدة المادة العضوية ببطئ.

- سخن العينة المهضومة و ذلك برفع درجة حرارة المزيج ببطئ حتى تبلغ الأبخرة المكثف الراجع (حتى تصل درجة الحرارة 115 م° لمدة ساعتين) ثم برد.
- اغسل المكثف و رشح المعلق في ورق معياري سعة 50 مل، و أكمل الحجم إلى 50 مل.

6.2.9. المرجع Reference:

ISO, 11466. 1995. Soil quality – Extraction of trace elements soluble in *aqua regia*, part 6. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. Available at: (www.iso.ch).

3.9. هضم التربة بالطريقة الرطبة المغلقة Digestion of soil sample by acid digestion bomb :method

1.3.9. الغاية و الهدف Scope: تُستخدم هذه الطريقة لهضم العينات الترابية، و يمكن من خلالها تحديد المحتوى الكلي في التربة للعناصر التالية على جهاز الامتصاص الذري:

Ca, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Al, Fe, Cr, Ni, Hg

2.3.9. المبدأ العام Principle: تُهضم عينة التربة باستخدام الأحماض المناسبة ضمن وعاء مغلق مصنوع من التفلون و لا يتأثر بالأحماض و الأسس و يتحمل الحرارة و موضوع ضمن وعاء معدني يتحمل الضغط العالي.

3.3.9. المحاليل و المواد اللازمة Reagents: حمض الآزوت المركز، حمض كلور الماء المركز، حمض HF و حمض H_3BO_3 .

4.3.9. طريقة العمل Procedure:

- زن كمية محددة من التربة الجافة هوائياً و المطحونة و المنخولة بمنخل 2 مم على ميزان حساس، ثم ضعها في مجفف عند الدرجة 105 م° لمدة 4 ساعة، و يتم حساب الرطوبة في العينة.
- زن على ميزان حساس 0.1 - 0.5 غ من التربة و ضعها في وعاء ضغط، و رطب العينة بقليل من ماء مقطر حراري 0.5 مل.
- أضف 2 - 3 مل ماء ملكي و 1 مل من HF.
- أغلق الوعاء بشكل جيد و ضعه في فرن تجفيف عند الدرجة 150 م° لمدة ساعتين.
- أخرج وعاء الضغط و يُترك حتى يبرد ثم يُفتح.
- أضف 10 مل من H_3BO_3 4 %.
- أغلق الوعاء و ضعه في فرن التجفيف عند الدرجة 150 م° لمدة 30 دقيقة.
- برد الوعاء ثم افتحه و انقل المحتويات إلى ورق معياري و أكمل الحجم.

6.3.9. المرجع Reference:

Tan, K.H. 1996. Soil Sampling, Preparation, and Analysis. Marcel Dekker Inc., New York, N.Y. USA.

10. تقدير الآزوت في التربة Determination of Nitrogen:

1.10. تقدير الآزوت الكلي Determination of Total Nitrogen:

1.1.10. تقدير الآزوت الكلي بطريقة كلداهل Determination of Total Nitrogen by Kjeldahl

:method

1.1.1.10. الغاية و الهدف Scope: تُقَدَّر هذه الطريقة كافة أشكال الآزوت (الأزوت العضوي، الآزوت الأمونيائي، الآزوت النتراتي) في التربة، و تعتبر هذه الطريقة مناسبة لأغلبية الترب.

2.1.1.10. المبدأ العام Principle: تشمل هذه الطريقة عمليتي الهضم و التقطير إذ يتم هضم التربة بحمض الكبريت المركز بوجود خليط محفز لتحويل الآزوت العضوي إلى أمونيوم، يُضاف بعد ذلك كمية فائضة من هيدروكسيد الصوديوم فتتحول بنتيجة ذلك شوارد الأمونيوم إلى أمونيا متطايرة يتم تقطيرها و التقاطها بواسطة حمض البوريك المشبع H_3BO_3 حيث تتشكل بنتيجة التفاعل شاردة البورات $H_2BO_3^-$ ذات الخواص القلوية و التي يمكن معايرتها بحمض الكبريت المخفف إلى pH 5 أو باستخدام كاشف مختلط حتى تغير اللون في حال عدم وجود وحدة معايرة أوتوماتيكية (Bremner and Mulvaney 1982).

3.1.1.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز التقطير كلداهل (شكل 15).
- جهاز معايرة أوتوماتيكي موصول إلى جهاز pH.



الشكل (15) جهاز كلداهل

4.1.1.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول ماءات الصوديوم NaOH 10 نظامي: أذب 400 غ من ماءات الصوديوم في الماء المقطر و انقله إلى دورق معياري سعة لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محلول حمض البوريك H_3BO_3 2%: أذب 20 غ من حمض البوريك في لتر ماء مقطر.

ملاحظة: في حال عدم توفر وحدة معايرة أوتوماتيكية يضاف إلى محلول حمض البوريك المحضر سابقاً 5 مل من محلول الكاشف المختلط (0.5 غ بروموكريزول الأخضر و 0.1 غ من أحمر الميتيل في 100 مل كحول إيثيلي 95%)، ثم أضف إليه محلول ماءات الصوديوم 0.1 عياري نقطة نقطة حتى ظهور اللون الأحمر الأرجواني.

- محلول Tris هيدروكسي ميثيل أمينوميتان ($C_4H_{11}NO_3$) 0.01 نظامي: جفف مادة Tris بالفرن على درجة حرارة 80 م لمدة ثلاث ساعات، و احفظها في زجاجة محكمة الإغلاق ثم أذب 1.2114 غ من مادة Tris في الماء المقطر في دورق معياري سعة لتر و أكمل بالماء المقطر.
- محلول حمض الكبريت H_2SO_4 0.01 نظامي:

- ضع حوالي 600-800 مل من الماء المقطر في دورق معياري 1 لتر، أضف 28 مل من حمض الكبريت المركز و امزج جيداً، دعه يبرد و أكمل الحجم إلى 1 لتر بالماء المقطر تحصل على محلول H_2SO_4 1 نظامي. خفف 100 مرة (ضع 10 مل في دورق 1 لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر) للحصول على محلول H_2SO_4 0.01 نظامي.
- قدر بالضبط نظامية H_2SO_4 0.01 نظامي: و ذلك باستخدام جهاز المعايرة الآلي، بأخذ ثلاثة محاليل منفصلة بحجم 10 مل من محلول Tris 0.01 نظامي و معايرته على درجة pH 5 يجب أن تتفق المعايرتات ضمن 0.03 مل.

▪ تحسب النظامية H_2SO_4 كما يلي: **عيارية الحمض** = $\frac{\text{عيارية Tris}}{\text{حجم الحمض المستخدم للمعايرة}} \times 10$

5.1.1.10. طريقة العمل Procedure:

تختلف طريقة العمل باختلاف أنواع و موديلات أجهزة كداهل و درجة تطورها، يمكن أن نلخص الخطوات العامة كما يلي:

- أهضم العينة بطريقة حمض الكبريت المركز و السيلينيوم المذكورة سابقاً.
- ارفع الأنبيب عن جهاز الهضم و اغسل الإجاصات ضمن الأنبوب جيداً بالماء المقطر.
- رشّح المحلول كاملاً في دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- يصبح المحلول جاهزاً للقراءة و لتقدير الأزوت الكلي.
- التقطير Distillation:** قبل البدء بعملية التقطير اضبط جهاز الـ pH و قدر بالضبط نظامية H_2SO_4 0.01 نظامي، و تتم عملية التقطير كما يلي:
- ضع 1 مل من محلول حمض البوريك المشبع و 1 مل من الماء المقطر في طبق التبخير 100 مل وضع الطبق تحت رأس أنبوب المكثف بشكل يلامس فيه سطح المحلول (يمكن ببشر كطبق تبخير).
- اسحب بواسطة الماصة 10 مل من العينة المهضومة و ضعها في دورق التقطير سعة 100 مل و أضف إليها 10 مل من محلول NaOH 10 نظامي.

- صل دورق التقطير مع المحلول إلى وحدة التقطير و ابدأ عملية التقطير.
- بعد 4 دقائق عندما يتجمع حوالي 35 مل من المادة المقطرة أوقف عملية التقطير.
- اغسل رأس المكثف بقليل من الماء المقطر إلى طبقة التبخير.
- عاير المادة المقطرة إلى درجة pH 5 بمحلول 0.01 H₂SO₄ نظامي مستخدماً جهاز المعايرة الآلي.
- بعد الانتهاء من المعايرة اغسل قضيب التحريك المغناطيسي و رأس السحاحة و القطب المشترك.
- يجب تبخير وحدة التقطير بين العينات لمدة 90 ثانية إلى كأس فارغ.
- يجب أن تحتوي كل عملية تقطير على محلولين قياسييين و شاهدين كحد أدنى في حال عدم وجود وحدة معايرة أوتوماتيكية.
- ضع في طبق التبخير 5 مل من H₃BO₃ مع الكاشف المختلط المحضر سابقاً.
- قم بعملية التقطير كما سبق حتى تجميع 35-40 مل من المحلول المقطر.
- اغسل رأس المكثف بالماء المقطر إلى طبق التبخير.
- عاير بواسطة حمض 0.01 H₂SO₄ نظامي حتى تحول اللون من الأخضر إلى الوردي الفاتح.

6.1.1.10. طريقة الحساب :Calculation

$$\text{الآزوت الكلي \%} = \frac{(\text{حجم الحمض المستخدم لمعايرة العينة} - \text{حجم الحمض المستخدم للشاهد}) \times \text{تركيز الحمض} \times \text{حجم محلول الهضم}}{\text{حجم السحب} \times \text{وزن العينة} \times 1000} \times 14 \times 100$$

14: الوزن المكافئ للآزوت

7.1.1.10. المراجع :References

- Bremner, J.M. 1996. Nitrogen—total. In: Methods of Soils Analysis: Chemical Methods (Ed. Sparks, D. L.), American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI. pp.1085-1121.
- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen—total. In: Methods of soil analysis (Eds. A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney). Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, WI. pp.595-624.
- Kjeldahl, J. 1883. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoff s in organischen Körpern. **Z. Anal. Chem.** **22**:366-382.

2.1.10. تقدير الآزوت الكلي برثلوت بجهاز التحليل آلي Determination of Berthelot Total Nitrogen by Autoanalyzer

1.2.1.10. الغاية و الهدف Scope: تُقدر هذه الطريقة كافة أشكال الآزوت (العضوي و الأمونياكي و النتراتي و الأشكال الأخرى) في العينات الترابية.

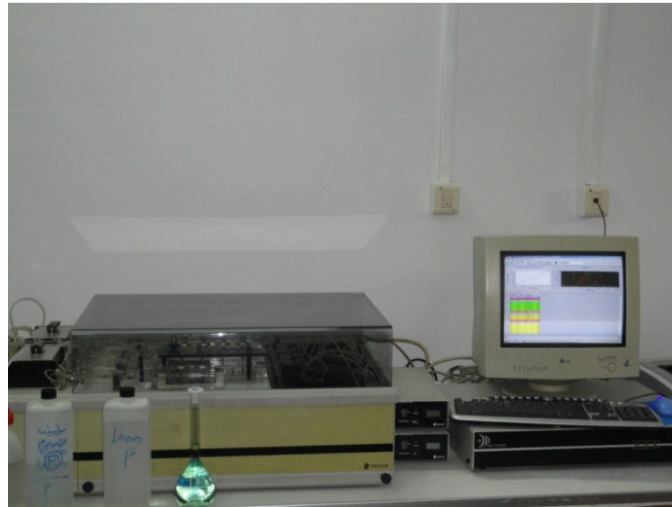
2.2.1.10. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على هضم العينات الترابية هضماً رطباً بحمض الكبريت بوجود مساعدات هضم و مرجعات مما يحول أشكال الآزوت المختلفة إلى سلفات الأمونيوم و الذي يتفاعل بدوره (تفاعل بيرثلوت Berthlot) مع جذر الساليسيلات بوجود مركب كلورة مناسب و بوسط قلوي ليعطي مركب أندوفينول ذو اللون الأخضر المزرق المتناسب من حيث شدته مع تركيز الأمونيوم في الوسط و الذي يُقرأ على طول موجة 660 نانومتر.

Interferences التداخلات

- يؤدي الوسط القلوي إلى ترسيب الهيدروكسيدات المختلفة و بالتالي إلى عكارة المحلول و تغير القراءات لذا يُضاف EDTA قبل رفع الـ pH.

- يضاف نيتروبروسيد الصوديوم كمساعد لإتمام تفاعل بيرثلوت.

3.2.1.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز التحليل الآلي (سبكتروفوتومتر آلي شكل 16).



الشكل (16) جهاز المحلل الآلي

4.2.1.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول منظم: أذب 33 غ من طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم في حوالي 800 مل ماء مقطر ثم أضف 24 غ من سترات الصوديوم، أذب ثم أكمل الحجم إلى 1 لتر و أضف 3 مل محلول بريج 30 و اخلط، عاير الـ pH و عدله باستخدام HCl إلى 5.2 ± 0.1 .

- محلول ساليسيلات الصوديوم: أذب 25 غ هيدروكسيد الصوديوم في حوالي 700 مل ماء مقطر. أضف 80 غ ساليسيلات الصوديوم، ثم أكمل الحجم إلى لتر و اخلط جيداً.

- نيتروبروسيد الصوديوم: أذب 1 غ نيتروبروسيد الصوديوم في 800 مل ماء مقطر ثم أكمل إلى الحجم لتر و اخلط، خزن المحلول في زجاجة غامقة اللون. المحلول ثابت لمدة أسبوع.
- داي كلورو إيزوسيانورات: أذب 2 غ داي كلورو إيزوسيانورات الصوديوم في 800 مل ماء مقطر و أكمل الحجم إلى لتر. المحلول ثابت لمدة أسبوع.
- المحلول القياسي الأم للأزوت تركيز 1000 مغ/لتر: أذب 0.4717 غ سلفات أمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (أو 0.3819 غ كلوريد الأمونيوم) في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1 مل من القياسي الأم و أكمل إلى العلامة بمحلول الاستخلاص، هذه السلسلة من القياسات تحتوي على: 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر آزوت.

5.2.1.10. طريقة العمل Procedure:

يتم قراءة نواتج الهضم (الواردة في الفقرة 9)/الشاهد (الهضم)/ سلسلة القياسات على جهاز التحليل الآلي.

6.2.1.10. طريقة الحساب Calculation :

$$\text{الأزوت الكلي \%} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000} \times 100$$

ملاحظات عامة حول جهاز التحليل الآلي:

- عند استخدام مطياف ضوئي 6260/6250 يستخدم مرشح 520 نانومتر.
- في أغلب التحاليل فإن الذروة الأولى بعد الخط القاعدي هي أقل مما يجب أن تكون عليه. لذا يجب أن ترفض و لا تدخل في الحسابات.
- إذا استخدم ملف تفاعلي مع تسخين بالماء فإن الحمام المائي يجب أن يبرد إذا كانت الحرارة أعلى من 25 م°.
- في حال أن أخذ العينات يسحب حجم أقل من 1 مل/دقيقة فهناك حاجة إلى داعم لزيادة الحجم إلى 1 مل/دقيقة. و يجب استخدام أنبوب منع الفقاعات 0.23 مل/دقيقة إذا كان التدفق أعلى من 1 مل/دقيقة.
- يجب غسل زجاجات الكواشف بالماء المقطر قبل تعبئتها بكواشف جديدة لمنع ترسب الكائنات الحية والتداخلات.
- لا تستخدم صمامات الغسيل رقم SA1500/1520 للمحاليل العضوية أو المحاليل الحامضية أعلى من 4 عياري.

صيانة جهاز التحليل الآلي:

- لمنع تلوث النظام اغسل بمحلول 1: 10 محلول هيبوكلوريت لمدة 30 دقيقة مرة أسبوعياً.
 - يتم إزالة الغازات في حال ظهورها باستخدام غاز الهليوم بتدفق 20 لتر/ساعة لمدة 15 دقيقة. أضف المنظم بعد إزالة الغازات.
 - تجنب أية عكارة في الكواشف و رشح إذا دعت الضرورة.
 - بعد ستة أشهر تخفض كمية بريج إلى 1 مل/لتر.
- تعليمات لتغيير غشاء الديالايزر:
- فك البراغي لقطعة الديالايزر و أزل الغشاء القديم.

- نظف وحدة الديالايزر من جانبيه باستخدام فرشاة.
- افتح مغلف الأغشية بعناية و أخرج غشاء جديد.
- ضع الغشاء على صفيحة الديالايزر و في المركز.
- اعمل قص متصالب باستخدام شفرة في الغشاء في كل من الثقبين المركزيين للصفحة السفلية للديالايزر.
- اعمل عدة ثقوب في الغشاء لتركيب البراغي.
- ضع الصفيحة العلوية للديالايزر بعناية على الصفيحة السفلية.
- ادفع البراغي بعناية خلال الغشاء و شد البراغي باستعمال الأصابع.
- شد البراغي باستخدام المفتاح (بدءاً من الداخل) شد البراغي تدريجياً باستخدام الأصابع.
- اغسل النظام عدة مرات بالماء المقطر لإزالة أي سائل عالق بالغشاء.

ملاحظة هامة:

- عندما يكون الجهاز في حالة عدم تشغيل فإن الغشاء يجب أن يبقى على اتصال بسائل الغسيل ويجب أن لا يترك جافاً.
- إذا تمزق الغشاء عدة مرات خلال عملية الغسيل استخدم نقطة من سائل التنظيف/لتر في محلول الغسيل.

ثوابت الجهاز للآزوت:

- حساسية القياسي الأعلى (10 جزء بالمليون) هي $400 \text{ A.U} \pm$.
 - زمن العينة 60 ثانية، زمن الغسيل 60 ثانية، زمن الهواء 1 ثانية.
 - وضع المسجل 200 ميلي فولت.
 - الاتصال بين أخذ العينات و أنبوب المضخة يتم باستخدام الأنبوب 5141.
 - زمن الاستقرار للجهاز 20 دقيقة.
- لاحظ: إذا تم استخدام قطع مضخة بأرقام 2005، 2002 يتم استبدال أنابيب المضخة 3020 و حتى 3039 بأرقام كاتالوك 5020 وحتى 5039 .

7.2.1.10 المرجع Reference:

Searle, P.L. 1984. The Berthelot or indophenols reaction and its use in the analytical chemistry of nitrogen. **Analyst** **109**: 549–568.

3.1.10 تقدير الآزوت الكلي برثلوت بجهاز سبكتروفوتومتر Determination of Berthelot Total Nitrogen by Spectrophotometer

1.3.1.10 الغاية و الهدف Scope: تقدر هذه الطريقة كافة أشكال الآزوت (العضوي و الأمونيائي و النتراتي و الأشكال الأخرى) في العينات الترابية.

2.3.1.10 المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على هضم العينات الترابية هضماً رطباً بحمض الكبريت بوجود مساعدات هضم و مرجعات مما يحول أشكال الآزوت المختلفة إلى سلفات الأمونيوم و الذي يتفاعل بدوره (تفاعل بيرثلوت Berthlot) مع جذر الساليسيلات بوجود مركب كلورة مناسب و بوسط

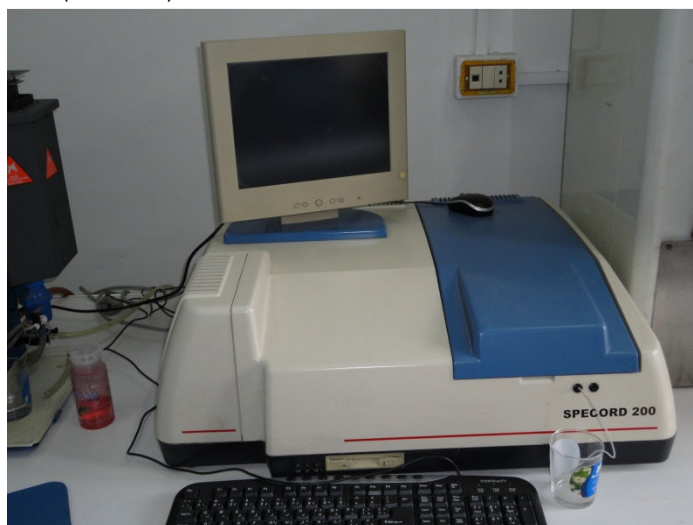
قلوي ليعطي مركب أندوفينول ذو اللون الأخضر المزرق المتناسب من حيث شدته مع تركيز الأمونيوم في الوسط و الذي يُقرأ على طول موجة 660 نانومتر.

التداخلات Interferences:

- يؤدي ترسيب الهيدروكسيدات المختلفة إلى عكارة المحلول و تغير القراءات لذا يُضاف EDTA قبل رفع الـ pH.

- يُضاف نيتروبروسيد الصوديوم كمساعد لإتمام تفاعل بيرثلوت.

3.3.1.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سيكتروفوتومتر (شكل 17).



الشكل (17) جهاز سيكتروفوتومتر

4.3.1.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول هيدروكسيد الصوديوم 10 مول/لتر: أذب 200 غرام من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في حوالي 400 مل ماء بارد و أكمل إلى 500 مل.

- محلول الساليسيلات: أذب 110 غرام من حمض الساليسليك $C_7H_6O_3$ في 105 مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم و أكمل إلى 250 مل. حضره قبل الاستعمال مباشرة.

- محلول منظم pH 12.3: أذب 26.7 غ من مادة فوسفات ثنائية الصوديوم ثنائية الماء $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ في قليل من الماء في دورق معياري 2 لتر. أضف 10 مل من هيدروكسيد الصوديوم و أكمل الحجم بالماء المقطر. قدر pH و عدله إذا كان ذلك ضرورياً.

- محلول EDTA: أذب 4 غرام فيرسينات الصوديوم $Na_2EDTA \cdot 2H_2O$ في 100 مل من الماء.

- محلول هيبوكلوريت الصوديوم (ماء جافيل): محلول أصلي يحتوي على 1 مول/لتر من هيبوكلوريت في 0.1 مول/لتر NaOH و يتم شراؤه جاهزاً. خفف 20 مل من المحلول الأم بالماء إلى 100 مل.

- نيتروبروسيد الصوديوم: أذب 50 مغ من نيتروبروسيد الصوديوم $C_5FeN_6Na_2O$ في 100 مل من الماء. حضر قبل الاستعمال مباشرة.
- كاشف مختلط 1: اخلط 50 مل من محلول سالي سيالات الصوديوم مع 100 مل من محلول نيتروبروسيد الصوديوم مع 5 مل من محلول EDTA.
- كاشف مختلط 2: اخلط 200 مل من المحلول المنظم مع 50 مل من محلول هيبوكلوريت.
- المحلول القياسي الأم للآزوت تركيز 1000 مغ/لتر: أذب 0.4717 غ سلفات أمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ في الماء في ورق معياري 100 مل و أكمل الحجم بالماء الحراري.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى ورق معياري 100 مل 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1 مل من القياسي الأم، أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري. هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر آزوت.

5.3.1.10. طريقة العمل Procedure:

- خذ بالماصة 0.6 مل من راشح العينة المهضومة و كذلك من الشاهد و من القياسات المحضرة سابقاً إلى الأنبيب.
- أضف 9 مل من الكاشف المختلط 1 و اخلط جيداً.
- أضف 15 مل من الكاشف المختلط 2 و اخلط جيداً.
- دع المحلول لمدة ساعتين ثم اقرأ الامتصاص على طول موجة 660 نانومتر.
- وقع سلسلة القياسات على الورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحنى البياني.

6.3.1.10. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الآزوت الكلي \%} = \frac{\text{التركيز من المنحنى} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{1000 \times 1000 \times \text{وزن العينة}} \times 100$$

7.3.1.10. المرجع Reference:

Searle, P.L. 1984. The Berthelot or indophenols reaction and its use in the analytical chemistry of nitrogen. **Analyst** 109: 549–568.

4.1.10. تقدير الآزوت الكلي في التربة بالطريقة اللونية باستخدام كاشف نيسلر Determination of Total Nitrogen by Nessler's method

:Total Nitrogen by Nessler's method

- 1.4.1.10. الهدف و الغاية Scope: تُقدر هذه الطريقة كافة أشكال الآزوت (العضوي و الأمونياكي و النتراتي و الأشكال الأخرى) في العينات الترابية بعد تحويلها إلى آزوت أمونياكي خلال عملية الهضم.
- 2.4.1.10. المبدأ العام Principle: بعد هضم التربة تتحول جميع أشكال الآزوت إلى NH_4^+ حيث تتفاعل هذه الشاردة مع محلول نيسلر $KOH+K_2(HgI_4)$ معطياً لوناً أصفر، و الذي يُقرأ على طول موجة 425 نانومتر. يجب أن لا يزيد تركيز الآزوت في المحلول عن 1.5 مغ/لتر و في حال الزيادة يجب تمديده.

التداخلات: يؤدي الوسط القلوي إلى تشكل عكارة نتيجة ترسب شوارد Mg^{+2} , Ca^{+2} لذلك نضيف طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم، حيث يعطي معقد منحل.

3.4.1.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر.

4.4.1.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- ماء مقطر بدون أمونيوم يضاف له محلول نيسلر للكشف عن وجود أمونيوم (في حال وجودها يتلون الماء باللون الأصفر).

- محلول طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم 50%: أذب 25 غ في دورق 100 مل بالماء المقطر و احفظ هذا المحلول في زجاجة عاتمة.

- محلول نيسلر: أذب 25 غ من KI في 30 مل من الماء المقطر في بيشر سعة 1 لتر، أضف 35 غ من HgI_2 ، ثم أضف 870 مل من محلول KOH 15% (150 غ من KOH و أذبها في 900 مل ماء مقطر و أكمل الحجم بالماء المقطر)، حرك المحلول و اتركه حتى يصبح لونه نقياً. احفظ المحلول في زجاجة عاتمة محكمة الإغلاق و ضعه في مكان بارد (لون المحلول أصفر فاتح). يتوفر هذا المحلول جاهزاً في الأسواق.

- القياسي الأم آزوت تركيز 1000 مغ/لتر: أذب 0.4717 غ سلفات أمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ في الماء في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم. يحضر منه قياسي 100 مغ/لتر (بتمديد 10 مل من القياسي الأم إلى 100 مل بالماء المقطر).

- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 2، 4، 6، 8، 10 مل من القياسي 100 مغ/لتر و أكمل للعلامة، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر آزوت.

5.4.1.10. طريقة العمل Procedure: تتم عملية الهضم كما ذكر في فقرة الهضم.

- خذ 10 مل من نواتج الهضم و القياسيات و الشاهد (الهضم) إلى مخروطية 100 مل.

- أضف 30 مل ماء مقطر و 4 مل من محلول طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم و حرك باليد بشكل جيد. ثم أضف 2 مل من محلول نيسلر.

- بعد 2-3 دقائق (يكون اللون أصفر نقي حتماً). اقرأ على جهاز سبكتروفوتومتر على طول موجه 425 نانومتر.

6.4.1.10. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الآزوت الكلي \%} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{1000 \times 1000 \times \text{وزن العينة}} \times 100$$

ملاحظة: لتحويل من N إلى NH_4 نضرب بـ 1.288

7.4.1.10. المرجع Reference:

Peech, M., L.T. Alexander, L.A. Dean and J.F. Reed. 1947. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U.S. Dept. Agr. C. 757. p.25.

2.10. تقدير الآزوت المعدني Determination of Mineral Nitrogen:

1.2.10. تقدير الآزوت المعدني بطريقة كداهل Determination of Mineral Nitrogen by Kjeldahl method

1.1.2.10. الغاية و الهدف Scope: تُستخدم هذه الطريقة لتحليل NH_4^+ و NO_3^- في عينة طازجة من التربة (أي محتفظة برطوبتها الحقلية) و ذلك بالسرعة الممكنة بعد وصولها للمختبر و للتعبير عن النتائج على أساس الوزن الجاف تؤخذ عينة منفصلة لتقدير الرطوبة.

2.1.2.10. المبدأ العام Principle: يتم استخلاص الآزوت الأمونياكي المدمص باستعمال محلول غني بشاردة البوتاسيوم بينما يكفي الماء المقطر لاستخلاص النترات و النتريت (تُهمل شاردة النتريت لندرتهما في التربة)، يُقدر الأمونيوم NH_4^+ بتقطير بخار الأمونيا NH_3 باستعمال MgO كمادة قلوية و يتم التقاطه باستعمال حمض البوريك، و لتقدير الآزوت المعدني ككل تضاف خلطة ديفاردا لتحويل كافة أشكاله إلى أمونيوم و يُقدر الآزوت النتراتي بالفرق.

3.1.2.10. الأجهزة Apparatus:

- وحدة تقطير.
- وحدة معايرة أوتوماتيكية (آلية).

4.1.2.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول كلوريد البوتاسيوم 1 نظامي: أذب 74.5 غ من كلوريد البوتاسيوم في ورق معياري سعة 1 لتر و أكمل الحجم.
- أكسيد المغنزيوم MgO : سخن أكسيد المغنزيوم عند درجة حرارة 600-700 م° لمدة ساعتين، برد في مجفف و احفظه في زجاجة محكمة الإغلاق. يمكن استخدام NaOH 10 نظامي بدلاً من أكسيد المغنزيوم.
- محلول حمض البوريك H_3BO_3 2%: أذب 20 غ من حمض البوريك في 1 لتر ماء مقطر. ملاحظة: في حال عدم توفر وحدة معايرة أوتوماتيكية يضاف إلى محلول حمض البوريك المحضر سابقاً 5 مل من محلول الكاشف المختلط (0.5 غ بروموكريزول الأخضر و 0.1 غ من أحمر الميتيل في 100 مل كحول إيثيلي 95%)، ثم أضف إليه محلول ماءات الصوديوم 0.1 عياري نقطة نقطة حتى ظهور اللون الأحمر الأرجواني.
- خلطة ديفاردا: (Cu 50: Al 45: Zn 5) و توجد جاهزة في الأسواق.
- محلول Tris ($\text{C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_3$) 0.01 نظامي: أذب 1.2114 غ من مادة Tris المجففة على درجة 80 م° لمدة ثلاث ساعات في الماء المقطر الحراري، أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر الحراري.
- محلول حمض الكبريت H_2SO_4 0.01 نظامي: ضع حوالي 600-800 مل من الماء المقطر في ورق معياري 1 لتر، أضف 28 مل من حمض الكبريت المركز و امزج جيداً، دعه يبرد و أكمل

الحجم إلى لتر بالماء المقطر، خفف 100 مرة (ضع 10 مل في دورق 1 لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر). للحصول على محلول H_2SO_4 0.01 نظامي.

- قدر بالضبط نظامية H_2SO_4 0.01 نظامي و ذلك باستخدام جهاز المعايرة الآلي، بأخذ ثلاثة محاليل بحجم 10 مل من محلول Tris 0.01 نظامي و معايرته على درجة pH 5، يجب أن تتفق المعايرات ضمن 0.03 مل.
- تحسب النظامية H_2SO_4 كما يلي:

$$\text{عيارية الحمض} = \frac{\text{عيارية Tris}}{10 \times \text{حجم الحمض المستخدم للمعايرة}}$$

- محلول الأم القياسي:

- جفف مادة كبريتات الأمونيوم النقية $(NH_4) SO_4$ و نترات البوتاسيوم KNO_3 بالفرن على درجة حرارة 100 م لساعتين، برد بالمجفف و احفظ في زجاجات عاتمة محكمة الإغلاق.
- أدب 5.6605 غ من كبريتات الأمونيوم و 8.6624 غ من نترات البوتاسيوم في الماء المقطر و انقل المُذاب إلى دورق معياري سعة 1 لتر، امزج جيداً و أكمل الحجم بالماء المقطر. هذا المحلول يحتوي على 1.2 غ NH_4-N ، و 1.2 غ NO_3-N في 1 لتر (المحلول الأم).
- القياسات من المحلول الأم: خفف 50 مل من المحلول الأم إلى حجم لتر بالماء المقطر بإضافة كلوريد البوتاسيوم 1 نظامي، يحتوي كل 20 مل من المحلول المخفف على 1.2 مغ من NH_4-N و 1.2 مغ من NO_3-N .

5.1.2.10. طريقة العمل Procedure:

تختلف طريقة العمل باختلاف أنواع و موديلات أجهزة كداهل و درجة تطورها. يمكن أن نلخص الخطوات العامة كما يلي:

- زن 10 غ من العينة بالرطوبة الحقلية إلى مخروطية سعة 250 مل.
- أضف 50 مل من كلوريد البوتاسيوم 1 نظامي.
- رج لمدة ساعة ثم رشح.
- اسحب 20 مل من الراشح إلى أنبوب التقطير الخاص بالجهاز.
- لتقدير الأمونيوم فقط أضف 0.2 غ من أكسيد المغنيزيوم إلى أنبوب التقطير.
- ثبت أنبوب الهضم في المكان المخصص لوحدة التقطير.
- ضع 50 مل من حمض البوريك في وعاء الاستقبال (بعض أجهزة كداهل المتطورة تقوم بهذه الخطوة آلياً).
- شغل وحدة التبريد و وحدة البخار و قطر لمدة أربع دقائق.

- عاير حمض البوريك مع المادة المقطرة باستخدام وحدة المعايرة الآلية حتى pH 5 أو معايرة يدوية بوجود الكاشف المختلط حتى تحول اللون من اللون الأزرق المخضر إلى الوردي الفاتح.
 - سجل حجم الحمض المضاف كحجم لتقدير الأمونيوم.
 - لتقدير النترات أضف لنفس أنبوب التقطير (بوجود الراشح المسحوب سابقاً) 0.2 غ من خلطة الديفاردا.
 - ثبت أنبوب الهضم في المكان المخصص لوحدة التقطير.
 - ضع 50 مل من حمض البوريك في وعاء الاستقبال (بعض أجهزة كداهل المتطورة تقوم بهذه الخطوة آلياً).
 - شغل وحدة التبريد و وحدة البخار و قطر لمدة أربع دقائق.
 - عاير حمض البوريك مع المادة المقطرة باستخدام وحدة المعايرة الآلية حتى pH 5 أو معايرة يدوية بوجود الكاشف المختلط حتى تحول اللون من اللون الأزرق المخضر إلى الوردي الفاتح.
 - سجل حجم الحمض المضاف كحجم لتقدير النترات.
- ملاحظة: تأخذ عينة لقياس الرطوبة و ذلك لحساب النتائج على أساس الوزن الجاف.

6.1.2.10. طريقة الحساب :Calculation

$$\text{الآزوت الأمونيائي مغ/غ} = \frac{\text{حجم الحمض لمعايرة الأمونيوم} \times \text{عياريته} \times \text{حجم المستخلص} \times \text{الوزن المكافئ للآزوت}}{\text{وزن العينة} \times \text{الحجم المسحوب}} \times \text{معامل الرطوبة}$$

$$\text{الآزوت النتراي مغ/غ} = \frac{\text{حجم الحمض للنترات} \times \text{عياريته} \times \text{حجم المستخلص} \times \text{الوزن المكافئ للآزوت}}{\text{وزن العينة} \times \text{الحجم المسحوب}} \times \text{معامل الرطوبة}$$

14: الوزن المكافئ للآزوت

$$\text{الآزوت المعدني مغ/غ} = \text{الآزوت الأمونيائي مغ/غ} + \text{الآزوت النتراي مغ/غ}$$

ملاحظة: تُستخلص النترات باستخدام الماء المقطر في التربة الكلسية لأن الكربونات تتحلل في محلول KCl و قد يجمع بعض من CO₂ في محلول H₃BO₃ خلال تقطير ما يسبب تداخلاً سلبياً في تقدير NO₃-N في مستخلص KCl. يحسب معامل الرطوبة من نسبة الرطوبة في التربة كما يلي: معامل الرطوبة = $\frac{100}{100 - \text{نسبة الرطوبة}}$

7.1.2.10. المراجع :References

- Keeney, D.R. and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen in organic forms. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, (Eds. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney), Agronomy No. 9, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 643–698.
- Bremner, J.M. and G.A. Breitenbeck. 1983. A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, 14: 905–913.

2.2.10. تقدير الأمونيوم برثلوت بجهاز التحليل الآلي Determination of Berthelot Ammonium :by Autoanalyzer

1.2.2.10. الغاية و الهدف Scope: تُقَدَّر هذه الطريقة الأمونيوم المدمص على سطوح حبيبات الطين و الموجود في محلول التربة في العينات الترابية.

2.2.2.10. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على استخلاص الأمونيوم المدمص على حبيبات الطين باستخدام محلول غني بشاردة البوتاسيوم التي تزيح شاردة الأمونيوم المدمصة إلى الوسط و التي تتفاعل بدورها (تفاعل بيرثلوت Berthlot) مع جذر الساليسيلات بوجود مركب كلورة مناسب و بوسط قلوي ليعطي مركب أندوفينول ذو اللون الأخضر المزرق المتناسب من حيث شدته مع تركيز الأمونيوم في الوسط و الذي يُقرأ على طول موجة 660 نانومتر.

التداخلات Interference: يؤدي ترسيب الهيدروكسيدات المختلفة إلى عكارة المحلول و تغير القراءات لذا يضاف EDTA قبل رفع الـ pH. كما يُضاف نيتروبروسيد الصوديوم كمساعد لإتمام تفاعل بيرثلوت.

3.2.2.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز التحليل الآلي.

4.2.2.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- كلوريد البوتاسيوم 1 نظامي: أذب 74.5 غ من كلوريد البوتاسيوم في دورق معياري سعة لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محلول منظم: أذب 33 غ من طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم في حوالي 800 مل ماء مقطر، ثم أذب 24 غ من سترات الصوديوم، أكمل الحجم إلى 1 لتر ثم أضف 3 مل محلول بريج 30 و اخلط جيداً، عاير الـ pH و عدله باستخدام HCl إلى 5.2 ± 0.1 .
- محلول ساليسيلات الصوديوم: أذب 25 غ هيدروكسيد الصوديوم في حوالي 50 مل ماء مقطر، أضف 700 مل ماء مقطر ثم أضف 80 غ ساليسيلات الصوديوم، أكمل إلى لتر و اخلط جيداً.
- نيتروبروسيد الصوديوم: أذب 1 غ نيتروبروسيد الصوديوم في 800 مل ماء مقطر ثم أكمل إلى لتر و اخلط، خزن المحلول في زجاجة غامقة اللون. المحلول ثابت لمدة أسبوع.
- دي كلورو إيزوسيانورات: أذب 2 غ دي كلورو إيزوسيانورات الصوديوم في 800 مل ماء مقطر و أكمل الحجم إلى لتر، المحلول ثابت لمدة أسبوع. إذا كان المنحني غير خطي استخدم أنبوب مضخة تدفق 0.16 مل/دقيقة.
- المحلول القياسي الأم للآزوت 1000 مغ/لتر: أذب 0.4717 غ سلفات أمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (أو 0.3819 غ كلوريد الأمونيوم) في ماء مقطر في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم. يُحضر منه محلول قياسي 100 مغ/لتر (بتمديد 10 مل من القياسي الأم إلى 100 مل بالماء المقطر).

- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 2، 4، 6، 8، 10 مل من القياسي 100 مغ/لتر و أكمل الحجم، هذه السلسلة من القياسات تحتوي على: 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر آزوت.

5.2.2.10. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ من عينة التربة بالرطوبة الحقلية إلى دورق مخروطي سعة 250 مل.
- أضف 50 مل محلول كلوريد البوتاسيوم، رج لمدة ساعة على الرجاج الرحوي و رشح.
- يتم قراءة الراشح/الشاهد/سلسلة القياسات على جهاز التحليل الآلي.

6.2.2.10. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الآزوت الأمونيائي مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم المستخلص}}{\text{وزن العينة}} \times \text{معامل الرطوبة}$$

7.2.2.10. المرجع Reference:

Henriksen H. and A.R. Selmer-Olsen. 1970. Automatic methods for determining nitrate and nitrite in water and soil extracts. **Analyst** 95: 514-581.

3.2.10. تقدير الأمونيوم برثلوت بجهاز سبكتروفوتومتر Determination Berthelot Ammonium by Spectrophotometer

1.3.2.10. الغاية و الهدف Scope: تُقَدَّر هذه الطريقة الأمونيوم المدمص على سطوح حبيبات الطين و الموجود في محلول التربة في العينات الترابية.

2.3.2.10. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على استخلاص شوارد الأمونيوم المدمصة على حبيبات الطين باستخدام محلول غني بشاردة البوتاسيوم و التي بدورها تزيح شاردة الأمونيوم، تتفاعل شاردة الأمونيوم (تفاعل بيرثلوت Berthlot) مع جذر الساليسيلات بوجود مركب كلورة مناسب و بوسط قلوي ليعطي مركب أندوفينول ذو اللون الأخضر المزرق المتناسب من حيث شدته مع تركيز الأمونيوم في الوسط و الذي يُقرأ على طول موجة 660 نانومتر.

التدخلات: يؤدي ترسيب الهيدروكسيدات المختلفة إلى عكارة المحلول و تغيير القراءات لذا يضاف EDTA قبل رفع الـ pH، كما يُضاف نيتروبروسيد الصوديوم كمساعد لإتمام تفاعل بيرثلوت.

3.3.2.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبيكتروفوتومتر.

4.3.2.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول كلوريد البوتاسيوم 1 نظامي: أذب 74.5 غ من كلوريد البوتاسيوم في لتر ماء مقطر.
- محلول هيدروكسيد الصوديوم 10 مول/لتر: أذب 200 غرام من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في حوالي 400 مل ماء بارد و أكمل الحجم إلى 500 مل.
- محلول الساليسيلات: أذب 110 غ من حمض ساليسيليك C₇H₆O₃ في 105 مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم في دورق معياري سعة 250 مل، أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر الحراري، حضره قبل الاستعمال مباشرة.

- محلول منظم pH 12.3: أذب 26.7 غ من مادة فوسفات ثنائية الصوديوم ثنائية الماء $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ في قليل من الماء في دورق معياري سعة 2 لتر. أضف 10 مل من هيدروكسيد الصوديوم و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري، عدل درجة الـ pH إلى 12.3.
- محلول EDTA: أذب 4 غ فيرسينات الصوديوم $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ في 100 مل من الماء.
- محلول هيبوكلوريت الصوديوم (ماء جافيل): خفف 20 مل من المحلول الأصلي إلى 100 مل ماء مقطر.
- نيتروبروسيد الصوديوم: أذب 50 مغ من نيتروبروسيد الصوديوم $\text{C}_5\text{FeN}_6\text{Na}_2\text{O}$ في 100 مل من الماء. حضر قبل الاستعمال مباشرة.
- كاشف مختلط 1: اخلط 50 مل من محلول ساليسيلات الصوديوم مع 100 مل من محلول نيتروبروسيد الصوديوم و 5 مل من محلول EDTA.
- كاشف مختلط 2: اخلط 200 مل من المحلول المنظم مع 50 مل من محلول هيبوكلوريت.
- المحلول القياسي الأم للآزوت تركيز 1000 مغ/لتر: أذب 0.4717 غ سلفات الأمونيوم (أو 0.3819 غ كلوريد الأمونيوم) في الماء المقطر في دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1 مل من القياسي الأم و أكمل الحجم إلى العلامة بمحلول الاستخلاص، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر آزوت.

5.3.2.10. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ من عينة التربة بالرطوبة الحقلية إلى دورق مخروطي 250 مل.
- حضر شاهد و عامله معاملة العينة ما عدا التربة.
- أضف 50 مل محلول كلوريد البوتاسيوم، رج لمدة ساعة على الرجاج الرحوي و رشح.
- خذ بالماصة 0.6 مل من سلسلة القياسات و رشح العينة و الشاهد إلى أنابيب الاختبار.
- أضف 9 مل من المحلول المختلط 1 و اخلط.
- أضف 15 مل من المحلول المختلط 2 و اخلط. و دع المحلول لمدة ساعتين.
- اقرأ القياسات/الشاهد/العينات على جهاز سبكتروفوتومتر بطول موجة 660 نانومتر.

6.3.2.10. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الآزوت الأمونيائي مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المستخلص}}{\text{وزن العينة}} \times \text{معامل الرطوبة}$$

7.3.2.10. المرجع Reference:

Henriksen H. and A.R. Selmer-Olsen. 1970. Automatic methods for determining nitrate and nitrite in water and soil extracts. **Analyst** 95: 514-581.

4.2.10. Determination of الآزوت الأمونياكي بالطريقة اللونية باستخدام كاشف نيسلر

:Ammoniacal Nitrogen by Colorimetric method with the use of Nessler's reagent

1.4.2.10. **الغاية و الهدف Scope:** تستخدم لحساب كمية الآزوت المتاح للنبات بشكل أمونيا، غير أن هذه الكمية تبقى متغيرة في التربة لذلك تعتبر نتائج هذا التحليل صالحة لوقت محدد، كما يجب حساب الآزوت النتراتى إضافة إلى الآزوت الأمونياكي فيكون مجموع الكميتين عبارة عن الآزوت المعدني، و استناداً إلى النتائج تتم إضافة الأسمدة.

2.4.2.10. **المبدأ العام Principle:** تعتمد الطريقة على استخلاص شوارد الأمونيوم المدمصة على حبيبات الطين باستخدام محلول غني بشاردة البوتاسيوم التي تزيح شاردة الأمونيوم إلى الوسط و تتفاعل بدورها مع كاشف نيسلر K_2HgI_4 في وسط قلوي KOH معطياً لوناً أصفراً يُقرأ على طول موجة 425 نانومتر. يجب أن لا يزيد تركيز الآزوت في المحلول عن 1.5 مغ/لتر و في حال الزيادة يجب تمديده. التداخلات: تترسب شوارد Mg^{+2} , Ca^{+2} في الوسط القلوي مؤدية إلى تشكل عكارة تسبب تغير في القراءات لذلك نضيف طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم، و التي بدورها تشكل معقد منحل مع هذه الشوارد.

3.4.2.10. **الأجهزة و الأدوات Apparatus:** جهاز سبكتروفوتومتر.

4.4.2.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents

- محلول كلوريد البوتاسيوم 1 نظامي: أذب 74.5 غ من كلوريد البوتاسيوم في لتر ماء مقطر.
- ماء مقطر بدون أمونيوم يُضاف له محلول نيسلر للكشف عن وجود أمونيوم (في حال وجودها يتلون الماء بالأصفر).
- محلول طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم 50%: أذب 25 غ في دورق 100 مل بالماء المقطر.
- محلول نيسلر: أذب 25 غ من KI في 30 مل من الماء المقطر في بيشر سعة لتر، أضف 35 غ من HgI_2 ثم أضف 870 مل من محلول KOH 15% (150 غ من KOH و أذبها في 900 مل ماء مقطر و أكمل الحجم بالماء المقطر)، حرك المحلول و اتركه حتى يصبح لونه نقياً. احفظ المحلول في زجاجة عاتمة محكمة الإغلاق و ضعه في مكان بارد (لون المحلول أصفر فاتح). يتوفر هذا المحلول جاهزاً في الأسواق.
- المحلول القياسي الأم للأزوت 1000 مغ/لتر: أذب 0.4717 غ سلفات أمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ في الماء المقطر في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم. يُحضر منه قياسي 100 مغ/لتر (بتمديد 10 مل من القياسي الأم إلى 100 مل بالماء المقطر).
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 2، 4، 6، 8، 10 مل من القياسي 100 مغ/لتر و أكمل الحجم، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر آزوت.

5.4.2.10. طريقة العمل Procedure

- زن 10 غ من العينة الرطبة إلى ورق مخروطي 250 مل و أضف 50 مل محلول كلوريد البوتاسيوم.
- رج لمدة ساعة على الرجاج الرحوي و رشح. ثم خذ 10 مل من الراشح و القياسيات و الشاهد.
- أضف 30 مل ماء مقطر و 4 مل من محلول طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم و حرك باليد بشكل جيد. ثم أضف 2 مل من محلول نيسلر.
- بعد 2-3 دقائق (يكون اللون أصفر نقي حتماً)، اقرأ على سبيكترو عند طول موجه 425 نانومتر.
- وقع سلسلة القياسيات على الورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني.

6.4.2.10. طريقة الحساب :Calculation

$$\text{الآزوت الأمونيائي مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المستخلص}}{\text{وزن العينة}} \times \text{معامل الرطوبة}$$

للتحويل N إلى NH_4 نضرب بـ 1.288، للتأكد من صلاحية محلول نيسلر للعمل: خذ 10 مل ماء مقطر أضف 2 مل من محلول العمل و 0.5 مل من دليل نيسلر بعد 5 دقائق يجب ظهور لون أجري (صدئي) فيكون الدليل صالحاً للعمل. اغسل ورق الترشيح على الأقماع بواسطة الماء الخالي من الأمونيوم و بمحلول كلوريد البوتاسيوم 2% حتى يتوقف تفاعل الراشح مع الدليل نيسلر.

7.4.2.10. المرجع :Reference

Peech, M., L.T. Alexander, L.A. Dean and J.F. Reed. 1947. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U.S. Dept. Agr. C. 757. p.25.

5.2.10. تقدير النترات بالطريقة اللونية (إرجاع بعمود الكادميوم) بجهاز التحليل الآلي Determination of Nitrate by Colorimetric Titration method -Cadmium reduction :column using Autoanalyzer

1.5.2.10. الغاية و الهدف Scope: تُقدر هذه الطريقة الآزوت على شكل نترات في العينات الترابية.

2.5.2.10. المبدأ العام Principle: إن التقدير الآلي للنترات و النتريت يعتمد على إرجاع النترات إلى نتريت و ذلك بإمرار العينة خلال عمود يحتوي على حبيبات نحاس و كادميوم حيث يتم تقدير النتريت (النتريت الموجود أصلاً في العينة + النتريت الناتج عن اختزال النترات) لونياً عن طريق تفاعله مع سلفانيلاميد و الذي بدوره يتحد مع α -نافثيل إيتيلين دي أمين دي هيدرو كلورايد لتشكيل صبغة أزو ملونة تُقاس على طول موجة 540 نانومتر.

