



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية
كلية الزراعة

تأثير السماد البوتاسي والعضوي في صور البوتاسيوم لتربة الرايزوسفير وخارجها ونمو نبات الذرة الصفراء (*zea mays* L.)

رسالة مقدمة

إلى مجلس كلية الزراعة / جامعة القادسية

وهي جزء من متطلبات درجة الماجستير علوم في الزراعة
(التربة والموارد المائية)

من قبل

جبريل عباس محمد الزيدي

أشرف

أ. د. رائد شعلان جار الله

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

﴿وَاٰیةٌ لَهُمُ الْاَرْضُ الْمِیْتَةُ اَحْيٰیْنَاهَا وَاَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا

فَمِنْهُ یَاْكُلُوْنَ﴾

صَدَقَ اللّٰهُ الْعَلِیُّ الْعَظِیْمُ

سُوْرَةُ یَسِ الْاٰیةُ ۳۳

الافتاء

الى

معلم البشرية خاتم الانبياء والمرسلين واله الهداة الميامين

الى

من كان له الفضل في دراستي بعد الله سبحانه وتعالى والدي العزيز... قدوتي ومثلي الأعلى

الى

من تحملت معي كل الآمي وابيضت مدامعها لأحزاني والدي الحنون... نهر الحب والمطاء

الى

من ألهمني قوة لأكمل مشواري أخواني وأخواتي... سندي في الدنيا

الى

رفيقة دربي زوجتي الغالية... حبا وتقديرا

الى

من علمني حرفا ملكني عبدا... أساتذتي في مسيرة حياتي

اهدي صبيعي المتواضع هذا

الباحث

بسم الله الرحمن الرحيم

إقرار المشرف

أقر بأن إعداد هذه الرسالة جرى تحت إشرافي في قسم علوم التربة والموارد المائية - كلية الزراعة - جامعة القادسية وهي جزء من متطلبات درجة ماجستير علوم في الزراعة - علوم التربة والموارد المائية.

المشرف

أ.د. رائد شعلان جار الله

كلية الزراعة - جامعة القادسية

قسم علوم التربة والموارد المائية

بناءً على الشروط والتوصيات المتوافرة أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

أ.م.د. جواد عبد الكاظم كمال

رئيس لجنة الدراسات العليا

كلية الزراعة - جامعة القادسية

قسم علوم التربة والموارد المائية

الخلاصة

نفذت تجربة حقلية في أحد مزارع الفلاحين الخاصة والواقعة في محافظة القادسية/ قضاء الديوانية/ ناحية الدغارة/ صدر الدغارة في تربة رسوبية ذات نسجة مزيج طينية غرينية (Silt Clay Loam) لدراسة تأثير السماد البوتاسي (كبريتات البوتاسيوم) والسماد العضوي (مخلفات الدواجن) في صور البوتاسيوم (الذائب، المتبادل، المعدني، الكلي) في تربة الرايزوسفير وخارجها خلال مُدّد نمو النبات (40، 70، 100) يوم من الزراعة وفي بعض صفات النمو لنبات الذرة الصفراء (النسبة المئوية للبوتاسيوم في المجموع الخضري، ارتفاع النبات، والمساحة الورقية للنبات، والوزن الجاف للمجموع الخضري) عند الحصاد، باستخدام تجربة عاملية على وفق تصميم القطاعات تامة التعشبية (RCBD) بثلاثة مكررات وشملت عوامل التجربة أربعة مستويات من البوتاسيوم (0، 75، 150، 225) كغم K¹⁻ هـ التي يرمز لها بالرموز (K₀، K₁، K₂، K₃) على التتابع، وأربع مستويات من المادة العضوية (مخلفات الدواجن) وهي (0، 10، 20، 30) طن. هـ¹⁻ التي يرمز لها بالرموز (O₀، O₁، O₂، O₃) على التتابع، وتم زراعة بذور الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) صنف بحوث (DKC 6120) أمريكية على شكل خطوط بتاريخ 2016/7/20. وتلخصت النتائج التي تم الحصول عليها بما يلي:

1. أثرت مستويات إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما معنوياً في صور البوتاسيوم في تربة الرايزوسفير وخارجها خلال المدد الزمنية (40، 70، 100) يوم من الزراعة وقد حقق التداخل بين اعلى مستوى إضافة من السماد البوتاسي 225 كغم K¹⁻ واعلى مستوى من السماد العضوي 30 طن. هـ¹⁻ أعلى كمية من البوتاسيوم الذائب بلغت (0.108، 0.131، 0.163) سنتيمول. لتر¹⁻ خارج الرايزوسفير للمدد الزمنية (40، 70، 100) يوم من الزراعة على التتابع، وأعلى كمية من البوتاسيوم المتبادل بلغت (0.881، 0.796، 0.745) سنتيمول. كغم¹⁻ في تربة الرايزوسفير و(0.179، 0.167، 0.159) سنتيمول. لتر¹⁻ خارج الرايزوسفير للمدد الزمنية (40، 70، 100) يوم من الزراعة على التتابع، وأعلى كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بلغت (35.870، 35.831، 35.899) سنتيمول. كغم¹⁻ في تربة الرايزوسفير و(35.855، 35.886، 35.913) سنتيمول. كغم¹⁻ خارج الرايزوسفير للمدد الزمنية (40، 70، 100) يوم من الزراعة على التتابع، وأعلى كمية من البوتاسيوم الكلي بلغت (36.874، 36.798، 36.752) سنتيمول. كغم¹⁻ في تربة الرايزوسفير

و(37.002، 36.973، 36.942) سنتيمول. كغم⁻¹ خارج الرايزوسفير للمدد الزمنية (40، 70، 100) يوم من الزراعة على التتابع. وعند المقارنة بين مدد النمو نجد أن هناك انخفاض في قيم البوتاسيوم الذائب والمتبادل والكلي مع تقدم مدد النمو وأن أعلى انخفاض حصل عند المدة 70 يوم من الزراعة أما البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني فكانت قيمه تزداد مع تقدم مدة النمو.