التداخلات Interference: إن تداخل الحديد و النحاس و المعادن الأخرى في العينة تُعطي نتائج سلبية لقيم النترات. لذا أضف 1 غ من EDTA لكل لتر من المحلول المنظم لمنع ذلك.

3.5.2.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز التحليل الآلي.

4.5.2.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول منظم 1 (للتيار العلوي): أذب 50 غ كلوريد الأمونيوم في 800 مل من الماء المقطر و عدل pH إلى 8.2 بمحلول هيدروكسيد الأمونيوم، أكمل إلى 1 لتر بالماء المقطر و أضف 3 مل محلول بريج (تخلص من الغازات قبل إضافة بريج).

- محلول منظم 2 (للتيار السفلي): أذب 50 غ كلوريد الأمونيوم في 800 مل ماء مقطر و عدل pH إلى 8.2 بمحلول هيدروكسيد الأمونيوم، أضف 4 غ EDTA و أذب المزيج السابق ثم أكمل إلى 1 لتر بالماء المقطر و أضف محلول بريج 35 و اخلط، (تخلص من الغازات قبل إضافة بريج).
 - الكاشف الملون: خفف 150 مل من حمض الفوسفور في 700 مل ماء مقطر، أضف 10 غ سلفانيلاميد و 0.5 غ α -نافثيل إيتيلين دي أمين دي هيدرو كلورايد و أذبه ثم أكمل إلى لتر بالماء المقطر، خزن المحلول في زجاجة قاتمة.
 - المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.6068 غ نترات الصوديوم أو 0.7218 نترات البوتاسيوم في دورق معياري 100 مل بالماء المقطر، يُحضر منه قياسي 100 مغ/لتر (بتمديد 10 مل من القياسي الأم إلى 100 مل بالماء المقطر).
 - المحاليل القياسية: خذ بالماسة إلى دورق معياري 100 مل 1، 2، 3، 4، 5 مل من القياسي 100 مغ/لتر و أكمل للعلامة، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 1، 2، 3، 4، 5 مغ/لتر آزوت.
 - حمض كلور الماء 4 نظامي: خفف 400 مل حمض كلور الماء في 600 مل من الماء المقطر.
 - محلول سلفات النحاس 2%: أذب 20 غ من سلفات النحاس ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) في 800 مل من الماء المقطر (pH أكبر من 7)، أكمل إلى 1 لتر ثم اخلط.
 - الكادميوم: حبيبات الكادميوم 2.5 غ (منخولة).
- 5.5.2.10. طريقة تنشيط عمود الكادميوم:**
- اخلط حبيبات الكادميوم مع 30 مل من محلول حمض كلور الماء 4 نظامي، ثم حرك و رج لمدة دقيقة واحدة، و اغسل للتخلص من الحمض بالماء المقطر، كرر العملية حتى تصبح حبيبات الكادميوم لامعة كالفضة.
 - أضف تقريباً 50 مل محلول سلفات النحاس و اخلط لمدة خمس دقائق، ثم اغسل بالماء المقطر (ماء مقطر له pH أكبر من 7 و دقق باستخدام جهاز pH)، كرر العملية حتى ظهور لون سلفات النحاس الأزرق في ماء الغسيل، ثم جفف حبيبات الكادميوم بورق ترشيح.
 - أضف عن طريق قمع الحبيبات إلى عمود جاف مع الرج باستمرار و ذلك لرص جوانب العمود بالحبيبات، أكمل حتى قبل 5 مل من نهاية العمود.
 - ضع قطعة صغيرة من أنبوب بولي إيثيلين (رقم 5144) داخل العمود و ذلك لمنع الحبيبات من الخروج من العمود.
 - املئ الأنبوب باستخدام محقن يحوي المحلول المنظم 1 و تجنب دخول فقاعات هواء داخله.
- ملاحظة:** تجنب دخول الهواء إلى العمود، و يمكن حفظ حبيبات الكادميوم جافة في زجاجة محكمة الإغلاق.
- 6.5.2.10. طريقة العمل Procedure:**

- زن 10 غ تربة بالرطوبة الحقلية في مخروطية 250 مل.
- أضف 50 مل ماء مقطر.
- رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
- يتم قراءة الراشح/الشاهد/سلسلة القياسات على جهاز التحليل الآلي.

7.5.2.10. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الآزوت النتراي مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم المستخلص}}{\text{وزن العينة}} \times \text{معامل الرطوبة}$$

8.5.2.10. المراجع References:

- Henriksen H. and A.R. Selmer-Olsen. 1970. Automatic methods for determining nitrate and nitrite in water and soil extracts. **Analyst** **95**: 514-581.
- Dorich, R.A. and D.W. Nelson. 1984. Evaluation of manual cadmium reduction methods for determination of nitrate in potassium chloride extracts of soils. **Soil Sci. Soc Am J.** **48**:72-75.
- Mulvaney, R.L. 1996. Nitrogen – Inorganic forms. p. 1123-1184. In: Methods of soil analysis, part 2, chemical properties, (Ed. Sparks). SSSA Book Ser. 5.

6.2.10. تقدير الآزوت النتراي بطريقة الامتصاص الفوتومتري في مجال الأشعة فوق البنفسجية

:Determination of Nitrate-Nitrogen by UV Photometric Absorption method

- 1.6.2.10. الغاية و الهدف Scope: تُقدر هذه الطريقة الآزوت النتراي و النتريتي في العينات الترابية.
 - 2.6.2.10. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على قراءة تركيز شارديتي النتراي و النتريتي باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر في مجال الأشعة فوق البنفسجية عند طول موجة 206 نانومتر.
- التداخلات: قد تتجم بعض التداخلات عن شاردة الكربونات أو الهيدروكسيد تتم إزالتها بالتحميض بحمض كلور الماء (لا تأثير لشاردة الكلور).
- 3.6.2.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبيكتروفوتومتر مزود بلمبة ديتيريوم (لأطوال الأمواج القصيرة).

4.6.2.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض كلور الماء 1 نظامي: خفف 85 مل من حمض كلور الماء المركز إلى لتر ماء مقطر.
- المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.6068 غ نترات الصوديوم أو 0.7218 نترات البوتاسيوم في ماء مقطر في دورق 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- القياسيات: انقل 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5 مل من القياسي الأم إلى دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر للحصول على القياسيات 1، 2، 3، 4، 5 مغ/لتر آزوت نتراي.

5.6.2.10. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة بالرطوبة الحقلية في مخروطية 250 مل.

- أضف 50 مل ماء مقطر و رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
- اسحب 10 مل من المستخلص/قياسي/شاهد إلى أنبوب أو مخروطية و أضف 2 مل من محلول حمض كلور الماء 1 نظامي ثم امزج بشكل جيد.
- اقرأ الامتصاص للشاهد/سلسلة القياسات/العينات على طول موجة 206 نانومتر باستخدام لمبة الديتيريوم و خلية كوارتز (كوفيت كريستالية).
- وقع المنحني المعياري و اقرأ تراكيز الآزوت.

6.6.2.10. طريقة الحساب Calculation:

يتم حساب محتوى الآزوت النتراتي في التربة تبعاً للمعادلة التالية:

$$\text{الأزوت النتراتي مع/ى} = \text{قراءة الجهاز} \times \text{نسبة الاستخلاص} \times \text{معامل الرطوبة}$$

7.6.2.10. المرجع Reference:

Mason, C.J., G. Coe, M. Edwards and P.G. Riby. 1999. The use of microwaves in the acceleration of digestion and colour development in the determination of total Kjeldahl nitrogen in soil. **Analyst. 124:** 1719–1726.

7.2.10. تقدير النترات بجهاز سبكتروفوتومتر مع استخدام حمض الكرموتروبيك Determination of Nitrate by Spectrophotometer with the use of Chromotropic acid

الهدف Scope: تقدير الآزوت النتراتي في عينات التربة.

1.7.2.10. الغاية و الهدف Scope:

2.7.2.10. المبدأ العام Principle:

إن استخدام التحليل الطيفي الضوئي بواسطة حمض الكرموتروبيك هي طريقة سريعة استخدمت في تقدير الآزوت النتراتي في الماء كما استخدمت فيما بعد للتربة (Sims and Jackson, 1971; Hadjidemetriou, 1982) و يمكن استخدامها كبديل لتقدير $\text{NO}_3\text{-N}$ بطريقة التقطير. حيث وُجدت علاقة وثيقة بين طريقة حمض الكرموتروبيك و طريقة التقطير.

3.7.2.10. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز سبكتروفوتومتر، طول الموجه 430 نانومتر.
- جهاز رج كهربائي ترددي.
- أدوات زجاجية مخبرية قياسية: كؤوس، دوارق حجمية، ماصات، أقماع.

4.7.2.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول كبريتات النحاس 0.02 نظامي ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$): أذب 4.9936 غ من كبريتات النحاس في الماء المقطر، ثم أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.
- محلول حمض الكرموتروبيك 0.1% ($\text{C}_{10}\text{H}_6\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$): أذب 0.368 غ حمض الكرموتروبيك في 200 مل من حمض الكبريت المركز، و احفظ المحلول في زجاجة عاتمة لمدة أسبوعين.
- حمض الكبريت المركز.

- المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.6068 غ نترات الصوديوم أو 0.7218 نترات البوتاسيوم في دورق 100 مل يحوي محلول سلفات النحاس 0.02 نظامي، يحضر منه قياسي 100 مغ/لتر (بتمديد 10 مل من القياسي الأم إلى 100 مل في محلول سلفات النحاس 0.02 نظامي).
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 0.5، 1، 1.5، 2، 2.5، 3، 3.5 مل من القياسي 100 مغ/لتر و أكمل للعلامة بمحلول سلفات النحاس 0.02 نظامي، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 0.5، 1، 1.5، 2، 2.5، 3، 3.5 مغ/لتر آزوت نتراتي.

5.7.2.10. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة بالرطوبة الحقلية في مخروطية 250 مل.
- أضف 50 مل محلول سلفات النحاس 0.02 نظامي ثم رج لمدة 15 دقيقة ثم رشح.
- اسحب بواسطة الماصة 3 مل من الراشح/قياسيات/شاهد إلى دوارق مخروطية 50 مل.
- ضع الدورق في الماء المتلج لبضعة دقائق.
- أضف 1 مل من محلول حمض الكروموتروبيك 0.1% نقطة بعد نقطة مباشرة إلى المحلول دون المزج، ثم ضع الدورق ثانية في الماء البارد لدقائق قليلة كي يبرد.
- امزج المحلول، ثم أضف 6 مل من حمض الكبريت المركز على جدار الدورق دون مزجه.
- بعد إضافة الحمض لكل العينات، رج الدورق بشكل دائري و اتركه ليبرد حتى يصل الى درجة حرارة الغرفة، حيث يتحول إلى اللون الأصفر بعد 45 دقيقة.
- اقرأ الامتصاص الضوئي للشاهد، المحاليل القياسية، و العينات بعد 45 دقيقة على طول موجه 430 نانومتر.
- حضر الخط البياني للمحاليل القياسية و ذلك برسم الخط البياني بين قراءة الامتصاص الضوئي وتركيز الآزوت النتراتي في المحاليل القياسية على التوالي.
- اقرأ تركيز الآزوت النتراتي في العينات المجهولة من الخط البياني.

6.7.2.10. طريقة الحساب Calculation:

لحساب الآزوت النتراتي في التربة:

$$\text{الأزوت النتراتي مغ/غ} = \frac{\text{القراءة من المنحني} \times \text{حجم المستخلص}}{\text{وزن العينة}} \times \text{معامل الرطوبة}$$

ملاحظة: في حال احتواء الترب على أكثر من 1 مغ/كغ من $\text{NO}_3\text{-N}$ أضف 0.1 مل من حمض سولفانيك 0.2% (مذاب في حمض الكبريت 0.1 نظامي) إلى 3 مل من محلول مستخلص العينة إذا أعطى ورق الترشيح محاليل أرجوانية اللون، اغسل الورق بالماء المقطر ثم جففه قبل الاستعمال.

7.7.2.10. المراجع References:

- Hadjidemetriou, D.G. 1982. Comparative study of the determination of nitrates in calcareous soils by the ion – selective electrode, chromotropic acid, and phenodisulphonic acid methods. **Analyst** **107**: 25-29.
- Sims, J.R. and G.D. Jackson. 1971. Rapid analysis of soil nitrate with chromotropic acid. **Soil Sci. Soc. Am. proc.** **35**: 603-606.

8.2.10. تقدير النترات باستخدام إلكترود إنتقائي Determination of Nitrate with the use of a selective electrode

1.8.2.10. الغاية و الهدف Scope: تُقَدَّر هذه الطريقة الآزوت النترات في العينات الترابية.

2.8.2.10. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على قراءة النترات باستخدام إلكترود إنتقائي مزود بغشاء تبادلي، يُملأ الوسط الداخلي بمحلول AgCl/Ag كعنصر مرجعي بحيث يستجيب الإلكترود إلى النترات الحرة الفعالة و لا يستجيب للأشكال الأخرى المرتبطة، بحسب تركيز النترات بالوسط الخارجي ينتشر النترات إلى داخل الإلكترود حتى حصول توازن يحدد فرق الكمون بالميلي فولت لهذا التوازن مما يحدد تركيز النترات.

التداخلات Interferences: طُورت الطريقة و زُيدت حساسيتها عن طريق منع التداخلات الناتجة عن وجود شوارد أخرى و التي تؤدي إلى زيادة الشدة الأيونية لذلك يُضاف منظم شدة أيونية مؤلف بشكل رئيس من سلفات الأمونيوم و للمحاليل الغنية بالشوارد الأخرى يُستعاض عن منظم الشدة الأيونية بمحلول مانع تداخلات 1 مول حمض البوريك.

3.8.2.10. الأجهزة Apparatus: جهاز قياس الكمون (ميلي فولت/pH) مزود بإلكترود نترات إنتقائي.

4.8.2.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول تعبئة الإلكترود: يتوفر جاهز و يُورد من قبل الشركة الصانعة مرفقاً مع الإلكترود.
- محلول مانع التداخلات: يُحضّر مخبرياً بإذابة 6.2 غ حمض البوريك في حوالي 100 مل ماء مقطر بدرجة حرارة قرب الغليان ثم يُبرد و يُكمل الحجم إلى 100 مل.
- المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.6068 غ نترات الصوديوم أو 0.7218 نترات البوتاسيوم في ورق معياري 100 مل بالماء المقطر و أكمل الحجم.
- القياسات: انقل 0.1، 0.5، 1، 1.5، 2.0 مل من القياسي الأم إلى ورق معياري 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر للحصول على القياسات 1، 5، 10، 15، 20 مغ/لتر آزوت نترات.

5.8.2.10. طريقة العمل Procedure:

- يتم تنشيط الإلكترود بعد ملئه بمحلول التعبئة و ذلك بغمره بقياسي 100 مغ/لتر آزوت نترات لمدة ساعتين قبل الاستخدام.
- زن 10 غ تربة بالرطوبة الحقلية في مخروطية 250 مل.

- أضف 50 مل ماء مقطر و رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
 - اسحب من القياسيات/العينات 25 مل و ضعها في بياشر 100 مل، أضف لكل بيشر 25 مل محلول حمض البوريك، ضع على المحرك المغنطيسي و حرك.
 - عاير الجهاز باستخدام سلسلة القياسيات (بحسب طريقة تشغيل الجهاز).
 - اغمس الإلكترود المنشط حديثاً و المعايير في الراشح.
 - سجل القراءة.
- ملاحظة: للعينات الترابية لا يستخدم منظم الشدة الأيونية و يُستعاض عنه بمانع التداخل.

6.8.2.10. طريقة الحساب Calculation:

يتم حساب محتوى الآزوت النتراتي في التربة تبعاً للمعادلة التالية:

$$\text{الأزوت النتراتي (مغ/تربة)} = \text{قراءة الجهاز} \times \text{نسبة الاستخلاص} \times \text{معامل الرطوبة}$$

7.8.2.10. المراجع References:

- Dahnke, W.C. 1971. Use of the nitrate specific ion electrode in soil testing. **Commun. in Soil Sci. and Plant Anal.** 2(2):73-84.
- Orion Research manual, Inc. 1990. Nitrate Electrode Instruction Manual. Boston, MA.

ملاحظات على طرق و أجهزة تحليل الآزوت:

- يفضل استخدام طريقة كداهل عند احتواء العينة المحللة على تراكيز عالية من الآزوت، في حين يفضل استخدام طرائق التحليل الفوتومتري (برثلوت، نيسلر) في حال احتواء العينة على تراكيز منخفضة من الآزوت.
- من المهم عند استخدام جهاز سبكتروفوتومتر لتقدير الآزوت مراعاة توحيد الفترة اللازمة لتشكيل المعقد و زمن التحريك و كمية المواد المضافة لجميع العينات المراد تحليلها و العينات القياسية و هذا الأمر صعب عملياً في حين يقوم جهاز التحليل الآلي بهذه المهمة بدقة مما يؤدي إلى تقليل نسبة الخطأ.
- بسبب تشكيل محاليل غروية لها القدرة على التبخثر عند تفاعل الأمونيوم مع كاشف نيسلر انخفاض في دقة النتائج المتحصل عليها في حين يتشكل نتيجة تفاعل برثلوت محلول حقيقي مما يجعل طريقة تفاعل برثلوت طريقة مريحة أكثر.
- نظراً للمحتوى العالي للمركبات المسببة للتداخل في التربة فإن طريقة تقدير الآزوت الكلي باستخدام كاشف نيسلر لا تستخدم بشكل واسع بل تُستخدم من أجل تقدير الآزوت الأمونياكي المستخلص من التربة بواسطة محلول كلور البوتاسيوم.
- تحدث الامتصاصية العظمى للضوء من قبل المعقد المتشكل مع كاشف نيسلر في مجال الأشعة فوق البنفسجية (425 نانومتر)، في حين تحدث الامتصاصية العظمى للمعقد في حال استخدام تفاعل برثلوت في مجال الطيف المرئي (660 نانومتر) لذلك من الممكن استخدام أي منها فيما يتلائم مع أجهزة سبكترو المتوفرة في المختبر.

11. تقدير الفوسفور :Determination of Phosphorus

1.11. تقدير الفوسفور الكلي بجهاز التحليل الآلي و سبكتروفوتومتر Determination of Total

:Phosphorus in soil by Autoanalyzer and Spectrophotometer

1.1.11. الغاية و الهدف Scope: تقدير فوسفور التربة الكلي (متاح، ذائب، معدني).

2.1.11. المبدأ العام Principle: لتقدير الفوسفور الكلي يجب هضم عينة التربة بحمض قوي يُذيب كل

أشكال الفوسفور العضوي و غير العضوي.

3.1.11. الأجهزة Apparatus:

- جهاز سبكترو، يتم القياس عند طول الموجه 410 نانومتر.
- جهاز هضم و أدوات زجاجية مخبرية قياسية، كؤوس، دوارق حجمية، ماصات، أقماع.
- جهاز خلط أنابيب دوراني.

4.1.11. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الآزوت و حمض الكبريت المركزين.
- هيبتا مولبيدات الأمونيوم - فاندات الأمونيوم في حمض الآزوت:
 - أذب 22.5 غ من هيبتا مولبيدات الأمونيوم $[(NH_4)_6MO_7O_{24}.4H_2O]$ في 400 مل من الماء المقطر (a).
 - أذب 1.25 غ من فاندات الأمونيوم NH_4VO_3 في 300 مل من الماء المقطر (b).
 - أضف (a) الى (b) في دورق حجمي سعة لتر، اترك المزيج ليبرد حتى درجة حرارة الغرفة.
 - أضف ببطئ 250 مل من حمض الآزوت المركز HNO_3 إلى المزيج.
 - برد المحلول إلى درجة حرارة الغرفة ثم خفف إلى الحجم 1 لتر ماء مقطر.
- المحلول الأم القياسي:
 - جفف 2.5 غ من فوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين KH_2PO_4 بالفرن على درجة حرارة 105 م لمدة ساعة واحدة، برد بالمجفف و احفظه في زجاجة محكمة الإغلاق.
 - أذب 0.4394 غ من فوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين المجففة في الماء المقطر، ثم أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر. هذا المحلول يحوي 100 مغ/لتر من الفوسفور.
- حضر سلسلة من المحاليل القياسية من المحلول الأم كالتالي: خفف 1، 2، 3، 4، 5 مل من المحلول الأم إلى 50 مل حيث يُضاف لكل منها الماء المقطر. هذه المحاليل تحتوي 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر من الفوسفور.

5.1.11. طريقة العمل Procedure:

- زن 2 غ تربة الجافة هوائياً و منخولة على منخل بقطر 0.15 مم إلى أنبوب هضم 250 مل.

- أهضم العينة بالماء الملكي، ثم انقل المحلول نقلاً كمياً إلى دورق معياري سعة 250 مل.
- رشح و أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر الحراري.
- اسحب بواسطة الماصة 5 مل من العينة المهضومة و القياسيات و الشاهد إلى دوارق معيارية سعة 50 مل.
- أضف 10 مل من محلول هيبوتا موليبيدات - فاندات الأمونيوم و خفف إلى الحجم بالماء المقطر.
- اقرأ الامتصاص الضوئي للشاهد/المحاليل القياسية/العينات بعد 10 دقائق على طول موجه 410 نانومتر.

6.1.11. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الفوسفور الكلي P مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم الدورق المعياري} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب من الراشح}}$$

7.1.11. المرجع Reference:

Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. In: Methods of Soil Analysis, 2nd ed., part 2 (Eds. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney). Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. pp. 403–430.

2.11. تقدير الفوسفور العضوي Determination of Organic Phosphorus:

1.2.11. الغاية و الهدف Scope: تقدير الفوسفور العضوي في التربة بشكل غير مباشر عن طريق الاستخلاص المتعاقب.

2.2.11. المبدأ العام (طريقة الاستخلاص المتعاقب) Principle: يتم في هذه الطريقة استخلاص متعاقب للفوسفور باستخدام حمض قوي و أساس قوي حيث تؤدي المعالجة الأولية للتربة بحمض قوي إلى تحطيم الروابط المتشكلة بين بعض الكاتيونات متعددة التكافؤ مثل (Ca, Al, Fe) و الفوسفور و التي تجعل الفوسفور غير منحل بالإضافة إلى دورها في حلمة المركبات العضوية كتأثير جانبي. تلعب المعالجة القلوية اللاحقة دور هام في انحلال المادة العضوية مسببة بذلك حلمة الفوسفور العضوي. يتم أخذ حجم معين من المستخلص الناتج و يتم معدنته حيث يتحول الفوسفور العضوي إلى أورثو فوسفات و يُقدر الفوسفور العضوي في هذه الحالة وفق العلاقة:

الفوسفور العضوي = الفوسفور الكلي بعد التمدن - الفوسفور اللاعضوي في المزيج المستخلص

3.2.11. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض كلور الماء المركز و ماءات الصوديوم 0.5 نظامي.
- حمض البيركلوريك (72%) HClO_4 .
- ب - نايتروفينول (wt/vol) 0.25%.
- محلول موليبيدات الأمونيوم مع حمض الكبريت: ضع 25 غ من موليبيدات الأمونيوم في بيشر، أضف ماء مقطر 200 مل و سخن بدرجة 60 م مع التحريك المستمر حتى الذوبان، يُترك

المحلول ليبرد و يُرشح. بشكل منفصل خذ 275 مل حمض كبريت مركز و 750 مل ماء مقطر و دعه يبرد ثم أضف عليه محلول الموليبيدات الذي سبق تحضيره.

- مزيج الأنثيموني (Antimony) و حمض الأسكوريك: امزج كميتين من الأنثيموني (أذب 667 مغ من طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني $\text{KSbO.C}_4\text{H}_4\text{O}_7$ في 250 مل ماء مقطر) و حمض الأسكوريك (10 غ حمض الأسكوريك في دورق حجمي 100 مل و 80 مل ماء مقطر يُحل جيداً و تكمل الكمية حتى العلامة و يُخزن بدرجة حرارة 2 م) يُحضر المزيج قبل الاستخدام مباشرة.

- المحلول القياسي للفوسفور: ضع 0.2154 غ من KH_2PO_4 بدورق معياري 1 لتر أضف 500 مل ماء مقطر ثم أضف 25 مل H_2SO_4 7 نظامي و أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر، تركيز الفوسفور في المحلول الناتج هو 50 مغ/لتر، خذ بالماصة 20 مل من المحلول السابق بدورق حجمي 500 مل و أتمم الكمية بالماء المقطر حتى العلامة للحصول على محلول 2 مغ/لتر من الفوسفور.

4.2.11. طريقة العمل Procedure:

- ضع 1 غ تربة في أنبوب طرد مركزي 100 مل و أضف 10 مل حمض كلور الماء المركز و ضعه في حمام مائي 70 م مدة 10 دقائق.

- أخرج الأنبوب و أضف 10 مل من حمض كلور الماء المركز و امزج جيداً و اتركه ساعة في درجة حرارة الغرفة.

- أضف 50 مل من الماء المقطر و ضعه في آلة الطرد المركزي 10 دقيقة (2000 rpm).

- رشح في دورق معياري 250 مل. أضف للراسب المتبقي في أنبوب الطرد 30 مل ماءات الصوديوم 0.5 نظامي و امزجه جيداً و دعه ساعة ثم ضعه مرة ثانية في آلة الطرد المركزي 10 دقيقة (2000 rpm) ثم انقل الرشاحة (الحاوية المادة العضوية المنحلة) إلى الدورق الحاوي مستخلص حمض كلور الماء.

- أضف 60 مل ماءات الصوديوم 0.5 نظامي إلى الراسب المتبقي في الأنبوب و امزجه جيداً ثم سخن الأنبوب في الفرن بدرجة 90 م مدة 8 سا، دعه يبرد ثم ضعه في جهاز الطرد المركزي 10 دقيقة (2000 rpm). رشح و أضف الرشاحة إلى الدورق المعياري الحاوي مستخلص حمض كلور الماء (مزيج المستخلصين يعبر عن الفوسفور الكلي). أضف ماء مقطر للمزيج لتمام الحجم و امزج جيداً.

- مباشرة خذ 10 مل بالماصة من المستخلص في بيشر 100 مل، أضف نقطة من حمض الكبريت المركز ثم 1 مل من حمض البيركلوريك 72% و سخن المزيج على طبق ساخن مع رفع درجة

الحرارة ببطء حتى ظهور دخان أبيض ثم غطي البيشر بزجاجة ساعة مع استمرار الهضم 30 دقيقة بدرجة 205 م°.

- برد البيشر و انقل العينة المهضومة (مع غسيل بيشر الهضم بالماء المقطر لضمان نقل كامل العينة المهضومة) إلى دورق معياري 50 مل ثم أكمل الحجم حتى العلامة مع المزج الجيد (هذا المحلول ندعوه A و يستخدم لتقدير الفوسفور الكلي).
- يُترك الدورق الحاوي مستخلص حمض كلور الماء حتى يترسب جزء المادة العضوية من المستخلص في قعر الدورق و يُستخدم المحلول المعلق الرائق (ندعوه B) لتقدير الفوسفور غير العضوي.

تقدير الفوسفور الكلي و غير العضوي:

- ضع 2 مل من المستخلص A و B (كل على حدى و بمعاملة منفصلة، A لتقدير الفوسفور الكلي و B لتقدير الفوسفور غير العضوي) في دورق معياري 50 مل و أضف 5 نقاط من ب-نايترو فينول 0.25%، ثم أضف ماءات الصوديوم لتعادل الوسط حتى ثبات اللون الأصفر.
- أضف 30 مل ماء مقطر ثم 10 مل من محلول موليبيدات الأمونيوم الحاوية على حمض الكبريت مع التحريك و المزج، يُضاف بعد ذلك 4 مل من مزيج الأنثيمون و حمض الأسكوربيك، أكمل الحجم بالماء المقطر (الكثافة اللونية القصوى ستظهر خلال 10 دقائق و تبقى ساعات).
- اقرأ الامتصاص الضوئي في الشاهد/المحاليل القياسية/ العينات على طول الموجة 840 نانومتر.

5.2.11. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الفوسفور مغ/مغ} = \frac{(\text{التركيز من المنحني} - \text{الشاهد}) \times \text{نسبة التمديد} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

$$\text{الفوسفور العضوي مغ/مغ} = \text{الفوسفور الكلي} - \text{الفوسفور غير العضوي}$$

ملاحظات:

- من الممكن أن تكون مستخلصات التربة عالية المحتوى من الدبال ملونة مما يوجب معالجتها باستخدام الفحم الفعال.
- تسبب المعالجة بحمض كلور الماء حلمهة بعض الاسترات العضوية.
- يتم استخلاص 80% من فوسفور التربة بهذه الطريقة مقارنة مع الفوسفور الكلي المستخلص باستخدام حمض البيروكلوريك.
- إن الفوسفور المقدر بهذه الطريقة أقل من القيمة الحقيقية و ذلك نتيجة الحلمهة و النتائج المستحصل عليها بالفرق ليست دقيقة جداً.

- إن نسبة الفوسفور العضوي الكلي يمكن أن ترتبط بالكتلة الحيوية في التربة و بنشاط الأحياء الدقيقة و يمكن أن تعطينا فكرة عن الفوسفور الممتص من قبل النبات مع توزع الفوسفور في آفاق التربة و الذي يتغير وفقاً لمحتوى البقايا العضوية على سطح التربة.

6.2.11. المراجع:Reference:

- Tan, K.H. 1996. Soil Sampling, Preparation, and Analysis. Marcel Dekker Inc., New York, N.Y. USA.
- Mehta, N.C., J.D. Legg, C.A.I. Goring and C.A. Black 1954. Determination of organic phosphorous in soil. 1. Extraction method. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 18, 443-449

3.11. تقدير الفوسفور المتاح Determination of Available Phosphorus

1.3.11. استخلاص فوسفور الترب الحامضية ($pH > 7$) طريقة برييه Phosphorus extraction from soil ($pH < 7$) by Bray method

1.1.3.11. الغاية و الهدف Scope: تُستخدم هذه الطريقة لتقدير الفوسفور المتاح للنبات في الترب الحامضية $pH < 7$.

2.1.3.11. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على استخلاص الفوسفور من الترب الحامضية باستخدام محلول فلوريد الأمونيوم NH_4F مع حمض كلور الماء HCl ، قُدمت هذه الطريقة من قبل (Bray and Kurtz 1945) و وجدت نجاحاً كبيراً في الترب الحامضية حيث تعتمد طريقة القراءة على إرجاع معقد فوسفات موليبيدات الأمونيوم $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ بواسطة حمض الأسكوربيك بوجود طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني (تُسرّع طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني عملية إرجاع فوسفات موليبيدات الأمونيوم و تساعد في ثبات اللون للمركب المرجع).

3.1.3.11. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر.

4.1.3.11. المحاليل و المواد اللازمة Reagents

- محلول فلوريد الأمونيوم 1 نظامي: أذب 3.7 غ من NH_4F في الماء المقطر في دورق 100 مل.
- حمض كلور الماء 0.5 نظامي: أضف 43 مل من حمض كلور الماء المركز إلى حوالي 200 مل ماء مقطر و يُتمم إلى 1 لتر.
- محلول الاستخلاص: امزج 30 مل محلول فلوريد الأمونيوم و 200 مل من حمض كلور الماء و أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر. هذا المحلول صالح لمدة عام.
- حمض الكبريت 5 نظامي: أضف 74 مل من حمض الكبريت المركز إلى حوالي 300 مل ماء مقطر في دورق 500 مل، اتركه حتى يبرد ثم أكمل الحجم إلى العلامة.
- محلول موليبيدات الأمونيوم: أذب 4 غ من $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ في 100 مل ماء مقطر.

- محلول طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني: أذب 0.275 غ من $\text{KSbC}_4\text{H}_4\text{O}_7 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ في 100 مل ماء مقطر.
- محلول حمض الأسكوربيك: أذب 1.75 غ من حمض الأسكوربيك $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ في 100 مل ماء مقطر (حضره يومياً عند التحليل).
- الكاشف المختلط: أضف بحذر إلى سلندر سعة 500 مل ما يلي: 50 مل حمض الكبريت و 10 مل من محلول موليبيدات الأمونيوم و 30 مل من محلول حمض الأسكوربيك و 5 مل من محلول طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني (حضر هذا المحلول عند التحليل و هو صالح لساعتين فقط).
- المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.4393 غ من فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4 (مجففة لمدة ساعتين على درجة حرارة 105 م°) في 100 مل ماء مقطر، خفف 10 مل من المحلول الأم إلى 100 مل لتحضير قياسي 100مغ/لتر فوسفور.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 1، 2، 3، 4، 5 مل من القياسي 100مغ/لتر و أكمل الحجم، هذه السلسلة من القياسات تحوي: 1، 2، 3، 4، 5 مغ/لتر فوسفور.
- حمض البوريك: أذب 35 غ من H_3BO_3 في 1 لتر من الماء المقطر الحار.

5.1.3.11. طريقة العمل Procedure:

- زن 1 غ من التربة و ضعها في دورق مخروطي 250 مل و أضف 20 مل من محلول الاستخلاص.
- حرك المزيج لمدة دقيقة و بعدها بسرعة قم بالترشيح.
- خذ من راشح العينات/الشاهد/سلسلة القياسات 5 مل إلى دوارق 50 مل.
- أضف إلى الدوارق السابقة 20 مل من محلول H_3BO_3 . و أضف ماء مقطر إلى الدوارق حتى حجم 40 مل تقريباً.
- أضف 8 مل من الكاشف المختلط، حرك جيداً و أكمل الحجم إلى 50 مل بالماء المقطر.
- دع المحاليل لمدة ربع ساعة على الأقل ليتكون اللون الأزرق بشكل كامل.
- اقرأ الامتصاص على جهاز سبيكتروفوتومتر على طول الموجه 710 نانومتر.
- وقع سلسلة القياسات على الورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني.
- أسقط قراءات العينات على المنحني (أو استخدم معادلة المنحني من الحاسب) و سجل تركيزات P المقابلة لها.

6.1.3.11. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الفوسفور P مغ/مغ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

و يوضح الجدول (12) تقييم الفوسفور في التربة المقدر بطريقة Bray (Jaiswal 2003):

الجدول (12) تقييم الفوسفور في التربة حسب طريقة Bray (مغ P / كغ تربة)

أقل من 3	منخفض جداً
3 – 7	منخفض
7 – 20	متوسطة
أكثر من 20	عالي

7.1.3.11. المراجع References:

- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci.**, **59**: 39–45.
- Jaiswal, P.C. 2003. Soil, plant and water analysis. Kalyani publishers, New Delhi, India. p.441.

2.3.11. استخلاص فوسفور الترب القاعدية (pH < 7) طريقة أولسن Phosphorus extraction from

:soil (pH > 7) by Olsen method

- 1.2.3.11. الغاية و الهدف Scope:** تقدير الفوسفور المتاح للنبات في الترب المتعادلة و القاعدية.
- 2.2.3.11. المبدأ العام Principle:** تعتمد هذه الطريقة على استخلاص جزء من الفوسفور الموجود في التربة و الجاهز للامتصاص من قبل النبات بواسطة محلول بيكربونات الصوديوم عند pH 8.5 و يحدد محتوى الفوسفور بالطريقة الفوتومترية و ذلك بمعاملة المستخلص بمحلول موليبيدات الأمونيوم في وسط حامضي و بذلك يتشكل مركب معقد من رابع فوسفور موليبيدات الأمونيوم حسب المعادلة التالية:
- $$\text{H}_3\text{PO}_4 + 12(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4 + 12(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$$
- و عند إرجاع هذا المركب المعقد بواسطة كلوريد القصديري يتشكل لون أزرق يُقرأ على طول موجة 660 نانومتر، تعتبر هذه الطريقة حساسة في مدى 0.05-2 مغ/لتر فوسفور في المستخلص.
- التداخلات Interference:** يتأثر اللون الأزرق في حال وجود كميات كبيرة من الحديد و الكالسيوم و المغنيزيوم و الكبريت في التربة، و من الضروري إرجاع الحديد إلى حديدي عند وجوده بتركيز عالي في المستخلص و ذلك لأن الحديدي لا يسبب تداخل في تحديد الفوسفور.

3.2.3.11. الأجهزة Apparatus: سبكتروفوتومتر.

4.2.3.11. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- بيكربونات الصوديوم NaHCO_3 0.5 نظامي: أذب 42 غ بيكربونات الصوديوم في حوالي 800 مل ماء مقطر موجودة في دورق معياري سعة 1 لتر، عدل pH المحلول إلى 8.5 بواسطة ماءات الصوديوم 0.5 نظامي، أكمل حتى العلامة ماء مقطر.
- محلول موليبيدات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$:
 - أذب 15 غ موليبيدات الأمونيوم في 300 مل ماء مقطر دافئ، رشح إذا لزم الأمر (توضع في البراد لليوم التالي).

- أضف 342 مل من حمض كلور الماء المركز إلى حوالي 200 مل ماء مقطر موجود في دورق سعة 1 لتر (توضع في البراد لليوم التالي).
- في اليوم التالي أضف محلول الموليبدات إلى محلول حمض كلور الماء تدريجياً ثم أكمل الحجم إلى 1000 مل (يجب أن يكون المحلول عديم اللون و يُحفظ في زجاجة غامقة).
- كلوريد القصديري (محلول مركز) $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: أذب 10 غ من كلوريد القصديري في مخروطية سعة 100 مل و أضف إليها 25 مل من حمض كلور الماء المركز، سخن حتى الغليان مع التحريك حتى تذوب المادة ثم يُبرد و يُحفظ لمدة شهرين في البراد.
- كلوريد القصديري (محلول مخفف): أضف 0.5 مل من محلول كلوريد القصديري المركز في سلندر يحتوي على 66 مل ماء مقطر، يستخدم هذا المحلول عند التحليل مباشرة.
- كربون أسود أو أي كربون ملائم و خال من الشوائب و الفوسفور: يُغسل الكربون بواسطة بيكربونات الصوديوم المحضرة سابقاً ثم يُرشح و يُغسل بالماء المقطر و يُجفف.
- المحلول الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.4394 غ من فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4 (مجففة لمدة ساعتين على درجة حرارة 105 م°) في 100 مل ماء مقطر، خفف 1 مل من المحلول الأم إلى 100 مل لتحضير قياسي 10 مغ/لتر فوسفور.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 2، 4، 6، 8، 10 مل من القياسي 10 مغ/لتر و أكمل للعلامة، هذه السلسلة من القياسات تحوي: 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1 مغ/لتر فوسفور.

5.2.3.11. طريقة العمل Procedure:

- زن 2.5 غ من التربة الجافة و المنخولة 2 مم في دورق مخروطي سعة 250 مل.
- أضف 50 مل من بيكربونات الصوديوم.
- أضف ملعقة صغيرة من الفحم الأسود ثم رج العينة مدة نصف ساعة، و رشح .
- خذ من العينة/ الشاهد/سلسلة القياسات 5 مل وضعها في دوارق معيارية سعة 25 مل.
- أضف 5 مل من موليبدات الأمونيوم و حرك.
- أضف 10 مل من الماء المقطر و 1 مل من كلوريد القصديري المخفف.
- أكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة، أغلق الدورق و امزجه جيداً.
- اقرأ على جهاز سبيكتروفوتومتر على طول الموجه/660 نانومتر/ بعد 10 دقائق من إضافة محلول كلوريد القصديري علماً أن اللون ثابت حتى فترة 20 دقيقة فقط.

6.2.3.11. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الفوسفور P مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

و يوضح الجدول (13) تقييم الفوسفور في التربة المقدر بطريقة Olsen (FAO 2007)

الجدول (13) تقييم الفوسفور في التربة حسب طريقة Olsen (مغ P / كغ تربة)

3 – 0	فقيرة جداً
8 – 3	فقيرة
14 – 8	متوسطة
20 – 14	عالي
أكثر من 20	عالي جداً

7.2.3.11. المراجع References:

- FAO 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi arid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture Circular 939, Washington, DC.

3.3.11. تقدير الفوسفور المتاح بجهاز سبكتروفوتومتر (طريقة مورفي) Determination of Available Phosphorus by Spectrophotometer (Murphy method)

1.3.3.11. الغاية و الهدف Scope: تقدير الفوسفور المتاح في الترب المتعادلة و القاعدية.

2.3.3.11. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على استخلاص جزء من الفوسفور الموجود في التربة و الجاهز للامتصاص من قبل النبات بمحلول بيكربونات الصوديوم (pH 8.5) ثم يُقدر الفوسفور المستخلص بالطريقة الفوتومترية و ذلك بمعاملة المستخلص بمحلول مولبيدات الأمونيوم في وسط حامضي حيث يتشكل مركب معقد فوسفات مولبيدات الأمونيوم و الذي يتم إرجاعه بواسطة حمض الأسكوربيك بوجود الأنتموان (تسرع طرطرات البوتاسيوم الأنتموني في إرجاع فوسفات مولبيدات الأمونيوم و تساعد في ثبات اللون للمركب المرجع).

3.3.3.11. الأجهزة Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر.

4.3.3.11. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- بيكربونات الصوديوم NaHCO_3 : أذب 42 غ بيكربونات الصوديوم في حوالي 800 مل ماء مقطر موجودة في دورق معياري سعة 1 لتر، عدل pH المحلول إلى 8.5 بواسطة ماءات الصوديوم، أكمل حتى العلامة بالماء مقطر.
- محلول (أ): أذب 12 غ من مولبيدات الأمونيوم في حوالي 250 مل ماء مقطر حراري، أذب 0.2098 من طرطرات البوتاسيوم الأنتموني في حوالي 100 مل ماء مقطر حراري، أضف المحلولين إلى 1000 مل حمض الكبريت 5 نظامي (يُحضر هذا بتمديد 148 مل من حمض الكبريت إلى لتر) و أكمل الحجم إلى 2000 مل ماء مقطر حراري.
- محلول (ب): أذب 1.056 غ حمض الأسكوربيك في 200 مل من المحلول (أ)، امزج جيداً (هذا المحلول صالح لمدة 24 ساعة).

- المحلول الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.4393 غ من فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4 (مجففة لمدة ساعتين على درجة حرارة 105 م) في 100 مل ماء مقطر، خفف 10 مل من المحلول الأم إلى 100 مل لتحضير قياسي 100 مغ/لتر فوسفور.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دורך معياري 100 مل 1، 2، 3، 4، 5 مل من القياسي 100مغ/لتر و أكمل للعلامة، هذه السلسلة من القياسات تحوي : 1، 2، 3، 4، 5 مغ/لتر فوسفور.

5.3.3.11. طريقة العمل Procedure:

- زن 2.5 غ من التربة إلى مخروطية 250 مل ثم أضف 50 مل من محلول بيكربونات الصوديوم.
- رج العينة مدة نصف ساعة، ثم رشح.
- خذ من العينة/الشاهد/سلسلة القياسات 5 مل إلى دوارق مخروطية.
- أضف 0.5 مل حمض الكبريت 5 نظامي للتحميض و انتظر حتى زوال الفقاعات.
- أضف 15 مل من الماء المقطر.
- أضف 5 مل من محلول (ب) و حرك، و انتظر 10 دقائق لتشكل اللون (اللون ثابت لمدة ساعتين على الأقل).
- اقرأ على جهاز سيكتروفوتومتر على طول الموجه 882 نانومتر.
- وقع سلسلة القياسات على الورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني. و أسقط قراءات العينات على المنحني و سجل تركيزات P المقابلة لها.

6.3.3.11. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الفوسفور P مغ/كغ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

7.3.3.11. المرجع Reference:

Murphy, J. and J.P. Riley.1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta.** 27: 31–36.

4.3.11. تقدير الفوسفور المتاح بجهاز التحليل الآلي (طريقة مورفي) Determination of Available Phosphorus by Autoanalyzer (Murphy method)

1.4.3.11. الغاية و الهدف Scope:

تقدير الفوسفور المتاح في التربة القاعدية.

2.4.3.11. المبدأ العام Principle:

تعتمد هذه الطريقة على استخلاص جزء من الفوسفور الموجود في التربة و الجاهز للامتصاص من قبل النبات بمحلول بيكربونات الصوديوم (pH 8.5) ثم يُقدر الفوسفور المستخلص بالطريقة الفوتومترية و ذلك بمعاملة المستخلص بمحلول موليبيدات الأمونيوم في وسط حامضي و بذلك يتشكل مركب معقد فوسفات موليبيدات الأمونيوم و الذي يتم إرجاعه بواسطة حمض الأسكوربيك بوجود الأنتيموان.

3.4.3.11. الأجهزة Apparatus:

4.4.3.11. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- بيكرينات الصوديوم NaHCO_3 0.5 نظامي: أذب 42 غ بيكرينات الصوديوم في حوالي 800 مل ماء مقطر موجودة في دورق معياري سعة 1 لتر، عدل pH المحلول إلى 8.5 بواسطة ماءات الصوديوم 5 نظامي، أكمل حتى العلامة ماء مقطر.
- هيدروكسيد الصوديوم: أذب 4 غ هيدروكسيد الصوديوم في حوالي 800 مل من الماء المقطر ثم أكمل إلى لتر بالماء المقطر، أضف 2 مل FFD6 و اخلط.
- محلول FFD6: خفف 2 مل FFD6 في لتر و اخلط جيداً.
- محلول مولبيدات الأمونيوم: خفف 40 مل من حمض الكبريت المركز بإضافته إلى حوالي 700 مل ماء مقطر، أضف 4.8 غ مولبيدات الأمونيوم و أذبه، أكمل إلى لتر ثم أضف 2 مل FFD6.
- محلول طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني: أذب 0.3 غ طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني في 80 مل ماء مقطر و أكمل إلى 100 مل و اخلط. المحلول ثابت عند درجة حرارة 4 م° لمدة شهر.
- حمض الأسكوربيك: أذب 18 غ من حمض الأسكوربيك في 800 مل ماء مقطر و أضف 20 مل من محلول الطرطرات المحضر سابقاً، أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر و اخلط. المحلول ثابت لمدة أسبوع على درجة حرارة 4 م°.
- المحلول الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.4393 غ من فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4 (مجففة لمدة ساعتين على درجة حرارة 105 م°) في 100 مل ماء مقطر، خفف 10 مل من المحلول الأم إلى 100 مل لتحضير قياسي 100 مغ/لتر فوسفور.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 1، 2، 3، 4، 5 مل من القياسي 100 مغ/لتر و أكمل للعلامة، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 1، 2، 3، 4، 5 مغ/لتر فوسفور.

5.4.3.11. طريقة العمل Procedure:

- زن 2.5 غ من التربة إلى مخروطية سعة 250 مل.
- أضف 50 مل من محلول بيكرينات الصوديوم.
- رج العينة مدة نصف ساعة ثم رشح.
- اقرأ سلسلة القياسات/العينات مستخدماً جهاز التحليل الآلي بحسب طريقة تشغيله.

6.4.3.11. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الفوسفور P مغ/مغ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

7.4.3.11. المرجع Reference:

Murphy, J. and J.P. Riley.1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta.** 27: 31–36.

12. تقدير البوتاسيوم في التربة :Determination of Potassium

1.12. تقدير البوتاسيوم الكلي :Determination of Total Potassium

1.1.12. الغاية و الهدف Scope: تقدير البوتاسيوم الكلي في التربة.

2.1.12. المبدأ العام Principle: معظم الأتربة السورية تحوي كمية كبيرة من البوتاسيوم أغلبها على شكل معادن غير قابلة للذوبان و جزء بسيط منها متاح للنبات على شكل بوتاسيوم متبادل و ذائب في الماء. تعتمد هذه الطريقة على هضم عينة التربة بطريقة (Acid Digestion Bomb) مصمم بشكل خاص للغازات المضغوطة. بعد هضم العينة يتم تقدير البوتاسيوم الكلي بجهاز الامتصاص الذري (AAS).

3.1.12. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الهايدروفلوريك 48% HF.
- الماء الملكي (Aqua Regia): امزج حجم واحد من حمض الآزوت المركز HNO_3 مع ثلاثة أمثاله من حمض كلور الماء المركز HCl .
- حمض البوريك H_3BO_3 (بشكل بودرة).
- المحلول الأم قياسي للبوتاسيوم 1000 مغ/لتر، يُحضر منه سلسلة قياسية 0.5، 1، 1.5، 2 مغ/لتر.

4.1.12. طريقة العمل Procedure:

- ضع 50 مغ من تربة جافة و مطحونة و ممررة على منخل (150 مش $\approx$ 0.105 مم) في أنبوب التفولون لوعاء الهضم، أضف 0.5 مل من الماء الملكي و 3 مل من حمض الهايدروفلوريك، و أغلق الأنبوب بإحكام و ضعه في وعاء الهضم ثم يُوضع في الفرن 40 دقيقة بدرجة 110 م.
- برد وعاء الهضم و أخرج الأنبوب ثم انقل نقلاً كميّاً محتويات الأنبوب بالماء المقطر (4-6 مل) في بيشر من البولي إيثيلين (على أن لا تزيد كمية الماء المقطر المستخدمة للنقل الكمي 10 مل).
- أضف 2.8 غ حمض البوريك إلى البيشر مع التحريك بقضيب بلاستيكي لحل حمض البوريك جيداً.
- أضف 5-10 مل ماء مقطر مع التحريك لذوبان كامل الرواسب ثم أكمل الحجم حتى 40 مل تقريباً.
- انقل المحلول إلى دورق معياري من البولي إيثيلين 100 مل و أكمل الحجم حتى العلامة.
- خزن المحلول في قارورة بلاستيكية لاستخدامه في تقدير البوتاسيوم أو أي من العناصر الكبرى أو الصغرى.

القياس:

- يتم ضبط و معايرة جهاز الامتصاص الذري باستخدام محلول قياسي للبوتاسيوم 2 مغ/لتر و تقارن مع القيمة المرفقة بدليل الجهاز للتصحيح و الضبط.
- اقرأ الامتصاص الضوئي للشاهد/القياسيات/العينات.

5.1.12. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{بوتاسيوم مغ/غ} = \frac{(\text{التركيز من المنحني} - \text{الشاهد}) \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}} \times \text{نسبة التمديد (إن وجدت)}$$

6.1.12. المرجع Reference:

Tan, K.H. 1996. Soil Sampling, Preparation, and Analysis. Marcel Dekker Inc., New York, N.Y. USA.

2.12. تقدير البوتاسيوم المتاح Determination of available Potassium

1.2.12. الغاية و الهدف Scope: تقدير البوتاسيوم المتاح للنبات في التربة (متبادل و ذائب).

2.2.12. المبدأ العام Principle: يتم استخلاص البوتاسيوم القابل للإفادة بإزاحته من غرويات التربة بمحلول غني بشاردة الأمونيوم، ثم قراءته على جهاز اللهب حيث يؤدي اللهب إلى تهيج ذرات البوتاسيوم لتصدر أشعة ضوئية تتم قراءة شدتها بحساس مناسب.

3.2.12. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز التحليل الطيفي باللهب (شكل 18) و جهاز رج كهربائي.



الشكل (18) جهاز اللهب

4.2.12. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول أسيتات الأمونيوم 1 نظامي (NH₄CH₃COOH): أذب 77 غ أسيتات الأمونيوم في لتر من الماء المقطر و اضبط pH 7 باستخدام حمض الخل أو ماءات الأمونيوم إذا لزم الأمر.
- محلول أم قياسي: أذب 1.9069 غ من كلوريد البوتاسيوم المجففة على درجة 105 م لمدة ساعتين في ورق معياري لتر، أكمل بالماء المقطر، يحوي هذا المحلول 1000 مغ/لتر من البوتاسيوم.
- حضر القياسات التالية من المحلول الأم: 20، 40، 60، 80، 100، 150، 200 مغ/لتر وفق القاعدة ح × ع = ح × ع: أي اسحب على التوالي 2، 4، 6، 8، 10، 15، 20 مل من المحلول

الأم إلى دوارق معيارية سعة 100 مل. أكمل الحجم حتى العلامة بمحلول أسيتات الأمونيوم لزوم تقدير البوتاسيوم الكلي، و بالماء المقطر لزوم تقدير البوتاسيوم الذائب بالماء.

5.2.12. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة جافة منخولة على منخل 2 مم في مخروطية زجاجية سعة 250 مل.
- أضف 50 مل من محلول أسيتات الأمونيوم.
- رج لمدة نصف ساعة ثم رش.
- إعداد الخط البياني لجهاز اللهب: يتم إجراء هذه الخطوة عند اللزوم و لا داعي لإجرائها في كل مرة قياس، تضبط قراءة الشاهد (أسيتات الأمونيوم) على 0 (بحسب طريقة تشغيل الجهاز) و تضبط قراءة القياسي الأعظمي (200 مغ/لتر) على 100، ثم تُقرأ سلسلة القياسات على التوالي و يُسجل مقابلاتها، تُوقع سلسلة القياسات على الورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني (يجب أن لا يقل معامل الارتباط عن 0.97)، تُحسب معادلة المنحني و تُستخدم لإعداد جدول للتراكيز المقابلة للقراءات.
- اقرأ الراشح على جهاز اللهب بعد ضبطه على الصفر للشاهد و على 100 للقياسي 200 مغ/لتر.
- من الجدول المعد سابقاً استخراج التراكيز المقابلة للقراءات.

6.2.12. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{بوتاسيوم مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

3.12. تقدير البوتاسيوم الذائب بماء التربة Determination of water-soluble Potassium in soil:

1.3.12. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة مجففة هوائياً و منخولة على منخل 2 مم في مخروطية زجاجية سعة 250 مل.
- أضف 100 مل ماء مقطر ثم رج لمدة ساعة واحدة.
- رش و اقرأ في الراشح تركيز البوتاسيوم على جهاز التحليل الطيفي باللهب.

2.3.12. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{بوتاسيوم مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

4.12. تقدير البوتاسيوم المتبادل Determination of exchangeable Potassium:

و هو البوتاسيوم الموجود على سطوح معادن الطين و القابل للتبادل و يُقدر بالفرق بين تركيز البوتاسيوم القابل للاستخلاص و تركيز البوتاسيوم الذائب في الماء.

الجدول (14) تقييم التربة وفقاً للبوتاسيوم المتاح (NH_4OAC - extractable) مغ/كغ (FAO 2007)

85 – 0	فقيرة جداً
150 – 85	فقيرة
250 – 150	متوسطة
450 – 250	عالي
أكثر من 450	عالي جداً

5.12. المراجع References:

- FAO 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi arid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Helmke, P.A. and D.L. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. p. 551-574. In: Methods of Soil Analysis: Part 3, (eds. Sparks, D.L. *et al.*), SSSA and ASA, Madison, WI.
- Suarez, D.L. 1996. Beryllium, magnesium, calcium, strontium, and barium. In: Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods (Eds. D.L. Sparks *et al.*), SSSA Book Series No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI, pp. 575–602.

13. تقدير الصوديوم في التربة Determination of Sodium:

1.13. تقدير الصوديوم القابل للاستخلاص بأسياتات الأمونيوم Determination of Ammonium

:Acetate-extractable Sodium by Flame Photometry

1.1.13. الغاية و الهدف Scope: تقدير الصوديوم القابل للاستخلاص في العينات الترابية.

2.1.13. المبدأ العام Principle: يُستخلص الصوديوم بإزاحته من غرويات التربة بمحلول غني بشاردة الأمونيوم، ثم قراءته على جهاز اللهب حيث يؤدي اللهب إلى تهيج ذرات الصوديوم لتصدر أشعة ضوئية، تتم قراءة شدتها بحساس مناسب.

3.1.13. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز التحليل الطيفي باللهب و جهاز رج كهربائي.

4.1.13. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول أسياتات الأمونيوم 1 نظامي: أذب 77 غ من أسياتات الأمونيوم في لتر من الماء المقطر واضبط pH 7 باستخدام حمض الخل أو ماءات الأمونيوم إذا لزم الأمر.
- المحلول الأم القياسي 100 ملليمكافئ/لتر: أذب 5.85 غ كلوريد الصوديوم المجففة على درجة 105° لمدة 2 ساعة في لتر من الماء المقطر.
- حضر منه المحاليل القياسية اللازمة بتطبيق القاعدة التحليلية $C \times E = C \times E$ كالتالي: 1، 2، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 9، 10 مليمكافئ و ذلك بالسحب على التوالي 1، 2، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 9، 10

مل إلى دوران معيارية سعة 100 مل. أكمل الحجوم المسحوبة بأسيتات الأمونيوم حتى العلامة لزوم تقدير الصوديوم الكلي، و بالماء المقطر الحراري لزوم تقدير الصوديوم الذائب في الماء.

5.1.13. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة جافة منخولة على منخل 2 مم في مخروطية زجاجية سعة 250 مل.
- أضف 50 مل من محلول أسيتات الأمونيوم.
- رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
- قم بإعداد الخط البياني لجهاز اللهب، و اقرأ الراشح على جهاز اللهب بعد ضبطه على الصفر للشاهد و على 100 للقياسي 10 ميليكافى/لتر.
- من الجدول المعد سابقاً استخراج التراكيز المقابلة للقراءات.

6.1.13. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{صوديوم ميليكافى/100 غ تربة} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times 1000} \times 100$$

$$\text{صوديوم Na غ/100 غ تربة} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times 1000 \times 1000} \times 23 \times 100$$

23: هو الوزن المكافى للصوديوم.

2.13. تقدير الصوديوم الذائب بماء التربة Determination of water-soluble Sodium in soil by

:flame photometry

1.2.13. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة مجففة هوائياً و منخولة على منخل 2 مم في مخروطية زجاجية سعة 250 مل.
- أضف 100 مل ماء مقطر ثم رج لمدة ساعة واحدة.
- رشح و اقرأ في الراشح تركيز الصوديوم على جهاز التحليل الطيفي باللهب.

2.2.13. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{صوديوم ميليكافى/100 غ تربة} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times 1000} \times 100$$

$$\text{صوديوم Na غ/100 غ تربة} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times 1000 \times 1000} \times 23 \times 100$$

3.13. تقدير الصوديوم المتبادل Determination of exchangeable Sodium

و هو الفرق بين تركيز الصوديوم القابل للاستخلاص و تركيز الصوديوم الذائب في الماء.

4.13. المرجع Reference:

Jackson, M.L. 1956. Soil Chemical Analysis—Advanced Course. Publ. by author, Dept. of Soils, Univ. of Wisconsin, Madison.

14. تقدير الكالسيوم و المغنزيوم :Determination of Calcium and Magnesium

1.14.1. تقدير الكالسيوم و المغنزيوم القابلين للاستخلاص بجهاز الامتصاص الذري Determination of extractable Calcium and Magnesium by the Atomic Absorption Spectrophotometer

1.1.14.1. الغاية و الهدف: تقدير الكالسيوم و المغنزيوم القابلين للاستخلاص في العينات الترابية.

2.1.14.2. المبدأ العام: يتم استخلاص الكالسيوم و المغنزيوم بإزاحتها من غرويات التربة بمحلول غني بشاردة الصوديوم في وسط مائل للقلوية (pH 8.2) منعاً لذوبان جزء من الكالسيوم أو المغنزيوم المثبت في التربة أو الفلزي (كالكسيت، دولوميت)، و تتم القراءة باستخدام جهاز الامتصاص الذري و الذي يعتمد على تهيج الذرات لإكسابها كمية من الطاقة فتنتقل من الحالة الخاملة Ground State إلى الحالة المثارة Excited State حيث تمتص ذرات العنصر كمية من الطاقة الضوئية للأشعة الساقطة عليها عند طول موجي معين و تزداد كمية الطاقة الممتصة بزيادة عدد ذرات العنصر المثارة وفق علاقة خطية بين كمية الضوء الممتصة و التركيز.

3.1.14. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز تحليل طيفي بالامتصاص الذري (جهاز الامتصاص الذري) Atomic Absorption Spectrophotometer (شكل 19).



الشكل (19) جهاز الامتصاص الذري

4.1.14. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول استخلاص أسيتات الصوديوم 1 نظامي: زن 82 غ من أسيتات الصوديوم في دورق معياري سعة 1000 مل و اضبط pH 8.2 باستخدام حمض الخل أو ماءات الصوديوم ثم أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محلول الأم كالسيوم 1000 مغ/لتر: أذب 2.775 غ من كلوريد الكالسيوم (مجففة لمدة ساعتين على درجة حرارة 105 م°) في 1000 مل ماء مقطر.

- سلسلة المحاليل القياسية للكالسيوم: خذ بالماصة إلى دوارق معيارية 100 مل 0.5، 1، 1.5، 2، 2.5 مل من القياسي 1000 مغ/لتر و أكمل للعلامة، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 5، 10، 15، 20، 25 مغ/لتر كالسيوم.
- محلول الأم مغنيزيوم 1000 مغ/لتر: أذب 2.475 من كبريتات المغنيزيوم (مجففة لمدة ساعتين على درجة حرارة 105 م°) في 1000 مل ماء مقطر، خفف 1 مل من المحلول الأم إلى 100 مل لتحضير قياسي 10 مغ/لتر مغنيزيوم.
- سلسلة المحاليل القياسية للمغنيزيوم: خذ بالماصة إلى دوارق معيارية 100 مل 1، 2، 3، 4، 5 مل من القياسي 100 مغ/لتر و أكمل للعلامة، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5 مغ/لتر مغنيزيوم.

5.1.14. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة مجففة و منخولة على منخل 2 مم في مخروطية زجاجية سعة 250 مل.
- أضف 50 مل من أسيتات الصوديوم للعينة و رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
- اقرأ في القياسات و الراشح تركيز الكالسيوم و تركيز المغنيزيوم على جهاز التحليل الطيفي في جهاز الامتصاص الذري و سجل القراءة.

6.1.14. طريقة الحساب Calculation:

$$Ca \text{ مغ/غ} = \text{التركيز من الجهاز} \times \frac{\text{حجم المستخلص}}{\text{وزن التربة}} \times \text{نسبة التمديد.}$$

$$Ca \text{ 100 غ/غ} = \text{التركيز من الجهاز} \times \frac{\text{حجم المستخلص}}{\text{وزن التربة} \times 1000 \times 1000} \times 100 \times \text{نسبة التمديد.}$$

$$Mg \text{ مغ/غ} = \text{التركيز من الجهاز} \times \frac{\text{حجم المستخلص}}{\text{وزن التربة}} \times \text{نسبة التمديد}$$

$$Mg \text{ 100 غ/غ} = \text{التركيز من الجهاز} \times \frac{\text{حجم المستخلص}}{\text{وزن التربة} \times 1000 \times 1000} \times 100 \times \text{نسبة التمديد.}$$

ملاحظة: عند تقدير Ca و Mg الذائبين في الماء تتبع الخطوات السابقة عدا أن الاستخلاص بالماء المقطر فقط و يُقدر Ca و Mg المتبادلين في التربة بالفرق بين تركيز Ca أو Mg القابلين للاستخلاص و تركيز Ca أو Mg الذائب بالماء.

2.14. تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم بطريقة المعايرة بفيرسينات الصوديوم Determination of

:Calcium and Magnesium by Versenate (EDTA) method

- 1.2.14. الغاية و الهدف Scope: تهدف هذه الطريقة لتقدير الكالسيوم و المغنيزيوم في العينات الترابية.
- 2.2.14. المبدأ العام Principle: يتم استخلاص الكالسيوم و المغنيزيوم بإزاحتهما من غرويات التربة بمحلول غني بشاردة الصوديوم في وسط مائل للقلوية (pH = 8.2) منعاً لذوبان جزء من الكالسيوم أو المغنيزيوم المثبت في التربة أو الفلزي (كالكسيت، دولوميت)، و تتم المعايرة بمحلول الفيرسينات حيث تتحد

هذه المادة المخبلية بقدرة عالية مع الأيونات الموجبة مثل Ca^{2+} , Mg^{2+} حتى في المحاليل شديدة القلوية. و يزداد ثبات المعقد المتشكل مع المغنزيوم عند درجة 10 pH وعند درجة 12 pH مع الكالسيوم و تحدد نقطة نهاية المعايرة بوجود كاشف الملامسة المناسب.

3.2.14. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول الاستخلاص أسيتات الصوديوم 1 نظامي.
- محلول كلوريد الكالسيوم القياسي 0.01 نظامي: أذب 0.555 غ كلوريد كالسيوم النقي (مجفف لمدة ساعتين على درجة 105م) في ورق معياري سعة لتر. يُكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر.
- محلول هيدروكسيد الصوديوم (منظم كالسيوم) 2 نظامي: أذب 80 غ من الصودا النقية في لتر من الماء المقطر.
- دليل الكالستين: أذب 0.2 غ دليل كالسين في 25 مل محلول ماءات الصوديوم 0.1 نظامي و ذلك في ورق معياري سعة 100 مل، ثم أكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر.
- محلول منظم للمغنزيوم (NH_4Cl-NH_4OH): أذب 67.5 غ من كلوريد الأمونيوم في 570 مل من ماءات الأمونيوم (أمونيا سائلة) ثم انقل المحلول إلى ورق معياري سعة لتر. دعه يبرد و أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر، يُحفظ في زجاجة عاتمة.
- دليل إيروكروم بلاك T: أضف 1 غ إيروكروم بلاك T إلى 200 غ من كلوريد الصوديوم الناعمة، اطحن الخليط بالهاون جيداً. يُحفظ بعيداً عن الرطوبة و الضوء.
- محلول EDTA 0.01 نظامي $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$: أذب 2 غ من فيرسينات الصوديوم و 0.05 غ كلوريد مغنزيوم في ورق معياري سعة لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة.
- قدر عياريتها كالتالي: اسحب 5 مل من محلول كلوريد الكالسيوم 0.01 نظامي إلى مخروطية زجاجية سعة 250 مل، أضف إليها حوالي 40 مل ماء مقطر، و 3 مل من منظم الكالسيوم، ثم أضف نقطتان من دليل الكالستين فيظهر اللون أخضر فوسفوري، عاير بالفيرسينات حتى يتحول اللون إلى الزهر الفاتح. سجل الحجم الذي لزم للمعايرة.
- احسب عيارية الفيرسينات من القانون $C \times H = E \times G$.

4.2.14. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة في مخروطية سعة 250 مل.
- أضف 50 مل من أسيتات الصوديوم للعينة و رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
- عاير الراشح كالتالي:
- اسحب بالماصة 5 مل من راشح العينة إلى مخروطية أولى و 5 مل إلى مخروطية ثانية (كلتا المخروطيتين سعة 250 مل).

- أضف للمخروطية الأولى حوالي 40 مل ماء مقطر و للمخروطية الثانية 20 مل ماء مقطر.
- أضف 4 مل من منظم الكالسيوم للمخروطية الأولى ثم نقطتان من دليل الكالستين يظهر اللون أخضر فوسفوري، و أضف 5 مل من منظم المغنزيوم للمخروطية الثانية و رشة من مسحوق إيروكروم بلاك T فيظهر اللون البنفسجي.
- عاير بمحلول الفيرسينات حتى يتحول لون المخروطية الأولى إلى الزهر الفاتح، و لون المخروطية الثانية إلى الأزرق السماوي.
- سجل حجم الفيرسينات التي لزمت لمعايرة كلتا المخروطيتين مع ملاحظة أن الحجم المستهلك للمخروطية الأولى (حجم الفيرسينات اللازمة لمعايرة للكالسيوم) يجب أن يكون أقل حتماً من الحجم المستهلك للمخروطية الثانية (حجم الفيرسينات اللازمة لمعايرة للكالسيوم و المغنزيوم).

5.2.14. طريقة الحساب Calculation:

$$\begin{aligned} \text{كالسيوم ميليكافى/100 غ} &= \frac{\text{حجم الفيرسينات للكالسيوم} \times \text{عيارية الفيرسينات} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب من الراشح}} \times 100 \\ \text{كالسيوم غ/100 غ تربة} &= \frac{\text{حجم الفيرسينات للكالسيوم} \times \text{عيارية الفيرسينات} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب من الراشح}} \times 20 \times 100 \\ \text{مغنزيوم ميليكافى/100 غ} &= \frac{(\text{حجم الفيرسينات للكالسيوم و المغنزيوم} - \text{حجم الفيرسينات للكالسيوم}) \times \text{عيارية} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب من الراشح}} \times 100 \\ \text{مغنزيوم غ/100 غ تربة} &= \frac{(\text{حجم الفيرسينات للكالسيوم و المغنزيوم} - \text{حجم الفيرسينات للكالسيوم}) \times \text{عيارية} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب من الراشح}} \times 12 \times 100 \end{aligned}$$

20: الوزن المكافئ للكالسيوم، 12: الوزن المكافئ للمغنزيوم

الجدول (15) بعض العناصر المغذية المتاحة في التربة (FAO 2007)

Nutrient (مغ/كغ)	منخفض جداً	منخفض	متوسط	عالي	عالي جداً
NO ₃ -N	5 – 0	15 – 5	30 – 15	40 – 30	40 <
المغنزيوم المتبادل	85 – 0	180 – 85	300 – 180	500 – 300	500 <
الكالسيوم المتبادل	500 – 0	1200 – 500	2500 – 1200	3500 – 2500	3500 <
الكبريت	10 – 0	20 – 10	35 – 20	45 – 35	45 <
الصوديوم	300 – 0				300 <

3.14. المراجع References:

- Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- FAO 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi arid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.
- Hesse P.R. 1971. A text book of soil chemical analysis. John Murray Ltd., London, UK. p. 520.

15. استخلاص و تقدير الفلور بالطريقة اللونية Determination of Fluoride by Colorimetric

:method

15.1. **الغاية و الهدف Scope:** هناك عدد كبير من الطرائق المتاحة لاستخلاص الفلوريد من التربة مثل استخلاص الفلوريد بالماء المقطر، استخلاصه بكلوريد الكالسيوم، استخلاصه باستخدام سترات الصوديوم و كلوريد البوتاسيوم، استخلاص الفلوريد بحمض الخل ... الخ (Begin and Fortin , 2003)، كما أن هناك عدة طرائق لتقدير الفلوريد في التربة.

15.2. **المبدأ العام Principle:** تعتمد الطريقة على زوال لون كاشف الأليزارين الأحمر بشكل يتناسب مع وجود شاردة الفلوريد في الوسط بوجود كلوريد الزيركونيل الحامضي (Rakshit, 2004) و بناء على ذلك فان التناسب بين تركيز الفلور في سلسلة القياسات و الامتصاصية هو تناسب عكسي، حيث يقرأ الشاهد الامتصاص الأعلى، ثم القياسي الأول فالثاني و هكذا.

15.3. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول الأليزارين الأحمر: أذب 0.75 غ من الأليزارين الأحمر في الماء المقطر، و أكمل إلى لتر.
- محلول كلوريد الزيركونيل الحامضي: أذب 0.334 غ من كلوريد الزيركونيل $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ في دورق معياري سعة لتر باستخدام حوالي 600 مل ماء مقطر، ثم أضف بحذر 33.3 مل حمض كبريت مركز و 10.1 مل من حمض كلور ماء مركز، اترك المحلول ليبرد ثم أكمل الحجم.
- المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.221 غ فلوريد الصوديوم NaF في دورق 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محاليل قياسية من الفلوريد : 1، 2، 3، 4، 5 مغ/لتر: للحصول على قياسات بتركيز 1، 2، 3، 4، 5 مغ/لتر فلوريد، خذ 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5 مل من المحلول الأم إلى دورق معياري سعة 100 مل، و أكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة.

15.4. طريقة العمل Procedure:

- خذ 10 غ تربة جافة هوائياً في دورق مخروطي سعة 250 مل و أضف 100 مل ماء مقطر.
- رج لمدة نصف ساعة ثم رشح (الرج على درجة حرارة حوالي 20 م°).
- خذ 10 مل من المستخلص إلى دورق مخروطي سعة 50 مل، ثم أضف 0.5 مل محلول أحمر الأليزارين و 0.5 مل محلول كلوريد الزيركونيل الحامضي و امزج بشكل جيد.
- خذ 10 مل من كل قياسي و عامله بنفس الطريقة و اترك العينة و القياسات لمدة ساعة.
- اقرأ الامتصاصية للقياسات على موجه 520 نانومتر و ارسم المنحني البياني.
- اقرأ الامتصاصية للعينات باستخدام جهاز سبكتروفوتومتر.
- وقع سلسلة القياسات على الورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني.

- أسقط قراءات العينات على المنحني (أو استخدم معادلة المنحني من الحاسب) و سجل تراكيز الفلور المقابلة لها.

5.15. طريقة الحساب :Calculation

$$\frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}} = \text{الفلور مغ/غ}$$

6.15. المراجع :References

- Begin, L. and J. Fortin. 2003. Evaluation of an acid ammonium oxalate extraction to determine fluoride in soils. **Journal of Environment Quality**, **32**: 662-673.
- Rakshit, P.K. 2004. Studies on estimation of fluoride and defluoridation of drinking water. MEng Thesis, India Institute of Science, Bangalore. pp. 8 – 36.

16. تقدير الكلور :Determination of Chloride

1.16. تقدير الكلور بطريقة المعايرة (طريقة مور) Determination of Chloride by Titration :method (Mohr's method)

- 1.1.16. الغاية و الهدف :Scope: تقدير الكلور الذائب في مستخلصات التربة.
- 2.1.16. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على ترسيب شوارد الكلور الذائبة بواسطة محلول نترات الفضة و الحصول على راسب أبيض من كلور الفضة حيث تجري هذه المعايرة بوجود كرومات البوتاسيوم و تحدد نقطة نهاية المعايرة عند بدء تشكل راسب كرومات الفضة ذو اللون القرميدي.

3.1.16. الأجهزة و الأدوات :Apparatus

- ميزان حساس بدقة 4 أرقام بعد الفاصلة.
- دورق مخروطي سعة 250 مل و ورق ترشيح و ماء مقطر حراري.

4.1.16. المحاليل و المواد اللازمة :Reagents

- محلول كرومات البوتاسيوم (الدليل المستخدم): أذب 5 غ من كرومات البوتاسيوم في 80 مل من الماء المقطر يُضاف إليها نقطة نقطة من محلول نترات الفضة حتى يتكون راسب أحمر ثابت، يتم الترشيح و يؤخذ الراشح و أكمل إلى 100 مل.
- محلول كلوريد الصوديوم 0.01 نظامي: أذب 0.585 غ من كلوريد الصوديوم في دورق معياري حجم لتر (قياسي 10 ميليكافئ/لتر).
- محلول نترات فضة 0.01 نظامي: أذب 1.7 غ من نترات الفضة في لتر من الماء المقطر و تحفظ بعيدة عن الضوء، و لحساب عياريتها بالضبط استخدم محلول كلوريد الصوديوم 0.01 نظامي حيث يُعاير 5 مل منه بمحلول نترات الفضة بعد إضافة ثلاث نقاط من دليل كرومات البوتاسيوم، و تحسب العيارية من القانون $C \times V = C' \times V'$.

5.1.16. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ من العينة الترابية و أضف إليها 50 مل ماء مقطر (مستخلص 5:1).
- رج لمدة 30 دقيقة ثم رشح.
- خذ 5 مل من عينة الرشاحة (أو من مستخلص العجينة المشبعة) إلى مخروطية سعة 250 مل.
- أضف 3 نقاط من دليل كرومات البوتاسيوم و عاير بمحلول نترات الفضة حتى ظهور راسب قرميدي ثابت.

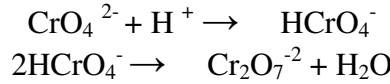
6.1.16. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الكلور مليمكافى/100 غ} = \frac{\text{حجم نترات الفضة} \times \text{العيارية} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب من الراشح}} \times 100$$
$$\text{الكلور غ/100 غ} = \frac{\text{حجم نترات الفضة} \times \text{العيارية} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب من الراشح} \times 1000} \times 35.5 \times 100$$

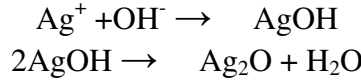
35.5: الوزن المكافئ للكلور

ملاحظات:

- ينصح بطريقة مور لتحديد الكلور في التربة المتعادلة أو القريبة من التعادل، ففي التربة الحامضية من الممكن أن يجري تفاعل أيون الهيدروجين مع شاردة الكرومات :



و بهذا الشكل يتناقص تركيز أيون الكرومات لذلك من الضروري إضافة كمية أكبر من نترات الفضة حتى يبدأ ترسب كرومات الفضة. من جهة أخرى فإنه في التربة شديدة القلوية من الممكن أن يتشكل هيدروكسيد أو أكسيد الفضة:



- تعيق الأيونات التي تشكل مع الفضة مركبات صعبة الانحلال (PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , S^{2-} , AsO_4^{2-} وغيرها) تحديد الكلور. من أجل تجنب تأثير CO_3^{2-} على النتائج يتم تحديد الكلور بعد معايرة المستخلص المائي بوجود دليل الفينول فتالين حتى تحول CO_3^{2-} إلى HCO_3^- .

- من أجل تحديد حجم المستخلص المائي المأخوذ لتحديد أيون الكلور من الضروري إجراء فحص نوعي لمحتوى الكلور من أجل هذا نضع في أنبوب اختبار 5 مل من المستخلص و نضيف له قطره من حمض الآزوت و عدة قطرات من محلول AgNO_3 ذو التركيز 1 % و نحرك الأنبوب، إذا ظهر في الأنبوب راسب كثيب قطني فعندئذ يجب أن لا يؤخذ أكثر من 5 مل من المستخلص المائي، أما إذا لوحظ في الأنبوب عكارة شديدة فعندئذ نأخذ 10 مل من المستخلص و إذا كانت العكارة ضعيفة نأخذ من 20-25 مل و إذا بقي المحلول في أنبوب الاختبار غير عكر عندئذ نأخذ 50 مل.

7.1.16. المرجع Reference:

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.

2.16. تقدير الكلور بالطريقة اللونية بجهاز التحليل الآلي Determination of Chloride by Colorimetric (Autoanalyzer) method

1.2.16. الغاية و الهدف Scope: تقدير الكلور الذائب في التربة.

2.2.16. المبدأ العام Principle: تستند طريقة تحليل الكلوريد إلى تفاعل تبادل تيوسيانات الزئبق مع الكلور الموجودة بصورة ذائبة في المياه أو مستخلصات التربة بوجود نترات الحديد، فشوارد التيوسيانات المتحررة تعادل شوارد الكلور المرتبطة بالزئبق و تتفاعل التيوسيانات المتحررة مع نترات الحديد و تشكل معقد أحمر اللون من تيوسيانات الحديد الذي يُقاس فيه تركيز التيوسيانات على الموجه 480 نانومتر.

3.2.16. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز تحليل آلي و رجاج رحوي مع مؤقت زمني.
- ميزان نصف حساس رقمين بعد الفاصلة.

4.2.16. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول Brij - 35 ، ميتانول، و نترات الحديد، كلوريد الصوديوم.
- حمض الآزوت 5%: خذ 50 مل من حمض الآزوت 65% إلى 1000 مل ماء مقطر حراري ثم أضف 1 مل من (بريدج 30). راعي شروط إضافة الحمض إلى الماء.
- محلول قياسي أم 1000 مغ/لتر: زن 1.64 غ من كلوريد الصوديوم إلى لتر ماء مقطر حراري.
- تحضير محلول إظهار اللون:
 - حل 520 مغ من تيوسيانات الزئبق مع 200 مل من الميتانول في دورق سعة 1 لتر.
 - أضف 600 مل ماء مقطر حراري و اخلط. ثم أضف 63 مل حمض الآزوت 5% و اخلط.
 - حل 40 غ من نترات الحديد و أكمل إلى 1000 مل بالماء ثنائي التقطير.
 - أضف 1 مل من البريدج.

5.2.16. طريقة العمل Procedure:

تجهيز (مستخلصات، معلقات) للعينات الترابية المراد تحليل شاردة الكلور فيها وفق طريقة التحليل على الجهاز، اقرأ العينات على جهاز التحليل الآلي.

6.2.16. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الكلور ميليكافى/لتر} = \frac{\text{التركيز من الجهاز}}{\text{الوزن المكافى للكلور}}$$
$$\text{الكلور ميليكافى/100 غ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} / \text{الوزن المكافى} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times 1000} \times 100$$

7.2.16. المرجع Reference:

Paycheng, C. 1980. Méthodes d'analyses utilisées au laboratoire commun de Dakar. IRD-Orstom, Dakar, Paris. 104.

17. تقدير الكربونات و البيكربونات في مستخلص التربة Determination of Carbonate and Bicarbonate of soil extract

:Bicarbonate of soil extract

1.17. تقدير الكربونات و البيكربونات في مستخلص التربة بطريقة المعايرة Determination of Carbonate and Bicarbonate of soil extract by Titration method

:Carbonate and Bicarbonate of soil extract by Titration method

1.1.17. الغاية و الهدف Scope: تقدير الكربونات و البيكربونات الذائبة في التربة.

2.1.17. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على معايرة الكربونات الذائبة بواسطة حمض

الكبريت أو حمض كلور الماء المخفف حيث يتفاعل هيدروجين الحمض مع أيون الكربونات و تتحول الكربونات إلى بيكربونات و ذلك عند رقم حموضة 8.3، و نحدد نقطة نهاية المعايرة باستخدام دليل فينول فتالين و عند هذه النقطة نكون قد عايرنا نصف الكربونات و باستمرار المعايرة بإضافة الحامض تتحول البيكربونات إلى حمض الكربون باستخدام دليل برتقالي الميثيل الذي يتغير لونه عند pH 4.1 - 4.4، و بمعرفة كمية الحمض المستهلكة في المعايرة يمكن حساب الكربونات و البيكربونات الذائبة.

3.1.17. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- ميزان حساس بدقة 4 أرقام بعد الفاصلة.

- دوارق سعة 250 مل و ورق ترشيح.

4.1.17. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول فتالات البوتاسيوم 0.1 نظامي: زن 5.1035 غ من فتالات البوتاسيوم النقية ($C_8H_4K_2O_4$) المجففة لمدة ساعتين على حرارة 110 م° و أذبها في دورق معياري سعة 250 مل بالماء المقطر ثم امزج جيداً حتى تمام التجانس.

- محلول هيدروكسيد الصوديوم 0.1 نظامي: أذب 4 غ صودا نقية في حوالي 800 مل ماء مقطر ثم أكمل الحجم إلى لتر، اضبط عياريته بمحلول فتالات البوتاسيوم المحضر سابقاً (يتوفر في الأسواق باسم فيكسينال).

- حمض كلور الماء 0.01 نظامي: مدد 1 مل حمض كلور الماء المركز إلى 1 لتر بالماء المقطر، اضبط عياريته بمحلول هيدروكسيد الصوديوم المحضر سابقاً بوجود كاشف فينول فتالين.

- دليل فينول فتالين: أذب 1 غ من الدليل في 100 مل من الكحول الإيثيلي 70%.

- دليل برتقالي الميثيل: أذب 0.1 غ من الدليل في 100 مل من الماء المقطر.

- قياس البيكربونات: أذب 1.376 غ بيكربونات الصوديوم في لتر ماء مقطر (1000 مغ/لتر).

5.1.17. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ من العينة الترابية و أضف إليها 50 مل ماء مقطر (مستخلص 5:1).

- رج لمدة 30 دقيقة ثم رشح. خذ 10 مل بالماصة من الراشح إلى مخروطية 250 مل.

- أصف 4-5 نقط فينول فتالين فإذا ظهر لون وردي دل على وجود الكربونات الذائبة. تُعاير عندئذ بمحلول حمض كلور الماء حتى زوال اللون الوردي ثم سجل حجم الحمض (حجم للكربونات).
- أصف 4-5 نقاط من برتقالي المتيل إلى نفس المخروطية، تابع المعايرة (بدون تصفير السحاحة) حتى يتحول اللون الأصفر إلى اللون البرتقالي. سجل حجم الحمض المستخدم (الحجم الكلي).

6.1.17. طريقة الحساب Calculation:

لمستخلص العجينة المشبعة:

$$\text{الكربونات ميليكافى/100 غ تربة} = \frac{\text{حجم الحمض للكربونات} \times 2 \times \text{عياريته}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب}} \times 100$$

$$\text{الكربونات مغ/كغ} = \frac{\text{حجم الحمض للكربونات} \times 2 \times \text{عياريته}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب}} \times 30 \times 1000$$

30: الوزن المكافئ للكربونات

$$\text{البيكربونات ميليكافى/100 غ تربة} = \frac{(\text{حجم الحمض الكلي} - \text{حجم الحمض للكربونات} \times 2) \times \text{عياريته}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب}} \times 100$$

$$\text{البيكربونات مغ/كغ} = \frac{(\text{حجم الحمض الكلي} - \text{حجم الحمض للكربونات} \times 2) \times \text{عياريته}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب}} \times 61 \times 1000$$

61: الوزن المكافئ للبيكربونات

لمعلقات التربة (بحسب نسبة الاستخلاص):

$$\text{الكربونات ميليكافى/100 غ} = \frac{\text{حجم الحمض للكربونات} \times 2 \times \text{عياريته} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب}} \times 100$$

$$\text{البيكربونات ميليكافى/100 غ} = \frac{(\text{حجم الحمض الكلي} - \text{حجم الحمض للكربونات} \times 2) \times \text{عياريته} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times \text{حجم السحب}} \times 100$$

ملاحظة:

- يجب تقدير الكربونات و البيكربونات مباشرة عند استلام العينات خوفاً من التلوث بكاربون الجو.
- يجب بشكل دائم أن نجهز شاهدين يحتويان كل المحاليل ما عدا التربة و نعامله بالضبط بنفس الطريقة التي تعامل بها العينات و من ثم نطرح قراءة معايرة الشاهد من قراءة كل العينات.

2.17. تقدير الكربونات و البيكربونات في مستخلص التربة بالطريقة اللونية بجهاز التحليل الآلي Determination of Carbonate and Bicarbonate of soil extract by Colorimetric :(Autoanalyser) method

1.2.17. الغاية و الهدف Scope: تحليل البيكربونات في التربة.

2.2.17. المبدأ العام Principle: إن تحديد الكربونات و البيكربونات الذائبة في المياه أو مستخلصات التربة يعتمد على خفض pH مستخلص العجينة المشبعة عن طريق التحميض، فيتحرر نتيجة ذلك غاز CO₂ الذي ينتشر عبر غشاء خاص بالغازات إلى حجرة تحتوي محلول ملون من الفينول فتالين، تتناسب شدة الغاز المنطلق طردياً مع الانخفاض في شدة اللون التي تُقاس على طول الموجه 550 نانومتر.

3.2.17. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز تحليل آلي.
- دوارق زجاجية، أقماع زجاجية.
- ورق ترشيح
- ميزان حساس رقمين بعد الفاصلة.

4.2.17. المحاليل و المواد اللازمة Reagents :

- حمض الكبريت 0.5 نظامي: أضف 13.9 مل من الحمض إلى 1000 مل ماء مقطر حراري مع مراعاة إضافة الحمض إلى الماء و نضع 0.5 مل بريدج.
- محلول الفينول فتالين (محلول A): زن 1 غ من فينول فتالين في 100 مل إيثانول، ثم أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري إلى لتر و أضف 2.5 مل بريدج.
- المحلول الأم للمحلول الملون (محلول B): زن 26.5 غ من كربونات الصوديوم NaCO_3 و 21 غ من بيكربونات الصوديوم NaHCO_3 في دورق معياري سعة لتر و أكمل بالماء المقطر الحراري.
- المحلول الملون: أضف 2 مل من محلول A إلى 25 مل من المحلول B في دورق معياري سعة لتر، أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر الحراري، ثم أضف 2.5 مل من بريدج 35.

ملاحظة:

- يجب تحضير المحلول الملون قبل 12 ساعة من استخدامه.
 - رشح المحلول قبل استخدامه.
- المحاليل القياسية: زن 8.4 غ من NaHCO_3 في 1 لتر من الماء المقطر، حضر منه القياسات اللازمة.

5.2.17. طريقة العمل Procedure:

أدخل القياسات/الشاهد/العينات إلى جهاز التحليل الآلي مع المحاليل اللازمة.

6.2.17. طريقة الحساب Calculation:

$$\frac{\text{التركيز من الجهاز}}{\text{الوزن المكافئ (61)}} = \text{البكربونات ميلكافئ/لتر}$$

$$\text{البكربونات ميلكافئ/100 غ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز/الوزن المكافئ} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{1000 \times \text{وزن التربة}} \times 100$$

3.17. المرجع Reference:

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.

18. تقدير الكبريت في مستخلص التربة :Determination of Sulfur in soil extract

1.18. تقدير الكبريت في مستخلص التربة بطريقة العكارة :Determination of Sulfur of soil extract by Turbidimetric method

1.1.18. **الغاية و الهدف Scope:** تهدف هذه الطريقة إلى تقدير الكبريتات الذائبة في محلول التربة و يمكن تطبيقها لتقدير الجبس الكلي في التربة عند استخدام نسبة استخلاص مناسبة.

2.1.18. **المبدأ العام Principle:** تعتمد الطريقة على الاستخلاص المائي للكبريتات وفق نسبة استخلاص (تربة - ماء) متناسبة مع محتواها في التربة ثم ترسيبها بكلوريد الباريوم في وسط مضبوط الـ pH لتتشكل عكارة ناتجة عن كبريتات الباريوم ثم قياس كثافة العكارة بجهاز سبيكتروفوتومتر على طول موجة 420 نانومتر.

التداخلات: يجب ترشيح العينات بشكل جيد و يُستخدم جهاز الطرد المركزي للعينات العكرة.

ملاحظات: من الضروري الصرامة في الحفاظ على شروط إجراء التحليل للعينات القياسية و العينات المراد تحليلها فمن الضروري أن يكون هناك ترتيب موحد لتعاقب الإضافات و كذلك سرعة و زمن خلط المكونات و شروط أخرى.

3.1.18. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبيكتروفوتومتر.

4.1.18. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- المحلول المنظم: أذب 40 غ كلوريد المغنيزيوم و 4.1 غ أسيتات الصوديوم و 0.83 غ نترات البوتاسيوم في دورق معياري لتر يحوي 800 مل ماء مقطر، أضف 28 مل كحول إيثيلي نقي ثم أكمل الحجم بالماء المقطر.

- حمض كلور الماء 1:1: أضف 500 مل من حمض كلور الماء المركز إلى 400 مل ماء مقطر و انتظر حتى يبرد المحلول ثم أكمل الحجم إلى 1 لتر.

- المحلول الأم 1000 مغ/لتر كبريت: يُذاب 0.5435 غ كبريتات البوتاسيوم النقية و الجافة تماماً أو 1.4756 غ كبريتات الصوديوم (تُجفف في الفرن على درجة حرارة 105 م° لمدة ساعتين) في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر الحراري.

- محاليل قياسية 20، 40، 60، 80، 100 مغ/لتر كبريت: انقل إلى خمسة دوارق سعة 100 مل على التوالي 2، 4، 6، 8، 10 مل من القياسي الأم و يُضاف لكل منها 5 مل محلول حمض كلور الماء 1:1 و أكمل الحجم بالماء المقطر إلى العلامة. يُضاف للمحاليل القياسية الكمية ذاتها من كلوريد الباريوم المضافة للينة و يُراعى زمن الرج و مدة الانتظار للقياس.

5.1.18. طريقة العمل Procedure:

- الاستخلاص: يمكن تقدير الكبريت في مستخلص العجينة المشبعة (انظر طريقة تحضير مستخلص العجينة المشبعة) أو في مستخلص 5:1 بوزن 10 غ تربة و إضافة 50 مل ماء مقطر

و الرج لمدة نصف ساعة، وفي حال تقدير الجبس يتم اختيار نسبة الاستخلاص من الجدول (16) بوزن 0.5 أو 1 غ تربة، تُوضع في دورق مخروطي (250 مل) و يُضاف إليها الحجم المناسب من الماء المقطر.

- رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
- خذ 1 مل من القياسي/راشح العينة/شاهد ماء مقطر و ضع في بيشر مناسب يُضاف إليها 1 مل محلول حمض كلور الماء 1:1 ، حرك باليد حركة دائرية ثم يُضاف إليها 20 مل ماء مقطر و 5 مل محلول منظم. ضع البيشر على المحرك المغنطيسي و أضف إليه جرعة من بللورات كلوريد الباريوم، استمر بالتحريك لمدة دقيقة.
- اقرأ العينات باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر على طول الموجة 420 نانومتر.

الجدول (16)

نسبة الاستخلاص المناسبة	النسبة المتوقعة للجبس
1:1	أقل من 25%
1:2	من 25% إلى 50%
1:3	من 50% إلى 75%
1:4	أكبر من 75%

6.1.18. طريقة الحساب Calculation:

- يتم إعداد المنحني البياني للقياسيات باستخدام الورق المليمترى أو برنامج Excel و من المنحني نحسب التركيز المقابل للقراءات.
- في بعض أجهزة سبيكتروفوتومتر الحديثة يتم إعداد المنحني البياني مباشرة من قبل برنامج التحكم المرفق مع الجهاز و يقوم بحساب التركيز المقابل للقراءة مباشرة.
- و تتم عملية الحساب كما يلي:

$$\text{الكبريت مكافئ/لتر في مستخلص العجينة المشبعة} = \frac{\text{التركيز من المنحني}}{\text{الوزن المكافئ للكبريت}} \times 100$$

$$\text{الكبريت مكافئ/100 غ تربة في مستخلص 5:1 10:1} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{الوزن المكافئ للكبريت} \times 1000 \times \text{وزن العينة}} \times 100$$

$$\text{الكبريت مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{1000 \times \text{وزن العينة}} \times 1000$$

16.03: الوزن المكافئ للكبريت

$$\text{لحساب نسبة الجبس: غ جبس في 100 غ تربة} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times 10000} \times 5.375$$

حيث معامل التحويل إلى جبس = الوزن الجزيئي للجبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (172) / (الوزن الذري للكبريت (32) = 5.375

7.1.18. المرجع Reference:

Jackson, M.L. 1956. Soil Chemical Analysis—Advanced Course. Publ. by author, Dept. of Soils, Univ. of Wisconsin, Madison.

2.18. تقدير الكبريت في مستخلص التربة بطريقة العكارة بالطريقة اللونية بجهاز التحليل الآلي

:Determination of Sulfur in soil extract by Colorimetric method (Autoanalyzer)

1.2.18. الغاية و الهدف Scope: تهدف هذه الطريقة إلى تقدير الكبريتات الذائبة في محلول التربة و

يمكن تطبيقها لتقدير الجبس الكلي في التربة عند استخدام نسبة استخلاص مناسبة.

2.2.18. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على الاستخلاص المائي للكبريتات وفق نسبة

استخلاص (تربة - ماء) متناسبة مع محتواها في التربة، تتفاعل الكبريتات المستخلصة مع كاشف أمينوبريميدين لتشكل معقد غير منحل و الذي بدوره يتفاعل مع نترت الصوديوم في الوسط الحمضي ليشكل معقد ديازو، يُقرأ على طول موجة 420 نانومتر.

3.2.18. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز تحليل آلي.

4.2.18. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- المحلول المنظم: أذب 10.25 غ أسيتات الصوديوم و 28.75 مل في 900 مل ماء مقطر، أكمل الحجم بالماء المقطر إلى 2 لتر ثم أضف 2 مل محلول بريج.
- أمينوبريميدين: أذب 160 مغ من كاشف أمينوبريميدين في 80 مل ماء مقطر ثم أكمل الحجم إلى 100 مل، رشح عند الضرورة (يُحضر أسبوعياً و يُحفظ في زجاجة عاتمة).
- حمض كلور الماء: أضف 4.5 مل من حمض كلور الماء المركز إلى 800 مل ماء مقطر و أتمم إلى لتر ثم أضف 1 مل محلول بريج.
- محلول نترت الصوديوم: أذب 2 غ من نترت الصوديوم في 120 مل ماء مقطر و أكمل الحجم إلى 200 مل بالماء المقطر.
- المحلول الأم 1000 مغ/لتر كبريت: يُذاب 0.5435 غ سلفات البوتاسيوم النقية و الجافة تماماً (تُجفف في الفرن على درجة حرارة 105 م° لساعتين) في ورق معياري 100 مل و أكمل الحجم.
- محاليل قياسية 20، 40، 60، 80، 100 مغ/لتر كبريت: يُنقل إلى عشرة دوارق سعة 100 مل على التوالي 2، 4، 6، 8، 10 مل من القياسي الأم و يُكمل الحجم بالماء المقطر إلى العلامة.

5.2.18. طريقة العمل Procedure:

يمكن تقدير الكبريتات في مستخلص العجينة المشبعة (انظر طريقة تحضير مستخلص العجينة المشبعة) أو في مستخلص 5:1 كالتالي:

- زن 10 غ تربة في ورق مخروطي و أضف لها 50 مل ماء مقطر و رج لمدة نصف ساعة.
- في حال تقدير الجبس يتم اختيار نسبة الاستخلاص من الجدول السابق بوزن 0.5 أو 1 غ تربة و تُوضع في ورق مخروطي (250 مل) و يُضاف إليها الحجم المناسب من الماء المقطر و تُرج لمدة نصف ساعة ثم تُرشح.

- اقرأ العينات على جهاز التحليل الآلي على طول الموجة 420 نانومتر.

6.2.18. طريقة الحساب Calculation:

$$\frac{\text{التركيز من الجهاز}}{\text{الوزن المكافئ للكبريت}} = \text{الكبريت مملكافئ/لتر في مستخلص العجينة المشبعة}$$

$$100 \times \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم المستخلص}}{\text{الوزن المكافئ للكبريت} \times 1000 \times \text{وزن العينة}} = \text{الكبريت مملكافئ/100 غ تربة في مستخلص 5:1 أو 10:1}$$

لحساب نسبة الجبس:

$$\text{غ جبس في 100 غ تربة} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times 10000} \times 5.375$$

7.2.18. المرجع Reference:

Alliance manual 2001.

19. تقدير العناصر الصغرى (الحديد، النحاس، التوتياء و المنغنيز) في مستخلص التربة (الاستخلاص

ب DTPA و القراءة بجهاز الامتصاص الذري) (Zn, Mn, Cu Determination of Micronutrients and Fe) in DTPA extraction by AAS

1.19. الغاية و الهدف Scope: تقدير العناصر الصغرى في العينات الترابية.

2.19. المبدأ العام Principle: تعتمد عملية الامتصاص الذري على حدوث تهيج الذرات لإكسابها كمية من الطاقة فتنتقل من الحالة الخاملة Ground State إلى الحالة المثارة Excited State حيث تمتص ذرات العنصر كمية من الطاقة الضوئية للأشعة الساقطة عليها عند طول موجي معين و تزداد كمية الطاقة الممتصة بزيادة عدد ذرات العنصر المثارة. هناك علاقة خطية بين كمية الضوء الممتصة و تركيز المحلول القياسي المعروف و بذلك يمكن تقدير تركيز العنصر في المحاليل المجهولة.

3.19. المحاليل القياسية Reagents: محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر: عادةً تتوفر أنبولات جاهزة تحوي 1000 مغ/لتر لكل عنصر، ينقل محتوى الأنبولة إلى دورق معياري سعة 1000 مل نقلاً كميّاً و يضاف له حوالي 20 مل من حمض الآزوت المركز (للحفظ) و يُكمل الحجم إلى العلامة بالماء الحراري، و يحضر من المحاليل القياسية الأم المحاليل القياسية التالية:

- الحديد: 1، 2، 3 ... 10 مغ/لتر.

- النحاس: 0.1، 0.2، 0.3 ... 1 مغ/لتر.

- المنغنيز: 1، 2، 3 ... 10 مغ/لتر.

- الزنك: 0.1، 0.2، 0.3 ... 1 مغ/لتر.

محلول الاستخلاص DTPA 0.005 M : زن 1.967 غ من مادة (DTPA) ثنائي إيثيلين ثلاثي أمين خماسي حمض الخل و وضعها في دورق معياري سعة لتر ثم أضف لها 300 مل ماء مقطر و اخلط جيداً. زن 14.92 غ من TEA (ثلاثي أيثانول أمين) و 1.47 غ من $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ في بيشر نذيبها في

300 مل ماء مقطر و حركها حتى الذوبان ثم انقلها إلى الدورق المعياري السابق، يُكمل الحجم بالماء المقطر حتى 900 مل تقريباً. اضبط pH المحلول إلى 7.3 بواسطة حمض كلور الماء 1:1 (الكمية المحتاجة 4.2 مل تقريباً) ثم أكمل الحجم إلى لتر.

4.19. طريقة العمل Procedure:

- زن 10 غ تربة جافة هوائياً و منخولة على منخل بقطر 2 مم في دورق مخروطي سعة 250 مل.
- أضف لها 50 مل من محلول الاستخلاص DTPA و رج لمدة ساعتين ثم رشح.
- حضر شاهد للعينات (بدون تربة).
- اقرأ المحاليل القياسية الخاصة للعنصر/الشاهد/راشح العينة على جهاز الامتصاص الذري.

5.19. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{عنصر مغ/غ} = \frac{(\text{التركيز من الجهاز - قراءة الشاهد}) \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

الجدول (17) العناصر الصغرى المتاحة في التربة حسب (Jones, 2001)

تركيز العنصر في التربة (مغ/كغ)					العناصر الصغرى القابلة للإفادة (DTPA)
عالي جداً	عالي	متوسط	منخفض	منخفض جداً	
25<	25 – 17	16 – 11	10 – 5	5 – 0	الحديد
30<	30 – 13	12 – 9	8 – 4	4 – 0	المنغنيز
6<	6 – 3.1	3 – 1.1	1 – 0.5	0.5>	الزنك
2.5<	2.5 – 1.3	1.2 – 0.9	0.8 – 0.3	0.3>	النحاس
2<	2 – 1.3	1.2 – 0.8	0.7 – 0.4	0.4>	البورون

6.19. المراجع References:

- Jaiswal, P.C. 2003. Soil, plant and water analysis. Kalyani publishers, New Delhi, India. p.441.
- Jones, J.B., Jr. 2001. Laboratory guide for conducting soils tests and plant analysis. CRC Press, Boca Raton Florida, USA.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 42: 421–428.

20. تقدير البورون القابل للامتصاص (طريقة الاستخلاص بالماء الحار) Determination of

:Available Boron by hot water extraction method

1.20. تقدير البورون بجهاز سبكتروفوتومتر :Determination of Boron by Spectrophotometer

1.1.20. الغاية و الهدف Scope: تقدير البورون القابل للامتصاص في التربة.

2.1.20. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على تفاعل البورون مع كاشف الأزوميثين H^- في وسط مضبوط الـ pH (حامضي خفيف) لتشكيل معقد أصفر اللون يُقاس على طول موجة 420 نانومتر و الاستخلاص بالماء الحار.

التداخلات: تسبب شوارد الألمنيوم و الكالسيوم و الحديد تداخلات يتم منع هذه التداخلات بإضافة EDTA 2 نظامي.

3.1.20. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر.

4.1.20. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- المحلول المنظم: أذب 250 غ من أسيتات الأمونيوم و 15 غ من EDTA في 400 مل ماء مقطر. أضف بهدوء 125 حمض الخل ثم أمزج.
- المحلول الملون: أذب 0.45 غ من الأزوميثين H^- في 100 مل محلول حمض الأسكوربيك 1%.
- يجب أن يُحضّر الكاشف ليبقى طازجاً بشكل أسبوعي و يُحفظ في الثلاجة.
- المحلول القياسي الأم 100 مغ/لتر بورون: أذب 0.5719 غ من حمض البوريك في 1000 مل ماء مقطر، يُحضّر أسبوعياً. حضر منه المحاليل القياسية التالية: 0.4، 0.8، 1.2، 1.6، 2 مغ/لتر بورون: انقل على التوالي 0.4، 0.8، 1.2، 1.6، 2 مل من المحلول القياسي الأم إلى خمسة دوارق معيارية سعة 100 مل ثم أكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر، يحضر بشكل يومي.

5.1.20. طريقة العمل Procedure:

- زن 20 غ من العينة إلى مخروطية سعة 250 مل.
- أضف 40 مل ماء مقطر ساخن (على حرارة 70-80 م°).
- رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
- حضر شاهد للعينات من الماء المقطر.
- انقل باستخدام الماصة الآلية 1 مل من العينة أو الشاهد (الماء المقطر الذي استخدم للاستخلاص) أو من المحلول القياسي إلى زجاجية مناسبة (يجب تحميص الزجاجيات المصنعة من البوراكس بشكل جيد بحمض كلور الماء 1:1).
- أضف 2 مل من المحلول المنظم إلى العينة/شاهد/قياسي ثم اخلط.
- أضف 2 مل من كاشف الأزوميثين H^- و اخلط.

- اقرأ الامتصاص للعينات/الشاهد/القياسيات بعد 30 دقيقة (لضمان تشكل اللون) على طول موجة 420 نانومتر على جهاز سبكتروفوتومتر.
- وقع سلسلة القياسيات على الورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني.
- أسقط قراءات العينات على المنحني (أو استخدم معادلة المنحني من الحاسب).
- سجل تركيز البورون المقابل لها.

6.1.20. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{البورون م/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

ملاحظة: يجب تحميص الزجاجيات المستخدمة في أي مرحلة من المراحل بشكل جيد بحمض كلور الماء 1:1، و يُفضل استخدام عبوات البولي إيثيلين.

2.20. تقدير البورون بجهاز التحليل الآلي Determination of Boron by Autoanalyzer:

1.2.20. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على تفاعل البورون مع كاشف الأزوميثين في وسط مضبوط الـ pH (حامضي خفيف) لتشكيل معقد أصفر اللون يُقاس على طول موجة 420 نانومتر.

التداخلات: تسبب شوارد الألمنيوم و الكالسيوم و الحديد تداخلات يتم منعها بإضافة حمض الثيوغليكوليك مع EDTA 2 نظامي.

2.2.20. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز تحليل آلي.

3.2.20. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول حمض الآزوت: أضف 20 مل من حمض الآزوت المركز إلى 800 مل ماء مقطر، أكمل الحجم بالماء المقطر إلى لتر ثم أضف 3 مل محلول بريج.
- المحلول المنظم: أذب 3 غ من الـ EDTA في 100 مل ماء مقطر، و في دورق منفصل أذب 80 غ من أسيتات الأمونيوم و 2.5 مل من حمض الثيوغليكوليك في 700 مل ماء مقطر، أضف محلول الـ EDTA إليه ثم أضف 30 مل من حمض الخل، امزج بشكل جيد و اضبط الـ pH إلى 5.6 باستخدام حمض الخل أو ماءات الأمونيوم.
- ملاحظة: يُحفظ المحلول في زجاجة عاتمة و على درجة حرارة 4 م° و يُحضر أسبوعياً.
- المحلول الملون: أذب 0.9 غ أزوميثين - H و 2 غ حمض أسكوربيك في 80 مل ماء مقطر ثم أكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر.
- ملاحظة: قد يحتاج المحلول لتسخين لدرجة 30 م° للذوبان، و يُحفظ في زجاجة عاتمة و على درجة حرارة 4 م° و صالح لمدة يومان فقط.

- المحلول القياسي الأم 100 مغ/لتر بورون: أذب 0.5719 غ من حمض البوريك في 1000 مل ماء مقطر، يُحضر أسبوعياً. حضر منه المحاليل القياسية 0.4، 0.8، 1.2، 1.6، 2 مغ/لتر بورون: انقل على التوالي 0.4، 0.8، 1.2، 1.6، 2 مل من القياسي الأم إلى خمسة دوارق معيارية سعة 100 مل، أكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر. تُحضر بشكل يومي.

4.2.20. طريقة العمل Procedure:

- زن 20 غ من العينة إلى مخروطية سعة 250 مل.
- أضف 40 مل ماء مقطر ساخن على حرارة 70-80 م°.
- رج لمدة نصف ساعة ثم رشح.
- تُقرأ العينات على جهاز التحليل الآلي.

5.2.20. طريقة الحساب Calculation:

يقوم الجهاز بإعداد المنحني البياني مباشرة من قبل برنامج التحكم المرفق مع الجهاز و يقوم بحساب التركيز المقابل للقراءة مباشرة. تتم عملية الحساب كما يلي :

$$\frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}} = \text{البورون مغ/غ}$$

3.20. المراجع References:

- John, M.K., H.H. Chuah and J.H. Neufeld. 1975: Application of improved azomethine-H method to the determination of boron in soils and plants. *Analytical Letters* 8(8): 559-568
- Wolf, B. 1974. Improvements in the Azomethine-H method for the determination of boron. *Commu. Soil Sci. Plant Anal.*, 5(1): 39-44.
- Mahler, R.L., D.V. Naylor and M.K. Fredrickson. 1984. Hot water extraction of boron from soils using sealed plastic pouches. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15: 479-492.

21. تقدير العناصر الثقيلة (Hg, As, Co, Cd, Ni, Cr and Pb) Determination of essential Heavy Metals

1.21. العناصر الثقيلة الكلية (الهضم بالماء الملكي و القراءة بجهاز الامتصاص الذري):
Determination of Total essential Heavy Metals extracted with the use of Aqua Regia by AAS

- 1.1.21. الغاية و الهدف Scope: تقدير العناصر الثقيلة في عينات التربة.
- 2.1.21. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على قياس المحتوى الكلي للعناصر الثقيلة في التربة عن طريق هضم العينات بالماء الملكي و قراءتها على جهاز الامتصاص الذري.

3.1.21. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز الامتصاص الذري.

- ميزان حساس بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- طاحن عقيق.
- ورق ترشيح عديم الرماد.
- فرن تجفيف عينات.

4.1.21. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض كلور الماء المركز.
- حمض الآزوت المركز.
- محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر (أنبولات جاهزة تحوي 1000 مغ لكل عنصر)، ينقل محتوى الأنبولة إلى دورق معياري سعة 1000 مل نقلاً كميّاً و يضاف له حوالي 20 مل من حمض الآزوت المركز (للحفظ) و يُكمل الحجم إلى العلامة بالماء الحراري.
- حضر من المحاليل القياسية الأم المحاليل القياسية التالية:

الجدول (18)

اسم العنصر	مغ/لتر		
	قياس 1	قياس 2	قياس 3
Pb	3	5	10
Cr	1	3	5
Ni	1	3	5
Cd	0.2	0.4	0.6
Co	1	3	5

5.1.21. طريقة العمل Procedure:

- قُدِّر الرطوبة في العينة.
- زن على ميزان حساس 1 غ من العينة الترابية الجافة و المنخولة على منخل 1 مم في أنبوب هضم سعة 100 مل و رطب العينة ببضع قطرات من الماء ثنائي التقطير.
- أهضم العينة بالماء الملكي ثم انقل محتوى أنبوب الهضم إلى دورق معياري سعة 50 مل نقلاً كميّاً مع مراعاة غسيل التربة المتبقية في ورقة الترشيح و كذلك اغسل ورقة الترشيح جيداً.
- أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر الحراري.
- حضر شاهد لكل مجموعة من العينات، تُعامل معاملة العينة.
- اقرأ القياسيات/الشاهد/العينات على جهاز الامتصاص الذري.

6.1.21. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{عنصر مغ/غ} = \frac{(\text{التركيز من الجهاز - قراءة الشاهد}) \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة} \times 1000} \times 1000 \times \text{نسبة الرطوبة}$$

7.1.21. المراجع References:

- ISO, 11466. 1995. Soil quality – Extraction of trace elements soluble in *aqua regia*, part 6. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. Available at: (www.iso.ch).
- ISO, 11047. 1998. Soil quality-determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc-flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods, part 6. International organization for standardization. Geneva, Switzerland. Available at: www.iso.ch.
- Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios (India), Jodhpur, New Delhi, India. p.438.

2.21. تقدير العناصر الثقيلة المتاحة (الاستخلاص بالـ DTPA و القراءة على جهاز الامتصاص

الذري) Determination of Total essential Heavy Metals in DTPA extraction by AAS

1.2.21. الغاية و الهدف Scope: يتم استخلاص العناصر الثقيلة المتاحة من التربة بواسطة العديد من المستخلصات الكيميائية مثل أسيتات الألمنيوم و EDTA و من أكثر المستخلصات الكيميائية انتشاراً في استخلاص العناصر الثقيلة هو محلول $0.01\text{ M Ca Cl}_2 + 0.1\text{M TEA} + 0.005\text{M DTPA}$ (pH 7.3) و الذي يُستخدم لتقدير العناصر الصغرى و الثقيلة القابلة للإتاحة أو للاستخلاص من التربة (Antoniadis, 1998)، حيث يمكن لمحلول الاستخلاص DTPA إزالة العديد من أشكال العناصر الثقيلة و الصغرى الموجودة في التربة و المرتبطة بشكل ضعيف أو معتدل (Hoover, 2004) أو القابلة للذوبان في الماء (Loi and Chen, 2007).

2.2.21. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة وفقاً لـ ليندساي و نرفل 1978 على استخلاص العناصر الصغرى و الثقيلة من التربة بمحلول $0.01\text{ M Ca Cl}_2 + 0.1\text{M TEA} + 0.005\text{M DTPA}$ (pH 7.3) و يتم ضبط pH بحمض كلور الماء و القياس باستخدام جهاز الامتصاص الذري بطول موجات تختلف حسب العنصر المقاس.

3.2.21. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول الاستخلاص 0.005 M DTPA : زن 1.967 غ من مادة DTPA ثنائي إيثيلين ثلاثي أمين خماسي حمض الخل و وضعها في دورق معياري سعة لتر ثم أضف لها 300 مل ماء مقطر و اخلط جيداً. زن 14.92 غ من TEA (ثلاثي إيثانول أمين) و 1.47 غ من $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ في بيشر، أذيبها في 300 مل ماء مقطر و حركها حتى الذوبان ثم انقلها إلى الدورق المعياري السابق، أكمل الحجم بالماء المقطر حتى 900 مل تقريباً. اضبط pH المحلول إلى 7.3 بواسطة حمض كلور الماء 1:1 (الكمية المحتاجة 4.2 مل تقريباً) ثم أكمل الحجم إلى لتر.
- حضر محلول قياسي أم 1000 ميكروغرام/مل، و منه حضر سلسلة قياسيات للعناصر الثقيلة المطلوب تحليلها.

4.2.21. طريقة العمل Procedure: (Papalilippaki et al., 2007)

- خذ 10 غ تربة في عبوة من البولي إيثيلين.
- أضف 20 مل محلول استخلاص.
- رج العبوة لمدة ساعتين (على سرعة 180 دورة/دقيقة).
- انقل العبوة إلى جهاز الطرد المركزي، و شغل الجهاز حوالي 5 دقائق.
- قدر تركيز العناصر الثقيلة في السائل الرائق (الطافي) باستخدام جهاز الامتصاص الذري.
- حضر شاهد يحتوي جميع المحاليل ماعدا التربة.

5.2.21. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{عنصر مغ/غ} = \frac{(\text{التركيز من الجهاز - قراءة الشاهد}) \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن التربة}}$$

الجدول (19) العناصر الثقيلة في التربة و النبات (مغ/غ) حسب Adriano (1986)

تركيز العنصر في النبات		تركيز العنصر في التربة		رمز العنصر	العنصر (كلي والهضم بالماء الملكي)
النموذجي	المجال	النموذجي	المجال		
0.012 – 0.0005	1.2 – 0.05	0.35	2 – 0.01	Cd	الكاديوم
0.004 – 0	4 – 0	40	500 – 5	Ni	النيكل
0.3 – 0.001	30 – 0.1	20	200 – 2	Pb	الرصاص
0.05 – 0.01	5 – 1	40	150 – 10	Cr	الكروم
3 – 0.01	300 – 0.1	0.07	0.15 – 0.02	Hg	الزئبق

6.2.21. المراجع References:

- Adriano, D.C. 1986. Trace element in the terrestrial environment. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. p.536.
- Antoniadis, V. 1998. Heavy metal availability and mobility in sewage sludge-treated soils. PhD Thesis, The University of Reading, UK.
- Hoover, J.H. 2004. Analysis of lead soil concentrations in an urban community Garden. Godwin Research Laboratory, Northwestern University, USA.
- Lai, H.Y. and Z.S. Chen. 2007. Multi-dose applying EDTA to decrease the potential ground water contamination using rainbow pink for enhanced photo extraction Desalination, 210, 236-247.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 42: 421–428.
- Papafilippaki, A., D. Gasparatos, C. Haidouti, G. stavroulakis. 2007. Total and bioavailable forms of Cu, Zn, Pb and Cr in agricultural soils. A study from the hydrological basin of Keritis, Chania, Greece. **Global Nest J.**, vol. 9: 201-206.

الباب الثاني

تحليل النبات Plant Analysis

الفصل الأول: جمع العينات النباتية Plant Sampling

إن الغرض الأساسي من جمع العينات النباتية و تحليل النبات هو تحديد حاجة النبات من العناصر الغذائية الأساسية لإنتاج المحاصيل، و التي يمكن أن يؤدي نقصها إلى انخفاض الإنتاجية. و إن تحليل النبات لا يعتبر بديلاً عن تحليل التربة حيث أنه يعتبر مكملاً لبرنامج اختبار التربة، و يبين الجدول (2) التراكيز التقريبية لبعض العناصر الكبرى و الصغرى في نسج أوراق النبات الجافة. و تتضمن القواعد العامة لجمع العينات النباتية ما يلي:

- جمع العينة النباتية في مرحلة النمو الصحيحة.
- جمع العينة النباتية من الجزء الصحيح للنبات.
- معاملة العينات بشكل صحيح بعد جمع العينات.
- أخذ عينات التربة في نفس وقت جمع العينات النباتية.

يتطلب جمع العينات النباتية بصورة صحيحة جمع جزء من النبات (ورقة أو مجموعة أوراق، أو جزء آخر من النبات)، و جمع عينات من مجموعة نباتات بحيث تكون العينة ممثلة لمنطقة الاختبار أو الحقل. إن جمع الجزء النباتي الصحيح يتضمن جمع الأوراق العليا الناضجة مؤخراً قبل بداية مرحلة الإنتاج لعموم المحاصيل، أما الأوراق الحديثة أو القديمة فليست مناسبة عادة للتحليل، و يُستخدم ذلك كقاعدة عامة لجمع الجزء النباتي الصحيح عند عدم توفر توصيات لجمع العينات من جزء معين من النبات (Hanson , 1993)، أما مساحة الوحدة التحليلية التي تؤخذ منها العينات النباتية فيجب أن تشمل حوالي 0.5 هكتار. إن أفضل طريقة لجمع العينات النباتية هي أن تجمع بالمشي على شكل طريق متعرج خلال الحقل أو على شكل حرف X ، و يجب الانتباه إلى عدم جمع العينات في الأحوال التالية:

- يجب عدم جمع العينات النباتية بعد السقاية أو بعد التسميد مباشرة.
- يجب عدم جمع العينات النباتية للنباتات الواقعة تحت ظروف إجهاد عالية (حرارة مرتفعة، برودة شديدة، نقص أو زيادة شديدة للرطوبة...إلخ).
- يجب عدم جمع النباتات المريضة أو الميتة أو المتلفة بالحشرات أو النباتات المجروحة.
- يجب تفاد قدر الإمكان جمع أوراق ملوثة بالغبار أو التربة أو المبيدات.
- يجب تجنب جمع العينات النباتية بعد الإزهار أو بعد توقف نمو المحصول.

و عند جمع كامل النبات فيجب قطعه على ارتفاع مناسب من سطح التربة (3-5 سم) و لا يجوز مطلقاً قطعه عند سطح التربة. و في حالة عدم توفر توصيات حول عدد العينات (أو عدد الأوراق) التي يتم جمعها فالقاعدة العامة هي جمع عينات نباتية من 20-25 نبات (ورقة واحدة من كل نبات) للنبات ذات

الأوراق الكبيرة الحجم نسبياً مثل الذرة أو فول الصويا، و 35 - 40 نبات (ورقة) من النباتات ذات الأوراق الصغيرة.

و فيما يلي وقت جمع العينات النباتية و عددها لأهم المحاصيل (Hanson , 1993;Plank , 1992).

- **الذرة:** تؤخذ العينات النباتية في مرحلة الإزهار أو عند التسنبل، حيث تؤخذ الورقة البالغة الأولى تحت قمة النبات (الورقة الثانية أو الثالثة من قمة النبات)، و تؤخذ ورقة واحدة من كل نبات من 15- 20 نبات يتم اختيارها عشوائياً من الحقل و تقطع من قاعدتها بحيث لا يؤخذ أي جزء من غمد الورقة.
- **القمح و الشعير:** تؤخذ العينات النباتية في أي وقت من مرحلة النمو حتى ظهور السنابل، و يؤخذ الجزء النباتي من الثلث الأعلى للنبات (أو كل الأجزاء الهوائية على ارتفاع 3 - 5 سم من سطح التربة) حيث يتم جمع نسيج نباتي واحد من 50- 100 نبات يتم اختيارها بشكل عشوائي. و الوقت المثالي لجمع العينات النباتية من القمح و الشعير هو قبل ظهور السنابل مباشرة حيث تؤخذ العينة من 25 - 50 نبات (راين و آخرون، 2003).
- **القطن:** تُجمع العينات النباتية (الأوراق) قبل ظهور الجوزات، حيث تُجمع الأوراق الناضجة الحديثة جداً من 35 - 50 نبات. يتم اختيارها بشكل عشوائي من الحقل.
- **الفصّة و البرسيم:** يتم جمع العينات النباتية قبل أو عند طور الإزهار، حيث يؤخذ الجزء العلوي من النبات بطول 15 سم، و يمكن جمع العينات في أي وقت إذا كان هناك مشكلة، و في هذه الحالة يؤخذ الثلث الأعلى من النبات من 40 - 60 نبات، يتم اختيارها بشكل عشوائي.
- **البقوليات الغذائية:** تؤخذ العينات بداية الإزهار (الأوراق الناضجة الحديثة من 50-200 نبات).
- **المحاصيل الورقية** سبانخ، خس، لفت ... إلخ: تؤخذ العينات النباتية في منتصف النمو، و تؤخذ الورقة الناضجة الأحدث و ذلك من 35 - 55 نبات.
- **المحاصيل الجذرية** جزر، بصل، شوندر... إلخ: تؤخذ العينات النباتية قبل توسيع البصلة أو الجذر و ذلك من الأوراق الناضجة المركزية من 20 - 30 نبات.
- **الأشجار و العنب:** تُجمع العينات الورقية من الشجرة بحيث يتضمن ذلك تمثيل متساوي من كل ربع من النبات (مثل الشمال، الجنوب، الشرق، الغرب) فتؤخذ 4-8 أوراق من كل شجرة، و يتم جمع 50 - 100 ورقة من كامل الحقل و ذلك من الأوراق الناضجة من منتصف قاعدة النمو الطرفي بشكل عام.

جمع العينات الترابية: عند تحليل النبات و ملاحظة وجود نقص لعنصر غذائي معين فيجب جمع عينة تربة في نفس الوقت من نفس المنطقة التي جمع منها النبات (تؤخذ التربة بالقرب من النبات المأخوذ منه العينة)، و بهذه الطريقة يمكن معرفة فيما إذا كان النقص ناتج عن pH التربة أو نقص عنصر معين. و بالنسبة للأشجار فتؤخذ عينات التربة من نفس الشجرة بمعدل 4 عينات فردية لكل شجرة.

معالجة العينات النباتية بعد جمعها :Processing of samples

- يجب عدم وضع العينات النباتية في أكياس بلاستيك، فالحقائب الورقية مناسبة لجمع و تجفيف العينات النباتية.
- يجب أن تكون الحقائب المستخدمة في جمع العينات نظيفة و غير مستعملة سابقاً.
- توضع العينات في الحقيبة الورقية و تترك مفتوحة ليسمح لها بالجفاف.
- يجب عدم ربط الأوراق مع بعضها.
- ترسل العينات فوراً إلى المختبر، حيث تجفف هوائياً.
- عند تجفيف العينات هوائياً: توضع في غرفة خالية من الغبار و من المواد الكيميائية، و توضع الحقائب مفتوحة على سطح نظيف.
- عندما تجف النباتات بشكل جيد ترسل إلى التحليل.
- يجب تدوين البيانات اللازمة على الكيس (تاريخ جمع العينات، النوع النباتي ... إلخ).

المراجع References:

- Hanson, R. 1993. Sampling plant tissue and soil for analysis. Department of Agronomy, University of Missouri Extension.
- Plank, C.O. 1992. Plant analysis reference procedures for the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin 368. University of Georgia, Athens, GA.
- راين جورج، اسطفان جورج، عبد الرشيد 2003. تحليل التربة و النبات ، دليل مختبري. المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ICARDA) حلب - سوريا.

الفصل الثاني: تحضير العينة النباتية Preparation of Plant Samples

بعد جمع العينات النباتية من الحقل يجب تسليمها مباشرة إلى المختبر، و في المختبر يجب أن تجري عملية التحضير بسرعة بعد استلامها.

و تتضمن خطوات تحضير العينات النباتية في المختبر ما يلي:

1. **غسيل النبات:** عندما تكون العينات النباتية متربة فإنه تُزال التربة بفرشاة ناعمة أو بقطعة قماش رطبة، و إذا لم تكن هذه العملية فعالة تُغسل العينات بمحلول منظف (0.1 أو 0.3%) أو بمحلول صابون رغوي (شابمان و برات 1996) ثم تُغسل بالماء الجاري لإزالة آثار المحلول المنظف. و تجدر الإشارة هنا إلى ضرورة أن تتم عملية الغسيل بسرعة و بدون إطالة لأن ذلك يؤدي إلى إزالة العناصر الغذائية الذائبة، و لهذا السبب يُفضل بعض الباحثين عدم استخدام غسيل الأوراق (Roper 2000; Plenck 1999).

2. **تقطيع النبات:** إن الغاية الأساسية من تقطيع النبات هو تسريع تجفيف العينات، و يتم تقطيع الأوراق الخضراء (خاصة الكبيرة) بأي طريقة، أما الثمار مثل البطاطا، الشوندر، الخيار فيتم تقسيمها إلى أربعة أقسام، ثم يُقطع كل قسم بشكل طولي إلى قسمين و من كل قسم من الأقسام السابقة يتم عمل عدة أقسام طولية ثم تقطع بشكل عرضي.

و بالنسبة للثمار العصيرية أو جذور الشوندر السكري فيُفضل تجفيف الجذور كاملة لفترة كافية قبل تقطيعها و ذلك بسبب غنى هذه الجذور بالعصارة النباتية (القرواني و آخرون 2000).

3. **تجفيف العينات النباتية:** يمكن إتباع إحدى الطريقتين التاليتين في تجفيف العينات النباتية:

- الطريقة الأولى:

- تُوضع العينات النباتية في صواني التجفيف في فرن على حرارة 60 - 70 م° لمدة 24 ساعة (يجب أن لا تزيد عملية التجفيف عن 24 ساعة).
- يجب عدم ملئ الصواني كثيراً بالنبات كي نسهل عملية التجفيف.
- يجب عدم وضع النباتات فوق بعضها.
- بعد انتهاء التجفيف تُخرج العينات من الفرن و تُترك في الهواء حتى تتلائم مع رطوبة الجو.
- تُوزن و يُقدر الوزن الجاف.

- الطريقة الثانية:

- تُوضع العينات النباتية في أكياس قطنية رقيقة ذات حجم مناسب.
- يُربط عنق الكيس و يعلق داخل فرن يعمل بتيار الهواء القسري على درجة 65 م° لمدة 24 ساعة.

■ يمكن استبدال الأكياس القطنية بأكياس ورقية، على أن تُترك الأكياس الورقية مفتوحة أثناء التجفيف.

ملاحظة: إذا أخذت العينات النباتية جافة (مثل عينات قش، حبوب، بذور) فلا يتم تجفيفها.

4. **طحن العينات النباتية:** بعد تجفيف العينات النباتية يجري طحنها باستخدام طاحونة خاصة، ثم تُخل بمنخل قطر ثقوبه 1 مم، أما إذا أخذت عينات نباتية جافة فإنه يتم طحنها مباشرة، وفي حالة البذور الناعمة فلا توجد حاجة لطحنها و عادة يتم طحن العينات النباتية باستخدام مطحنة كهربائية، إلا أنه في حال تحليل العناصر الصغرى فيجب طحن العينات باستخدام هاون خزفي.

بعد طحن العينات يُوضع المسحوق في زجاجة نظيفة مغلقة، ثم تسخين الزجاجة على درجة 65 م° و يحكم إغلاقها و هي ساخنة، تخزن في مكان بارد و جاف و بهذه الحالة يمكن إجراء التحليل خلال شهرين.

5. **تقدير رطوبة النبات:** للتعبير عن النتائج على أساس المادة الجافة نتبع الخطوات التالية:

- زن 2 غ من المادة النباتية.
- جفف العينة على الدرجة 105 م° لمدة ساعة و الفقد في الوزن يعتبر مساوياً لمحتوى الرطوبة.
- اتبع حساب الرطوبة كما ورد في تقدير رطوبة التربة.

6. **المراجع References:**

- Hanson, R. 1993. Sampling plant tissue and soil for analysis. Department of Agronomy, University of Missouri Extension.
- Plank, C.O. 1992. Plant analysis reference procedures for the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin 368. University of Georgia, Athens, GA.
- Roper, T.R. 2000. Taking and interpreting soil and tissue samples. Dept. of Horticulture, University of Wisconsin-Madison.
- شامبان هومر، برات باركر 1996. طرق تحليل التربة و النباتات والمياه ، منشورات جامعة المختار ، البيضاء ، 410 صفحة .
- القرواني محي الدين، عجوري عزيزة، الجاسم فاطمة، قصاص هناء، واعظ أحمد 2000. الخصوبة و تغذية النبات، القسم العملي، منشورات جامعة حلب - كلية الزراعة صفحة 7.

الفصل الثالث: طرق هضم العينات النباتية Digestion methods of plant samples

تهضم النسيج النباتية بهدف تحليلها و ذلك لإعطاء تقدير دقيق لمحتوى العينة النباتية من العناصر. هناك طريقتين لهضم العينات النباتية و هي الهضم الجاف و الهضم الرطب، في طريقة الهضم الجاف يتم أكسدة العينة النباتية بدرجة حرارة عالية في المرمدة، أما في طريقة الهضم الرطب فإن العينة تُهضم باستخدام مزيج من بعض الأحماض و المركبات كحمض الآزوت و حمض الكبريت و حمض البيروكلوريك و الماء الأكسجيني.

1. الهضم الجاف للعينات النباتية Dry-ashing digestion of plant samples

1.1. الغاية و الهدف Scope: تقدير محتوى النبات من العناصر الغذائية.

2.1. المبدأ العام Principle: تُعتبر طريقة الهضم الجاف طريقة جيدة لهضم العينات النباتية من أجل تقدير العناصر Mg, Ca, K, P و العناصر النادرة خاصة البورون في النبات، كما أنها طريقة سهلة التنفيذ يُضاف إلى ذلك إمكانية تجنب أبخرة الأحماض الناتجة من الغليان (طريقة الهضم الرطب). و قد وجد Issac and Johnson (1975) أنه نفس الكمية من العناصر (Zn, Mn, Mg, Fe, Cu, Ca, K) تم استخلاصها بطريقتي الهضم الجاف و الرطب، إلا أنه يعتري طريقة الهضم الجاف بعض العيوب و يعود ذلك للأسباب التالية:

- تبخر بعض العناصر مثل الكبريت، السيليونيوم و الهالوجينات.
- بعض العناصر تلتصق على جدار جفنة البورسلان (كالنحاس) و يمكن التغلب على ذلك باستخدام جفنة بلاتينيوم و كذلك إضافة حمض كلور الماء للرماد.
- تكوّن بعض المركبات التي من الصعب انحلالها بالحمض المستخدم لاستخلاص العناصر من العينة النباتية.

3.1. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- مرمدة تصل حرارته إلى 550 م ± 15.
- جفئات 30 مل.
- سخان كهربائي.
- دورق معياري 20 مل.
- حمض كلور الماء المركز.
- حمض الآزوت 5 نظامي (320 مل حمض آزوت مركز، تُكمل بالماء المقطر حتى 1 لتر).
- حمض الآزوت 2 نظامي (128 مل حمض آزوت مركز، تُكمل بالماء المقطر حتى 1 لتر).

4.1. طريقة العمل Procedure:

- زن 1 غ من العينة النباتية و ضعها في الجفنة.
- ضع الجفنة في المرمدة.
- ارفع درجة حرارة المرمدة ببطئ لتصل إلى 550 م° و دعها على الأقل 4 ساعات حتى زوال اللون الأسود من الرماد.
- أخرج العينات من المرمدة.
- إذا بقي في العينة كمية من الكربون لم يُهضم (لون الرماد لا يزال أسود) تُزال بإضافة 2 مل HNO_3 5 نظامي ثم جفف على السخان الكهربائي بدرجة 100 م°، و أدخلها في المرمدة و ارفع درجة الحرارة تدريجياً حتى تصل 500 م° و تُترك لمدة ساعة.
- رطب الرماد ببضع نقاط من الماء المقطر ثم أضف 2 مل من حمض كلور الماء المركز و جفف على الطبق الكهربائي الساخن بتركه مدة ساعة.
- ارفع الجفنة عن الطبق ثم أضف 2.5 مل حمض آزوت 2 نظامي مع التأكد من أن كافة الأملاح تم انحلالها في الحمض (حرك بقضيب للتأكد من ذوبان الأملاح).
- انقل المحلول إلى دورق معياري 20 مل (أو 10 مل في حال تقدير العناصر النادرة) و أكمل الحجم حتى العلامة و اترك الدورق بعض الوقت حتى ترقد الرواسب (السيليكات) أسفل الدورق قبل أخذ العينة لتقدير العناصر.

5.1. المراجع References:

- Isaac, R.A. and W.C. Johnson. 1975. Collaborative study of wet and dry ashing techniques for the elemental analysis of plant tissue by atomic absorption spectrophotometry. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.** 58: 436-440.
- Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios, India, Jodhpur, New Delhi. p.438.

2. الهضم الرطب للعينات النباتية Wet-ashing digestion of plant sample

1.2. هضم العينات النباتية بمزيج حمض الكبريت المركز مع السيلينيوم و حمض الساليسليك Wet-

:ashing digestion of plant sample by Sulphuric acid-Selenium and Salicylic acid mixture

1.1.2. الغاية و الهدف Scope: تستخدم هذه الطريقة لهضم العينات النباتية، و يمكن من خلالها قياس العناصر الكبرى الكلية (N, P, K).

2.1.2. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على معاملة العينة النباتية بـ حمض الكبريت المركز و مزيج السيلينيوم (يلعب دور منشط للتفاعل)، فتتحول أشكال الآزوت إلى أمونيوم (سلفات الأمونيوم).

3.1.2. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز هضم، أنابيب هضم 100 مل.

4.1.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الكبريت المركز .
- ماء أكسجيني 30% .
- مساعد هضم (Selenium reagent mixture: 1.6%Se, 1.6% CuSO₄, 96.8% Na₂SO₄) .

5.1.2. طريقة العمل Procedure:

- زن 0.5 غ عينة نباتية جافة و مطحونة و منخولة على ميزان حساس و ضعها في أنبوب الهضم .
- أضف 10 مل من حمض الكبريت المركز على دفعتين لتجنب الفوران .
- أضف 1 غ مساعد هضم .
- حرك الخليط حتى تتربط المادة و دع المزيج لليوم التالي .
- ضع أنابيب الهضم على جهاز الهضم و اضبطه (بحسب طريقة تشغيله) على الحرارة 150 م° لمدة نصف ساعة ثم 380 م° لمدة 3 ساعات .
- أخرج الأنبوب من جهاز الهضم و دعه يبرد، يجب أن يكون لون العينة شفاف أو أصفر فاتح .
- أضف الماء المقطر و حرك ببطئ و أكمل الحجم حتى 100 مل بالماء المقطر .

6.1.2. المرجع Reference:

Jackson M.L., 1985. Soil Chemical Analysis— Advanced Course, 2nd edn. M.L. Jackson, Madison, WI.

2.2. هضم النبات بالماء الملكي Wet-ashing digestion of plant sample by Aqua Regia

- 1.2.2. الغاية و الهدف Scope: تُستخدم هذه الطريقة لهضم العينات النباتية، و يمكن من خلالها تحديد المحتوى الكلي للعناصر الثقيلة في النبات .
- 2.2.2. المبدأ العام Principle: تُهضم عينة التربة باستخدام الماء الملكي و تترك 16 ساعة عند درجة حرارة الغرفة، ثم يُغلى المزيج بوجود مكثف لمدة 2 ساعة .

3.2.2. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز هضم .
- أنابيب هضم 100 مل .
- 4.2.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الكبريت المركز .
- حمض كلور الماء المركز .

5.2.2. طريقة العمل Procedure:

- زن 0.5 غ من عينة النبات الجافة و المطحونة و المنخولة على ميزان حساس .
- ضعها في أنبوب هضم ثم رطب بـ 0.5 مل من الماء المقطر .

- أضيف 6 مل من حمض كلور الماء المركز.
- و بسرعة (ليتشكل الماء الملكي) أضيف 2 مل من حمض الآزوت نقطة نقطة للتخفيف من تصاعد الدخان.
- ضع المكثف على أنابيب الهضم (أجاصات).
- دع العينة لليوم التالي على درجة حرارة الغرفة لتتم عملية أكسدة المادة العضوية.
- ضع الأنابيب في جهاز الهضم على درجة حرارة 130 م° لمدة ساعتين ثم دعها تبرد.
- اغسل المكثف و رشح المعلق في ورق معياري سعة 50 مل و أكمل الحجم إلى 50 مل.

6.2.2. المرجع Reference:

ISO, 11466. 1995. Soil quality – Extraction of trace elements soluble in *aqua regia*, part 6. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. Available at: (www.iso.ch).

3.2. هضم النبات بـحمض البيروكلوريك مع حمض الآزوت Wet-ashing digestion of plant

:sample by Nitric acid and Perchloric acid (diacid)

1.3.2. الغاية و الهدف Scope: تُستخدم هذه الطريقة لهضم العينات النباتية، و يمكن من خلالها تحديد المحتوى الكلي للعناصر الصغرى و المغنيزيوم و الكالسيوم و الصوديوم في النبات.

2.3.2. المبدأ العام Principle: هضم العينات النباتية بواسطة خليط حمض الآزوت و حمض البيروكلوريك المركزين و بدرجة 200 م° حتى تتحول العينة النباتية الصلبة إلى سائلة و تُقدر العناصر الموجودة فيها بواسطة جهاز الامتصاص الذري.

3.3.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

محلول الهضم و هو خليط من حمض البيروكلوريك و حمض الآزوت المركزين بنسبة 4:9.

4.3.2. طريقة العمل Procedure:

- زن حوالي 0.5 غ على ميزان حساس من العينة النباتية الجافة في أنبوب هضم 100 مل.
- أضيف 5 مل من محلول الهضم لكل عينة. و تترك لليوم التالي.
- انقل الأنابيب إلى جهاز الهضم و غطى بإجاصات مملوءة بالماء لمنع التبخر أثناء عملية الهضم و تُرفع درجة الحرارة إلى 200 م° لمدة ساعتين.
- ارفع الأنابيب من جهاز الهضم و دعها تبرد.
- اغسل الأجاصات جيداً ضمن الأنبوب بالماء الحراري.
- رشح المحلول كاملاً في ورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.

5.3.2. المرجع Reference:

Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

الفصل الرابع: تقدير الآزوت Determination of Nitrogen

1. تقدير الآزوت الكلي بطريقة كداهل :Determination of Total Nitrogen by Kjeldahl method

1.1. الغاية و الهدف Scope: تقدير الآزوت الكلي في النبات.

2.1. المبدأ العام Principle: يتم تقطير الأمونيا الناتجة عن هضم المركبات الآزوتية و استقبالها في محلول حمض البوريك حيث يتم معايرة شارة البورات $H_2BO_3^-$ الناتجة عن تفاعل حمض البوريك مع الأمونيا، بواسطة حمض الكبريت أو حمض كلور الماء إلى درجة pH 5 أو باستخدام كاشف مختلط في حال عدم وجود وحدة معايرة أتوماتيكية (بروم كريزول الأخضر + أحمر ميتيل).

3.1. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز كداهل (وحدة تقطير و وحدة معايرة آلية).

4.1. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول ماءات الصوديوم 10 نظامي: أذب 400 غ من ماءات الصوديوم في الماء المقطر و انقله إلى دورق سعة 1 لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محلول حمض البوريك (H_3BO_3) المشبع: أضف 500 غ من حمض البوريك إلى دورق حجمه 5 لتر ثم أضف 3 لتر من الماء المقطر و حركه جيداً و اتركه طوال الليل، يجب أن يوجد على الدوام H_3BO_3 راسب في أسفل الدورق.
- محلول Tris هيدروكسي ميثيل أمينوميثان ($C_4H_{11}NO_3$) 0.01 نظامي: جفف المادة الكيميائية النقية من Tris بالفرن على درجة حرارة 80 م° لمدة ثلاث ساعات، ثم بردها و احفظها في زجاجة محكمة الإغلاق و أذب 1.2114 غ من مادة Tris في الماء المقطر في دورق سعة لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محلول حمض الكبريت ذو التركيز 0.01 نظامي: ضع حوالي 600-800 مل من الماء المقطر في دورق معياري لتر، أضف 28 مل من حمض الكبريت المركز و امزج جيداً ثم دعه يبرد و أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر تحصل على محلول H_2SO_4 1 نظامي. خفف 100 مرة (ضع 10 مل في دورق لتر و أكمل بالماء المقطر) للحصول على محلول H_2SO_4 0.01 نظامي.
- المحلول القياسي الأم: جفف المادة الكيميائية النقية من كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ بالفرن على درجة حرارة 100 م° لمدة ساعتين، برد بالمجفف و احفظها في زجاجة محكمة الإغلاق، ثم أذب 5.6605 غ من كبريتات الأمونيوم المجففة في الماء المقطر و أكمل الحجم إلى لتر. هذا المحلول يحتوي على 1.2 غ NH_4-N في لتر.
- عند عدم وجود وحدة معايرة أتوماتيكية يُحضر حمض البوريك مع الكاشف المختلط كالتالي: أذب 40 غ من حمض البوريك 4% في 900 مل من الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى لتر بالماء

- المقطر و أضف 5 مل من محلول الكاشف المختلط، أضف 0.1 NaOH نظامي بحذر حتى ظهور اللون الأحمر الأرجواني (pH المحلول يكون 5 تقريباً).
- تحضير الكاشف المختلط: أذب 0.5 غ من بروم كريزول الأخضر و 0.1 غ من أحمر ميتل في 100 مل من الإيثانول 95%.

5.1. طريقة العمل Procedure:

- أهضم العينة بطريقة حمض الكبريت المركز و السيلينيوم المذكورة سابقاً.
- ارفع الأنابيب عن جهاز الهضم و اغسل الأجاصات ضمن الأنبوب جيداً بالماء المقطر.
- رشّح المحلول كاملاً في دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- يصبح المحلول جاهز للقراءة لتقدير الآزوت الكلي في النبات.
- التقطير: قبل البدء بعملية التقطير اضبط جهاز الـ pH: قدر بالضبط نظامية H_2SO_4 0.01 نظامي و ذلك باستخدام جهاز المعايرة الآلي بأخذ ثلاثة محاليل منفصلة بحجم 10 مل من محلول 0.01 Tris نظامي و معايرته حتى درجة pH 5. يجب أن تتفق المعايرات ضمن 0.03 مل.
- تحسب النظامية لـ H_2SO_4 كما يلي:

$$\text{عيارية حمض الكبريت} = \frac{\text{عيارية محلول Tris}}{10 \times \text{حجم حمض الكبريت المستخدم للمعايرة}}$$

تتم عملية التقطير كما يلي:

- ضع 1 مل من محلول حمض البوريك المشبع و 1 مل من الماء المقطر في طبق التبخير 100 مل وضع الطبق تحت رأس أنبوب المكثف بشكل يلامس فيه سطح المحلول (يمكن بيشر كطبق تبخير).
- اسحب بواسطة الماصة 10 مل من العينة المهضومة و ضعها في دورق التقطير سعة 100 مل و أضف إليها 10 مل من محلول NaOH 10 نظامي.
- صل دورق التقطير مع المحلول إلى وحدة التقطير و ابدأ عملية التقطير.
- بعد 4 دقائق عندما يتجمع حوالي 35 مل من المادة المقطرة أوقف عملية التقطير و اغسل رأس المكثف بقليل من الماء المقطر إلى طبقة التبخير.
- عاير المادة المقطرة إلى pH 5 بمحلول H_2SO_4 0.01 نظامي مستخدماً جهاز المعايرة الآلي. بعد الانتهاء من المعايرة اغسل قضيب التحريك المغناطيسي و رأس السحاحة و القطب المشترك.
- يجب تبخير وحدة التقطير بين العينات لمدة 90 ثانية إلى كأس فارغ.
- يجب أن تحتوي كل عملية تقطير على محلولين قياسييين و شاهدين كحد أدنى في حال عدم وجود وحدة معايرة أوتوماتيكية.
- ضع في طبق التبخير 5 مل من H_3BO_3 مع الكاشف المختلط المحضر سابقاً.

- قم بعملية التقطير كما سبق حتى تجميع 35-40 مل من المحلول المقطر .
- اغسل رأس المكثف بالماء المقطر إلى طبق التبخير .
- عاير بواسطة حمض H_2SO_4 0.01 نظامي حتى تحول اللون من الأخضر إلى الوردي الفاتح.

6.1. حساب النتائج Calculation:

$$N \% = \frac{(\text{حجم الحمض المستخدم لمعايرة العينة} - \text{حجم الحمض المستخدم للشاهد}) \times \text{عيارية الحمض} \times \text{حجم محلول الهضم}}{\text{حجم السحب} \times \text{وزن العينة النباتية} \times 1000} \times 100 \times 14$$

7.1. المراجع References:

- Walsh, L.M. and J.D. Beaton, eds. 1973. Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. of Amer., Madison, USA.
- Van Schouwenberg, J.C.H. and I. Walinge. 1973. Method of analysis for plant material. Agriculture University, Wageningen, The Netherlands.

2. تقدير الآزوت الكلي برثلوت (تحليل آلي) by Determination of Berthelot Total Nitrogen

:Autoanalyzer

1.2. الغاية و الهدف Scope: تقدر هذه الطريقة كافة أشكال الآزوت (العضوي و الأمونياكي و النتراتي و الأشكال الأخرى) في العينات النباتية.

2.2. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على هضم العينات النباتية هضمًا رطباً بحمض الكبريت بوجود مساعدات هضم و مرجعات مما يحول أشكال الآزوت المختلفة إلى سلفات الأمونيوم و الذي يتفاعل بدوره (تفاعل بيرثلوت Berthlot) مع جذر الساليسيلات بوجود مركب كلورة مناسب و بوسط قلوي ليعطي مركب أندوفينول ذو اللون الأخضر المزرق المتناسب من حيث شدته مع تركيز الأمونيوم في الوسط و الذي يُقرأ على طول موجة 660 نانومتر .

:التداخلات

- يؤدي الوسط القلوي إلى ترسيب الهيدروكسيدات المختلفة و بالتالي إلى عكارة المحلول و تغير القراءات لذا يُضاف EDTA قبل رفع الـ pH.
- يُضاف نيتروبروسيد الصوديوم كمساعد لإتمام تفاعل بيرثلوت.

3.2. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز التحليل الآلي.

4.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول منظم: أذب 33 غ من طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم في حوالي 800 مل ماء مقطر و أضف 24 غ من سترات الصوديوم، أذب و أكمل الحجم إلى 1 لتر ثم أضف 3 مل ملول بريج 30 و اخلط، عاير الـ pH و عدله باستخدام HCl إلى 5.2 ± 0.1 .

- محلول ساليكات الصوديوم: أذب 25 غ هيدروكسيد الصوديوم في حوالي 50 مل ماء مقطر، أضف 700 مل ماء مقطر ثم أضف 80 غ ساليكات الصوديوم، أكمل إلى لتر و اخلط جيداً.
- نيتروبروسيد الصوديوم: أذب 1 غ نيتروبروسيد الصوديوم في 800 مل ماء مقطر و أكمل إلى لتر و اخلط، خزن المحلول في زجاجة غامقة اللون. المحلول ثابت لمدة أسبوع.
- داي كلورو أيزوسيانورات: أذب 2 غ داي كلورو أيزوسيانورات الصوديوم في 800 مل ماء مقطر و أكمل الحجم إلى لتر، المحلول ثابت لمدة أسبوع. إذا كان المنحني غير خطي استخدم أنبوب مضخة تدفق 0.16 مل/دقيقة.
- المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.4717 غ سلفات أمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (أو 0.3819 غ كلوريد الأمونيوم) في الماء في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1 مل من القياسي الأم و أكمل إلى العلامة بمحلول الاستخلاص، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر آزوت.

5.2. طريقة العمل Procedure:

- أهضم العينة بطريقة حمض الكبريت المركز و السيلينيوم المذكورة سابقاً.
- حضر شاهد و عاملة معاملة العينة ما عدا النبات.
- اقرأ سلسلة القياسات/الشاهد/راشح العينات على جهاز المحلل الآلي (طريقة تشغيل الجهاز).

6.2. طريقة الحساب Calculation:

$$N \% = \frac{\text{حجم المحلول (السلندر أو الأنبوب)} \times \text{التركيز من الجهاز}}{\text{وزن العينة النباتية} \times 10000}$$

7.2. المرجع Reference:

Novozamsky, I., R. van Eck, Ch. van Schouwenburg and I. Walinga 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenols- blue method. *Neth. J. Agric Sci.* 22: 3-5.

3. تقدير الآزوت الكلي برثلوت (سبكتروفوتومتر) Determination of Berthelot Total Nitrogen by

:Spectrophotometer

1.3. الغاية و الهدف Scope: تقدر هذه الطريقة كافة أشكال الآزوت (العضوي و الأمونياكي و النتراتي و الأشكال الأخرى) في العينات النباتية.

2.3. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على هضم العينات النباتية هضماً رطباً بحمض الكبريت بوجود مساعدات هضم و مرجعات مما يُحوّل أشكال الآزوت المختلفة إلى سلفات الأمونيوم و الذي يتفاعل بدوره (تفاعل بيرثلوت Berthlot) مع جذر الساليسيلات بوجود مركب كلورة مناسب و بوسط

قلوي ليعطي مركب أندوفينول ذو اللون الأخضر المزرق المتناسب من حيث شدته مع تركيز الأمونيوم في الوسط و الذي يُقرأ على طول موجة 660 نانومتر.

3.3. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبيكتروفوتومتر.

4.3. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول هيدروكسيد الصوديوم 10 مول/لتر: أذب 200 غ من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في حوالي 400 مل ماء بارد و أكمل إلى 500 مل.
- محلول الساليسيلات: أذب 110 غ من حمض ساليسيليك $C_7H_6O_3$ في 105 مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم و أكمل إلى 250 مل، حضره قبل الاستعمال مباشرة.
- محلول منظم pH 12.3: أذب 26.7 غ من مادة فوسفات ثنائية الصوديوم ثنائية الماء $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ بقليل من الماء في دورق معياري 2 لتر. أضف 10 مل من هيدروكسيد الصوديوم و أكمل الحجم بالماء المقطر. قدر pH و عدله إذا كان ذلك ضرورياً.
- محلول EDTA: أذب 4 غرام فيرسينات الصوديوم $Na_2EDTA \cdot 2H_2O$ في 100 مل من الماء.
- محلول هيبوكلوريت الصوديوم (ماء جافيل): محلول أصلي يحتوي على 1 مول/لتر من هيبوكلوريت في 0.1 مول/لتر NaOH ويتم شراؤه جاهزاً (يمكن استخدام التجاري). خفف 20 مل من المحلول الأم بالماء المقطر إلى 100 مل.
- نيتروبروسيد الصوديوم: أذب 50 مغ من نيتروبروسيد الصوديوم $C_5FeN_6Na_2O$ في 100 مل من الماء المقطر. حضر قبل الاستعمال مباشرة.
- كاشف مختلط 1: اخلط 50 مل من محلول ساليسيلات الصوديوم مع 100 مل من محلول نيتروبروسيد الصوديوم مع 5 مل من محلول EDTA.
- كاشف مختلط 2: اخلط 200 مل من المحلول المنظم مع 50 مل من محلول هيبوكلوريت.
- المحلول القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.4717 غ سلفات أمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ في الماء المقطر في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري.
- المحاليل القياسية: خذ بالماصة إلى دورق معياري 100 مل 0.2، 0.4، 0.6، 0.8، 1 مل من القياسي الأم، هذه السلسلة من القياسات تحوي على: 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر آزوت.

5.3. طريقة العمل Procedure:

- أهضم العينة بطريقة حمض الكبريت المركز و السيلينيوم المذكورة سابقاً.
- حضر شاهد و عاملة معاملة العينة.
- خذ بالماصة 0.6 مل من القياسات/الشاهد/راشح العينة إلى أنابيب الاختبار.
- أضف لكلٍ منها:

- 9 مل من المحلول المختلط 1 و اخلط.
- 15 مل من المحلول المختلط 2 و اخلط.
- دع المحلول لمدة ساعتين.
- اقرأ الامتصاص على طول موجة 660 نانومتر.
- وقع سلسلة القياسات على الورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني.
- أسقط قراءات العينات على المنحني و سجل تراكيز الآزوت المقابلة لها.

6.3. طريقة الحساب Calculation:

$$\% N = \frac{\text{حجم المحلول (السلندر أو الأنبوب)} \times \text{التركيز من المنحني}}{\text{وزن العينة النباتية} \times 10000}$$

7.3. المرجع Reference:

Novozamsky, I., R. van Eck, Ch. van Schouwenburg and I. Walinga 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenols- blue method. *Neth. J. Agric Sci.* **22**: 3-5.

4. تقدير الآزوت الكلي بالتربة بالطريقة اللونية باستخدام كاشف نيسلر Determination of Total Nitrogen by Nessler's method

1.4. الغاية و الهدف Scope: تقدير الآزوت الكلي في النبات.

2.4. المبدأ العام Principle: بعد هضم التربة تتحول جميع أشكال الآزوت إلى NH_4^+ حيث تتفاعل هذه الشاردة مع محلول نيسلر معطياً لوناً أصفر يُقرأ عند طول موجة 425 نانومتر، كمية الآزوت التي يمكن حسابها لا يجب أن تزيد عن 0.15 مغ/100 مل و في حال الزيادة يجب التمديد.

التداخلات: يعيق حساب كمية الآزوت وجود شوارد Mg^{+2} , Ca^{+2} لأنهما يُشكلان مع محلول نيسلر راسب لذلك تُضيف طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم و الذي يشكل معقد منحل مع هذه الشوارد.

3.4. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر.

4.4. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- ماء مقطر بدون أمونيا يضاف له محلول نيسلر للكشف عن وجود الأمونيا (في حال وجودها يتلون الماء باللون الأصفر).
- محلول طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم: أذب 50 غ من الملح في 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر، يفضل تحضير محلول 25% و ذلك عن طريق إذابة 25 غ في 100 مل بالماء المقطر و مضاعفة الكمية المضافة في هذا المحلول أثناء التحليل (لسهولة ذوبان الملح)، احفظ هذا المحلول في زجاجة عاتمة.
- محلول نيسلر يكون جاهزاً أو يُحضّر كما يلي: زن 25 غ من KI في 30 مل من الماء المقطر و أضف 35 غ من HgI_2 ، انقل هذا المحلول إلى كأس 1-1.5 لتر و أضف 870 مل من محلول

- KOH 15% حرك المحلول و اتركه حتى يُصبح لونه نقياً، احفظ المحلول في زجاجة عاتمة محكمة الإغلاق و ضعه في مكان بارد (لون المحلول أصفر فاتح).
- محلول التالول C_7H_8 لمنع التفاعلات الحيوية.
- محلول KOH 15%: زن 150 غ من KOH و أذبها في 900 مل ماء مقطر و أكمل الحجم. المحلول الأم من الآزوت: أذب 0.3820 من NH_4Cl النقي في لتر من الماء المقطر، في كل 1 مل من المحلول 0.1 مغ آزوت، احفظ هذا المحلول في زجاجة عاتمة و أضف إليه 3-5 نقاط تالول، هذا المحلول صالح لمدة عام.
- محلول العمل: خذ 25 مل من المحلول الأم في دورق 500 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر، كل 1 مل من هذا المحلول يحتوي على 0.005 مغ آزوت.

5.4. طريقة العمل Procedure:

- قدر كمية المحلول اللازمة للتحليل بالاختبارات الأولية لتركيز NH_4 كالتالي:
- أهضم العينة بطريقة حمض الكبريت المركز و السيلينيوم المذكورة سابقاً.
- خذ 5 مل من محلول الهضم (الذي حجمه 100 مل) و ضعه في أنبوب ثم أضف نقطتين من محلول طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم و نقطتين من محلول نيسلر.
- إذا ظهر اللون الصدئي خذ 10 مل للتحليل.
- إذا كان اللون أحمر خذ 15-25 مل و إذا كان اللون أصفر خذ 30-40 مل.
- خذ الحجم المحدد من الراشح و ضعه في دورق معياري سعة 50 مل.
- أضف للدورق ماء مقطر حتى 40 مل ثم أضف 2 مل من محلول طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم 50% أو 4 مل من المحلول 25%، حركه باليد بشكل جيد.
- أضف للدورق 2 مل من محلول نيسلر و أكمل الحجم بالماء المقطر الخالي من الأمونيوم حتى الإشارة، حرك الدورق و بعد 2-3 دقائق اقرأ على جهاز سبكترو بطول موجه 425 نانومتر.
- بموازاة هذا العمل حضر شاهد (ماء مقطر بالإضافة إلى ملح الطرطرات و محلول نيسلر).
- حضر القياسات اللازمة في دوارق معيارية سعة 50 مل و عاملها معاملة العينة.
- اقرأ القياسات/الشاهد/العينات على جهاز سبكتروفوتومتر على طول الموجة 425 نانومتر.

6.4. طريقة الحساب Calculation:

$$N \% = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة} \times 10000}$$

7.4. المرجع Reference:

Peech, M., L.T. Alexander, L.A. Dean and J.F. Reed. 1947. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U.S. Dept. Agr. C. 757. p.25.

الفصل الخامس: تقدير الفوسفور Determination of Phosphorus

1. تقدير الفوسفور الكلي بجهاز السبكتروفوتومتر باستخدام كاشف بارتون Determination of

:Total Phosphorus by Spectrophotometer using Barton reagent

- 1.1. الغاية و الهدف Scope: تقدير الفوسفور الكلي الموجود في عينات النبات.
- 2.1. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على تفاعل الفوسفور مع الفاندات و الموليبيدات و تكون مركب معقد أصفر اللون في وسط حامضي.
- 3.1. الأجهزة Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر.

4.1. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول فوسفات قياسي أم KH_2PO_4 : زن 0.2196 غ من فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4 (المجففة على درجة حرارة 105 م لمدة ساعة) و أذبها في قليل من الماء المقطر. ثم أكمل الحجم إلى لتر، هذا المحلول تركيزه 50 مغ/لتر فوسفور. يُحضر منه محاليل قياسية: 0.5، 1، 1.5، 2، 2.5 مغ/لتر فوسفور. (تركيز منخفض أو 2، 4، 6، 8، 10 مغ/لتر تركيز عالي).
- محلول موليبيدات - فاندات الأمونيوم في حمض الآزوت (كاشف بارتون):
 - أذب 25 غ من موليبيدات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ في 400 مل من الماء المقطر الساخن 50 م.
 - أذب 1.25 غ من فاندات الأمونيوم $(\text{NH}_4 \text{VO}_3)$ في 300 مل ماء مقطر مغلي.
 - دع المحاليل تبرد، ثم انقلها نقلاً كميّاً إلى دورق معياري سعة 1000 مل.
 - أضف بحذر 250 مل من حمض الآزوت ثم محلول موليبيدات الأمونيوم ببطئ إلى المزيج، حرك جيداً و أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر.

5.1. طريقة العمل Procedure:

- تهضم العينة النباتية بطريقة الهضم بحمض الكبريت المركز مع السيلينيوم المذكورة سابقاً.
- اسحب 5 مل من العينة المهضومة إلى دورق معياري 50 مل. أضف لها 20 مل من الماء المقطر.
- أضف 5 مل من محلول موليبيدات فاندات الأمونيوم، اخلط جيداً ثم أكمل الحجم بالماء المقطر.
- اترك الدورق لفترة 30 دقيقة لتصل شدة اللون إلى أقصاها حيث أنه إذا كانت الحموضة أقل من 0.2 عياري فإن اللون لا يتشكل، كما أنه يتكون ببطئ إذا كانت أكبر من 0.6 عياري و التركيز المناسب هو 0.5 عياري.
- حضر الشاهد و القياسات اللازمة و عاملهم معاملة العينة.
- اقرأ شدة اللون الأصفر للشاهد/القياسات/العينات على جهاز سبكتروفوتومتر على طول موجة 430 نانومتر.

- ارسم الخط البياني بين قراءات الامتصاص الضوئي و تراكيز الفوسفور في المحاليل القياسية.

6.1. طريقة الحساب :Calculation

$$P \text{ مغ/كغ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة}}$$

$$P \% = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة} \times 10000}$$

7.1. المراجع References:

- Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1997. Plant analysis: An interpretation manual (2nd edition). CSIRO publ., Australia.
- Jones, J.B., Jr., B. Wolf, and H. Mills. 1991. Plant analysis handbook, Micro-Macro Publishing, Inc., Athens, GA, USA.
- Walsh, L.M. and J.D. Beaton, eds. 1973. Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. of Amer., Madison, USA.

2. تقدير الفوسفور الكلي بجهاز التحليل الآلي (طريقة مورفي) Determination of Total

:Phosphorus by Autoanalyzer (Murphy method)

1.2. الغاية و الهدف : تقدير محتوى العينات النباتية من عنصر الفوسفور.

2.2. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على تقدير الفوسفور بالطريقة الفوتومترية و ذلك بمعاملة محلول الهضم بمحلول موليبيدات الأمونيوم في وسط حامضي حيث يتشكل معقد فوسفات موليبيدات الأمونيوم و الذي يتم إرجاعه بواسطة حمض الأسكوربيك بوجود الأنثيموني حيث تسرع طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني إرجاع فوسفات موليبيدات الأمونيوم و تساعد في ثبات اللون للمركب المرجع.

3.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول حمض الكبريت H_2SO_4 : خذ بواسطة سليندر 400 مل من حمض الكبريت المركز و ضعها بحذر فوق كمية من الماء المقطر حوالي 200 مل في دورق معياري سعة لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر. ثم أضف 2 مل من مادة FFD6.
- محلول ماء مقطر + FFD6: خذ 1 لتر من الماء المقطر في دورق سعة لتر و أضف لها 2 مل من FFD6.
- محلول طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني $(KSbO.C_4H_4O_6.5H_2O)$: أذب 0.3 غ من طرطرات البوتاسيوم الأنثيموني في دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر الحراري (صالحة لمدة شهر في البراد).

- محلول حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$: زن 18 غ من حمض الأسكوربيك في دورق معياري سعة لتر، أضف لها 20 مل من محلول طرطرات البوتاسيوم الأنتيموني المحضر سابقاً، و أكمل إلى 1 لتر بالماء المقطر. هذه المادة صالحة لمدة أسبوع في البراد.

- محلول موليبيدات الأمونيوم $(NH_4)_6MO_7O_{24} \cdot 4H_2O$:

■ خذ 40 مل من حمض الكبريت المركز 97% و ضعها في دورق معياري لتر يحوي 200 مل ماء مقطر حراري.

■ أذب 4.8 غ من موليبيدات الأمونيوم في قليل من الماء المقطر.

■ أضف محلول الموليبيدات إلى الدورق الحاوي على حمض الكبريت و أكمل إلى لتر.

■ أضف 2 مل من محلول FFD_6 إلى الدورق.

- المحلول القياسي الأم فوسفات أحادية البوتاسيوم KH_2PO_4 (1000 مغ/لتر):

■ أذب 4.394 غ من فوسفات أحادية البوتاسيوم بعد تجفيفها على 105 م° لمدة ساعة في لتر

من الماء المقطر، يحوي هذا المحلول على 1000 مغ/لتر فوسفور.

■ حضر منه القياسات التالية: 20، 30، 40، 50 مغ/لتر.

■ اقرأ القياسات و العينات على طول موجة 880 نانومتر على جهاز التحليل الآلي.

4.2. طريقة العمل Procedure:

- أھضم العينة بطريقة حمض الكبريت المركز و السيلينيوم المذكورة سابقاً.

- حضر شاهد و عامله معاملة العينة ما عدا النبات.

- اقرأ سلسلة القياسات/الشاهد/راشح العينات على جهاز المحلل الآلي (انظر طريقة تشغيل الجهاز).

5.2. طريقة الحساب Calculation:

$$P \% = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة} \times 10000}$$

6.2. المراجع References:

- Murphy, J. and J.P. Riley.1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta.** 27: 31-36.
- Van Schouwenberg, J.C. and I. Walinga. 1967. The rapid determination of phosphorus in presence of arsenic, silicon and germanium. **Anal. Chim. Acta.** 37: 271-274.

الفصل السادس: تقدير البوتاسيوم الكلي في النبات بواسطة جهاز التحليل الطيفي باللهب

:Determination of Total Potassium by Flame Photometer

1. **الغاية و الهدف Scope:** تقدير محتوى العينات النباتية من عنصر البوتاسيوم.
2. **المبدأ العام Principle:** تعتمد هذه الطريقة على هضم العينات النباتية بحمض الكبريت المركز بوجود مساعدات هضم (السلينيوم) ثم يُقرأ البوتاسيوم باستخدام جهاز اللهب حيث يؤدي اللهب إلى تهيج ذرات البوتاسيوم لتصدر أشعة ضوئية تتناسب شدتها طرذاً مع تركيز البوتاسيوم في العينة و يتم تحديد شدة هذه الأشعة بواسطة حساس مناسب.

3. **الأجهزة Apparatus:** جهاز تحليل طيفي باللهب و جهاز رج كهربائي.

4. **المحاليل و المواد اللازمة Reagents:**

المحلول الأم القياسي: أذب 1.9069 غ من كلوريد البوتاسيوم KCl المجففة على درجة 105 م° لمدة 2 ساعة في دورق معياري سعة لتر، يُكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر فيحوي هذا المحلول على 1000 مغ/لتر من البوتاسيوم (محلول الأم). حضر القياسات التالية : 20، 40، 60، 80، 100، 150، 200 مغ/لتر وفق القاعدة ح × ع = ح × ع كالتالي: اسحب على التوالي 2، 4، 6، 8، 10، 15، 20 مل من المحلول الأم إلى دوارق معيارية سعة 100 مل. أكمل الحجم حتى العلامة بمحلول أسيتات الأمونيوم.

5. **طريقة العمل Procedure:**

- زن حوالي 0.2 غ على ميزان حساس من المادة النباتية الجافة في أنبوب هضم.
- أهضم العينة بطريقة حمض الكبريت المركز و السلينيوم المذكورة سابقاً.
- ارفع الأنابيب عن جهاز الهضم و اغسل الأجاصات ضمن الأنبوب جيداً بالماء المقطر.
- رشّح المحلول كاملاً في دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- يصبح المحلول جاهز للقراءة لتقدير البوتاسيوم الكلي في النبات على جهاز التحليل الطيفي باللهب.

6. **طريقة الحساب Calculation:**

$$K \% = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة} \times 10000}$$

7. **المرجع Reference:**

Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

الفصل السابع: تقدير الصوديوم الكلي في النبات بواسطة جهاز التحليل الطيفي باللهب

Determination of Total Sodium by Flame Photometer

1. **الغاية و الهدف Scope:** تقدير محتوى العينات النباتية من عنصر الصوديوم.
2. **المبدأ العام Principle:** تعتمد هذه الطريقة على هضم العينات النباتية، ثم تتم قراءة الصوديوم باستعمال جهاز اللهب حيث يؤدي اللهب إلى تهيج ذرات الصوديوم لتصدر أشعة ضوئية تتناسب شدتها طردياً مع تركيز الصوديوم في العينة و يتم تحديد شدة هذه الأشعة بواسطة حساس مناسب.
3. **الأجهزة Apparatus:** جهاز التحليل الطيفي باللهب و جهاز هضم.
4. **المحاليل Reagents:** محلول الأم القياسي 100 ملليمكافى: أذب 5.85 غ كلوريد الصوديوم NaCl المجففة على درجة 100 م° لمدة 3 ساعات في لتر من الماء المقطر.
5. **طريقة العمل Procedure:**
 - زن حوالي 0.2 غ على ميزان حساس من المادة النباتية الجافة في أنبوب هضم 100 مل.
 - أهضم العينة بطريقة الهضم بخليط من حمض البيروكلوريك و حمض الآزوت النسبة 9:4.
 - رشح المحلول كاملاً في ورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
 - يجب عمل شاهد (بدون مادة نباتية) لكل مجموعة من العينات المهضومة.
 - قدر تركيز الصوديوم في العينة على جهاز اللهب و ارسم المنحنى البياني.
6. **طريقة الحساب Calculation:**

$$\text{Na ملليمكافى/100 غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المحلول الكلي} \times 100}{\text{وزن العينة} \times 1000}$$

$$\text{Na \%} = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المحلول الكلي} \times 100 \times 23}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000}$$

23: هي الوزن المكافئ للصوديوم.

7. المراجع References:

- Rashid, A. 1986. Mapping Zinc fertility of soil using indicator plant and soil analysis. Ph. D. Dessrtation. University of Hawaii, HI, USA.
- Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

الفصل الثامن: تقدير الكالسيوم و المغنزيوم Determination of Calcium and Magnesium

1. تقدير الكالسيوم بجهاز الامتصاص الذري بعد الهضم الرطب Determination of Calcium by AAS after wet-ashing digestion of plant sample

- 1.1. الغاية و الهدف Scope: تقدير محتوى العينات النباتية من الكالسيوم.
- 2.1. المبدأ العام Principle: تُقدر الكالسيوم بعد هضم العينة و قراءة المستخلص على جهاز الامتصاص الذري.

3.1. الأجهزة Apparatus: جهاز هضم و جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري.

4.1. المحاليل Reagents:

- المحلول الأم القياسي (كلوريد الكالسيوم): أذب 2.78 غ من كلوريد الكالسيوم مجففة على الدرجة 105 م في لتر من الماء المقطر، يحوي هذا المحلول على 1000 مغ/لتر.
- حضر منه محلول قياسي 100 مغ/لتر و ذلك بسحب 10 مل من المحلول الأم إلى دورق معياري سعة 100 مل، أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر الحراري، حضر منه القياسات التالية:
 - 0.25 مغ/لتر و ذلك بسحب 0.25 مل من المحلول القياس 100 مغ/لتر إلى دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.
 - 0.5 مغ/لتر و ذلك بسحب 0.5 مل من المحلول القياسي 100 مغ/لتر إلى دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.
 - 1 مغ/لتر و ذلك بسحب 1 مل من المحلول القياسي 100 مغ/لتر إلى دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.

5.1. طريقة العمل Procedure:

- زن حوالي 0.2 غ على ميزان حساس من المادة النباتية الجافة في أنبوب هضم سعة 100 مل.
- أهضم العينة بطريقة الهضم بخليط من حمض البيروكلوريك و حمض الآزوت النسبة 9:4.
- رشّح المحلول كاملاً في دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- يجب عمل شاهد (بدون مادة نباتية) لكل مجموعة من العينات المهضومة.
- قدر تركيز القياسات/العينات/الشاهد على جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري.

6.1. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{Ca مغ/غ} = \frac{\text{تركيز من الجهاز}}{\text{نسبة التمديد}} \times \frac{\text{حجم محلول الهضم}}{\text{وزن العينة}}$$
$$\text{Ca \%} = \frac{\text{تركيز من الجهاز}}{\text{نسبة التمديد}} \times \frac{\text{حجم محلول الهضم} \times 100}{\text{وزن العينة} \times 1000}$$

2. تقدير المغنيزيوم بجهاز الامتصاص الذري بعد الهضم الرطب Determination of Magneisum by :AAS after wet-ashing digestion of plant sample

- 1.2. الغاية و الهدف Scope: تقدير محتوى العينات النباتية من المغنيزيوم.
- 2.2. المبدأ العام Principle: تقدر المغنيزيوم بعد هضم العينة و قراءة المستخلص على جهاز الامتصاص الذري.
- 3.2. الأجهزة Apparatus: جهاز هضم، جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري.
- 4.2. المحاليل Reagents:

- محلول الأم القياسي (كلوريد المغنيزيوم) $MgCl_2$: أذب 3.99 غ من كلوريد المغنيزيوم مجففة على الدرجة 105 م° في لتر من الماء المقطر، يحوي هذا المحلول على 1000 مغ/لتر.
- يحضر منه محلول قياسي 100 مغ/لتر و ذلك بسحب 10 مل من المحلول الأم إلى ورق معياري 100 مل، ثم أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري، حضر منه القياسات التالية:
 - 0.1 مغ/لتر و ذلك بسحب 0.1 مل من المحلول القياسي 100 مغ/لتر إلى ورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.
 - 0.2 مغ/لتر و ذلك بسحب 0.2 مل من المحلول القياسي 100 مغ/لتر إلى ورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.
 - 0.4 مغ/لتر و ذلك بسحب 0.4 مل من المحلول القياسي 100 مغ/لتر إلى ورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.

5.2. طريقة العمل Procedure:

- زن حوالي 0.5 غ على ميزان حساس من المادة النباتية الجافة في أنبوب هضم سعة 100 مل.
- أهضم العينة بطريقة الهضم بخليط من حمض البيروكلوريك و حمض الآزوت بنسبة 9:4.
- رشح المحلول كاملاً في ورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- يجب عمل شاهد (بدون مادة نباتية) لكل مجموعة من العينات المهضومة.
- قدر تركيز القياسات/العينات/الشاهد على جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري.

6.2. طريقة الحساب Calculation:

$$Mg \text{ مغ/غ} = \text{التركيز من الجهاز} \times \frac{\text{حجم محلول الهضم}}{\text{وزن العينة}} \times \text{نسبة التمديد}$$
$$Mg \% = \text{التركيز من الجهاز} \times \frac{\text{حجم محلول الهضم} \times 100}{\text{وزن العينة} \times 1000} \times \text{نسبة التمديد}$$

3. تقدير الكالسيوم بطريقة الفيرسينات Determination of Calcium by Versenate (EDTA) :method

1.3. الغاية و الهدف Scope: تقدير الكالسيوم في النبات بطريقة المعايرة بمحلول EDTA بعد هضم العينة النباتية بطريقة الهضم الرطب.

2.3. المبدأ العام Principle: يقدر الكالسيوم في محلول العينة النباتية بالمعايرة بـ EDTA عند pH 12 (بوجود كاشف كالسيوم) حيث أن المغنيزيوم يترسب في وسط pH عالي و يتم الحد من التداخلات الناتجة عن وجود المعادن الثقيلة بإضافة محلول سيانيد البوتاسيوم 1% KCN و بلورات ثنائي الصوديوم ثنائي ميثيل ثنائي ثيوكراميد التي تشكل معقد مع المعادن الثقيلة.

3.3. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول كلوريد الكالسيوم 0.01 نظامي: أذب 0.05 غ كربونات الكالسيوم النقية في 10 مل حمض كلور الماء الممدد (1:3) في دورق قياسي 1 لتر و أكمل الكمية حتى العلامة بالماء المقطر.
 - محلول الفيرسينات 0.01 نظامي: ضع 2 غ EDTA و 0.05 غ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ في دورق 1 لتر، أضف ماء مقطر و أذب المحتويات ثم أكمل الكمية حتى العلامة بالماء المقطر. عاير المحلول للضبط بكلور الكالسيوم 0.01 نظامي باستخدام كاشف الكالسيوم (Ammonium Purpurate).
 - هيدروكسيد الصوديوم 4 نظامي: أذب 16 غ ماءات الصوديوم في ماء مقطر و أكمل الحجم حتى 100 مل.
 - محلول سيانيد البوتاسيوم 1%: أذب 1 غ سيانيد بوتاسيوم في 100 مل ماء مقطر.
 - بلورات ثنائي الصوديوم ثنائي ميثيل ثنائي ثيوكراميد.
 - كاشف الكالسيوم: امزج 0.5 غ من بربرات الأمونيوم (الميروكسيد) Ammonium purpurate مع 100 غ من بودرة كبريتات البوتاسيوم ثم اطحن و اخلط في الهاون.
- ملاحظة: تقدر عيارية الفيرسينات بسحب 5 مل من محلول كلوريد الكالسيوم 0.01 نظامي الى مخروطية سعة 250 مل. أضف اليها حوالي 40 مل ماء مقطر و 3 مل منظم الكالسيوم. أضف نقطتان من دليل الكالسين حيث يظهر لون أخضر فوسفوري. عاير بالفيرسينات حتى يتحول اللون إلى الوردي و سجل الحجم الذي لزم للمعايرة. احسب عيارية الفيرسينات من المعادلة: $ح \times ع = ع \times غ$

4.3. طريقة العمل Procedure:

- ضع 10 مل من محلول العينة في دورق مخروطي 150 مل و بخر العينة لتجف في حمام مائي، ارفع الدورق و اتركه ليبرد ثم أضف 25 مل ماء مقطر و أذب الراسب الجاف مع التسخين لسهولة الذوبان (أو خذ 10 مل من المحلول و 15 مل ماء مقطر في دورق مخروطي 150).
- أضف قليلاً (مقدار قبضة الأصابع) من بلورات ثنائي الصوديوم ثنائي أثيل ثنائي ثيوكراميد و 5 نقاط من محلول 1% KCN، امزج جيداً ثم أضف ماءات الصوديوم 4 نظامي نقطة نقطة لرفع pH حتى 12 (لترسيب Mg).
- أضف قليلاً من كاشف الكالسيوم ثم أمزج المحتويات (اللون يصبح قرنفلي).

- عاير بـ EDTA ليتحول اللون من القنفلي إلى القرمزي و سجل كمية EDTA المستهلكة.
- كرر المعايرة عدة مرات حتى تحصل على اختلاف بين معايرة عينتين لا يتجاوز 0.05 مل (بواسطة سحاحة ميكرونية) Microburette. كرر السابق مع الشاهد كما في العينة.

5.3. طريقة الحساب :Calculation

$$\text{Ca } \% = \frac{\text{حجم الفيرسينات اللازمة للمعايرة} \times \text{عيارية الفيرسينات} \times \text{حجم محلول الهضم الكلي} \times 100 \times 20}{\text{وزن العينة النباتية الجافة} \times \text{حجم المحلول المأخوذ} \times 1000}$$

20: هي الوزن المكافئ للكالسيوم.

6.3. المرجع :Reference

Cheng, K.L. and R.H. Bray.1951. Determination of Ca and Mg in soil and plant material. *Soil Sci.*, 72: 449-458.

4. تقدير المغنيزيوم في النبات بطريقة الفيرسينات Determination of Magnesium by Versenate (EDTA) method

- 1.4. الغاية و الهدف :Scope: تقدير المغنيزيوم في النبات بطريقة المعايرة بمحلول EDTA لمستخلص العينة النباتية المهضومة بطريقة الهضم الرطب
- 2.4. المبدأ العام :Principle: يرتبط كل من الكالسيوم و المغنيزيوم مع الفيرسينات على شكل معقدات (Ca- EDTA و Mg- EDTA). إن معقد Ca- EDTA أكثر ثباتاً من معقد Mg- EDTA فعند المعايرة بـ EDTA يتشكل أولاً معقد Ca- EDTA و عند اكتمال تشكيل هذا المعقد و بوجود كاشف الكالسيوم يتغير اللون من القنفلي إلى القرمزي، عند متابعة المعايرة و بوجود كاشف المغنيزيوم يتغير اللون من القنفلي إلى الأخضر و ذلك عند اكتمال تكون معقد الكالسيوم و المغنيزيوم مع EDTA. نستطيع بهذه الطريقة تقدير الكالسيوم بشكل منفصل عند نقطة المعايرة الأولى في حين يُقدر مجموع الكالسيوم مع المغنيزيوم عند نقطة المعايير الثانية. و لتحديد تركيز المغنيزيوم نطرح تركيز الكالسيوم من تركيز الكالسيوم و المغنيزيوم.

3.4. المحاليل و المواد اللازمة :Reagents

- كلور المغنيزيوم 0.01 نظامي: أذب 0.5 غ من $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ في ماء مقطر و أكمل الكمية إلى 500 مل بالماء المقطر.
- المحلول المنظم كلور الأمونيوم-مئات الأمونيوم: أذب 67.5 غ كلور الأمونيوم في 570 مل من مئات الأمونيوم المركز و أكمل الكمية إلى لتر.
- كاشف أيروكروم بلاك-ت: أذب 0.5 غ من أيروكروم بلاك-ت (EBT) و 4.5 غ هيدروكسيل أمين هيدروكلوريد ($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{Cl}$) في 100 مل أيثانول 98%، خزن في البراد (حضر محلول جديد كل ثلاثة أسابيع).
- محلول هايدروكسيل أمين هايدروكلوريد 5% : أذب 5 غ من NH_2OHHCl في 100 ماء مقطر.

- محلول فروسيانيد البوتاسيوم 4 % : أذب 4 غ من $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ في 100 مل ماء مقطر .
- ترائي إيثانول أمين 5%: خذ 50 مل ترائي إيثانول أمين في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم.
- محلول كلور الكالسيوم 0.01 نظامي
- محلول الفيرسينات 0.01 EDTA نظامي.
- محلول سيانيد البوتاسيوم 1%.

4.4. طريقة العمل Procedure:

- خذ 10 مل من محلول العينة النباتية في 150 مل دورق مخروطي ثم بخر المحلول حتى الجفاف في حمام مائي، ارفع الدورق و اتركه ليبرد، ثم أضف 25 مل ماء مقطر و سخن لتسهيل ذوبان الرواسب الجافة (أو أضف 10 مل من محلول العينة النباتية و أضف 15 مل ماء فقط في دورق مخروطي 150 مل).
- أضف نقطة من كلور المغنيزيوم 0.01 نظامي و خمس نقاط من كل من سيانيد البوتاسيوم 6% و فروسيانيد البوتاسيوم 4%، هايدروكسيل أمين هايدروكلورايد 5% و ترائي إيثانول أمين 50% إلى دورق مخروطي، ثم أضف المحلول المنظم كلور الأمونيوم- ماءات الأمونيوم لرفع pH المحلول حتى 10، و أضف 2 مل إضافية من المحلول المنظم نفسه.
- أضف نقطتين من كاشف EBT و عاير بالفيرسينات 0.01 نظامي حتى يتغير اللون من الوردي إلى الأرجواني (حدد حجم الفيرسينات المستهلكة و اللازمة لمعايرة الكالسيوم).
- تابع المعايرة بمحلول الفيرسينات نقطة نقطة حتى يغير لون المحلول من اللون الأرجواني إلى اللون الأزرق الرائق أو الأخضر و سجل كمية الفيرسينات الكلية المستهلكة و اللازمة لمعايرة الكالسيوم و المغنيزيوم (كرر المعايرة عدة مرات حتى تحصل على اختلاف بين معايرة عينتين لا يتجاوز 0.05 مل بواسطة سحامة ميكرونية) و بشكل مشابه عاير الشاهد بأخذ 10 مل من محلول الشاهد و تابع الطريقة كما في العينة النباتية.
- خذ 5 مل من محلول كلوريد الكالسيوم و 20 مل من ماء مقطر في دورق مخروطي 150 مل و عاير بمحلول الفيرسينات باستخدام كاشف المغنيزيوم و تابع طريقة المعايرة كما ورد سابقاً ثم عاير الشاهد بأخذ 5 مل من محلول الشاهد و 20 مل ماء مقطر.

5.4. طريقة الحساب Calculation:

$$\% \text{ Mg} = \frac{\text{حجم محلول الهضم الكلي} \times 12 \times 100}{\text{وزن العينة النباتية الجافة هوائياً} \times \text{حجم المحلول المأخوذ} \times 1000}$$

ب: حجم الفيرسينات اللازمة لمعايرة الكالسيوم و المغنيزيوم، س: حجم الفيرسينات اللازمة لمعايرة الكالسيوم.

6.4. المرجع Reference:

Cheng, K.L. and R.H. Bray.1951. Determination of Ca and Mg in soil and plant material. **Soil Sci.**, 72: 449-458.

الفصل التاسع: تقدير الكلور في النبات Determination of Chloride in Plant

بالرغم من أن الكلور يُصنف كعنصر من العناصر الصغرى المهمة للنبات (ليس أكثر من 10 مغ كلور/كغ و ذلك من أجل الوظائف البيوكيميائية) فإن النبات يمكن و بصورة طبيعية أن يراكم تراكيز عالية من الكلور في أنسجته من 2000 - 20000 مغ/كغ. يوجد الكلور بصورة رئيسة في النسيج النباتي بالشكل الأيوني لذا يُستخلص الكلور من النبات باستخدام الماء أو الحمض الممدد أو محاليل ممددة لبعض الأملاح (Gaines *et al.*, 1984).

1. تقدير الكلور القابل للاستخلاص من أنسجة النبات بالطريقة اللونية (تحليل آلي) Determination of extractable Chloride by Colorimetric method using Autoanalyzer

- 1.1. **الغاية و الهدف Scope:** تقدير الكلور في النسيج النباتي.
- 2.1. **المبدأ العام Principle:** تعتمد الطريقة على استخلاص الكلور من أنسجة النبات باستخدام نترات الكالسيوم ثم يُضاف للعينات ثيوسيانات الزئبق حيث تتحرر شوارد الثيوسيانات بوجود شوارد الكلور في العينة، تتفاعل الثيوسيانات المتحررة مع شوارد الحديد لتشكل معقد من ثيوسيانات الحديد ذو اللون الأحمر. تتعلق شدة لون المعقد المتشكل بشكل مباشر بتركيز شوارد الكلور في العينة المحللة.
- 3.1. **الأجهزة و الأدوات Apparatus:** جهاز المحلل الآلي على طول موجة 480 نانومتر.

4.1. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول أم 1000 مغ/لتر: زن 2.103 غ كلور البوتاسيوم المجفف في الفرن، أذنها في الماء المقطر في دورق معياري 1 لتر، حضر القياسات 20، 40، 60، 80، 150 مغ كلور و ذلك بأخذ 2، 4، 6، 8، 15 مل من المحلول الأم في دوارق معيارية سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- محلول نترات الحديد: خذ 202 غ نترات الحديد إلى دورق معياري سعة لتر، و أضف 31.5 مل حمض الآزوت، ثم أذب و أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر، رشح المحلول.
- محلول ثيوسيانات الزئبق: خذ تحت ساحة الهواء 4.17 غ ثيوسيانات الزئبق إلى دورق معياري سعة 500 مل يحتوي على الميثانول، أذب جيداً و أكمل الحجم بالميثانول حتى العلامة و امزج جيداً ثم رشح.
- محاليل إظهار اللون: أذب 520 مغ من ثيوسيانات الزئبق $Hg(SCN)_2$ في 200 مل من الميثانول في دورق معياري سعة لتر، أضف 600 مل ماء مقطر و امزج. أضف 63 مل حمض الآزوت المركز ثم خذ 40 غ نترات الحديد و حلها. أكمل الحجم بالماء المقطر ثم أضف 1 مل من محلول برب 30% و امزج جيداً.

- محلول الاستخلاص (نترات كالسيوم 0.01 M): خذ 2.36 غ نترات كالسيوم في دورق معياري سعة لتر، أكمل الحجم بالماء المقطر و امزج جيداً.

5.1. طريقة العمل Procedure:

- خذ 100 مغ من عينة النبات في دورق.
- أضف 20 مل محلول استخلاص.
- رج (على سرعة 250 دورة/دقيقة) لمدة 30 دقيقة ثم رشح المستخلص.
- اتبع طريقة العمل على الجهاز المعتمدة مع ملاحظة: يستخدم الماء المقطر (المضاعف التقطير) كشاهد.

6.1. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{كلور مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم المستخلص}}{\text{وزن العينة}}$$

ملاحظة: إن الزئبق هو أحد العناصر الثقيلة الضارة بالبيئة، و لهذا يفضل عدم اتباع الطريقة إذا لم يتوفر في المختبر وسائل لفصل الزئبق و ترسبه قبل صرفه إلى مياه الصرف.

2. تقدير الكلور (القابل للاستخلاص بالماء أو بحمض الخل) بالمعايرة بنترات الفضة Determination of extractable Chloride by Titration method using AgNO₃

1.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول كرومات البوتاسيوم 5 % K₂CrO₄:
 - أذب 5 غ من كرومات البوتاسيوم في حوالي 70 مل ماء مقطر.
 - أضف محلول نترات الفضة نقطة نقطة مع التحريك حتى ظهور راسب بني محمر.
 - أكمل الحجم إلى 100 مل ماء مقطر.
 - احفظه في غرفة مظلمة.
 - رشح المحلول للتخلص من كرومات الفضة المترسبة.
- محلول نترات الفضة 0.01 نظامي AgNO₃:
 - أذب 1.698 غ نترات فضة (نقية مجففة على 105 م° لمدة ساعتين) في الماء المقطر.
 - أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر.
 - احفظ في زجاجة عاتمة.

- محلول كلور الصوديوم 0.01 نظامي: أذب 0.585 غ كلوريد الصوديوم (مجففة على درجة 105م) في لتر من الماء المقطر، قدر عيارية نترات الفضة بواسطة محلول كلور الصوديوم 0.01 نظامي.

2.2. طريقة العمل Procedure:

- خذ 10 مل من مستخلص العينة (مائي أو حمض الخل) و ضعها في دورق مخروطي 250 مل.
- أضف 3-4 نقطة من دليل كرومات البوتاسيوم.
- عاير بواسطة نترات الفضة حتى بدء ظهور اللون البني المحمر.
- سجل حجم نترات الفضة الذي لزم للمعايرة.

3.2. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{كلور مكافئ/100 غ} = \frac{\text{حجم نترات الفضة المستهلكة} \times \text{عياريتها} \times \text{حجم المستخلص} \times 100}{\text{الحجم المسحوب للمعايرة} \times \text{وزن العينة}}$$

3. المراجع References:

- CAES. 1999. Methods for the analysis of soil, plant, Water, and Environmental Samples, Agricultural and Environmental services Laboratories (CAES), University of Georgia. <http://aesl.ces.uga.edu/methods/toc.html>.
- Gaines, T.P., M.B. Parker and G.J. Gascho. 1984. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agron. J.** **76**: 371-374.
- Cantliffe, D.J., G.E. MacDonald and N.H. Peck. 1970. The Potentiometric Determinations of Nitrate and Chloride in Plant Tissue. New York's Food and Life Sciences Bulletin 3, p.7.

الفصل العاشر: تقدير الكبريت في النبات بطريقة العكارة

Turbidimetric method

1. **الغاية و الهدف Scope:** يتراوح الكبريت الكلي في أنسجة النبات عادة من 0.1- 1 % و يقدر الكبريت الكلي في النبات بعدة طرائق، و من أهمها و أكثرها شيوعاً هي طريقة العكارة .

2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول منظم: أذب 40 غ $Mg Cl_2 \cdot 6H_2O$ ، 4.1 غ أسيتات الصوديوم، 0.83 غ KNO_3 في 800 مل ماء مقطر، أضف 28 مل 95% إيثانول، و أكمل الحجم الى لتر بالماء المقطر.
- محلول قياسي 1000 مغ/لتر: أذب 0.5435 غ K_2SO_4 جاف في 100 مل ماء مقطر. حضر منه المحاليل القياسية كالتالي: اسحب 1، 2، 3، 4، 5، 6، 8، 10 مل من المحلول 1000 مغ/لتر إلى دوارق معيارية سعة 100 مل، ثم أضف 4 مل حمض آزوت مركز و 2 مل حمض بيروكلوريك لكل دورق، و أكمل كل منها إلى الحجم 100 مل بالماء المقطر، تحتوي هذه المحاليل 10، 20، 30، 40، 50، 60، 80، 100 مغ/لتر كبريت على شكل S.
- بللورات $BaCl_2$ نقي.

3. طريقة العمل Procedure:

- أهضم العينة بطريقة الهضم بخليط من حمض البيروكلوريك و حمض الآزوت بنسبة 4:9.
- خذ 5 مل من محلول هضم العينة النباتية، 5 مل من كل قياسي إلى دوارق معيارية سعة 50 مل (يجب غسل الماصة بمحلول الهضم قبل أخذ الكمية اللازمة، و كذلك يجب غسلها بالقياسات).
- أضف 15 مل ماء مقطر لكل دورق. ثم أضف 5 مل محلول منظم لكل دورق.
- ضع الدورق على المحرك المغناطيسي و أضف بللورات $BaCl_2$ (حوالي 0.1 غ)، رج لدقيقة واحدة.
- اسكب المعلق إلى زجاجة سبكتروفوتومتر و اقرأ النفاذية %T بعد 4 دقائق على 420 نانومتر.

4. طريقة الحساب Calculation:

$$S \% = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم المحلول المهضوم} \times 100}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000}$$

ملاحظات: إن نجاح الطريقة يعتمد على دقة تطبيق الطريقة. و العكارة تكون ثابتة لمدة 10 - 15 دقيقة فقط.

5. المراجع References:

- Beaton, J.D., G.R. Burns and J. Platou. 1968. Determination of sulfur in soils and plant material. The Sulphur Institute Technical Bulletin No.14, Washington, D.C., USA.
- Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Priced Publication 4034. Division of Agriculture Sciences, University of California, Berkeley. pp. 184 -196.
- Skroch, K., C. Hoffman, L. Mundt, R. Gelderman. 1999. Plant analysis procedures. South Dakota State University Agricultural experiment station. p. 44.

الفصل الحادي عشر: تقدير البورون Determination of Boron

1. تقدير البورون بجهاز التحليل الآلي و استخدام الأزوميثين Determination of Boron by Autoanalyzer with the use of Azomethine-H

- 1.1. الغاية و الهدف Scope: تقدر هذه الطريقة البورون الكلي في العينات النباتية.
- 2.1. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على تفاعل البورون مع كاشف الأزوميثين في وسط مضبوط الـ pH (حامضي خفيف) لتشكيل معقد أصفر اللون يُقاس على طول موجة 420 نانومتر.
- التداخلات: تسبب شوارد الألمنيوم و الكالسيوم و الحديد تداخلات يتم منعها بإضافة حمض الثيوغليكوليك و EDTA.2Na.
- 3.1. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز تحليل آلي.
- 4.1. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الكبريت 1 مول/لتر: أضف 46 مل من حمض الكبريت المركز إلى 400 مل ماء مقطر بحذر، اتركه ليبرد ثم أكمل الحجم إلى 1 لتر.
- محلول حمض الآزوت: أضف 20 مل من حمض الآزوت المركز إلى 800 مل ماء مقطر، أكمل الحجم إلى لتر ثم أضف 3 مل محلول بريج.
- المحلول المنظم: أذب 3 غ من الـ EDTA في 100 مل ماء مقطر، و في دورق منفصل أذب 80 غ من أسيتات الأمونيوم و 2.5 مل من حمض الثيوغليكوليك في 700 مل ماء مقطر، أضف محلول الـ EDTA إليه ثم 30 مل من حمض الخل، امزج بشكل جيد و اضبط الـ pH إلى 5.6 باستخدام حمض الخل أو ماءات الأمونيوم.
- ملاحظة: احفظ المحلول في زجاجة عاتمة وعلى حرارة 4 و يُحضر أسبوعياً.
- المحلول الملون: أذب 0.9 غ أزوميثين و 2 غ حمض أسكوربيك في 80 مل ماء مقطر ثم أكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر.
- ملاحظة: قد يحتاج المحلول لتسخينه لدرجة 30 م° للذوبان، و يُحفظ في زجاجة عاتمة و على درجة حرارة +4 م° و صالح لمدة يومين فقط.
- القياسي الأم 100 مغ/لتر بورون: أذب 0.5719 غ من حمض البوريك في 1000 مل ماء مقطر، يُحضر أسبوعياً.
- القياسات 0.4، 0.8، 1.2، 1.6، 2 مغ/لتر بورون: انقل على التوالي 0.4، 0.8، 1.2، 1.6، 2 مل من القياسي الأم إلى خمسة دوارق معيارية سعة 100 مل، أكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر، تُحضر بشكل يومي.

5.1. طريقة العمل Procedure

- زن 0.5 غ من العينة النباتية على ميزان حساس في بوتقة ترميد مناسبة.
- وضعها في المرمدة على الدرجة 500 م° و لمدة 4 ساعات و يُعتبر اللون الأبيض للعينات دليل تمام عملية الترميد.
- رطب العينات بعد أن تبرد بقليل من الماء المقطر، أضف لها 10 مل محلول حمض الكبريت.
- انقل العينات نقلاً كميّاً من البوتقة إلى دورق معياري 25 مل و أكمل بالماء المقطر ثم رشح.
- اقرأ القياسات و العينات على جهاز التحليل الآلي (حسب طريقة تشغيل الجهاز).

6.1. طريقة الحساب Calculation:

يقوم الجهاز بإعداد المنحني البياني مباشرة من قبل برنامج التحكم المرفق مع الجهاز و يقوم بحساب التركيز المقابل للقراءة مباشرة. و تتم عملية الحساب كما يلي:

$$\frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن العينة}} = \text{البورون مغ/غ}$$

ملاحظة عامة: يجب تحميص الزجاجيات المستخدمة في أي مرحلة من المراحل بشكل جيد بحمض كلور الماء 1:1، و يُفضل استخدام عبوات البولي إيثيلين.

2. تقدير البورون الكلي بجهاز السبكتروفوتومتر Determination of Total Boron by Spectrophotometer:

- 1.2. الغاية و الهدف Scope: تقدر هذه الطريقة البورون الكلي في العينات النباتية.
- 2.2. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على تفاعل البورون مع كاشف الأزوميثين في وسط مضبوط الـ pH (حامضي خفيف) لتشكيل معقد أصفر اللون يُقاس على طول موجة 420 نانومتر.
- 3.2. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر.
- 4.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الكبريت 1 مول/لتر: أضف 46 مل من حمض الكبريت المركز إلى 400 مل ماء مقطر بحذر، اتركه ليبرد ثم أكمل الحجم إلى لتر.
- المحلول المنظم pH 4.9: أذب 100 غ من أسيتات الأمونيوم في 160 مل ماء مقطر، ثم أضف بهدوء 50 مل حمض الخل المركز و امزج ثم 2.68 غ من EDTA و امزج، أضف 2.4 مل حمض الثيوغليكولييك المركز، امزج بشكل جيد و اتركها لليوم التالي. احتفظ به في زجاجة بولي إيثيلين، يُحضر أسبوعياً.
- المحلول الملون: أذب 0.9 غ من الأزوميثين H⁻ و 2 غ من حمض الأسكوربيك في 60 مل ماء، أكمل الحجم إلى 100 مل، يُحضر بشكل يومي.
- القياسي الأم 100 مغ/لتر بورون: أذب 0.5719 غ من حمض البوريك في لتر ماء مقطر، يُحضر أسبوعياً.

- القياسات 0.4، 0.8، 1.2، 1.6، 2 مغ/لتر بورون: انقل على التوالي 0.4، 0.8، 1.2، 1.6، 2 مل من القياسي الأم إلى خمسة دوارق معيارية 100 مل، أكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر، تُحضر يومياً.

5.2. طريقة العمل Procedure:

- زن 0.5 غ من العينة النباتية على ميزان حساس في بوتقة ترميد مناسبة.
- ضعها في المرمدة على درجة حرارة 500 م° و لمدة 4 ساعات و يُعتبر اللون الأبيض للعينات دليل تمام عملية الترميد.
- رطب العينات بعد أن تبرد بقليل من الماء المقطر ثم أضف لها 10 مل من محلول حمض الكبريت.
- انقل العينات نقلاً كميّاً من البوتقة إلى دورق معياري سعة 25 مل و أكمل الحجم ثم رشح.
- حضر شاهد و عاملة معاملة العينة.
- انقل باستخدام الماصة الآلية 2 مل من العينة/الشاهد/القياسي إلى زجاجية مناسبة.
- أضف 4 مل من المحلول المنظم و اخلط ثم أضف 2 مل من كاشف الأزوميثين -H، اخلط.
- اقرأ الامتصاص للقياسيات/الشاهد/العينات بعد 30 دقيقة (لضمان تشكل اللون) و قبل مضي 1.5 ساعة على طول موجة 430 نانومتر.
- وقع سلسلة القياسيات على ورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني.
- أسقط قراءات العينات على المنحني (أو استخدم معادلة المنحني من الحاسب) و سجل تركيزات البورون المقابلة لها.

6.2. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{البورون مغ/غ} = \frac{\text{التركيز من المنحني (مغ/لتر)} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة}}$$

3. المراجع References:

- Bes, S.S., P.A. den Dekker and P.A. van Dijk. 1973. The determination of boron with Azomethine -H in plant material. Soil and water. International communication of the glasshouse crops research station, Naaldwijk. The Netherlands.
- John, M.K., H.H. Chuah and J.H. Neufeld. 1975: Application of improved azomethine-H method to the determination of boron in soils and plants. Analytical Letters 8(8): 559-568
- Wolf, B. 1974. Improvements in the Azomethine-H method for the determination of boron. **Commu. Soil Sci. Plant Anal.**, 5(1): 39-44.

الفصل الثاني عشر: العناصر الصغرى Micronutrient elements

تقدير العناصر الصغرى في النبات بجهاز الامتصاص الذري بعد الهضم بحمض الآزوت و حمض

البيروكلوريك Determination of Micronutrient elements by AAS after wet-ashing digestion

: (diacid digestion) of plant sample

1. الغاية و الهدف Scope: تقدير العناصر الصغرى في العينات النباتية.
2. المبدأ العام Principle: هضم العينات النباتية بواسطة خليط حمض الآزوت و حمض البيروكلوريك المركزين و بدرجة 200 م° حتى تتحول العينة النباتية الصلبة إلى سائلة حيث نستطيع و بواسطة جهاز الامتصاص الذري تحديد تركيز العناصر الصغرى في محلول الهضم.
3. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز الامتصاص الذري و جهاز هضم.
4. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الآزوت المركز HNO_3 65%.
- حمض البيروكلوريك المركز HClO_4 70%.
- محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر (أنبولات جاهزة)، ينقل محتوى الأنبولة إلى ورق معياري سعة 1000 مل نقلاً كميّاً و يضاف له حوالي 20 مل من حمض الآزوت المركز و يُكمل الحجم إلى العلامة بالماء الحراري. يحضر من المحاليل القياسية الأم المحاليل القياسية التالية:

الجدول (20)

اسم العنصر	مغ/ لتر		
	قياسي 1	قياسي 2	قياسي 3
Fe	1	2.5	5
Cu	1	2	4
Mn	1	2	4
Zn	0.25	0.5	1

5. طريقة العمل Procedure:

- أهضم العينة بطريقة الهضم بخليط من حمض البيروكلوريك و حمض الآزوت بنسبة 9:4.
- رشّح المحلول كاملاً في ورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- يجب عمل شاهد (بدون مادة نباتية) لكل مجموعة من العينات المهضومة.
- قدر تركيز القياسات/الشاهد/العينات على جهاز التحليل الطيفي الامتصاص الذري.

6. طريقة الحساب Calculation:

$$\frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الهضم}}{\text{وزن العينة النباتية}} = \text{العنصر مغ/غ}$$

7. المرجع Reference:

Rashid, A. 1986. Mapping Zinc fertility of soil using indicator plant and soil analysis. Ph. D. Dessrtation. University of Hawaii, HI, USA.

الفصل الثالث عشر: العناصر الثقيلة Heavy Metals

تقدير العناصر الثقيلة في النبات بجهاز الامتصاص الذري بعد الهضم بالماء الملكي Determination of Heavy Metals by AAS after Aqua Regia digestion of plant sample

1. **الغاية و الهدف Scope:** تقدير العناصر الثقيلة في العينات النباتية.
2. **المبدأ العام Principle:** هضم العينات النباتية بواسطة حمض كلور الماء و حمض الآزوت المركزين و بدرجة حرارة 130 م° حتى تتحول العينة النباتية الصلبة إلى سائلة لتقدير العناصر الثقيلة.
3. **المحاليل و المواد اللازمة Reagents:**

- حمض كلور الماء و حمض الآزوت المركزين.
- محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر (أنبولات جاهزة)، ينقل محتوى الأنبولة إلى ورق معياري لتر نقلاً كميّاً، يضاف له 20 مل حمض الآزوت المركز و يُكمل الحجم بالماء المقطر الحراري.
- يحضر من المحاليل القياسية الأم المحاليل القياسية التالية:

الجدول (21)

اسم العنصر	مغ/لتر		
	قياسي 1	قياسي 2	قياسي 3
Pb	5	10	20
Cr	1	3	5
Ni	0.5	1	2
Cd	0.25	0.5	1
Co	1	3	5

4. طريقة العمل Procedure:

- أهضم العينة بطريقة الهضم بالماء الملكي و انقل محتوى الأنبوب إلى ورق معياري سعة 50 مل نقلاً كميّاً مع مراعاة غسل ورقة الترشيح جيداً حتى يزول اللون الأصفر تماماً.
- أكمل الحجم بالماء الحراري حتى العلامة، حدد في هذا المحلول تركيز العناصر الصغرى الكلية و العناصر الثقيلة الكلية باستخدام جهاز الامتصاص الذري.
- حضر شاهد للعينات و عامله معاملة العينة.
- اقرأ القياسات/الشاهد/العينات لكل عنصر على جهاز الامتصاص الذري.

5. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{العنصر مغ/كغ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الهضم}}{\text{وزن العينة النباتية}}$$

6. المرجع Reference:

Isaac, R.A. and J.D. Kerber. 1971. Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant and water analysis, pp. 17-37. In: Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue (Ed. Walsh, L.M.), Soil. Sci. Soc. of Amer., Madison, WI. pp. 17-37.

الباب الثالث

تحليل المياه Water Analysis

الفصل الأول: الإعتيان Sampling

1. جمع عينات المياه Water Sampling: تخضع المياه للتحليل بشكل عام لثلاثة أغراض: مدى مناسبتها للشرب (صحة الإنسان)، مدى مناسبتها للري (لأغراض زراعية) و مدى تأثيرها على البيئة (تقدير التلوث). إن عملية جمع العينات هي حجر الزاوية لإعطاء نتائج صحيحة و ممثلة للوسط المأخوذة منه، و لابد من مراعاة ناحيتين أساسيتين فيما يتعلق بعملية جمع عينات المياه و هي: متى و من أين يتم الإعتيان، و كيفية الإعتيان و النقل لتجنب التغيرات الناتجة عن النشاط الكيميائي و الحيوي التي من الممكن أن تطرأ على العينات حتى وصولها إلى المختبر ليتم تحليلها.

تُجمع عينات المياه السطحية العميقة و متوسطة العمق من السطح بواسطة أواني بلاستيكية (بولي إيثيلين) أو زجاجية بعد غسلها بنفس الماء المراد الإعتيان منه 3-4 مرات، كما يستحسن أخذ عدة عينات (من نفس المكان و بفواصل زمنية صغيرة و متساوية) و خلطها معاً ثم تعبئة إناء الإعتيان من الخليط (عينة مركبة) و هذه الطريقة شائعة عند إعتيان مياه الري الزراعي. يتم الإعتيان من قاع المياه قليلة العمق بخفض قارورة مغلقة (زجاجية أو بولي إيثيلين) قرب القاع ثم فتحها لتمتلئ و إغلاقها باليد وهي قرب القاع ثم ترفع القارورة. أما جمع عينات المياه الجوفية يتم بواسطة أدوات الإعتيان المخصصة لذلك الغرض مثل (روتتر، فون دورن، قارورة دوسارت، و القارورة الحافظة لدرجة الحرارة، مضخة أخذ العينات).

2. التعامل مع عينات المياه و حفظها Processing and storage of water samples: يجب تسجيل المعلومات الخاصة بعينة المياه على العبوة و تتضمن المعلومات ما يلي:

- اسم و موقع منطقة أخذ العينة.
 - وقت و تاريخ أخذ العينة.
 - عمق الإعتيان (من السطح، تحت السطح أو قرب القاع) مع ذكر عمق الوسط.
- بعد تسجيل المعلومات يجب إرسال العينات إلى المختبر للتحليل بشكل مباشر بعد جمع العينات للقياسات التالية: درجة الحرارة ، pH، ثاني أكسيد الكربون الحر، القلوية ، الأكسجين المنحل (لتقدير الأكسجين المنحل حسب طريقة وينكلر يجب إضافة كبريتات المنغنيز و يوديد البوتاسيوم مباشرة لتثبيت الأكسجين المنحل)، و الكبريتات ...إلخ. أما باقي القياسات للصفات الفيزيائية و الكيميائية فهناك فترة مسموحة لخصن العينة تختلف باختلاف الصفة كما يلي:

الصفة المحللة	أداة الإعتيان	كمية العينة مل	طريقة الحفظ	أقصى مدة للتخزين
درجة الحموضة	P, G(B)	100	بالتلابة (2-4 م في الظلمة)	24 سا
درجة القلوية	P, G	200	بالتلابة	24 سا
الأكسجين الحيوي المطلوب	P, G	1000	بالتلابة	6 سا
بورون	P	1000	إضافة حمض الآزوت لخفض pH دون 2	28 يوم
بروميد	P, G	100	لا حاجة	28 يوم
الكربون الكلي والعضوي	G(B)	100	تحليل مباشر أو الحفظ بالتلابة بعد إضافة أحد الحموض (HCl, H ₃ PO ₄ , H ₂ SO ₄) لخفض pH دون 2	7 يوم
ثاني أكسيد الكربون	P, G	100	تحليل مباشر	15 د
الأكسجين الكيميائي المطلوب	P, G	100	تحليل بأسرع وقت أو الحفظ بالتلابة إضافة حمض الكبريت لخفض pH دون 2	7 يوم
الكلوريد	P, G	50	لا حاجة	لا حاجة
الكلور الكلي و المتبقي	P, G	500	تحليل مباشر	15 د
ثاني أكسيد الكلور	P, G	500	تحليل مباشر	15 د
الكلوروفيل	P, G	500	بالظلام بدرجة 4 م	24-48 سا
اللون	P, G	500	بالتلابة	48 سا
الرائحة	G	500	تحليل بأسرع وقت، بالتلابة	6 سا
السيانيد	P, G	1000	الحفظ بالتلابة و بالظلمة بعد إضافة NaOH لرفع pH أكثر من 12	-
الفلوريد	P	100	لا حاجة	28 يوم
القساوة	P, G	400	إضافة حمض الآزوت أو حمض الكبريت لخفض pH دون 2	6 أشهر
اليود	P, G	500	تحليل مباشر	15 د
المعادن	P(A), G(A)	1000	ترشيح مباشر و إضافة حمض الآزوت لخفض pH دون 2	6 أشهر
الكروم السداسي	P(A), G(A)	1000	بالتلابة	24 سا
الزئبق	P(A), G(A)	1000	إضافة حمض الآزوت لخفض pH دون 2 بدرجة حرارة 4 م	28 يوم
الأمونيوم	P, G	500	تحليل بأسرع وقت أو الحفظ بالتلابة بعد إضافة حمض الكبريت لخفض pH دون 2	7 يوم
النترات	P, G	100	تحليل بأسرع وقت أو الحفظ بالتلابة	48 سا
النترات + النتريت	P, G	200	تحليل بأسرع وقت أو الحفظ بالتلابة بعد إضافة حمض الكبريت لخفض pH دون 2	1-2 يوم
النتريت	P, G	100	تحليل بأسرع وقت أو الحفظ بالتلابة	-
الأزوت-كلداهل	P, G	500	تحليل بأسرع وقت أو الحفظ بالتلابة بعد	7 يوم

	إضافة حمض الكبريت لخفض pH دون 2			
28 يوم	الحفظ بالتثايلة بعد إضافة حمض الكبريت أو حمض كلور الماء لخفض pH دون 2	1000	G	الزيوت و الدهون
7 يوم	الحفظ بالتثايلة بعد إضافة حمض الأسكوربيك 1000مغ/لتر بحال تواجد كلور	1000	G(S)	المبيدات
-	تحليل بأسرع وقت أو الحفظ بالتثايلة بعد إضافة حمض الكبريت لخفض pH دون 2	500	P, G	الفينولات
7 يوم	بالتثايلة	1000	G(S)	الحموض و القواعد
15 د	تحليل مباشر	500	G, BOD	الأكسجين المنحل
15 د	تحليل مباشر	1000	G	الأوزون
48 سا	بالتثايلة	100	G(A)	الفوسفات
28 يوم	الحفظ بالتثايلة بعد إضافة حمض الكبريت لخفض pH دون 2	100	P, G	الفوسفور الكلي
6 أشهر	ختمها بغطاء شمعي	240	G	الملوحة
28 يوم	بالتثايلة	200	P	السيلاكا
7 يوم	بالتثايلة	200	P, G	المواد الصلبة
28 يوم	بالتثايلة	100	P, G	الكبريتات
28 يوم	الحفظ بالحفظ التثايلة بعد إضافة 4 نقاط أسيتات الزنك/100 مل و إضافة ماءات الصوديوم لرفع pH أعلى من 9	100	P, G	الكبريتيد
15 د	تحليل مباشر	-	P, G	درجة الحرارة
24 سا	الحفظ بالتثايلة بالظلام	100	P, G	العكارة

APHA (1998).

(P) : إناء بولي اثيلين، (G) : إناء زجاجي، إناء (A) مغسول بـ 1:1 حمض أزوت، (B) بوروسيليكات، (S) إناء مغسول بمذيب عضوي

3. المراجع References:

- APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHA/WWA- WEF, Washington, DC.
- Gupta, P.K. 2007. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Agrobios, India, Jodhpur. p.349.
- Ramesh, R. and M. Anbu. 1996. Chemical methods for environmental analysis- water and sediment. McMillan Ltd., Chennai, India. p.161.

Chemical analysis of water samples الفصل الثاني: الاختبارات الكيميائية للمياه

1. تقدير الرقم الهيدروجيني للمياه :Measurement of pH_w

1.1. الغاية و الهدف Scope: يُعبر الرقم الهيدروجيني عن فعالية شاردة الهيدروجين في الماء حيث يُشير إلى القيمة العددية للوغاريتم مقلوب تركيز شاردة الهيدروجين.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

و بصورة عامة للرقم الهيدروجيني المنخفض و المرتفع تأثير ضار على الأحياء المائية و على الفعاليات الحيوية و الكيميائية في الماء.

2.1. المبدأ العام Principle: يُقاس رقم ال pH لعينات الماء بواسطة جهاز ال pH الكهربي المؤلف من قطبين زجاجيين متصلين عن طريق دائرة كهربائية بمقياس لفرق الكمون الكهربي مدرّج بقيم ال pH و يؤلف كل قطب نصف خلية كهربائية. ينتهي القطب الأول بغشاء زجاجي مصنوع من خليط نقي خاص و يُملئ داخله بمحلول مخفف من حمض كلور الماء أما القطب الآخر فيُعتبر مكملاً للخلية الكهربائية و يدعى بالقطب المرجع و هناك أنواع متعددة من أجهزة قياس ال pH متوفرة تجارياً و بمواصفات مختلفة، كما أن بعض هذه الأجهزة يمكن حمله إلى الحقل.

3.1. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز pH meter .

4.1. المحاليل و المواد اللازمة Reagents: محاليل منظمة (بفر) pH 10-7-4.

5.1. طريقة العمل Procedure:

- صل الجهاز بالكهرباء مع الانتظار لفترة 10 دقائق.
- عاير الجهاز باستخدام المحاليل القياسية المعلومة لـ pH و ذلك بغمس إلكترود الجهاز (بعد غسله بالماء المقطر و تجفيفه) في كل محلول على حدا و ضبط قراءة الجهاز على قيمة ال pH الحقيقية للمحلول القياسي و ذلك حسب الكاتالوك الخاص بالجهاز.
- اغسل الإلكترود جيداً بالماء المقطر و اغمسه في العينة المائية و سجل قيمة ال pH بعد ثباتها.
- اغسل الإلكترود جيداً بالماء المقطر و يُغمس في بيشر ماء مقطر محمض للمحافظة عليه.

6.1. المراجع References:

- APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHA/WWA- WEF, Washington, DC.
- Buurman, P., B. Van Langer and E.J. Velthrost. 1996. Manual for soil and water analysis. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

2. تقدير الناقلية الكهربائية للمياه :Measurement of EC_w

1.2. الغاية و الهدف Scope: تقدير الناقلية الكهربائية في عينات المياه.

2.2. المبدأ العام Principle: تعرف الناقلية الكهربائية للماء بأنها قيمة عددية تشير إلى قابلية الماء على إمرار التيار الكهربائي، و تعتمد هذه القيمة على تركيز و تكافؤ الشوارد الذائبة الموجودة في الماء و على

درجة حرارة الماء أثناء القياس لأن لها تأثير مباشر على حركة و اتجاه الشوارد المختلفة، تزداد الناقلية الكهربائية للماء بنسبة 2% عند ارتفاع الحرارة درجة مئوية واحدة و تُقاس بتعيين التوصيل الكهربائي و هو مقلوب المقاومة الكهربائية. و واحدتها $dS/m = mS/cm$ ، و يمكن بدلالة الناقلية الكهربائية لمحلول معرفة كمية الأملاح الذائبة فيه.

$$\text{كمية الأملاح مغ/لتر} = \text{الناقلية الكهربائية } mS/cm \times 640$$

3.2. الأجهزة Apparatus: جهاز قياس الناقلية الكهربائية.

4.2. المحاليل و المواد اللازمة: محلول 0.1، 0.01، 0.001 مول/لتر من كلور البوتاسيوم الذي يعطي ناقلية كهربائية كالتالي:

الجدول (22)

معامل درجة الحرارة عند الدرجة 25 م	الناقلية الكهربائية (dS/m)	تركيز كلوريد البوتاسيوم
+1.90%	12.88	0.1M
+1.94%	1.413	0.01M
+2.04%	0.146	0.001M

من الممكن استخدام الجدول السابق لحساب قيمة الناقلية عند أي درجة حرارة أخرى و ذلك باستخدام الصيغة التالية:

$$\text{قيمة الناقلية عند أي درجة حرارة} = \text{قيمة الناقلية عند 25 م} + (\text{قيمة الناقلية عند 25 م} \times 0.0194 \times (\text{درجة الحرارة} - 25))$$

5.2. طريقة العمل Procedure:

- اغسل الإلكترود جيداً بالماء المقطر.
- غاير الجهاز باستخدام محلول KCl و ذلك بغمس إلكترود الجهاز في المحلول و ضبط قراءة الجهاز على قيم الجدول السابق (حسب الكاتالوك الخاص بالجهاز).
- اغسل الإلكترود جيداً بالماء المقطر و يُغمس في المحلول المائي المجهول و سجل قيمة الـ EC بعد ثباتها.
- اغسل الإلكترود جيداً بالماء المقطر و يُغمس في بيشر من الماء المقطر المحمض.

الجدول (23) تصنيف مياه الري حسب درجة الملوحة

تصنيف مياه الري	الناقلية الكهربائية
مقبولة صالحة للري	أقل من 250 $\mu S/m$
متوسطة الصلاحية	من 250-750 $\mu S/m$
عالية الملوحة	من 750-2250 $\mu S/m$
مالحة جداً	أكثر من 2250 $\mu S/m$

6.2. المراجع References:

- APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHA/WWA- WEF, Washington, DC.
- Buurman, P., B. Van Langer and E.J. Velthrost. 1996. Manual for soil and water analysis. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Dhyan, S., P.K. Chhonkar and R.N. Pandey. 1999. Soil, plant & water analysis – a method manual. IARI, New Delhi.

3. تقدير الأملاح الكلية Determination of Total Salts:

- 1.3. الغاية و الهدف Scope: تقدير كمية الأملاح الكلية الذائبة و غير الذائبة في العينة المائية.
- 2.3. المبدأ العام Principle: تُقدر الأملاح الكلية في العينة المائية بالتخلص من الماء بوضع العينة بالفرن و تجفيفها على درجة حرارة مناسبة حيث تبقى الأملاح فقط فتوزن و تُحسب كنسبة مئوية.
- 3.3. الأجهزة و الأدوات اللازمة Apparatus: جفنة بورسلانية، فرن تجفيف و ميزان حساس.

4.3. طريقة العمل Procedure:

- خذ جفنة بورسلانية و اغسلها جيداً ثم جففها بالفرن.
- بعد التبريد زن الجفنة فارغة.
- اسحب 10 مل من العينة المائية.
- ضعها في الفرن و جففها تماماً.
- زن الجفنة بعد الجفاف تماماً.

5.3. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{أملح كلية \%} = \frac{\text{وزن الملح غ} \times 100}{10}$$

وزن الملح غ = وزن الجفنة بعد التجفيف - وزن الجفنة الفارغة

4. تقدير الآزوت النتراي Determination of Nitrate-Nitrogen:

- 1.4. الغاية و الهدف Scope: تقدر هذه الطريقة الآزوت على شكل شاردة النتراي في العينات المائية.
- 2.4. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على قراءة النتراي بالأشعة فوق البنفسجية على طول موجة 206 نانومتر.

التداخلات: قد تتجم بعض التداخلات عن شاردة الكربونات أو الهيدروكسيد تتم إزالتها بالتحميص بحمض كلور الماء (لا تأثير لشاردة الكلور).

- 3.4. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبيكتروفوتومتر مزود بلمبة ديتيريوم (لأطوال الأمواج القصيرة).

4.4. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض كلور الماء 1 نظامي: خفف 85 مل من حمض كلور الماء المركز إلى لتر ماء مقطر.

- القياسي الأم 1000 مغ/لتر: أذب 0.6068 غ نترات الصوديوم أو 0.7218 نترات البوتاسيوم في دورق 100 مل بالماء المقطر.

- القياسيات: انقل 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5 مل من القياسي الأم إلى دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر للحصول على القياسيات 1، 2، 3، 4، 5 مغ/لتر آزوت نتراتي.

5.4. طريقة العمل Procedure:

- اسحب 10 مل من العينة/قياسي/إلى أنبوب أو مخروطية و أضف 2 مل من محلول حمض كلور الماء 1 نظامي ثم امزج بشكل جيد.

- اقرأ الامتصاص للشاهد/سلسلة القياسيات/العينات على طول موجة 206 نانومتر باستخدام لمبة الديتيريوم و خلية كوارتز (كوفيت كريستالية).

- أسقط المنحني المعياري و اقرأ تراكيز الآزوت.

6.4. طريقة الحساب Calculation:

الأزوت النتراتي مغ/لتر = التركيز من المنحني × نسبة التمديد (إن وجد)

7.4. المراجع References:

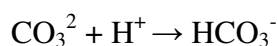
- APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHA/WWA- WEF, Washington, DC.
- Navone, R. 1964. Proposed method for nitrate in potable water. J. American Water Works Ass. 56: 781-783.

5. تقدير الكربونات و البيكربونات Determination of Carbonate and Bicarbonate:

1.5. الغاية و الهدف Scope: تحديد محتوى شاردتي الكربونات و البيكربونات في المياه.

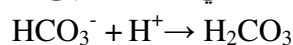
2.5. المبدأ العام Principle: تقدر أيونات الكربونات و البيكربونات الذائبة سواء في مستخلص التربة أو عينات المياه بطريقة المعايرة الحجمية السريعة و ذلك باستعمال حمض خفيف و دلائل مختلفة لتحديد نقطة نهاية التفاعل و يتم التقدير على مرحلتين:

المرحلة الأولى: يتفاعل فيها هيدروجين الحمض مع أيون الكربونات التي تتحول إلى بيكربونات حسب التفاعل التالي:



و بما أن رقم pH للمحلول يكون شديد القلوية فيستعمل عندئذ دليل الفينول فتالين حيث يتغير لونه بين pH (8.3 - 10) و الذي يزول لونه بعد pH 10.

المرحلة الثانية: و باستمرار المعايرة بإضافة الحمض تتحول البيكربونات الناتجة عن تحول الكربونات في المرحلة الأولى و البيكربونات الموجودة أصلاً في المحلول إلى حمض الكربون حسب التفاعل التالي:



و يتم ذلك في مجال حامضي من pH و يستعمل لذلك دليل برتقالي المثيل الذي يتغير لونه بين pH (3.1-4.4) و بمعرفة كمية الحمض المستهلكة في المعايرة (المرحلتين) يمكن حساب كمية الكربونات و البيكربونات الذائبة.

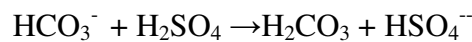
ملاحظة: من المفضل استخدام حمض كلور الماء في المعايرة بدلاً من حمض الكبريت لأن الأخير يعطي رقماً أعلى نتيجة العكارة التي تتشكل من كبريتات الكالسيوم في حال العينات الغنية بالكالسيوم أما العينات غير الغنية بالكالسيوم فيستعمل حمض الكبريت.

3.5. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض الكبريت 0.01 نظامي:
- أضف 2.8 مل حمض الكبريت المركز إلى ورق معياري سعة لتر يحوي 500 مل ماء مقطر و أكمل الحجم.
- خذ 100 مل من الحمض المحضر 0.1 نظامي.
- ضعها في ورق معياري سعة لتر و أكمل الحجم فيكون تركيز الحمض 0.01 نظامي.
- عين عياريته بالضبط بواسطة محلول معروف العيارية من ماءات الصوديوم.
- دليل الفينول فتالين: أذب 1 غ منه في 70 مل كحول إيثيلي 60% و يكمل الحجم إلى 100 مل.
- دليل برتقالي الميثيل: أذب 0.1 غ منه في 100 مل ماء مقطر.

4.5. طريقة العمل Procedure:

- خذ 10 مل من العينة المائية و ضعها في ورق مخروطي سعة 100 مل.
 - أضف 2 نقطة من دليل الفينول فتالين، إذا ظهر اللون الوردي دل ذلك على وجود كربونات.
 - عاير الكربونات الذائبة عندئذ بحمض الكبريت الموجود في السحاحة و المعلوم العيارية نقطة نقطة مع التحريك حتى يزول اللون الوردي حسب التفاعل الآتي:
- $$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$$
- سجل الحجم المضاف من الحمض وليكن (س) مل.
 - إذا لم يظهر اللون الوردي دل ذلك على عدم وجود الكربونات الذائبة أي س = 0
 - قدر البيكربونات الذائبة في نفس المحلول الذي عايرت فيه الكربونات و ذلك بإضافة 2 نقطة من برتقالي الميثيل إلى المحلول و استمر بالمعايرة بحمض الكبريت الموجود في السحاحة حتى يتحول اللون الأصفر إلى اللون الأحمر.
 - سجل الحجم الكلي المضاف من الحمض اللازم لمعايرة الكربونات و البيكربونات معاً و ليكن ص/مل حسب التفاعل التالي:



- بشكل دائم جهاز شاهد يحتوي كل المحاليل ما عدا العينة و عامله بنفس الطريقة التي تعامل بها العينات و من ثم اطرح قراءة معايره الشاهد من قراءات كل العينات.

5.5. طريقة الحساب Calculation:

$$\begin{aligned} \text{الكربونات ميليكافى/لتر} &= \frac{\text{حجم الحمض اللازم لمعايرة الكربونات} \times 2 \times \text{عياريته}}{\text{حجم العينة}} \times 1000 \\ \text{الكربونات مغ/لتر} &= \frac{\text{حجم الحمض اللازم لمعايرة الكربونات} \times 2 \times \text{عياريته}}{\text{حجم العينة}} \times 30 \times 1000 \\ \text{البيكربونات ميليكافى/لتر} &= \frac{(\text{حجم الحمض اللازم لمعايرة البيكربونات} - \text{حجم الحمض اللازم لمعايرة الكربونات} \times 2) \times \text{عياريته}}{\text{حجم العينة}} \times 1000 \\ \text{البيكربونات مغ/لتر} &= \frac{(\text{حجم الحمض اللازم لمعايرة البيكربونات} - \text{حجم الحمض اللازم لمعايرة الكربونات} \times 2) \times \text{عياريته}}{\text{حجم العينة}} \times 61 \times 1000 \end{aligned}$$

6.5. المراجع References:

- APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHA/WWA- WEF, Washington, DC.
- Buurman, P., B. Van Langer and E.J. Velthrost. 1996. Manual for soil and water analysis. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

6. تقدير الكلور بطريقة مور Determination of Chloride by Mohr method:

تتميز شارة الكلور بانحلالية عالية في الماء و توجد في كل أنواع المياه و لكن كميتها منخفضة جداً في المياه التقليدية.

1.6. الغاية و الهدف Scope: تقدير الكلور في عينات المياه.

2.6. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على ترسيب شوارد الكلور الذائبة بواسطة محلول نترات الفضة و الحصول على راسب أبيض من كلور الفضة حيث تجري هذه المعايرة بوجود كرومات البوتاسيوم و تحدد نقطة نهاية المعايرة عند بدء تشكل راسب كرومات الفضة ذو اللون القرميدي.

3.6. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول كرومات البوتاسيوم 5%.
- محلول كلور الصوديوم 0.01 نظامي.
- محلول نترات فضة 0.01 نظامي.

4.6. طريقة العمل Procedure:

- خذ 10 مل من العينة المائية و ضعها في ورق مخروطي سعة 250 مل.
- أضف 2 نقطة من دليل كرومات البوتاسيوم فيصبح اللون أصفر.
- عاير بواسطة نترات الفضة حتى بدء ظهور اللون الأحمر الآجري و ليكن الحجم المستخدم س.
- كرر نفس العملية باستخدام الماء المقطر بدلاً من المستخلص و ليكن الحجم المستخدم من نترات الفضة يساوي ع مل. و بالتالي س- ع = حجم نترات الفضة التي استخدمت في ترسيب الكلوريد.

5.6. طريقة الحساب Calculation:

احسب عياريه نترات الفضة بواسطة محلول قياسي من كلوريد الصوديوم 0.01 نظامي.

$$\begin{aligned} \text{الكلور ميليكافى/لتر} &= \frac{\text{حجم نترات الفضة اللازم للمعايرة} \times \text{العيارية}}{\text{حجم عينة التحليل}} \times 1000 \\ \text{الكلور مغ/لتر} &= \frac{\text{حجم نترات الفضة اللازم للمعايرة} \times \text{العيارية}}{\text{حجم عينة التحليل}} \times 35.5 \times 1000 \\ \text{NaCl مغ/لتر} &= \text{Cl مغ/لتر} \times 1.65 \end{aligned}$$

6.6. المرجع Reference:

Dhyan, S., P.K. Chhonkar and R.N. Pandey. 1999. Soil, plant & water analysis – a method manual. IARI, New Delhi.

7. تقدير الكبريت Determination of Sulfur:

1.7. الغاية و الهدف Scope: تهدف هذه الطريقة إلى تقدير الكبريت الذائب في المياه من مصادر

مختلفة كمياه الآبار و المياه المعالجة و مياه الأنهار و المسيلات و مياه الصرف الزراعي و غيرها.

2.7. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على ترسيب الكبريت بكلوريد الباريوم في وسط حامضي

لتنشكّل عكارة ناتجة عن كبريتات الباريوم ثم قياس كثافة العكارة بجهاز سبيكتروفوتومتر على طول موجة

492 نانومتر.

التداخلات: يجب ترشيح العينات العكارة بشكل جيد و يمكن استخدام جهاز الطرد المركزي للعينات العكارة

بعد الترشيح.

3.7. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبيكتروفوتومتر.

4.7. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- حمض كلور الماء 1 نظامي: أضف 80 مل من حمض كلور الماء المركز إلى 800 مل ماء مقطر و انتظر حتى يبرد المحلول ثم أكمل إلى 1 لتر.

- محلول كلوريد الباريوم 25%: أذب 25 غ كلوريد الباريوم في 100 مل ماء مقطر.

- المحلول الأم 1000 مغ/لتر كبريت: أذب 0.5435 غ سلفات البوتاسيوم النقية و الجافة تماماً (تجفف في الفرن على الدرجة 105 م لمدة ساعتين) في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم.

- محاليل قياسية 5، 10، 15، 20، 25 مغ/لتر كبريت: انقل إلى خمسة دوارق سعة 100 مل على التوالي 0.5، 1، 1.5، 2، 2.5 مل من القياسي الأم و أكمل الحجم بالماء المقطر إلى العلامة.

5.7. طريقة العمل Procedure:

- خذ 10 مل من القياسي/عينة/شاهد ماء مقطر و ضعها في بيشر مناسب، يُضاف إليها 2 مل

محلول حمض كلور الماء 1 نظامي و حرك باليد حركة دائرية ثم أضف 2 مل محلول كلوريد

الباريوم و انتظر لمدة 45 دقيقة.

- حرك ثم أقرأ العينات باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر على طول الموجة 492 نانومتر.

6.7. طريقة الحساب Calculation:

- يتم إعداد المنحني البياني للقياسيات باستخدام الورق الميليمتري أو برنامج Excel ، و من المنحني نحسب التركيز المقابل للقراءات.
- في بعض أجهزة سبيكتروفوتومتر الحديثة يتم إعداد المنحني البياني مباشرة من قبل برنامج التحكم المرفق مع الجهاز و يقوم بحساب التركيز المقابل للقراءة مباشرة.

الكبريت مغ/لتر = التركيز من المنحني

$$\frac{\text{التركيز من المنحني}}{\text{الوزن المكافئ للكبريت (16.03)}} = \text{الكبريت ميليكافئ/لتر}$$

7.7. المرجع Reference:

Ramesh, R. and M. Anbu. 1996. Chemical methods for environmental analysis- water and sediment. McMillan Ltd., Chennai, India. p.161.

8. تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم Determination of Calcium and Magnesium:

- 1.8. الهدف و الغاية Scope: تقدير عنصري الكالسيوم و المغنيزيوم الموجود في مياه الري.
- 2.8. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على قياس تركيزهما في الماء بطريقة المعايرة بمحلول (EDTA) للعالم (Richard, 1954) و تتميز هذه المادة بقدرتها على تعقيد بعض الكاتيونات الذائبة و ربطها داخل بنائها الجزيئي بقوة تختلف حسب طبيعة الكاتيون المتحد أو يمكن قياس تركيزهما بواسطة جهاز الامتصاص الذري أو بواسطة جهاز التحليل الآلي.

3.8. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- المحلول المنظم: محلول من كلور الأمونيوم و ماءات الأمونيوم ($\text{NH}_4\text{Cl} - \text{NH}_4\text{OH}$): أذب 76.5 غ من كلوريد الأمونيوم في 570 مل من ماءات الأمونيوم المركزة، انقل المحلول إلى دورق معياري سعة لتر و يترك حتى يبرد و أكمل الحجم بالماء المقطر إلى 1 لتر، عدل pH إلى 10.
- محلول ماءات الصوديوم 1 نظامي (منظم كالسيوم): أذب 40 غ من ماءات الصوديوم في دورق معياري سعة لتر و أكمل الحجم.
- محلول EDTA (الفيرسينات) 0.01 نظامي: أذب 2 غ من مادة فيرسينات الصوديوم (حمض إيتيلي ثنائي أمين رباعي الخليك) في حوالي 600 مل من الماء المقطر في دورق معياري سعة لتر، أضف 0.05 غ من $\text{Mg Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ إلى المحلول السابق و أكمل بالماء المقطر إلى لتر.
- دليل الكالسين: أذب 0.2 غ من دليل الكالسين في 25 مل من ماءات الصوديوم 0.1 عياري، ثم أكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر.
- كاشف الميروكسيد ($\text{C}_8 \text{H}_8 \text{N}_6 \text{O}_6$): امزج 200 مغ من بريرات الأمونيوم مع 100 غ من كلور الصوديوم.

- كاشف إيروكروم بلاك T (دليل مغنزيوم): اسحق 100 غ من سلفات الصوديوم أو كلوريد الصوديوم في هاون بورسلان، أضف 0.5 غ من دليل إيروكروم بلاك T و اخلط المادة بشكل جيد و تُحفظ في عبوة مناسبة.
- محلول كلوريد الكالسيوم 0.01 عياري: أذب بالضبط 0.5 غ من كربونات الكالسيوم النقية في 30 مل من حمض كلور الماء 1 نظامي و أكمل المحلول إلى لتر بالماء المقطر.

4.8. طريقة العمل لتقدير الكالسيوم Procedure:

- خذ بالماصة 5 مل من عينة المياه.
 - ضعها في مخروطية سعة 250 مل و أضف إليها 40-45 مل من الماء المقطر.
 - أضف 2.5 مل من منظم الكالسيوم حتى يصبح الـ pH 12.
 - أضف نقطة من دليل الكالسين.
 - عاير العينة بواسطة الفيرسينات حتى يتحول اللون إلى اللون الزهري، يدل على انتهاء التفاعل.
- ملاحظة : يجب حساب عيارية الفيرسينات كالتالي، خذ بالماصة 5 مل من كلوريد الكالسيوم عياريته 0.1 نظامي. ثم أضف لها 40-45 ماء مقطر و 2.5 مل منظم الكالسيوم و نقطة من دليل الكالسين و عاير بواسطة الفيرسينات.

$$\text{عيارية الفيرسينات} = \frac{\text{حجم كلوريد الكالسيوم} \times \text{عياريته}}{\text{حجم الفيرسينات اللازمة للمعايرة}}$$

5.8. طريقة حساب الكالسيوم Calculation:

$$\text{Ca}^{2+} \text{ ميليكافى/لتر} = \frac{\text{حجم الفيرسينات اللازمة للمعايرة} \times \text{عياريتها} \times 1000}{\text{الحجم المأخوذ}}$$

6.8. طريقة العمل لتقدير المغنزيوم Procedure:

- خذ 5 مل من العينة و ضعها في مخروطية سعة 250 مل و أضف إليها 25-30 مل ماء مقطر.
- أضف 5 مل من منظم المغنزيوم و هو عبارة $\text{NH}_4\text{OH} - \text{NH}_4\text{Cl}$ و ذلك حتى تصل قيمة pH 10.
- أضف قليل من دليل إيروكروم بلاك T. ثم عاير بالفيرسينات حتى ظهور اللون الأزرق السماوي.
- سجل حجم الفيرسينات اللازم للمعايرة (حجم الفيرسينات اللازم لمعايرة الكالسيوم والمغنزيوم).

7.8. طريقة حساب المغنزيوم Calculation:

$$(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}) \text{ ميليكافى/لتر} = \frac{\text{حجم الفيرسينات اللازم لمعايرة الكالسيوم والمغنزيوم} \times \text{عياريتها} \times 1000}{\text{الحجم المأخوذ}}$$

كمية المغنزيوم ميليكافى/لتر = كمية الكالسيوم و المغنزيوم ميليكافى/لتر - كمية الكالسيوم ميليكافى/لتر

$$\text{Ca}^{2+} \text{ مغ/لتر} = \text{Ca}^{2+} \text{ ميليكافى/لتر} \times 20.04$$

$$\text{Mg}^{2+} \text{ مغ/لتر} = \text{Mg}^{2+} \text{ ميليكافى/لتر} \times 12.16$$

$$\text{القساوة: CaCO}_3 \text{ مللكافى/لتر} = 2.497 \times (\text{Ca}^{2+} \text{ مغ/لتر}) + 4.118 \times (\text{Mg}^{2+} \text{ مغ/لتر})$$

8.8. المراجع References:

- APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHA/WWA- WEF, Washington, DC.
- Buurman, P., B. Van Langer and E.J. Velthrost. 1996. Manual for soil and water analysis. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.

9. تقدير البوتاسيوم Determination of Potassium

1.9. الغاية و الهدف Scope: تقدير محتوى عينات المياه من عنصر البوتاسيوم.

2.9. المبدأ العام Principle: قراءة البوتاسيوم في عينة المياه على جهاز الفلام.

3.9. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول أم قياسي 1000 مغ/لتر: زن 1.907 غ من كلوريد البوتاسيوم نقية مجففة على درجة حرارة 105 م° لمدة 2-3 ساعة ثم وضعها في دورق معياري سعة لتر و أذيبها في الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى لتر.

- حضر محلول قياسي 100 مغ/لتر بوتاسيوم من المحلول المحضر سابقاً: خذ 100 مل من المحلول الأم و وضعها في دورق معياري 1 لتر ثم أكمل الحجم.

- حضر من المحلول القياسي 100 مغ/لتر محاليل قياسية من 1-10 مغ/لتر بوتاسيوم: خذ من 10-1 مل من القياسي 100 مغ/لتر و وضعها في دوارق معيارية سعة 100 مل ثم أكمل الحجم.

4.9. الأجهزة Apparatus: جهاز فلام فوتومتر.

5.9. طريقة العمل Procedure:

- اقرأ المحاليل القياسية باستخدام جهاز الفلام و ارسم المنحنى القياسي.

- عاير الجهاز على الصفر بالماء المقطر.

- اقرأ عينة المياه و خذ قراءتها و ما يعادلها على الخط البياني.

6.9. طريقة الحساب Calculation:

$$K \text{ ميليمكافى/لتر} = \frac{\text{التركيز من الخط البياني}}{\text{الوزن المكافئ للبوتاسيوم}}$$

7.9. المراجع References:

- APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHA/WWA- WEF, Washington, DC.
- Buurman, P., B. Van Langer and E.J. Velthrost. 1996. Manual for soil and water analysis. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

10. تقدير الصوديوم :Determination of Sodium

1.10. الغاية و الهدف Scope: تقدير محتوى عينات المياه من عنصر الصوديوم.

2.10. المبدأ العام Principle: قراءة عينة المياه على جهاز الفلام.

3.10. المحاليل اللازمة Reagents:

- محلول 100 مغ/لتر: زن 0.2543 غ من كلوريد الصوديوم نقية مجففة على درجة حرارة 105 م°، أذبها في ماء مقطر في دورق معياري سعة لتر ثم أكمل الحجم إلى لتر.
- حضر من المحلول القياسي 100 مغ/لتر محاليل قياسية 10، 25، 50، 75 مغ/لتر صوديوم: خذ 10، 25، 50، 75 مل من القياسي 100 مغ/لتر و ضعها في دوارق معيارية سعة 100 مل ثم أكمل الحجم.

ملاحظة: يمكن تغيير المحاليل القياسية حسب التركيز المتوقع للصوديوم في العينة.

4.10. الأجهزة Apparatus: جهاز فلام فوتومتر.

5.10. طريقة العمل Procedure:

- اقرأ المحاليل القياسية باستخدام جهاز الفلام و ارسم المنحنى القياسي.
- عابر الجهاز على الصفر بالماء المقطر.
- اقرأ عينة المياه و خذ قراءتها و ما يعادلها على الخط البياني.

6.10. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{Na} \text{ ميليكافى/لتر} = \frac{\text{التركيز من الخط البياني}}{\text{الوزن المكافئ للصوديوم}}$$

23: الوزن المكافئ للصوديوم

ملاحظات:

- إذا كانت قيمة القراءة أعلى من التراكيز الداخلة ضمن الخط البياني تُخفف العينة و تُقرأ حتى تكون قراءتها ضمن مجال الخط البياني.
- تُضرب النتيجة بنسبة التخفيف.
- تُحسب RSC (كربونات الصوديوم المتبقية) كالتالي:
$$\text{RSC}_{\text{meq/l}} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$
- تُحسب SAR (نسبة الصوديوم المدمص) كالتالي:

$$\text{SAR}_{\text{meq/l}} = \text{Na} / \sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}$$

7.10. المراجع References:

- APHA, 1998. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. APHA/WWA- WEF, Washington, DC.
- Buurman, P., B. Van Langer and E.J. Velthrost. 1996. Manual for soil and water analysis. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

11. تقدير العناصر الصغرى Determination of Micronutrient elements:

1.11. الغاية و الهدف Scope: تقدير العناصر الصغرى في عينات المياه.

2.11. المبدأ العام Principle: تعتمد طريقة تقدير العناصر الصغرى (نحاس، حديد، منغنيز، زنك) على مبدأ الترميد في فرن الغرافيت Graphite furnace في جهاز الامتصاص الذري.

3.11. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز الامتصاص الذري.
- كاتود خاص لكل عنصر.
- ميكروبيت لسحب القياسات.

4.11. تحضير العينة للقياس: عند استلام العينة المائية المراد تحليلها يجب:

- أن تكون العينة ضمن زجاجية نظيفة تُمثل منبع مياه الري (بئر، نهر، ... الخ).
- رشح العينة لتخليصها من الشوائب.
- أضف 1 مل حمض آزوت لكل لتر مياه، و احفظها في البراد لحين القراءة.

5.11. المحاليل القياسية:

- محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر (أنبولات جاهزة): انقل محتوى الأنبولة إلى دورق معياري سعة 1000 مل نقلاً كميّاً و أضف له حوالي 20 مل من حمض الآزوت المركز (للحفظ) و أكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر الحراري.
- محلول قياسي 100 مغ/لتر لكل عنصر: خذ 10 مل من المحلول الأم إلى دورق معياري سعة 100 مل، أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.
- محلول قياسي 1000 ميكروغرام/لتر ($\mu\text{g}/\text{L}$) لكل عنصر: خذ 1 مل من المحلول القياسي 100 مغ/لتر إلى دورق معياري سعة 100 مل، أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر. هذا المحلول يحوي 1000 ميكروغرام/لتر.
- محلول قياسي 100 ميكروغرام/لتر لكل عنصر: خذ 10 مل من المحلول 1000 ميكروغرام/لتر إلى دورق 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري. هذا المحلول يحوي 100 ميكروغرام/لتر.
- خذ من المحلول القياسي 100 ميكروغرام/لتر الكميات الواردة في الجدول التالي إلى دوارق معيارية سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري للحصول على القياسات التالية لكل عنصر:

الجدول (24)

العنصر	القياسي (µg/لتر)	الكمية المسحوبة (مل)	القياسي (µg/لتر)	الكمية المسحوبة (مل)	القياسي (µg/لتر)	الكمية المسحوبة (مل)
Cu	7	7	14	14	21	21
Fe	3	3	6	6	9	9
Mn	1.5	1.5	3	3	4.5	4.5
Zn	0.35	0.35	0.7	0.7	1	1
Co	5	5	10	10	15	15

- حضر هذه التراكيز الصغيرة بشكل يومي.
- اقرأ القياسيات و العينات المراد تحليلها على فرن الغرافيت في جهاز الامتصاص الذري، مباشرةً تحصل على النتيجة المطلوبة حيث يعطي الجهاز تركيز العنصر بميكروغرام/لتر P.P.b (جزء بالبلليون).

6.11. المرجع Reference:

Jaiswal, P.C. 2003. Soil, plant and water analysis. Kalyani publishers, New Delhi, India. p.441.

12. تقدير العناصر الثقيلة Determination of Heavy Metal:

- 1.12. الغاية و الهدف Scope: تقدير العناصر الثقيلة (نيكل، رصاص، كاديوم، كروم، كوبالت) في عينات المياه على جهاز الامتصاص الذري.
- 2.12. المبدأ العام Principle: تعتمد طريقة تقدير العناصر الثقيلة على مبدأ الترميد في فرن الغرافيت في جهاز الامتصاص الذري.

3.12. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز الامتصاص الذري.
- كاتود خاص لكل عنصر.
- ميكروبيت لسحب القياسيات.
- 4.12. تحضير العينة للقياس: عند استلام العينة المائية المراد تحليلها يُراعى ما يلي:
 - يجب أن تكون العينة ضمن زجاجية نظيفة تمثل منبع مياه الري (بئر، نهر، ... الخ).
 - يجب ترشيح العينة لتخليصها من الشوائب.
 - يجب أن يُضاف 1 مل حمض آزوت لكل لتر مياه.
 - تُحفظ في الثلاجة لحين القراءة.
 - القراءة تكون مباشرة لعينة المياه المراد تحليلها على فرن الغرافيت و النتيجة مقدرة ب ميكروغرام/لتر.

5.12. المحاليل القياسية:

- محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر (أنبولات جاهزة): انقل محتوى الأنبولة إلى دورق معياري سعة 1000 مل نقلاً كميّاً و أضف له حوالي 20 مل من حمض الآزوت المركز (للحفظ) و أكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر الحراري.
- محلول قياسي 100 مغ/لتر لكل عنصر: خذ 10 مل من المحلول الأم إلى دورق معياري سعة 100 مل، أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.
- محلول قياسي 1000 ميكروغرام/لتر ($\mu\text{g}/\text{L}$) لكل عنصر: خذ 1 مل من المحلول القياسي 100 مغ/لتر إلى دورق معياري سعة 100 مل، أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر. هذا المحلول يحوي 1000 ميكروغرام/لتر.
- محلول قياسي 100 ميكروغرام/لتر لكل عنصر: خذ 10 مل من المحلول 1000 ميكروغرام/لتر إلى دورق 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري. هذا المحلول يحوي 100 ميكروغرام/لتر.
- خذ من المحلول القياسي 100 ميكروغرام/لتر الكميات الواردة في الجدول التالي إلى دوارق معيارية سعة 100 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري للحصول على القياسات التالية لكل عنصر:

الجدول (25)

العنصر	القياسي ($\mu\text{g}/\text{L}$)	الكمية المسحوبة (مل)	القياسي ($\mu\text{g}/\text{L}$)	الكمية المسحوبة (مل)	القياسي ($\mu\text{g}/\text{L}$)	الكمية المسحوبة (مل)
Ni	12.5	12.5	25	25	37.5	37.5
Pb	15	15	30	30	45	45
Cd	0.5	0.5	1	1	1.5	1.5
Cr	4	4	8	8	12	12
Co	5	5	10	10	15	15

- حضر هذه التراكيز الصغيرة بشكل يومي.
- اقرأ القياسات و العينات المراد تحليلها على فرن الغرافيت في جهاز الامتصاص الذري، مباشرةً تحصل على النتيجة المطلوبة حيث يُعطي الجهاز تركيز العنصر ميكروغرام/لتر.

6.12. المرجع Reference:

Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios, India, Jodhpur, New Delhi. p.438.

13. تقدير البورون Determination of Boron:

- 1.13. الغاية و الهدف Scope: تقدر هذه الطريقة البورون في العينات المائية.
- 2.13. المبدأ العام Principle: تعتمد الطريقة على تفاعل البورون مع كاشف الأزوميثين في وسط مضبوط الـ pH (حامضي خفيف) لتشكيل معقد أصفر اللون يُقاس على طول موجة 420 نانومتر.
- التداخلات: تسبب شوارد الألمنيوم و الكالسيوم و الحديد (في حال وجودها) تداخلات يتم منعها بإضافة EDTA 2 نظامي.
- 3.13. الأجهزة و الأدوات Apparatus: جهاز سبيكتروفوتومتر.

4.13. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- المحلول المنظم: أذب 250 غ من أسيتات الأمونيوم و 15 غ من EDTA في 400 مل ماء مقطر. أضف بحدوء 125 مل حمض الخل، ثم امزج.
- المحلول الملون: أذب 0.45 غ من الأزوميثين-H في 100 مل محلول حمض الأسكوربيك 1%. يجب أن يُحضر الكاشف أسبوعياً ليبقى طازجاً و يُحفظ في البراد.
- القياسي الأم 100 مغ/لتر بورون: أذب 0.5719 غ من حمض البوريك في لتر ماء مقطر.
- القياسات 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5 مغ/لتر بورون: انقل على التوالي 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5 مل من القياسي الأم إلى دوارق معيارية سعة 100 مل، أكمل الحجم و حضرها أسبوعياً.

5.13. طريقة العمل Procedure:

- تتم قراءة العينات بأسرع ما يمكن بعد قطفها.
- انقل باستخدام الماصة الآلية 1 مل من العينة/الشاهد/القياسي إلى زجاجات مناسبة.
- أضف 2 مل من المحلول المنظم، اخلط ثم أضف 2 مل من كاشف الأزوميثين-H، و اخلط.
- اقرأ الامتصاص للعينات/الشاهد/القياسيات بعد 30 دقيقة على الموجة 420 نانومتر.
- وقع سلسلة القياسيات على ورق ميليمتري أو باستخدام الحاسب لرسم المنحني البياني.
- أسقط قراءات العينات على المنحني و سجل تراكيز البورون المقابلة لها.

6.13. طريقة الحساب Calculation: تتم عملية الحساب كما يلي:

البورون مغ/لتر = التركيز من المنحني × نسبة التخفيف (إن وجدت).

ملاحظة عامة: يجب تحميض الزجاجيات المستخدمة في أي مرحلة من المراحل بشكل جيد بحمض كلور الماء 1:1، و يفضل استخدام عبوات البولي إيثيلين.

7.13. المرجع Reference:

Bes, S.S., P.A. den Dekker and P.A. van Dijk. 1973. The determination of boron with Azomethine -H in plant material. Soil and water. International communication of the glasshouse crops research station, Naaldwijk. The Netherlands.

14. تقدير العكارة **Determination of Turbidity**:

1.14. **الغاية و الهدف Scope**: تقدر هذه الطريقة العكارة في مياه الري لأغراض زراعية من مختلف المصادر كالمياه التقليدية (آبار، أنهار، بحيرات، غيرها) و غير التقليدية (معالجة، رمادية، صرف زراعي، وغيرها).

2.14. **المبدأ العام Principle**: تعتمد الطريقة على قياس المرورية للعينة باستخدام جهاز مدرج بوحدة NTU.

التداخلات: يفضل تقدير العكارة بأسرع ما يمكن (حقلية) حيث يؤثر زمن حفظ العينة و حرارة الحفظ على قراءات العكارة.

3.14. **الأجهزة و الأدوات Apparatus**: جهاز تقدير العكارة (مبدأ مقياس طيف) مدرج حتى 4000 NTU.

المحاليل و المواد اللازمة Reagents: يرفق مع الجهاز محاليل و خلايا معروفة القراءات لمعايرة الجهاز.

4.14. **طريقة العمل Procedure**:

- شغل الجهاز لمدة 20 دقيقة. ثم عايره بالخلايا المرفقة القياسية (بحسب طريقة تشغيل الجهاز).
- رج العينات بشكل جيد (استخدم رجاج ترددي بسرعة مناسبة).
- املئ العينات في خلايا القياس و احرص على نظافة السطح الخارجي للخلايا و طرد فقاعات.
- اقرأ العينات و سجل القراءات.

5.14. **طريقة الحساب Calculation**: تُسجل القراءات بشكل مباشر بوحدة NTU.

6.14. **المرجع Reference**:

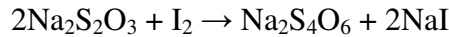
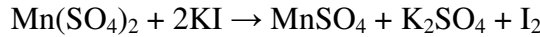
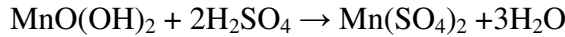
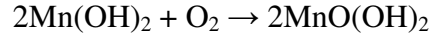
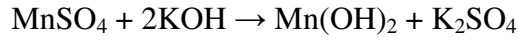
Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios (India), Jodhpur, New Delhi, India. p.438.

الفصل الثالث: الاختبارات البيولوجية للمياه Biological analysis of water samples

1. تقدير الأكسجين المنحل في الماء بطريقة وينكلر (Determination of Dissolved Oxygen (DO) in water by Winkler method

1.1. الغاية و الهدف Scope: تُدعى كمية الأكسجين الموجودة في الماء بالأكسجين المنحل في الماء DO و الذي يدل على نقاوة الماء من المكونات العضوية، و يُعتبر مهم جداً للحفاظ على ظروف التهوية في الأحواض المائية و كذلك في المعالجة الهوائية للمياه العادمة في المصانع و مياه الصرف الصحي، كما يعد اختبار DO الحجر الأساس لاختبار الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD) الذي يُستخدم في تقييم درجة التلوث في المياه العادمة و معدل الأكسدة الحيوية.

2.1. المبدأ العام Principle: تُجمع عينات المياه لاختبار DO في قوارير BOD، تُملأ القوارير و تُغلق مع تجنب تعريضها للهواء. تُؤخذ العينات للمختبر و لتجنب التغير في DO (بسبب الفرق بدرجات الحرارة بين موقع الإعتيان و المختبر و كذلك حدوث نشاط بيولوجي في العينة مع الوقت) نثبت الوسط بواسطة إضافة كبريتات المنغنيزي و يوديد أزيد القاعدي و تُوضع العينة بدرجة حرارة 4 م بالظلمة. عموماً تعتمد طريقة Winkler على أنه عند إضافة كبريتات المنغنيزي للعينة الحاوية يوديد البوتاسيوم القاعدي تتشكل ماءات المنغنيزي و الذي يتأكسد بواسطة الأكسجين المنحل بالعينة إلى أكسيد المنغنيز القاعدي، وعند إضافة حمض الكبريت يرجع المنغنيز إلى حالة التكافؤ الثنائي و يتحرر اليود من يوديد البوتاسيوم و الذي تكافئ كميته كمية الأكسجين المنحل DO في العينة. يُعاير اليود المتحرر بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم باستخدام كاشف النشاء كما في المعادلات التالية:



3.1. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول كبريتات المنغنيزي: حل 48 غ $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ في 100 مل ماء مقطر و رشح إذا كان المحلول عكر.
- محلول يوديد أزيد القاعدي: أذب 175 غ KOH (أو 125 غ NaOH) و 37.5 غ يوديد البوتاسيوم (أو 33.7 غ NaI) في ماء مقطر و أكمل الكمية حتى 250 مل. ثم أذب 2.5 غ صوديوم أزيد في 10 مل ماء مقطر و أضفه للمحلول السابق.
- حمض الكبريت المركز.
- دليل النشاء: أذب 1 غ نشاء في قليل من الماء المقطر ثم أكمل الكمية حتى 100 مل بماء مقطر مغلي و دعه يغلي دقيقتين ثم دعه حتى يبرد.

- محلول ثيوكبريتات الصوديوم 0.1 نظامي: أذب 24.82 غ ثيوكبريتات الصوديوم ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) في ماء مقطر مغلي و مبرد و أكمل الكمية حتى لتر في دورق معياري و اضبط النظامية بواسطة محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم (0.1 نظامي) كما يلي: أذب 1.23 غ ثنائي كرومات البوتاسيوم (مجفف مسبقاً بدرجة 103م مدة ساعة) في ماء مقطر و أكمل الكمية حتى 250 مل في دورق معياري فينتج محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم 0.1 نظامي. خذ 100 مل ماء مقطر مغلي و مبرد في دورق مخروطي 500 مل و أضف 3 غ يوديد البوتاسيوم، 2 غ كربونات الصوديوم و حرك حتى ذوبان الأملاح. أضف 6 مل حمض كبريت مركز و أضف 25 مل محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم في الدورق المخروطي و غطي الدورق بزجاجة ساعة و دعه في الظلمة 5 دقيقة، بعدها اغسل زجاجة الساعة و مدد الكمية بالماء المقطر المغلي و المبرد حتى 250 مل. عاير اليود المحرر بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم، عندما يصبح المحلول بلون أخضر مصفر أضف 10 مل دليل النشاء فيصبح اللون أزرق، اغسل حواف الدورق الداخلية بماء مقطر مغلي و مبرد و أكمل المعايرة حتى تغير اللون من الأزرق المخضر إلى الأخضر الفاتح. احسب النظامية لمحلول ثيوكبريتات الصوديوم.

4.1. طريقة العمل Procedure:

- خذ 100 مل من العينة في قارورة و تغلق مباشرة.
- بسرعة يضاف 2 مل محلول كبريتات المنغنيزي ثم 2 مل محلول يوديد أزيد القاعدي.
- أغلق القارورة مباشرة و اخلط المحتويات بتحريك القارورة رأساً على عقب 10 دقائق.
- أضف 2 مل حمض كبريت مركز (على الحواف الداخلية للقارورة) لإذابة الرواسب المتكونة.
- عاير اليود المحرر بالثيوكبريتات، عندما يتغير اللون للأصفر القشي (V_1) أضف 2 مل كاشف النشاء، و أكمل المعايرة بالثيوكبريتات حتى زوال اللون الأزرق (V_2).

5.1. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{Do مغ/لتر} = \frac{(\text{القراءة الثانية } V_2 - \text{القراءة الأولى } V_1) \times \text{العيارية} \times 1000 \times 8}{\text{كمية العينة المأخوذة (مل)}}$$

(القراءة الثانية V_2 - القراءة الأولى V_1): هي كمية الثيوكبريتات
8: الوزن المكافئ للأكسجين.

2. تقدير الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD) Determination of Biochemical Oxygen Demand (BOD):

1.2. **الغاية و الهدف Scope:** يعرف الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD) بأنه كمية الأكسجين اللازمة للنشاط البكتيري أثناء مرحلة الثبات لهدم المادة العضوية القابلة للتحلل في الظروف الهوائية. و يُفسر ذلك بأن المادة العضوية تُستخدم كغذاء للبكتيريا التي تحصل على الطاقة من خلال أكسبتها. يُستخدم اختبار BOD لتحديد درجة تلوث المياه العادمة للمصانع و المناطق السكنية و كذلك لتحديد كمية الأكسجين المحتاجة في حال سبقت هذه المياه لمجاري المياه النظيفة حيث تتوفر الظروف الهوائية.

2.2. **المبدأ العام Principle:** تقوم البكتيريا بهدم المادة العضوية مستخدمة الأكسجين المنحل في المياه و بالتالي فإن كمية الأكسجين المطلوبة لتحلل المادة العضوية يُدعى بالأكسجين الحيوي المطلوب. عندما تتجاوز كمية BOD كمية الأكسجين المنحل الموجود في المياه فإن الآخر ينخفض أو يُستنفذ من المياه و ذلك يكون مضر جداً للأحياء المائية و ربما يؤدي لموتها. بشكل عام و في أغلب النظم البيئية المائية الطبيعية السليمة فإن التوازن سائد بين زيادة و نقصان الأكسجين المنحل في هذه البيئات لذلك لابد من اختبار BOD لمراقبة ما يلي:

- حالة تلوث المياه التقليدية بسبب المياه الملوثة التي تصب بها.
 - معرفة درجة تلوث المياه التقليدية بأي وقت و مقدرتها الذاتية على تنقيتها.
 - كفاءة طرق المعالجة في محطات معالجة المياه العادمة.
- لأجل إجراء اختبار BOD بنجاح لابد من توفير الظروف القياسية المناسبة (توفير العناصر الغذائية و درجة pH و غياب أي مواد مثبطة لنمو الميكروبات و درجة الحرارة المناسبة 20 م. كذلك إذا كانت المياه فقيرة بالمجتمعات البكتيرية فلا بد من إضافة مجموعة خليلة من البكتيريا). و بسبب ضعف انحلالية الأكسجين في الماء فإنه (بحالة المياه ذات نسبة التلوث العالية) لا بد من تمديد العينة قبل بدء اختبار BOD لتجنب حالة زيادة الأكسجين الحيوي المطلوب عن الأكسجين المنحل الموجود. الاختبار يستمر لخمسـة أيام حيث 70 إلى 80% من المادة العضوية تتم أكسبتها.

3.2. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- زجاجات BOD 300 مل و دورق مخروطي 250 مل.
- سحاحة 50 مل وماصة 10 مل.
- حاضنة للحفاظ على درجة حرارة 20 ± 1 م.

4.2. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- المحلول المنظم (فوسفات البوتاسيوم): أذب 8.5 غ فوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين KH_2PO_4 و 21.75 غ فوسفات البوتاسيوم أحادي الهيدروجين و 33.4 غ فوسفات الصوديوم

المحلول إلى 7.2. $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ و 1.7 غ كلوريد الأمونيوم NH_4Cl في ماء مقطر و أكمل حتى لتر. عدل pH

- كبريتات المغنيزيوم: أذب 82.5 غ كبريتات المغنيزيوم $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ بالماء المقطر و أكمل الكمية حتى 1 لتر.

- كلوريد الكالسيوم: أذب 27.5 غ كلوريد الكالسيوم CaCl_2 في ماء مقطر و مدد حتى 1 لتر.

- كلوريد الحديدك: أذب 0.2 غ من كلوريد الحديدك المائي $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ في ماء مقطر و أكمل الكمية حتى 1 لتر.

- محلول ثيو كبريتات الصوديوم 0.025 نظامي: حل 1.575 غ ثيو كبريتات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ في الماء المقطر و مدد حتى العلامة (يحضر قبل الاستخدام فقط).

5.2. طريقة العمل Procedure:

- **تحضير ماء التمديد:** قم بتهوية الكمية اللازمة من الماء المقطر في وعاء بواسطة مضخة هواء لمدة 1-2 يوم للوصول على درجة الإشباع بالأكسجين المنحل. حاول أن تكون درجة الحرارة 20م.
▪ أضف 1 مل من منظم الفوسفات، كبريتات المغنيزيوم، كلوريد الكالسيوم و محلول الحديدك لكل 1 لتر من الماء الذي يستخدم بالتمديد ثم امزج جيداً.

▪ في حالة عدم وجود الكمية الكافية من المجتمعات البكتيرية، أضف مقدار 2 مل من رواسب مياه الصرف الصحي لكل 1 لتر من ماء التمديد.

- **تمديد العينة:** عدل pH الوسط ليكون متعادل في حال أنه بالأساس حمضي أو قاعدي. يجب أن تكون العينة خالية من مخلفات الكلورين، أما إذا كانت تحتوي بقايا كلورين لا بد من إزالتها بواسطة استخدام ثيو كبريتات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ كما يلي: خذ 5 مل من العينة و أضف لها 10 مل حمض الخل 1:1 ، أضف 1 غ يوديد البوتاسيوم KI ثم عاير بواسطة $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025 نظامي و استخدام كاشف النشاء. احسب كمية ثيو كبريتات الصوديوم المحتاجة لـ 1 مل من العينة و أضف وفقاً لذلك الكمية اللازمة لكامل عينة اختبار BOD .

- العينات ذات المحتوى العالي من الأكسجين المنحل ($\text{DO} < 9$ مغ/لتر) بسبب وجود الطحالب يمكن تخفيض كمية DO بواسطة التهوية أو تحريك العينة المائية.

- مدد عينة المياه (المختبرة) عدة مرات لخفض كمية DO لحوالي 50% (بحيث لا يقل تركيز الأكسجين المنحل عن 2 مغ/لتر و الأكسجين المتبقي بعد 5 أيام من حضن العينة لا يقل عن 1 مغ/لتر). ضع نصف كمية ماء التمديد تقريباً في دورق معياري و أضف كمية العينة المحددة للتمديد، ثم مدد بماء التمديد للكمية المطلوبة و امزج جيداً. نسب التمديد المقترحة:
▪ 0.1 - 1% للمياه العادمة الصناعية و التجارية عالية التلوث.

- 1 - 5% لمياه الصرف الصحي غير المعالجة .
- 5 - 25% للمياه المعالجة.
- 25 - 100% لمياه الأنهار.
- ضع العينة الممددة حسب السابق في أربع قوارير BOD و أغلقها مباشرة، اترك قارورة واحدة لتقدير الأكسجين المنحل الابتدائي و ضع الثلاث الباقية في حاضنة بدرجة حرارة 20 م° ل 5 أيام.
- حضر الشاهد بقارورتين (عبارة عن مياه التمديد فقط) لقياس استهلاك الأكسجين في ماء التمديد و تعامل نفس معاملة العينات.
- ثبت الأكسجين المنحل في العينة و الشاهد بإضافة 2 مل كبريتات المنغنيزي و 2 مل محلول يوديد أزيد البوتاسيوم.
- احسب الأكسجين المنحل في العينة و الشاهد (الابتدائية و بعد 5 أيام).

6.2. طريقة الحساب :Calculation

$(D_5 - D_0) - (C_5 - C_0)$: استهلاك الأكسجين المنحل بفعل الميكروبات.

$BOD \text{ مع/لتر} = (D_5 - D_0) - (C_5 - C_0) \times \text{نسبة العينة المأخوذة}$

D_0 : الأكسجين المنحل في العينة (مباشرة 0 يوم).

D_5 : الأكسجين المنحل في العينة بعد 5 أيام.

C_0 : الأكسجين المنحل في الشاهد (مباشرة 0 يوم).

C_5 : الأكسجين المنحل في الشاهد بعد 5 أيام.

$C_0 - C_5$: استهلاك الأكسجين المنحل في مياه التمديد فقط.

$D_0 - D_5$: استهلاك الأكسجين المنحل في العينة.

3. تقدير الأكسجين الكيميائي المطلوب (COD) :Determination of Chemical Oxygen Demand

- 1.3. **الغاية و الهدف Scope**: يُعتبر اختبار الأكسجين الكيميائي المطلوب COD طريقة لتقدير وجود المواد العضوية و تركيزها في المياه العادمة للمناطق الصناعية و السكنية، بمعنى آخر تقدير كمية المخلفات العضوية بالمياه عن طريق كمية الأكسجين الكلية المطلوبة لأكسدة المادة العضوية إلى CO_2 و ماء، و ذلك كون جميع المركبات العضوية (مع بعض الاستثناءات) تتأكسد بفعل عامل مؤكسد قوي في وسط حامضي. خلال تقدير COD تتحول المادة العضوية إلى CO_2 و ماء. بغض النظر عن الكميات القليلة التي تُمثل حيويًا و بالنتيجة فإن كمية COD أكبر منه في BOD و ربما تكون أكبر بكثير عندما توجد كميات كبيرة من المادة العضوية المقاومة للنشاط الحيوي، إلا أن أحد العيوب الأساسية لاختبار COD هو عدم المقدرة على التمييز بين المواد العضوية القابلة للأكسدة و الأخرى المقاومة للأكسدة، كذلك لا يعطي أي دليل على معدل ثبات النشاط الحيوي للمادة العضوية في الظروف الطبيعية. إن أهم إيجابيات اختبار COD قصر مدة إجراء الاختبار (3 ساعة) عما هو في اختبار BOD (5 يوم).

2.3. المبدأ العام Principle: يعتمد الاختبار على تقدير كمية الأكسجين اللازمة لأجل أكسدة المادة العضوية كيميائياً بمساعدة مؤكسد قوي، حيث تتأكسد المادة العضوية بشكل كامل بواسطة ثنائي كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$) بوجود حمض الكبريت و ينتج غاز CO_2 و الماء. الفائض من ثنائي كرومات البوتاسيوم المتبقي بعد نهاية التفاعل يُعاير بكبريتات الأمونيوم والحديدي $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2]$ ، كمية ثاني كرومات البوتاسيوم المستهلكة تُعطي كمية الأكسجين المحتاجة لأكسدة المادة العضوية.

التداخلات: تعتبر الحموض الدهنية، السلاسل الخطية للمركبات الأليفاتية، الكلورايد، النتريت و الحديد مكونات أساسية تسبب التداخلات عند تقدير COD لا بد من حجب تأثيرها حيث يتم التخلص من تأثير الكلوريد بإضافة $HgSO_4$ لعينة الماء قبل إضافة أية محاليل، حيث يضاف 0.4 غ $HgSO_4$ ضعيف التأين. يحفز حمض الكبريت أكسدة السلاسل الخطية للمركبات الأليفاتية و الأروماتية، يعيق وجود الآزوت (نتريت) تحديد COD، فكل 1 مغ أزوت (نتريت) ينقص COD المحدد بمقدار 1.14 مغ ، و للتخلص من هذا التداخل المعتبر بسبب النتريت يمكن إضافة 10 مغ حمض السلفاميك لكل 1 مغ أزوت (نتريت) في زجاجة COD (في حال وجود عدة عينات تحتوي النتريت يمكن إضافة حمض السلفاميك للمحلول القياسي لثنائي كرومات البوتاسيوم، كذلك الأمر مع شاهد الماء المقطر).

إن وجود الحديد الثنائي Fe^{2+} و H_2S يعيق تحديد COD حيث ينقص كل 1 مغ Fe^{2+} أو 0.47 مغ H_2S ال COD المحدد بمقدار 0.14 مغ ، يمكن الحد من هذا التداخل بضخ هواء في حال عدم وجود مواد عضوية قابلة للتطاير في عينة الماء، أو بطريقة أخرى يمكن حساب الكمية التي لم يتم تحديدها من COD و طرحها من النتيجة النهائية لـ COD.

3.3. الأجهزة و المواد اللازمة Reagents:

- جهاز تكثيف و حمام رملي.
- محلول قياسي لثنائي كرومات البوتاسيوم 0.25 نظامي: أذب 12.259 غ $K_2Cr_2O_7$ (مجفف بدرجة حرارة 103 م° ساعتين) في ماء مقطر و أكمل الكمية حتى 1 لتر.
- محلول حمض الكبريت: ضع 10 غ كبريتات الفضة Ag_2SO_4 في 1 لتر حمض كبريت مركز و سخن على حمام رملي 8 ساعات لذوبان كبريتات الفضة.
- محلول قياسي كبريتات الأمونيوم و الحديدي 0.1 نظامي $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$: أذب 39 غ كبريتات الأمونيوم و الحديدي بحوالي 400 مل ماء مقطر، أضف 20 مل حمض كبريت مركز و أكمل الكمية بالماء المقطر حتى لتر. (لضبط نظامية كبريتات الأمونيوم و الحديدي ، خذ 10 مل من محلول قياسي ثنائي كرومات البوتاسيوم و 10 مل حمض كبريت مركز و عاير بواسطة كبريتات أمونيوم حديدي لضبط النظامية باستخدام كاشف الفروئين و احسب نظامية كبريتات أمونيوم حديدي باستخدام المعادلة $ح \times ن = ح \times ن$).

- كاشف الفروئين: أذب 1.485 غ في 1-10 فينون ثرولين (Phenonthroline $C_{12}H_8N_2$) أحادي هيدرات و 695 مغ كبريتات الحديدي $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ثم مدد بالماء المقطر حتى 100 مل.
- كبريتات الزئبق $HgSO_4$ (AR).

4.3. طريقة العمل Procedure:

- ضع 0.4 غ $HgSO_4$ في زجاجة التكتيف 250 مل ثم أضف 20 مل من العينة و اخلطها جيداً.
- ضع كرة زجاجية ثم 10 مل محلول قياسي لثنائي كرومات البوتاسيوم.
- أضف 30 مل حمض كبريت الحاوي على كبريتات الفضة ببطئ و بحذر اخلط جيداً (الإضافة البطيئة مع التحريك يمنع فقد الحموض الدهنية بالحرارة المرتفعة). إذا تحول اللون الى الأخضر أضف مرة أخرى ثنائي كرومات البوتاسيوم و حمض الكبريت أو أعد الخطوات السابقة بعد تمديد العينة.
- ثبت الزجاجة بالمكثف بعد خلط محتوياتها جيداً قبل التثبيت (عدم الخلط الجيد يتسبب بخروج العينة من الزجاجة) دع العينة بجهاز التكتيف ليس أقل من ساعتين، بعد ذلك برد و اغسل المكثف بالماء المقطر.
- أضف 150 مل ماء مقطر للتمديد و عاير ثنائي كرومات البوتاسيوم المتبقية بكبريتات أمونيوم حديدي 0.1 نظامي باستخدام كاشف الفروئين. تغير اللون من الأخضر إلى الأحمر النبيذي يدل على نهاية المعايرة.

5.3. طريقة الحساب Calculation:

$$COD \text{ مغ/لتر} = \frac{1000 \times 8 \times N \times (B-A)}{\text{حجم العينة}}$$

- A: كمية كبريتات الأمونيوم و الحديدي اللازمة لمعايرة الشاهد.
- B: كمية كبريتات الأمونيوم و الحديدي اللازمة لمعايرة العينة.
- N: نظامية كبريتات الأمونيوم و الحديدي.
- 8: الوزن المكافئ للأكسجين.

4. المراجع References:

- Muthuvel, P. and Udayasoorian, C. 1999. Soil, Plant, Water and Agrochemical Analysis. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India. p.315.
- UNEP/WHO 1996. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes, United Nations Environment Programme and the World Health Organization, Geneva.

الباب الرابع

الأسمدة Fertilizers

الفصل الأول: الأسمدة الكيميائية Chemical Fertilizers

1. الإعتيان Sampling:

إن الإعتيان الصحيح لعينات الأسمدة هو حجر الأساس في الحصول على نتائج موثوقة إذ من الضروري تحديد كيف و متى و أين تم أخذ العينات بحيث تمثل بصدق القرينة المطلوب قياسها عند التحليل الكمي للعينة، و يجب أن تكون أجهزة الإعتيان مصنوعة من مواد لا تؤثر في خواص المنتج المعتان المعد كعينة واردة للمختبر. تُقسم العينة المعتانة إلى عينات جزئية عددها أربع عينات، حيث يتم إدخال ثلاث عينات إلى المختبر و يُحتفظ بالرابعة كعينة احتياطية يتم الرجوع لها عند اللزوم.

عينة الاختبار: هي جزء مصغر ممثل للعينة الجزئية يجري عليه الاختبار و يجب ألا يقل وزن عينة الاختبار عن 500 غ، كما يجب الإسراع في الإعتيان ما أمكن و أن تكون الأدوات و السطح و العبوات المستخدمة في الإعتيان جافة و نظيفة، و هناك أجهزة آلية تستخدم في إعتيان المنتج بحيث يمثل العينة. تُرسل عينة الاختبار إلى المختبر الرسمي المختص في مدة لا تتجاوز 24 ساعة مع مراعاة الحفاظ على رطوبة العينة و أخذ كافة الاحتياطات لتجنب أي تغيير في خواص العينة.

2. تحضير العينة Sample Preparation :

اختر كمية العينة المناسبة التي تكفي لتحليل جميع القرائن المطلوبة بالعينة بحيث تُمثل العينة:

- في حالة الأسمدة الصلبة: تُطحن العينة بحسب لزوم التحليل بدون نخل.
- في حالة الأسمدة الرطبة (سائل - معلقات): تُخلط العينة حتى تمام التجانس (يُستخدم خلاط خاص بالتجانس ذو سرعات متغيرة).
- في حالة الأسمدة الرطبة: يتم تحليل الرطوبة للعينات المطلوب فيها هذه القرينة و تجرى عليها باقي الاختبارات المطلوبة بالسرعة الممكنة.

3. تقدير الآزوت Determination of Nitrogen :

1.3. الغاية و الهدف Scope: تقدير الآزوت الكلي في عينات الأسمدة الكيميائية.

2.3. المبدأ العام Principle: تحويل جميع أشكال الآزوت الموجود في العينة إلى الشكل

الأمونياكي NH_4^+ و قياسه على جهاز Kelgdal.

3.3. الأجهزة Apparatus: جهاز Kelgdal حديث.

4.3. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول ماءات الصوديوم 32% (320 غ إلى لتر ماء مقطر حراري).

- حمض البوريك 2% (20 غ إلى لتر ماء مقطر حراري).

- حمض كلور الماء 0.1 نظامي (أذب 10 مل من حمض كلور الماء 32% في لتر ماء ثنائي التقطير).

5.3. طريقة العمل Procedure:

- زن حوالي 0.2-0.4 غ (لا تزيد عن 0.5 غ) من العينة في أنبوب الهضم.
- أهضم العينة بطريقة حمض الكبريت المركز و السيلينيوم المذكورة سابقاً (10 مل من حمض الكبريت الكثيف + 1 غ من مساعد هضم).
- ضع 1 غ من حمض السالسيك في أنبوب الهضم.
- يوضع الأنبوب على جهاز الهضم على درجة حرارة 150 م° لمدة ساعة ثم على درجة حرارة 420 م° لمدة ثلاث ساعات.
- تترك العينات لتبرد ثم يضاف له قليل من الماء المقطر.
- تقرأ مباشرة على جهاز كداهل.
- حضر قياسي 25% N من كلوريد الأمونيوم.

6.3. طريقة الحساب Calculation:

$$N \% = \frac{\text{حجم الحمض المستهلك} \times \text{عيارية الحمض}}{\text{وزن العينة} \times 1000} \times 100 \times 14$$

ملاحظات: يمكن قراءة الآزوت الذائب بالحمض (نترات + نترت + أمونيا) من نفس المحلول المحضر بالحمض على جهاز المحلل الآلي بعد تحضير المحاليل اللازمة لإدارة الآزوت. كما يمكن استخدام محلول حمض كلور الماء 1:1 لاستخلاص الفوسفور الذائب بالحمض، النترات، النترت، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيزيوم، الصوديوم، العناصر الصغرى من العينة و ذلك في حال قلة ذوبان العينة بالماء المقطر.

7.3. المراجع References:

- Walsh, L.M. and J.D. Beaton, eds. 1973. Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. of Amer., Madison, USA.
- Van Schouwenberg, J.C.H. and I. Walinge. 1973. Method of analysis for plant material. Agriculture University, Wageningen, The Netherlands.
- Kjeldahl, J. 1883. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoff s in organischen Körpern. **Z. Anal. Chem.** 22:366-382.
- Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

4. تقدير الفوسفور: Determination of Phosphorus

- 1.4. **الغاية و الهدف Scope:** تقدير الفوسفور الذائب بالماء أو بالحمض في عينات الأسمدة الكيميائية.
- 2.4. **المبدأ العام Principle :** تعتمد على تفاعل الفوسفور مع موليبيدات الأمونيوم في وسط حمضي حيث يتشكل مركب معقد من فوسفات موليبيدات الأمونيوم و الذي يتم إرجاعه بواسطة حمض الأسكوربيك بوجود الأنتموان (تسرع طرطرات البوتاسيوم الأنتموني في إرجاع فوسفات موليبيدات الأمونيوم و تساعد في ثبات اللون للمركب المرجع). يتميز المركب المرجع بلون أزرق يُقاس على طول موجة 880 نانومتر (طريقة مورفي).

3.4. الأجهزة Apparatus: جهاز التحليل الآلي.

4.4. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول موليبيدات الأمونيوم: أضف 40 مل من حمض الكبريت 97% إلى دورق معياري سعته لتر يحوي 800 مل ماء مقطر ثم أضف له 4.8 غ من موليبيدات الأمونيوم و 2 مل من FFD_6 و أكمل الحجم إلى لتر.
- محلول حمض الكبريت: أضف 40 مل من حمض الكبريت تركيزه 97% إلى دورق معياري سعته لتر و يحوي 800 مل ماء مقطر و أكمل الحجم إلى لتر.
- محلول FFD_6 : أذب 2 مل FFD_6 في دورق معياري سعته لتر و يحوي 800 مل ماء مقطر و أكمل الحجم.
- محلول طرطرات البوتاسيوم الأنتمونية: أذب 0.3 غ من طرطرات البوتاسيوم الأنتمونية في دورق معياري سعة 100 مل و أكمل الحجم. يُحفظ لمدة شهر على درجة حرارة 4 م.
- محلول حمض الأسكوربيك (يحضر عند القراءة فقط): أذب 18 غ من حمض الأسكوربيك و 20 مل من محلول طرطرات البوتاسيوم الأنتمونية في دورق معياري سعة لتر و أكمل الحجم بالماء المقطر.

5.4. تحضير المحاليل القياسية:

- أذب 0.4394 غ من مادة فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4 موزونة على ميزان حساس بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة في 100 مل من الماء المقطر لنحصل على قياسي 100 مغ/لتر من الفوسفور.
- خذ 10، 20، 30، 40، 50 مل من المحلول الأم، ضعها في دورق معياري سعة 100 مل ثم أكمل الحجم بالماء المقطر لنحصل على قياسيات 10، 20، 30، 40، 50 مغ/لتر على التوالي.

6.4. تفاصيل طريقة العمل لتحضير العينة Procedure:

1.6.4. تقدير الفوسفور الذائب بالماء Determination of water-soluble Phosphorus:

- زن في بيشر 100 مل على ميزان حساس حوالي 2.5 غ من العينة السمادية المتجانسة جيداً و المطحونة.
- انقل العينة نقلاً كميّاً باستخدام الماء المقطر الحراري إلى دورق معياري سعة 250 مل.
- رج يدوياً حتى الذوبان و أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر الحراري.
- رشح العينة في حال وجود عوالق حفاظاً على الأجهزة المستخدمة في التحليل. و خفف حسب اللزوم.

2.6.4. تقدير الفوسفور الذائب بحمض كلور الماء Determination of acid-soluble Phosphorus:

- زن 2.5 غ من العينة في بيشر سعة 100 مل.
- أضف 10 مل من محلول حمض كلور الماء 1:1 إلى العينة.
- انقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق معياري 250 مل باستخدام ماء ثنائي التقطير.
- رج يدوياً حتى تمام الذوبان
- أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر ثم رشح العينة في حال وجود عوالق.
- خفف حسب اللزوم.
- ضع العينة على الجهاز للقراءة بعد رسم منحنى معايرة مناسب للتركيز في العينة.
- حدد تركيز العينة باستخدام الجهاز و ذلك بعد رسم منحنى المعايرة المناسب للقياسيات.

7.4. طريقة الحساب Calculations:

$$\% \text{P}_2\text{O}_5 = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000} \times 100 \times 2.29$$

2.29: معامل تحويل من P إلى P₂O₅

8.4. المرجع Reference:

Boltz, D.F. and M.G. Mellon. 1948. Spectrophotometric determination of phosphate as molybdophosphoric acid. Analytical chemistry, 20(8): 749-751.

5. تقدير البوتاسيوم :Determination of Potassium

- 1.5. **الغاية و الهدف Scope:** تقدير البوتاسيوم الذائب في الماء في عينات الأسمدة الكيميائية.
- 2.5. **المبدأ العام Principle:** يُستخلص البوتاسيوم و يُقرأ على جهاز اللهب حيث يؤدي اللهب إلى تهيج ذرات البوتاسيوم لتصدر أشعة ضوئية تتناسب شدتها طرداً مع تركيز البوتاسيوم في العينة و يتم تحديد شدة هذه الأشعة بواسطة حساس مناسب.
- 3.5. **الأجهزة و الأدوات Apparatus:** جهاز فلام فوتومتر.
- 4.5. **المحاليل و المواد اللازمة Reagents:**

- ماء ثنائي التقطير.
- محلول قياسي بوتاسيوم 10 مغ/لتر: زن 1.907 غ من كلوريد البوتاسيوم نقية مجففة على درجة حرارة 105 م° لمدة ساعتين و مبردة في مجفف يحوي كلوريد كالسيوم، ثم أذب الوزن السابق في لتر ماء ثنائي التقطير لتحصل على 1000 مغ/لتر بوتاسيوم، حضر من المحلول السابق 10 مغ/لتر بوتاسيوم و ذلك بأخذ 1 مل و تمديدھا بالماء المقطر في دورق معياري سعة 100 مل.

5.5. طريقة العمل Procedure:

- زن حوالي 2.5 غ من العينة السمادية في بيشر سعة 100 مل.
 - انقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق معياري سعة 250 مل باستخدام ماء ثنائي التقطير.
 - رج يدوياً حتى الذوبان و أكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة.
 - رشح العينة و خفف حسب اللزوم.
 - تُقرأ العينة على جهاز الفلام باستخدام قياسي 10 مغ/لتر بعد رسم المنحني اللازم للمعايرة.
- ملاحظة: في حال قلة ذوبان مادة السماد تحل العينة بحمض كلور الماء 1:1.

6.5. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{K}_2\text{O} \% = \frac{\text{التركيز من المنحني} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 100} \times 1.2$$

1.2: معامل تحويل من K إلى K₂O

ملاحظة: يمكن أن يُقدر من الراشح السابق العناصر الذائبة بالماء (كالسيوم، صوديوم، مغنيزيوم، فوسفور، كلور، برون).

7.5. المرجع Reference:

Motsara, M.R. and N. Tripathi. 1983. A laboratory handbook for fertilizer analysis. CFQCTI, Faridabad, India. pp. 150.

6. تقدير الكبريت **Determination of Sulfur**:

- 1.6. **الغاية و الهدف Scope**: تقدير الكبريت في عينات الأسمدة الكيميائية اعتماداً على الحرق.
- 2.6. **المبدأ العام Principle**: حرق العينة لتحويل عنصر الكبريت إلى غاز SO_2 حيث يتم قراءته عن طريق كاشف خاص بالجهاز.
- 3.6. **الأجهزة Apparatus**: جهاز تقدير العناصر الأساسية لتقدير الكربون و الكبريت و الكلور (TOC).
- 4.6. **المواد اللازمة Reagents**: مادة Iron Phosphat و Eisenphosphat (90301) تساعد على زيادة درجة الاحتراق.

5.6. طريقة العمل **Procedure**:

- زن بحدود 30 مغ من العينة المراد فحصها في جفنة بورسلان خاصة بالجهاز.
- أدخل الجفنة داخل حجرة الاحتراق على درجة حرارة 1150 م° بواسطة ملقط خاص بموزع العينات.
- ينطلق غاز SO_2 من العينة ليقاس باستخدام كاشف موجود في الجهاز و تظهر النتائج مباشرةً على الكمبيوتر الملحق بالجهاز بعد إدخال الأوزان المناسبة للعينات.

6.6. المرجع **Reference**:

Manual of TOC malte ea 2000.

7. تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم **Determination of Calcium and Magnesium**:

- 1.7. **الغاية و الهدف Scope**: تقدير الكالسيوم و المغنيزيوم الذائب بالحمض في عينات الأسمدة الكيميائية.

- 2.7. **المبدأ العام Principle**: يُقدر الكالسيوم و المغنيزيوم بعد هضم العينة و قراءة المستخلص على جهاز الامتصاص الذري.

3.7. الأجهزة **Apparatus**: جهاز الامتصاص الذري.

4.7. المحاليل و المواد اللازمة **Reagents**:

- محلول حمض كلور الماء 1:1.
- المحاليل القياسية: محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر (أنبولات جاهزة)، ينقل محتوى الأنبولة إلى دورق معياري سعة 1000 مل نقلاً كميّاً و يُضاف له حوالي 20 مل من حمض الآزوت المركز، و يُكمل الحجم بالماء المقطر الحراري.
- خذ 10 مل من المحلول الأم للكالسيوم و ضعها في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم، فنحصل على قياسي 100 مغ/لتر، و كذلك خذ 5 مل من المحلول القياسي 100 إلى دورق معياري 100 و أكمل الحجم، فنحصل على 5 مغ/لتر و كذلك نحضر 10 مغ/لتر و 15 مغ/لتر.

- خذ 10 مل من المحلول الأم للمغنزيوم و ضعها في دورق معياري 100 مل و أكمل الحجم، فنحصل على قياسي 100 مغ/لتر، و كذلك خذ 10 مل من المحلول القياسي 100 إلى دورق معياري 100 و أكمل الحجم، فنحصل على 10 مغ/لتر يحضر منه القياسات التالية: 0.2، 0.4، 0.6 مغ/لتر.

5.7. طريقة العمل Procedure:

- زن 2.5 غ من العينة في بيشر سعة 100 مل.
- أضف 10 مل من محلول حمض كلور الماء 1:1.
- انقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق معياري 250 مل باستخدام الماء المقطر الحراري.
- رج حتى تمام الذوبان و أكمل الحجم حتى العلامة و رشح العينة. خفف حسب اللزوم.
- اقرأ العينات على جهاز الامتصاص الذري بعد رسم المنحني اللازم لكل عنصر.

6.7. طريقة الحساب Calculation:

تظهر النتائج على الكمبيوتر الملحق بالجهاز ب (مغ/لتر) و لحساب النسبة المئوية للعنصر في العينة:

$$\text{النسبة المئوية للعنصر في العينة} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000} \times 100$$

ملاحظة: يمكن استخدام الراشح السابق للعينة لتقدير الفوسفور الذائب بالحمض و النترات و النتريت.

7.7. المرجع Reference:

AOAC, 1995. Official method 965.09. Nutrient in fertilizers, atomic absorption spectrophotometric method, in Official Methods of Analysis of AOAC International, Chapter 2, Washington. p. 25.

8. تقدير الكلور Determination of Chloride:

- 1.8. الغاية و الهدف Scope: تقدير الكلور الذائب في الماء في عينات الأسمدة الكيميائية.
- 2.8. المبدأ العام Principle: معايرة الكلور الذائب بالماء بمحلول نترات الفضة و يتم تحديد نقطة نهاية المعايرة بظهور راسب أحمر قرميدي (كرومات الفضة) ينتج من تفاعل كرومات البوتاسيوم مع نترات الفضة.

3.8. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول نترات الفضة 0.01 نظامي: يُذاب 1.7 غ من نترات الفضة في لتر ماء مقطر.
- تحضير كاشف كرومات البوتاسيوم: يُذاب 5 غ من كرومات البوتاسيوم في 80 مل ماء مقطر و يُضاف إليه محلول مشبع من نترات الفضة نقطة نقطة حتى يتكون راسب أحمر قرميدي ثابت ثم يُرشح و يُكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر.

4.8. طريقة العمل Procedure:

- زن حوالي 2.5 غ من العينة السمادية في بيشر سعة 100 مل.

- انقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق معياري سعة 250 مل باستخدام ماء ثنائي التقطير.
- رج حتى الذوبان و أكمل الحجم ثم رشح العينة و خفف حسب اللزوم.
- اسحب 5 مل من العينة المخففة إلى مخروطية سعة 100 مل و عاير بنترات الفضة باستخدام كاشف كرومات البوتاسيوم حتى تشكل راسب أحمر ثابت.
- سجل الحجم المستهلك من نترات الفضة.

5.8. طريقة الحساب :Calculation

$$CI \% = \frac{\text{حجم نترات الفضة المستهلك} \times \text{عياريتها} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد (أن وجدت)}}{\text{وزن العينة} \times \text{الحجم المسحوب} \times 1000} \times 100 \times 35.5$$

6.8. المرجع :Reference

AOAC, 1990. Official methods 928.02. Chlorine (water-soluble) in fertilizer, in Official Methods of Analysis of AOAC International, Chapter 2, Washington. p. 28.

9. تقدير البورون :Determination of Boron

- 1.9. الغاية و الهدف :Scope: تقدير البورون الذائب بالماء في عينات الأسمدة الكيميائية.
- 2.9. المبدأ العام :Principle: يعتمد تحليل البورون في دارة جهاز السكالر على تشكيل معقد لوني نتيجة تفاعل البورون الموجود في العينة مع محلول الأزوميثين بوجود الـ EDTA و حمض الثيوغليك و يُقاس المعقد الأصفر اللون المتشكل على طول موجة 420 نانومتر.

3.9. الأجهزة :Apparatus: جهاز التحليل الآلي.

4.9. المحاليل و المواد اللازمة :Reagents

- محلول حمض الآزوت: خذ 20 مل من حمض الآزوت تركيزه 65% في لتر ماء مقطر و أضف إليه محلول بريج (35) و يُرج جيداً.
- محلول منظم: زن 80 غ أسيتات الأمونيوم CH_3COONH_4 و أضف لها 3 غ حمض الخل رباعي الإيتلين أمين $(C_{10}H_{14}N_2Na_2O)2H_2O$ و 2.5 غ من حمض التيوغليك و 30 مل من حمض الخل CH_3COOH تركيزه 100%، ثم أكمل الحجم إلى لتر بالماء المقطر و يُضبط الـ pH على 5.6.
- الكاشف الملون: مؤلف من 900 مغ آزوميثين H^- و 2 غ حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$. يُحضر عند لزوم القراءة.
- المحاليل القياسية 1000 مغ/لتر: زن 0.5719 غ من حمض البوريك H_3BO_3 في دورق معياري سعة لتر ثم أكمل الحجم. حضر منه القياسات التالية: 10، 20، 30، 40، 50 مغ/لتر.

5.9. طريقة العمل :Procedure

- زن 2.5 غ من العينة السمادية في بيشر على ميزان حساس بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- أضف 100 مل من ماء ثنائي التقطير.

- اخلط جيداً لمدة ثلاثين دقيقة ثم رشح العينة و خفف حسب اللزوم.
- توضع على الجهاز للقراءة بعد رسم منحنى المعايرة المناسب لتركيز العينة.

6.9. طريقة الحساب Calculation:

$$100 \times 3.23 \times \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000} = \% \text{ B}_2\text{O}_3$$

3.23: معامل تحويل من B إلى B₂O₃

7.9. المرجع Reference:

Aznarez, J. and J.M. Mir. 1985. Spectrophotometric determination of Boron, *Analyst*, **110**: 61-64.

10. تقدير الصوديوم Determination of Sodium:

1.10. الغاية و الهدف Scope: تقدير شاردة الصوديوم الذائب في الماء في عينات الأسمدة الكيميائية و العضوية.

2.10. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على حل الصوديوم في الماء المقطر، ثم قراءة الصوديوم باستعمال جهاز اللهب حيث يؤدي اللهب إلى تهيج ذرات الصوديوم لتصدر أشعة ضوئية تتناسب شدتها طردياً مع تركيز الصوديوم في العينة و يتم تحديد شدة الأشعة بواسطة حساس مناسب.

3.10. الأجهزة Apparatus: جهاز فلام فوتومتر.

4.10. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول قياسي 1000 مغ/لتر: زن 1.2711 غ من كلوريد الصوديوم المجفف سابقاً على درجة حرارة 105 م باستخدام ميزان حساس بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة في لتر ماء مقطر حراري.
- حضر سلسلة قياسيات من 0 - 10 مغ/لتر صوديوم لرسم منحنى بياني مناسب.

5.10. طريقة العمل Procedure:

- زن حوالي 2.5 غ من العينة السمادية في بيشر سعة 100 مل، انقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق معياري سعة 250 مل باستخدام ماء ثنائي التقطير.
- رج حتى الذوبان و رشح العينة عند اللزوم و اغسل ورق الترشيح بشكل جيد ثم أكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر و خفف حسب اللزوم.
- يقرأ المحلول على جهاز فلام فوتومتر بعد رسم المنحنى السابق.

6.10. طريقة الحساب Calculation:

$$100 \times \frac{\text{التركيز من المنحنى} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000} = \% \text{ Na}$$

7.10. المرجع Reference:

AOAC, 1995. Official method 974.01. Sodium in fertilizers, flame photometric method, in AOAC Official Methods of Analysis of AOAC International, Chapter 2, Washington. p. 32.

11. تقدير العناصر الصغرى :Determination of Micronutrient elements

1.11. الغاية و الهدف Scope: تقدير العناصر الصغرى في عينات الأسمدة الكيميائية.

2.11. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على استخلاص العناصر الصغرى بحمض كلور

الماء 1:1 و القراءة على جهاز الامتصاص الذري.

3.11. الأجهزة Apparatus: جهاز الامتصاص الذري.

4.11. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول حمض كلور الماء 1:1.
- محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر (أنبولات جاهزة)، ينقل محتوى الأنبولة إلى دورق معياري سعة 1000 مل نقلاً كميّاً و يضاف له حوالي 20 مل من حمض الآزوت المركز، و يُكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر الحراري.
- يحضر من المحاليل القياسية الأم المحاليل القياسية التالية:

الجدول (26)

اسم العنصر	مغ/لتر		
	قياس 1	قياس 2	قياس 3
Fe	1	3	5
Cu	1	3	5
Zn	0.2	0.4	0.6
Mn	1	3	5
Mo	1	3	5

5.11. طريقة العمل Procedure:

- زن بحدود 2.5 غ من العينة السمادية في بيشر سعة 100 مل.
- أضف 10 مل من محلول حمض كلور الماء المحضر سابقاً.
- انقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق معياري 250 مل باستخدام الماء المقطر الحراري.
- رج حتى تمام الذوبان و أتمم الحجم حتى العلامة ثم رشح العينة و خفف حسب اللزوم.
- اقرأ العينات و القياسيات على جهاز الامتصاص الذري بعد رسم المنحني اللازم لكل عنصر.

6.11. طريقة الحساب Calculation:

تظهر النتائج على الكمبيوتر الملحق بالجهاز بـ مغ/لتر و لحساب النسبة المئوية للعنصر في العينة:

$$\text{النسبة المئوية للعنصر في العينة} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000} \times 100$$

7.11. المرجع Reference:

Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

12. تقدير العناصر الثقيلة Determination of Heavy Metals:

- 1.12. الغاية و الهدف Scope: تقدير العناصر الثقيلة في عينات الأسمدة المعدنية و العضوية.
- 2.12. المبدأ العام Principle: تعتمد هذه الطريقة على هضم العينات السماضية بالماء الملكي و القراءة على جهاز الامتصاص الذري.
- 3.12. الأجهزة Apparatus: جهاز الامتصاص الذري.
- 4.12. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:
 - محلول الماء الملكي.
 - محلول أم 1000 مغ/لتر لكل عنصر (أنبولات جاهزة)، ينقل محتوى الأنبولة إلى دورق معياري سعة 1000 مل نقلاً كميّاً و يضاف له حوالي 20 مل من حمض الآزوت المركز، و يُكمل الحجم إلى العلامة بالماء المقطر الحراري.
 - يحضر من المحاليل القياسية الأم المحاليل القياسية التالية:

الجدول (27)

اسم العنصر	مغ/لتر		
	قياس 1	قياس 2	قياس 3
Pb	1	3	5
Cr	1	3	5
Ni	1	3	5
Cd	0.2	0.4	0.6
Co	1	3	5

5.12. طريقة العمل Procedure:

- زن بحدود 2.5 غ من العينة السماضية في بيشر سعة 100 مل.
- أهضم العينة بطريقة الماء الملكي.
- انقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق معياري 250 مل باستخدام الماء المقطر الحراري.
- رج حتى تمام الذوبان و أتمم الحجم حتى العلامة ثم رشح العينة و خفف حسب اللزوم.
- اقرأ العينات على جهاز الامتصاص الذري بعد رسم المنحني اللازم لكل عنصر.

6.12. طريقة الحساب Calculation:

تظهر النتائج على الكمبيوتر الملحق بالجهاز بـ مغ/لتر و لحساب النسبة المئوية للعنصر في العينة:

$$\text{النسبة المئوية للعنصر في العينة} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{1000 \times 1000 \times \text{وزن العينة}} \times 100$$

7.12. المرجع Reference:

Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

13. تقدير البيوريت Determination of Biuret:

1.13. الغاية و الهدف Scope: تحليل البيوريت ($\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$) في عينات سماد اليوريا.

2.13. الأجهزة Apparatus: جهاز سبكتروفوتومتر.

3.13. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول سلفات النحاس: أذب 6 غ من سلفات النحاس المائية في لتر ماء مقطر حراري و احتفظ بالمحلول السابق في مكان عاتم.
- محلول طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم: أذب 32 غ من ماءات البوتاسيوم مع 2 غ طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم في 1 لتر ماء مقطر حراري و احتفظ بالمحلول السابق في مكان عاتم.
- محلول قياسي من البيوريت 1000 مغ/لتر: أذب 1 غ من البيوريت في 1 لتر ماء مقطر حراري.

4.13. طريقة العمل Procedure:

- زن 4-5 غ من العينة السمادية في بيشر.
- انقل إلى دورق معياري سعة 100 مل باستخدام الماء المقطر الحراري و انتظر حتى تمام الذوبان.
- خذ من المحلول السابق 5 مل و ضعها في دورق سعة 100 مل.
- أضف لها 10 مل من طرطرات الصوديوم و البوتاسيوم المحضر سابقاً و 10 مل من محلول سلفات النحاس المحضر سابقاً.
- أكمل الحجم بالماء المقطر الحراري حتى العلامة.
- حضر شاهد (جميع المواد السابقة بدون عينة سمادية).
- حضر سلسلة قياسيات من البيوريت لرسم لمنحني بياني 100، 200، 300، 400، 500 مغ/لتر.
- تقرأ القياسيات/الشاهد/العينة على جهاز سبكتروفوتومتر على طول موجة 550 نانومتر بعد عشر دقائق من تحضير العينات.
- يرسم منحني بياني من قراءات القياسيات و تُسقط قراءات العينات على المنحني.

5.13. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{بيوريت } (\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2) \% = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{1000 \times 1000 \times \text{وزن العينة}} \times 100$$

ملاحظة: يجب أن لا تزيد نسبة البيوريت في سماد اليوريا عن 1.1% (حسب القرار 56/ت الصادر عن وزارة الزراعة و الإصلاح الزراعي)

6.13. المرجع Reference:

AOAC, 1995. Official Method 960.04. Biuret in fertilizers, in Official Methods of Analysis of AOAC International, Chapter 2, Washington. p. 19.

14. تقدير التحبب في أسمدة اليوريا و السوبر فوسفات **Determination of granulation in Superphosphate and Urea fertilizers**

- 1.14. **الغاية و الهدف:** تحليل التحبب في عينات الأسمدة (يوريا، سوبر فوسفات).
2.14. **الأدوات اللازمة:** منخل قطر 4 مم و 1 مم و ميزان نصف حساس بدقة رقميين بعد الفاصلة.
3.14. **طريقة العمل Procedure:**

- زن 100 غ من العينة على ميزان نصف حساس.
- سجل الوزن.
- انخل العينة على منخل 4 مم و المركب على منخل 1 مم.
- زن العينة المنخولة بالمنخل 1 مم و سجل الوزن.

4.14. طريقة الحساب Calculation:

التحبب % = 100 - (وزن العينة المنخولة بالمنخل 4 مم + وزن العينة المنخولة بمنخل 1 مم)

5.14. المراجع References:

AOAC, 1990. AOAC official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, pp. 84–85.

15. تحليل الرطوبة في سماد اليوريا **Determination of moisture in Urea fertilizer**

- 1.15. **الغاية و الهدف Scope:** حساب الرطوبة في عينة السماد.

2.15. طريقة العمل Procedure:

- زن الجفنة المراد الوزن بها باستخدام ميزان حساس بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- زن 5 غ من العينة مع الجفنة.
- سجل الوزن.
- ضع العينة في فرن على درجة حرارة 105 م° لمدة 4 ساعة أو حتى ثبات الوزن.
- حدد وزن الجفنة مع السماد الجاف.

3.15. طريقة الحساب Calculation :

$$\text{الرطوبة \%} = 100 \times \frac{\text{وزن الجفنة مع السماد الرطب} - \text{وزن الجفنة مع السماد الجاف}}{\text{وزن الجفنة مع السماد الرطب} - \text{وزن الجفنة}}$$

4.15. المرجع Reference:

AOAC. 1997. Official method 394.05. Official Methods of Analysis of AOAC International, Washington.

16. تقدير محتوى حمض الفوسفور في سماد السوبر فوسفات Determination of the phosphoric

:acid content in Superphosphate fertilizer

1.16. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول ماءات الصوديوم 0.1 نظامي: حل 4 غ من ماءات الصوديوم النقية في 1 لتر ماء مقطر حراري (يُعاير المحلول بحمض معروف العيارية).
- محلول ميتيل أورانج: حل 0.1 غ من دليل ميتيل أورانج في 100 مل ماء مقطر حراري.

2.16. طريقة العمل Procedure:

- زن من 4-5 غ من عينة سماد السوبر فوسفات.
- انقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق معياري 250 مل باستخدام الماء المقطر الحراري.
- أكمل إلى الحجم حتى العلامة.
- خذ 100 مل من محلول العينة السمادية.
- أضف ثلاث نقاط من دليل ميتيل أورانج فيصبح لون المحلول أحمر.
- عاير العينة بمحلول ماءات الصوديوم 0.1 نظامي حتى يتحول اللون إلى الأصفر.

3.16. طريقة الحساب Calculation:

كل 1 ملمكافئ من ماءات الصوديوم تعاير 1 ملمكافئ من حمض الفوسفور الحر الموجود في العينة.

$$\text{حمض فوسفور حر \%} = \frac{\text{حجم ماءات الصوديوم المستهلك} \times \text{عياريتها} \times \text{حجم محلول الاستخلاص}}{\text{وزن العينة} \times 100 \times 1000} \times 100 \times 33$$

33: الوزن المكافئ لحمض الفوسفور.

4.16. المراجع References:

AOAC, 1990. AOAC official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, pp. 84–85.

الفصل الثاني: الأسمدة العضوية Organic Fertilizers

1. تقدير درجة الحموضة و الملوحة في عينات التورب، كومبوست و الأسمدة العضوية

:Measurement of pH and EC in Peat, Compost and Organic Fertilizer samples

1.1. الغاية و الهدف Scope: تقدير درجة الحموضة pH و درجة الملوحة EC في عينات التورب

(البتموس)، كومبوست، أسمدة عضوية (زرق - روث).

2.1. الأجهزة Apparatus: جهاز قياس حموضة - جهاز قياس ملوحة.

3.1. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

محلول قياسي لجهاز الملوحة، عدة وزن، ميزان حساس، ورق سعة 500 مل، ورق سعة 100 مل، ورق ترشيح، بيشر سعة 100 مل، محاليل معايرة لجهاز الحموضة 4-7-10.

4.1. طريقة العمل Procedure:

- خذ 60 مل من العينة المراد فحصها باستخدام سلندر و ضع الحجم السابق في ورق 500 مل.
- أضف إلى الحجم السابق 300 مل ماء مقطر و رج لمدة ساعة، اقرأ الحموضة على جهاز pH بعد معايرته.
- رشح العينة و اقرأ الناقلية في الراشح باستخدام جهاز EC بعد المعايرة بمحلول قياسي خاص بالجهاز.

5.1. المراجع References:

DIN EN 13038 و DIN EN 13037

2. تقدير الرطوبة Determination of Moisture

1.2. الغاية و الهدف Scope: تقدير النسبة المئوية للماء في عينات التورب و الأسمدة العضوية.

2.2. طريقة العمل Procedure:

- زن الجفنة فارغة على ميزان حساس بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة و سجل الوزن.
- ضع 10 غ من العينة في الجفنة (وزن العينة).
- سجل وزن الجفنة مع العينة (وزن الجفنة مع السماد الرطب).
- ضع الجفنة مع العينة في فرن على درجة حرارة 105 م° حتى ثبات الوزن.
- سجل وزن الجفنة مع العينة الجافة.

3.2. طريقة الحساب Calculation:

$$\text{الرطوبة \%} = \frac{\text{وزن الجفنة مع السماد الرطب} - \text{وزن الجفنة مع السماد الجاف}}{\text{وزن الجفنة مع السماد الرطب}} \times 100$$

4.2. المرجع Reference:

AOAC. 1997. Official method 394.05. Official Methods of Analysis of AOAC International, Washington.

3. تقدير كربونات الكالسيوم :Determination of Calcium Carbonate

- 1.3. الغاية و الهدف Scope: تقدير كربونات الكالسيوم في عينات التورب و الأسمدة العضوية.
- 2.3. المبدأ العام Principle: تعتمد على قياس حجم ثاني أكسيد الكربون المنطلق (في نفس ظروف الضغط و الحرارة) من تفاعل كربونات الكالسيوم في السماد مع حمض كلور الماء 6 نظامي (1:1).
- 3.3. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- جهاز كالسيومتر نموذج برنارد مجهز بصمامين و موصل بمخروطية ذات أصبع سعة 250 مل (شكل رقم 12).
- جهاز بارومتر لقياس الضغط.
- ملقط خشبي.

4.3. المحاليل اللازمة Reagents:

- حمض كلور الماء المخفف (1:1): يُضاف حجم من الحمض المركز إلى حجم مساوٍ له من الماء المقطر بحذر ثم يُحرَّك جيداً. يُبرَّد ليصبح جاهزاً للاستعمال.
- بودرة كربونات كالسيوم نقية: مجففة على الدرجة 105 م لمدة ساعتين.
- محلول مائي للكاسيمتر: كلوريد الصوديوم المشبع و المحتوي على وسيط ملون.

5.3. طريقة العمل Procedure:

- زن 1 غ من السماد في مخروطية ذات أصبع.
- حدد و احسب تركيز كربونات الكالسيوم في السماد بطريقة الكالسيومتر بنفس الطريقة المذكورة في فصل تحليل التربة.

4. تقدير محتوى المادة العضوية في السماد العضوي Determination of Organic Matter content in organic fertilizer

1.4. تقدير محتوى المادة العضوية باستخدام جهاز تقدير العناصر الأساسية لتحليل الكربون و

الكبريت و الكلور Determination of Total Organic Matter (TOC) by TOC analyzer

- 1.1.4. الغاية و الهدف Scope: تقدير المادة العضوية (اعتماداً على طريقة الحرق) في العينات.
- 2.1.4. المبدأ العام Principle: تقدير المادة العضوية اعتماداً على أكسدة الكربون باستخدام الهواء الصفري و من ثم تحديد تركيز غاز CO_2 المنطلق باستخدام الأشعة تحت الحمراء حيث يتناسب تركيز غاز CO_2 المنطلق مع الفرق الحاصل في طاقة الأشعة تحت الحمراء و الممتص من قبل غاز CO_2 ، تُطبق هذه الطريقة على عينات (تربة - مياه - أسمدة) لقياس نسبة المادة العضوية في العينة.
- 3.1.4. الأجهزة Apparatus: جهاز تقدير العناصر الأساسية TOC.

4.1.4. طريقة العمل Procedure:

- زن بحدود 50 مغ من العينة المراد فحصها في جفنة بورسلان خاصة بالجهاز.
- أضف للعينة قليل من حمض كلور الماء 1:1 و تجفف في الفرن على الدرجة 105 م°.
- ضع العينة داخل حجرة الاحتراق بواسطة ذراع موزع العينات فيتم حرق العينة على درجة حرارة 1150 م° (و باستخدام غاز الأكسجين 99.999 نقاوة) ليتحول الكربون الموجود بالعينة إلى غاز CO₂ يُقاس باستخدام كاشف (NDR₁-NDR₂) الخاص بالجهاز.

5.1.4. طريقة الحساب Calculation:

تظهر النتائج على الشاشة مباشرة بشكل كربون مغ/غ بعد إدخال الوزن المناسب للعينة ثم تُحسب منه النسبة المئوية للمادة العضوية:

$$C \% = \frac{\text{مكافئ من الكربون الموجود في العينة} \times \text{الوزن المكافئ للكربون}}{\text{وزن العينة} \times 1000} \times 100$$

3: الوزن المكافئ للكربون

$$\text{لحساب نسبة المادة العضوية: OM \%} = \frac{C (\text{مغ/غ})}{0.58 \times 10}$$

6.1.4. المرجع Reference:

Manual of TOC malte ea 2000

2.4. تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة Determination of Organic Matter by Oxidation

:method

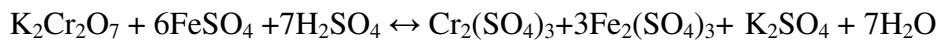
1.2.4. الغاية و الهدف Scope: تقدير المادة العضوية في عينات السماد العضوي (سائل - بودرة).

2.2.4. المبدأ العام Principle: أكسدة المادة العضوية تحت ظروف مثالية بكمية زائدة من ثاني

كرومات البوتاسيوم بوجود حمض الكبريت وفق المعادلة:



يتم لاحقاً حساب كمية ثاني كرومات البوتاسيوم الفائضة بالمعايرة بسلفات الحديدي بوجود مشعر الفروئين



و بحساب الفرق بين حجم سلفات الحديدي اللازمة لمعايرة الشاهد و حجم سلفات الحديدي اللازمة لمعايرة

العينة نستطيع تحديد عدد ميلي مكافئات ثاني كرومات البوتاسيوم التي قامت بأكسدة الكربون و هي مساوية لعدد ميلي مكافئات الكربون في العينة.

3.2.4. الأجهزة و الأدوات Apparatus: سحاحة أوتوماتيك و ميزان حساس أربعة أرقام بعد الفاصلة و

مخروطية سعة 250 مل.

4.2.4. المحاليل و المواد اللازمة Reagents:

- محلول ديكرومات البوتاسيوم: K₂Cr₂O₇ 1 نظامي أذب بدقة 49.04 غ من ديكرومات البوتاسيوم النقية المجففة سابقاً على درجة حرارة 105 م° في لتر من الماء المقطر الحراري.

- دليل الفروئين: أذب 0.702 غ من سلفات الحديدي في 50 مل من الماء المقطر ثم أضف 1.5 غ من مادة أورثوفيناثرولين (الفروئين) و حرك حتى الذوبان ثم أكمل بالماء المقطر إلى 100 مل.
- محلول سلفات الحديدي $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1 نظامي: زن 278 غ من سلفات الحديدي، أضف لها حوالي 200 مل من الماء المقطر، حرّك جيداً لإذابتها، ثم أضف لها 15 مل حمض كبريت مركز، و أكمل الحجم إلى 1 لتر بالماء المقطر.
- حمض الكبريت المركز.

5.2.4. طريقة العمل Procedure:

- زن بحدود 0.04-0.05 غ من العينة السمادية في مخروطية كبيرة سعة 250 مل و سجل الوزن.
- أضف 10 مل محلول ديكرومات البوتاسيوم 1 نظامي و 20 مل حمض الكبريت المركز.
- ضع المكثف على أنابيب الهضم (أجاصات).
- سخن العينة على صفيحة تتغستين (ترفع قبل أن تصل لدرجة الغليان).
- اترك العينة حتى تبرد (درجة حرارة الغرفة).
- أضف 200 مل من الماء المقطر تقريباً إلى العينة و انتظر حتى تبرد.
- أضف 4 نقاط من دليل الفروئين المحضر سابقاً.
- عاير بمحلول سلفات الحديدي 1 نظامي حتى يتغير اللون من الأصفر إلى اللون الأخضر الحشيشي إلى الأزرق إلى أن يصبح اللون أحمر قرميدي عندئذ ينتهي التفاعل.
- سجل حجم سلفات الحديدي الذي لزم لمعايرة الديكرومات الزائدة.
- يُحضر بلانك (شاهد) للعينة حيث نضع 10 مل ديكرومات البوتاسيوم و 20 مل حمض الكبريت الكثيف في مخروطية 250 مل و يُعامل معاملة العينة من حيث التسخين ثم يُعاير قبل العينة.
- سجل قراءة حجم سلفات الحديدي الذي لزم لمعايرة البلانك.

6.2.4. طريقة الحساب Calculation:

إن محلول سلفات الحديدي عاير فقط الديكرومات الزائدة عن تفاعل الديكرومات مع الكربون العضوي في العينة:

الديكرومات المتفاعلة مع الكربون الموجود في العينة = الديكرومات الكلية المضافة - الديكرومات الزائدة عن التفاعل

- نحسب أولاً عيارية سلفات الحديدي عن طريق معايرة البلانك أولاً

$$\text{ح} \times \text{ع ديكرومات} = \text{ح} \times \text{ع سلفات}$$

- الحجم اللازم من سلفات الحديدي لمعايرة الديكرومات الزائدة في العينة $\times$ عيارية السلفات الناتجة = ملمكافئ ديكرومات زائدة

ملمكافئ الديكرومات الكلية (10) - ملمكافئ الديكرومات الزائدة = ملمكافئ من الكربون الموجود في العينة

$$\% C = \frac{\text{ميلي مكافئات الكربون الموجود في العينة} \times \text{الوزن المكافئ للكربون}}{\text{وزن العينة} \times 1000} \times 100$$

$$\% OM = \% C \times \frac{100}{58}$$

7.2.4. المرجع Reference:

Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

3.4. تقدير المادة العضوية في السماد العضوي (تورب-كومبوست) بطريقة الفقد بالترميز

Determination of Organic Matter in organic fertilizer by Loss on Ignition method

1.3.4. الغاية و الهدف Scope: تقدير المادة العضوية بطريقة (الفقد بالترميز) في عينات البتموس و الكومبوست.

2.3.4. المبدأ العام Principle: يتم أولاً حساب رطوبة العينة كما وردت إلى المختبر ثم يتم تحديد محتوى العينة من المادة العضوية على أساس وزن العينة الجاف و ذلك بالحرق عند درجة حرارة 450 - 500 م باستخدام المرمدة، ثم يحدد وزن الرماد المتبقي و ذلك بطرح قيمته من الوزن الجاف للعينة ثم نحسب محتوى المادة العضوية.

3.3.4. طريقة العمل Procedure:

- اخلط العينة السمادية بشكل جيد و بسرعة تجنباً لتغير المحتوى الرطوبي فيها.
- زن جفنة فارغة كبيرة في الميزان و سجل الوزن بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- زن في الجفنة الموزونة بحدود 10 غ من العينة السمادية و سجل الوزن.
- ضع الجفنة في الفرن على درجة حرارة 105 م حتى ثبات الوزن.
- برد العينة ضمن المجفف الزجاجي.
- زن الجفنة مع السماد الجاف و سجل الوزن و احسب محتوى العينة من الرطوبة و الوزن الجاف من العينة كما يلي:

$$\text{الرطوبة بالنسبة للوزن الرطب} \% = \frac{\text{وزن الماء}}{\text{وزن السماد الرطب}} \times 100$$

وزن الماء = وزن الجفنة مع السماد الرطب - وزن الجفنة مع السماد الجاف

وزن السماد الرطب = وزن الجفنة مع السماد الرطب - وزن الجفنة فارغة

وزن السماد الجاف = وزن الجفنة مع السماد الجاف - وزن الجفنة فارغة

- خذ الجفنة السابقة المحتواه على العينة الجافة و ضعها في المرمدة على درجة حرارة 450 - 500 م لمدة أربع ساعات.

- أخرج العينة من المرمدة بملقط خاص و ضعها في المجفف حتى تبرد ثم توزن.
- سجل الوزن للرماد المتبقي في الجفنة بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة.

4.3.4. طريقة الحساب Calculation:

وزن الرماد = وزن الجفنة مع الرماد - وزن الجفنة فارغة

$$\text{الرماد \%} = \frac{\text{وزن الرماد}}{\text{وزن السماد الجاف}} \times 100$$

$$\text{OM \%} = 100 - \text{الرماد \%}$$

لحساب نسبة الـ C/N = نحسب الكربون من المادة العضوية و نقسمه على الآزوت العضوي.

5.3.4. المرجع References:

DIN EN 13039 المواصفة

5. تقدير الآزوت Determination of Nitrogen:

1.5. تقدير الآزوت الكلي Determination of Total Nitrogen:

1.1.5. الغاية و الهدف Scope: تقدير الآزوت الكلي في عينات السماد العضوي.

2.1.5. المبدأ العام Principle: تعتمد على تحويل جميع أشكال الآزوت إلى الشكل الأمونياكي و تقديره.

3.1.5. طريقة العمل Procedure: تُهضم العينة لتقدير الآزوت الكلي:

- زن حوالي 0.5 غ من العينة في أنبوب هضم.
- ضع على العينة 10 مل من محلول الهضم المحضر سابقاً (10 مل من حمض الكبريت الكثيف + 1 غ من مساعد الهضم).
- ضع 1 غ من حمض السليسيليك في أنبوب الهضم.
- ضع الأنبوب على جهاز الهضم على درجة حرارة 150 م° لمدة ساعة ثم على درجة حرارة 420 م° لمدة ثلاث ساعات.
- اترك العينات لتبرد ثم أضف لها قليل من الماء المقطر.
- نقرأ العينات على جهاز كداهل.
- يمكن نقل العينة نقلاً كميّاً إلى دورق 250 مل و قرأتها على جهاز المحلل الآلي.

4.1.5. طريقة الحساب Calculation: في حال القراءة على جهاز المحلل الآلي

$$\text{N \%} = \frac{\text{التركيز من الجهاز (مغ/لتر)} \times \text{حجم المحلول الكلي} \times \text{التخفيف}}{1000 \times 1000 \times \text{وزن العينة}} \times 100$$

5.1.5. المرجع Reference:

Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

2.5. تقدير الآزوت المعدني ($\text{NH}_4\text{-NO}_3$):Determination of inorganic Nitrogen

1.2.5. تقدير الآزوت النتراتى :Determination of Nitrate-Nitrogen

1.1.2.5. طريقة العمل Procedure

- زن 1 غ من العينة في دورق معياري 250 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- يُحضر المحلول القياسي كالتالي: أذب 0.6068 غ من نترات الصوديوم الجافة على الدرجة 105م في دورق معياري سعة لتر فنحصل على قياسي 100 مغ/لتر، حضر منه القياسيات 10، 20، 30، 40، 50 مغ/لتر. ثم اقرأ المستخلص و القياسيات على دارة النترات على جهاز المحلل الآلي على طول الموجة 540 و هي طريقة عمود الكادميوم.

2.1.2.5. طريقة الحساب Calculation

$$\text{NO}_3 \text{ مغ/كغ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز (مغ/لتر)} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة}} \times 4.4$$

3.1.2.5. المرجع Reference

Navone, R. 1964. Proposed method for nitrate in potable water. **J. American Water Works Ass. 56:** 781-783.

2.2.5. تقدير الآزوت الأمونياكي :Determination of Ammoniacal Nitrogen

1.2.2.5. طريقة العمل Procedure

- زن 1 غ من العينة في دورق معياري 250 مل و أكمل الحجم بالماء المقطر.
- حضر المحلول القياسي كالتالي: أذب 3.819 غ من كلوريد الأمونيوم الجافة على الدرجة 105 م في دورق معياري سعة لتر فنحصل على قياسي 1000 مغ/لتر، حضر منه القياسيات 30، 60، 90، 120، 150 مغ/لتر.
- اقرأ المستخلص و القياسيات على دارة الأمونيا على جهاز المحلل الآلي على طول الموجة 660 نانومتر. و هي طريقة سيانورات الصوديوم.

2.2.2.5. طريقة الحساب Calculation

$$\text{NH}_4 \text{ مغ/كغ} = \frac{\text{التركيز من الجهاز (مغ/لتر)} \times \text{حجم المحلول الكلي}}{\text{وزن العينة}} \times 1.2$$

ملاحظة: في حال دارة النترات معطلة خذ الراشح و أضف له حوالي ملعقة صغيرة من الديفاردا و سخن إلى الدرجة 60-70 م و بذلك نكون قد حولنا جميع أشكال الآزوت إلى آزوت معدني ثم يُقرأ على دارة الأمونيا على السكر أو على جهاز السبكترو و تُطرح النتيجة من الآزوت الكلي لنحصل على الآزوت العضوي:
الآزوت العضوي = الآزوت الكلي - الآزوت المعدني

3.2.2.5. المرجع Reference

Searle, P.L. 1984. The Berthelot or indophenols reaction and its use in the analytical chemistry of nitrogen. **Analyst 109:** 549-568.

6. تحليل العناصر الصغرى Determination of Micronutrient elements:

1.6. الغاية و الهدف Scope: تقدير العناصر الصغرى في عينات البتموس (تورب) و كومبوست و الأسمدة العضوية (روث - زرق).

2.6. المبدأ العام Principle: هضم العينات السمادية بواسطة خليط حمض الآزوت و حمض البيروكلوريك المركزين و بدرجة 200 م° حتى تتحول العينة السمادية الصلبة إلى سائلة.

3.6. المحاليل و المواد اللازمة Reagents: حمض الآزوت المركز HNO_3 65% و حمض البيروكلوريك HClO_4 70%.

4.6. الأجهزة و الأدوات Apparatus:

- ميزان حساس أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- جهاز هضم و أنابيب سعة 100 مل.

5.6. طريقة العمل Procedure:

- حضر مزيج من حمض الآزوت المركز بأخذ 600 مل من حمض الآزوت يُضاف لها 200 مل من حمض البيروكلوريك و اخلط جيداً.
 - زن 0.5 غ من العينة السمادية و المجففة على درجة حرارة 65-70 م° و توضع في أنبوب الهضم.
 - أضف 5 مل من محلول الهضم و يُترك لليوم الثاني.
 - في اليوم التالي ضع الأنابيب على جهاز الهضم و تُرفع درجة الحرارة إلى 70 م° و لمدة نصف ساعة ثم تُرفع الحرارة إلى 200 م° لمدة 2 ساعة .
 - اترك المحلول حتى يبرد و أضف إلى الأنبوب حوالي 30-40 مل ماء مقطر، رج الأنبوب باليد حتى يذوب جميع الراسب.
 - انقل المحلول إلى دورق معياري سعة 100 مل نقلاً كمياً و أكمل الحجم إلى العلامة و من ثم اخلط المحلول جيداً.
 - حضر المحاليل القياسية اللازمة كالسابق.
 - اقرأ المحاليل و القياسيات على جهاز الامتصاص الذري.
- ملاحظة: إن حمض الآزوت + حمض بيروكلوريك يؤدي إلى حروق كبيرة عند تلامسها مع الجلد لذلك يجب الحذر عند إضافتها للعينات (استخدم الكفوف و النظارات).

6.6. طريقة الحساب Calculation:

تظهر النتائج على الكمبيوتر الملحق بالجهاز بـ مغ/لتر و لحساب النسبة المئوية للعنصر في العينة:

$$\text{النسبة المئوية للعنصر في العينة} = \frac{\text{التركيز من الجهاز} \times \text{حجم محلول الاستخلاص} \times \text{نسبة التمديد}}{\text{وزن العينة} \times 1000 \times 1000} \times 100$$

7.6. المراجع References:

- Isaac, R.A. and J.D. Kerber. 1971. Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant and water analysis, pp. 17-37. In: Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue (Ed. Walsh, L.M.), Soil. Sci. Soc. of Amer., Madison, WI. pp. 17-37.
- Rashid, A. 1986. Mapping Zinc fertility of soil using indicator plant and soil analysis. Ph. D. Dessrtation. University of Hawaii, HI, USA.

7. تقدير الفوسفور الكلي و البوتاسيوم الكلي Total Nitrogen and Determination of Total

:Potassium

1.7. الغاية و الهدف Scope: تقدير الفوسفور الكلي و البوتاسيوم الكلي في عينات البتموس (تورب) و الكومبوست و الأسمدة العضوية (روث-زرق).

2.7. المبدأ العام Principle: هضم العينات السمادية بواسطة خليط من حمض الآزوت و حمض البيروكلوريك المركزين و بدرجة 200 م° حتى تتحول العينة السمادية الصلبة إلى سائلة ثم تُقرأ على جهاز المحلل الآلي بالنسبة للفوسفور و على جهاز اللهب بالنسبة للبوتاسيوم.

3.7. المرجع Reference:

Tendon, H.L.S. 2005. Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India.

الملحق

الكميات اللازمة من بعض المواد لتحضير محاليل 1 لتر مختلفة العيارية

المادة الكيميائية	الوزن الجزيئي	الوزن الغرامي المكافئ	1 نظامي	0.5 نظامي	0.2 نظامي	0.1 نظامي	0.05 نظامي	0.02 نظامي	0.01 نظامي
H_2SO_4 1.84	98.08	49.04	28 مل	14 مل	5.6 مل	2.8 مل	1.4 مل	0.56 مل	0.28 مل
HCl 1.19	36.46	36.46	82 مل	41 مل	16.4 مل	8.2 مل	4.1 مل	1.64 مل	0.82 مل
$NaOH$	40	40	40 غ	20 غ	8 غ	4 غ	2 غ	0.8 غ	0.4 غ
KOH	56.11	56.11	56.11 غ	28.06 غ	11.2 غ	5.6 غ	2.8 غ	1.12 غ	0.56 غ
$K_2Cr_2O_7$	294.22	49.04	49.04 غ	24.52 غ	9.81 غ	4.9 غ	2.45 غ	0.98 غ	0.49 غ
$AgNO_3$	169.89	169.89	169.89 غ	84.95 غ	33.98 غ	17 غ	8.5 غ	3.4 غ	1.7 غ

الكميات اللازمة من بعض المواد لتحضير محاليل 1 لتر ذات نسب مختلفة
(مل/1 لتر محلول)

المادة الكيميائية	الكثافة	%25	%20	%10	%5	%2	%1
HCl	1.19	634.8	496.8	236.4	115.4	45.5	22.6
H_2SO_4	1.84	167.7	129.9	60.6	29.3	11.5	5.6
HNO_3	1.4	313	243.6	115	56	22	10.8
CH_3COOH	1.05	247.8	196.7	97.1	48.2	19.2	9.5
NH_4OH	0.91	1000	814	422	215.4	87.2	43.7

الوزن الذري لبعض العناصر الكيميائية

العنصر	الوزن الذري	العنصر	الوزن الذري	العنصر	الوزن الذري
N	14.000	Co	58.94	Se	78.96
Al	26.98	Si	28.09	S	32.006
Ba	137.36	Mg	24.32	Ag	107.880
B	10.32	Mn	54.94	C	12.011
V	50.95	Cu	63.54	P	35.975
H	1.0080	As	74.91	F	19.00
Fe	55.85	Mo	95.95	Cl	35.457
I	126.91	Na	22.991	Cr	52.01
K	39.100	Sn	118.70	Zn	65.38
Ca	40.08	Hg	200.61		
O	16.000	Pb	207.21		

جدول التصنيف الدوري للعناصر

The periodic table is organized into groups (IA to VIIIA) and periods (1 to 7). It includes the Lanthanide and Actinide series at the bottom. Key elements highlighted include Hydrogen (H), Helium (He), Boron (B), Carbon (C), Nitrogen (N), Oxygen (O), Fluorine (F), Neon (Ne), Sodium (Na), Magnesium (Mg), Aluminum (Al), Silicon (Si), Phosphorus (P), Sulfur (S), Chlorine (Cl), Argon (Ar), Potassium (K), Calcium (Ca), Scandium (Sc), Titanium (Ti), Vanadium (V), Chromium (Cr), Manganese (Mn), Iron (Fe), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Copper (Cu), Zinc (Zn), Gallium (Ga), Germanium (Ge), Arsenic (As), Selenium (Se), Bromine (Br), Krypton (Kr), Rubidium (Rb), Strontium (Sr), Yttrium (Y), Zirconium (Zr), Niobium (Nb), Molybdenum (Mo), Technetium (Tc), Ruthenium (Ru), Rhodium (Rh), Palladium (Pd), Silver (Ag), Cadmium (Cd), Indium (In), Tin (Sn), Antimony (Sb), Tellurium (Te), Iodine (I), Xenon (Xe), Cesium (Cs), Barium (Ba), Lanthanum (La), Hafnium (Hf), Tantalum (Ta), Tungsten (W), Rhenium (Re), Osmium (Os), Iridium (Ir), Platinum (Pt), Gold (Au), Mercury (Hg), Thallium (Tl), Lead (Pb), Bismuth (Bi), Polonium (Po), Astatine (At), and Radon (Rn).

محتوى العناصر الغذائية في البقايا الطازجة لبعض الحيوانات %

SO ₄	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	المادة الجافة	السماذ
في البقايا الصلبة							
0.04	0.13	0.35	0.1	0.17	0.29	16	بقايا الأبقار
0.06	0.12	0.15	0.35	0.35	0.44	24	بقايا الخيول
0.14	0.15	0.46	0.15	0.31	0.55	35	بقايا الأغنام
في البقايا السائلة							
0.13	0.04	0.01	0.45	0.01	0.58	6	بقايا الأبقار
0.06	0.24	0.45	1.5	0.01	1.55	10	بقايا الخيول
0.3	0.34	0.16	2.26	0.01	1.95	13	بقايا الأغنام

محتوى العناصر الغذائية في البقايا الرطبة للطيور %

SO ₄	MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	الماء	النوع
0.4	0.7	2.4	1.1	1.8	2.2	56	دجاج
0.3	0.3	1.7	0.5	1.5	0.8	60	بط
0.1	0.3	0.6	0.9	0.5	0.6	80	أوز

محتوى بعض العناصر الغذائية في بعض المزروعات % على المادة الجافة هوائياً
للخضار و الدرنات على المادة الرطبة

MgO	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	المنتج	المحصول
0.15	0.07	0.5	0.85	2.5	الحبوب	القمح
0.1	0.28	0.9	0.2	0.5	القش	
0.16	0.1	0.55	0.85	2.1	الحبوب	الشعير
0.09	0.33	1	0.2	0.5	القش	
0.2	0.03	0.37	0.57	1.8	الحبوب	الذرة
0.13	0.09	1.25	1	4.5	الحبوب	البازلاء
0.29	0.24	1.72	1.38	3.68	الحبوب	الفاصولياء
0.25	0.17	1.26	1.04	5.8	الحبوب	الصويا
0.51	0.2	0.96	1.39	2.61	البذور	عباد الشمس
		1.25	1.1	3	البذور	القطن
		0.91	0.06	0.34	القطن	
0.06	0.03	0.6	0.14	0.32	الدرة	البطاطا
0.05	0.06	0.25	0.08	0.24	الجذر	الشوندر السكري
0.04	0.04	0.42	0.07	0.19	الجذر	الشوندر العلفي
0.03	0.07	0.35	0.1	0.33		الملفوف
0.05	0.07	0.4	0.11	0.18	الجذر	الجزر
0.06	0.04	0.32	0.07	0.26	الثمار	الطماطم

المحتوى الأمثل للعناصر الغذائية في أوراق الخضار و الأشجار المثمرة

Cl	Mn	Mo	Zn	Fe	Cu	B	Mg	Ca	K	P	N	المحصول
مغ/كغ للمادة جافة							% للمادة الجافة					الخيار
0.7-0.16	120-40	3-2	80-40	150-120	10-8	60-30	0.45-0.35	4-2.5	4.2-3.3	0.78-0.7	4.9-4.5	
-	120-100	0.5-0.3	100-41	300-150	15-12	90-31	0.9-0.6	2.5-0.6	3.5-1.7	0.35-0.28	3.4-3	البندورة
-	-	-	-	-	-	-	0.58-0.34	3.3-2.4	3.5-2.2	0.4-0.26	3.2-2.8	الجزر
-	360-90	2-0.2	-	-	-	600-300	-	3.5-2.5	4.5-4	0.4	4.3-4	الشوندر العلفي
-	-	-	-	-	-	-	0.38-0.18	1.7-0.9	3.4-2.2	0.4-0.26	3.8-3	البصل
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8-1.5	0.21	2.3-2	التفاح غراس
-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1-1.7	0.19	2.2	تفاح غير مثمر
-	200-20	>0.16	80-15	150-50	20-5	50-25	0.35-0.2	1.5-0.8	1.6-1.3	0.22-0.18	2.2-2	التفاح المثمر
-	-	-	-	-	-	-	0.5-0.3	1.3-1.1	2.8-1.4	0.3-0.2	2.6-1.9	الاجاص
-	90-20	-	-	200-61	9-7	54-38	0.75-0.35	3.5-2.2	2.6-1.7	0.37-0.22	2.9-1.8	الخوخ
-	-	-	-	-	-	-	0.6-0.4	2.4-0.9	1.9-1.4	0.35-0.2	2.5-2	الكرز
-	160-20	-	45-18	230-100	16-3	50-15	0.7-0.43	2.7-1.8	3-2.1	0.28-0.16	3.5-3	الدراق
-	-	-	-	-	-	-	0.3-0.16	2.5-1.8	3-2	0.5-0.35	3-2.2	الفريز
-	-	-	-	-	-	-	0.5-0.32	1.6-1.1	1.9-1.4	0.5-0.35	3.2-2.4	التوت البري

تركيز العناصر المعدنية في النبات و التربة

العنصر	الرمز	الشكل الأيوني الذي يمتصه النبات	التركيز في النسيج النباتي الجاف		التركيز الكلي للعنصر في التربة % حسب Vinogradov
			حسب Stout (مغ/كغ)	حسب Heller	
الآزوت	N	NH ₄ , NO ₃	15000	%	0.1
الفوسفور	P	HPO ₄ ⁼⁼ , H ₂ PO ₄ ⁻	2000		0.08
البوتاسيوم	K	K ⁺	10000		1.3
الكالسيوم	Ca	Ca ⁺⁺	5000		1.4
المغنزيوم	Mg	Mg ⁺⁺	2000		0.6
الكبريت	S	SO ₄ ⁼⁼	1000		0.06
الحديد	Fe	Fe ⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺	100	(مغ/كغ)	3.7
المنغنيز	Mn	Mn ⁺⁺	100		0.08
الزنك	Zn	ZN ⁺⁺	50		0.005
النحاس	Cu	Cu ⁺ , Cu ⁺⁺	20		0.002
البورون	B	BO ₃ ⁼⁼ , HBO ₃ ⁻ , H ₂ BO ₅ ⁻	20		0.001
المولبديوم	Mo	HMoO ₄ ⁻	6		0.0003
الكلور	Cl	Cl ⁻	0.1		0.01

تقييم الترب المتأثرة بالأملاح حسب المدرسة الأمريكية و الفاو

pH 1:1	ESP %	ECe dS/m	نوعية التربة
8.5 >	15 >	4 >	عادية
8.5 <	15 <	4 >	صودية
8.5 >	15 >	4 <	ملحية
8.5 >	15 <	4 <	ملحية قلووية

تركيز النترات في الخضار حسب

European Commission (Food Science and Techniques 1997)

European Commission (Food Safety and Food Quality 1997)					
Nitrate (NO ₃ ⁻) mg/kg	الخضار		Nitrate (NO ₃ ⁻) mg/kg	الخضار	
460 – 215	بادنجان		13	هليون	
271 – 115	جزر		450 – 195	فاصولياء	
3700 – 870	أبيض	كرفس	2588 – 1560	شوندر سكري	
3741	أخضر				
2076	شوندر		715 – 37	قرنبيط	
9	هندباء		1600 – 150	أخضر	ملفوف
			530 – 93	أبيض	
410	يقطين		242 – 23	خيار	
200 - 35	بطاطا		2870 – 970	لفت	
78 - 10	فلفل		53 – 4	بندورة	
57 - 15	بازلاء		3383 – 390	سبانخ	
210 - 80	بصل		1510 – 1100	فجل	
4674 - 907	الخس		70	الفطر الزراعي(مشروم)	
600-810	كوسا		570 – 240	الكراث	

Data derived from Anon (1993); Ansorena & Merino (1992); Bonell (1995); Burt (1993; 1994); Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, (1992); Cornee et al. (1992); Dejonckheere et al. (1994); International Consumer Research and Testing (1993); Mortensen & Larsen (1989); National Food Agency of Denmark (1990); U.K. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1992); Weigert et al. (1991)

توصية وزارة لزراعة حسب تحليل التربة

العنصر	P ₂ O ₅ من الفوسفور على صورة ك/هـ										الاحتياج من الآزوت على صورة N					الاحتياج من البوتاس على صورة K ₂ O ك/هـ						
	نتائج التحاليل المخبرية للفوسفور (مغ/كغ)										نتائج التحاليل المخبرية للأزوت					نتائج التحاليل المخبرية البوتاسيوم (مغ/كغ)						
	أقل	3.1	5.1	7.1	9.1	أكثر	أقل	5	9	15	20	أكثر	أقل	61	121	161	241	351	420	أكثر		
المحصول	من 2	5	7	9	12	من 12	من 5	9	15	20	من 20	من 60	من 120	160	240	350	420	360	420	من 420		
شوندر صيفي	120	110	100	70	30	-	220	210	200	150	100	140	120	100	120	140	100	60	20	-		
بطاطا ربيعيه و صيفيه	140	130	120	80	60	-	180	170	156	120	80	160	150	140	150	120	90	60	40	-		
لوز صفراء سقى	110	100	80	60	35	-	160	150	135	90	40	90	80	70	50	30	20	-	-	-		
لوز صفراء بعل	60	50	40	30	20	-	80	70	60	30	-	45	40	35	25	15	-	-	-	-		
كثيغ	200	190	180	150	100	60	250	240	230	180	140	180	170	160	150	120	90	50	-	-		
فول سوداني مروي	110	100	80	60	30	-	60	50	40	20	-	70	60	50	40	30	20	10	-	-		
عجاء شمس زيتي مروي	110	100	80	60	30	-	60	50	40	20	-	70	60	50	40	30	20	10	-	-		
عجاء شمس زيتي بعل	110	100	80	60	30	-	50	40	30	15	-	35	30	25	20	15	10	5	-	-		
سمسم مروي	110	100	80	60	30	-	60	50	40	20	-	70	60	50	40	30	20	10	-	-		
سمسم بعل	60	50	40	30	20	-	50	40	30	15	-	35	30	25	20	15	10	5	-	-		
قمح عالي الإنتاج مروي	100	85	70	50	30	-	160	150	138	120	80	160	140	120	100	80	60	40	-	-		
قمح عالي الإنتاج بعل أولي	65	55	45	30	15	-	110	100	92	50	40	100	80	60	40	30	20	10	-	-		
قمح عالي الإنتاج بعل ثانية	60	50	40	30	15	-	80	75	69	40	-	100	80	60	40	30	20	10	-	-		
قمح محلي بعل أولي	60	50	40	30	15	-	55	50	41	20	-	60	50	40	35	20	15	10	-	-		
قمح محلي بعل ثانية	40	35	25	20	15	-	40	35	25	15	-	60	50	40	35	20	15	10	-	-		
شعير مروي	80	70	60	40	20	-	100	90	80	40	-	60	50	40	35	20	15	10	-	-		
شعير بعل أولي	70	60	55	35	25	-	80	75	69	40	-	60	50	40	35	20	15	10	-	-		
شعير بعل ثانية	60	50	40	30	20	-	55	50	41	20	-	60	50	40	35	20	15	10	-	-		
شعير بعل ثالثة	50	45	37	25	20	-	40	35	28	15	-	60	50	40	35	20	15	10	-	-		
بقوليات غذائية مروية	60	55	45	30	20	-	30	25	20	10	-	45	35	25	20	15	10	5	-	-		
شوندر سكري خريفي	120	120	100	70	40	-	220	210	200	150	100	140	120	100	120	140	100	60	30	-		
بطاطا خريفية مروية	130	120	120	80	40	-	195	185	175	100	50	160	150	140	120	90	60	40	-	-		
بقوليات علفية حبيبة	60	55	46	30	20	-	30	25	20	10	-	45	35	25	20	15	10	5	-	-		
مصاصيل رعيه	60	55	46	30	20	-	30	25	20	10	-	45	35	25	20	15	10	5	-	-		
برسيم مروي	80	70	60	40	20	-	100	90	80	40	-	60	50	40	35	20	15	10	-	-		
قصه مروية	190	190	180	120	80	-	30	25	20	10	-	45	35	25	20	15	10	5	-	-		
ثوم سقى	130	120	110	80	40	-	140	130	120	80	40	160	150	140	120	90	60	40	-	-		
ثوم بعل	80	70	60	40	20	-	80	70	60	40	-	80	75	70	60	45	30	20	-	-		
خضار شتوي مروي	120	110	100	70	30	-	140	130	120	80	60	160	150	140	120	90	60	40	-	-		
خضار شتوي بعل	70	65	50	35	20	-	70	60	50	30	-	80	75	70	60	45	30	20	-	-		
لوز بيضاء سقى	80	70	60	40	25	-	100	90	80	40	-	100	90	80	70	60	50	40	-	-		
بنندورة سقى	140	130	120	80	50	-	200	190	180	120	80	160	150	140	120	90	60	40	-	-		
بنندورة بعل	110	100	80	60	30	-	100	90	80	40	-	80	75	70	60	45	30	20	-	-		
بصل سقى	140	130	120	80	50	-	140	130	120	80	40	160	150	140	120	90	60	40	-	-		
بصل بعل	110	100	80	60	30	-	100	90	80	40	-	80	75	70	60	45	30	20	-	-		
خضروات مختلفة	130	120	100	70	40	-	170	160	150	100	50	130	120	100	80	60	40	20	-	-		
بطيخ أحمر و أصفر سقى	110	100	80	60	30	-	140	130	120	80	40	160	150	140	120	90	60	40	-	-		
بطيخ أحمر و أصفر بعل	70	60	50	40	25	-	70	60	50	30	-	70	60	50	40	30	20	10	-	-		
حمضيات	140	120	100	75	50	-	250	225	200	150	100	200	180	160	140	120	100	80	-	-		
زيتون + حرمه	140	120	100	75	50	-	250	225	200	150	100	200	180	160	140	120	100	80	-	-		
لوزيات	140	120	100	75	50	-	180	170	150	120	80	160	150	140	120	90	60	40	-	-		
تفاحيات	145	135	120	90	60	-	250	225	200	150	100	200	180	160	140	120	90	60	-	-		
فستق حليبي	230	220	200	150	100	-	250	225	200	150	100	200	180	160	140	120	90	60	-	-		
رمان	145	135	120	90	60	-	250	225	200	150	100	200	180	160	140	120	90	60	-	-		
تين - كادي	140	120	100	70	40	-	180	170	150	120	80	160	150	140	120	90	60	40	-	-		