2. اثبتت فحوصات الحيويد السينية وجود تغيرات معدنية وكان للسماذ البوتاسي دور واضح على معدن الالاييت نتيجة تجهيز المعادن الطينية بالبوتاسيوم فيما كان السماذ العضوي غير كافٍ للإيفاء بالكميات المطلوبة لنمو النبات مما أدى الى استنزاف البوتاسيوم المعدني.

3. أثرت مستويات الإضافة للسماذ البوتاسي والسماذ العضوي معنوياً في كل من النسبة المئوية للبوتاسيوم في المجموع الخضري وارتفاع النبات والمساحة الورقية للنبات والوزن الجاف للمجموع الخضري وحقق التداخل بين أعلى مستوى للسماذ البوتاسي 225 كغم K. ه⁻¹ وأعلى مستوى للسماذ العضوي 30 طن. ه⁻¹ أعلى نسبة مئوية من البوتاسيوم في المجموع الخضري بلغت 1.850% وأعلى ارتفاع نبات قدره 191.0 سم وأكبر مساحة ورقية للنبات بلغت 64.477 سم². نبات⁻¹ وأعلى وزن جاف للمجموع الخضري بلغ قدره 144.50 غم. نبات⁻¹.

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
أب	الخلاصة	---
1	المقدمة	1
3	مراجعة المصادر	2
3	البوتاسيوم في القشرة الأرضية	1-2
3	البوتاسيوم في التربة	2-2
5	المعادن الحاوية على البوتاسيوم	3-2
7	صيغ البوتاسيوم في التربة	4-2
9	البوتاسيوم الذائب	1-4-2
10	البوتاسيوم المتبادل	2-4-2
12	البوتاسيوم غير المتبادل	3-4-2
13	البوتاسيوم المعدني	4-4-2
14	العوامل المؤثرة في جاهزية البوتاسيوم	5-2
14	درجة تفاعل التربة	1-5-2
15	نسجة التربة والتكوين المعدني	2-5-2
15	المادة العضوية	3-5-2
16	درجة حرارة التربة	4-5-2
16	رطوبة التربة	5-5-2
17	السعة التبادلية للأيونات الموجبة	6-5-2
17	تركيز الأيونات الموجبة في محلول التربة	7-5-2
17	البوتاسيوم في الترب العراقية	6-2
18	أهمية البوتاسيوم للنبات	7-2
20	المادة العضوية	8-2
23	تأثير الاسمدة العضوية في حالة بوتاسيوم التربة	9-2
24	تأثير الأسمدة المعدنية في حالة بوتاسيوم التربة	10-2
26	المواد وطرائق العمل	3
26	موقع التجربة	1-3

الصفحة	الموضوع	التسلسل
26	تهيئة تربة الحقل	2-3
26	تصميم التجربة	3-3
27	الزراعة وخدمة المحصول	4-3
28	التحليل الكيميائي والفيزيائية للتربة	5-3
28	درجة تفاعل (pH)	1-5-3
28	الايصالية الكهربائية (Ec)	2-5-3
28	السعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC)	3-5-3
28	معادن الكربونات	4-5-3
30	الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	5-5-3
30	المادة العضوية	6-5-3
30	الايونات الموجبة والسالبة الذائبة	7-5-3
30	النتروجين الجاهز	8-5-3
31	الفسفور الجاهز	9-5-3
31	البوتاسيوم الذائب	10-5-3
31	البوتاسيوم المتبادل	11-5-3
31	البوتاسيوم الكلي	12-5-3
31	البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني	13-5-3
31	الكثافة الظاهرية	14-5-3
32	مفصولات التربة	15-5-3
32	التحليلات الكيميائية للسماد العضوي	6-3
32	درجة تفاعل (pH)	1-6-3
32	الايصالية الكهربائية (Ec)	2-6-3
32	الكربون العضوي	3-6-3
33	النتروجين والفسفور والبوتاسيوم الكلي	4-6-3
33	نسبة الكربون الى النتروجين (C/N Ratio)	5-6-3
33	قياسات النبات	7-3
33	ارتفاع النباتات (سم)	1-7-3

الصفحة	الموضوع	التسلسل
33	المساحة الورقية (سم ² . نبات ⁻¹)	2-7-3
34	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم. نبات ⁻¹)	3-7-3
34	البوتاسيوم في المجموع الخضري (%)	4-7-3
34	فحص منحنيات الحيدود السينية بطريقة المسحوق	8-3
34	التحليل الإحصائي	9-3
35	النتائج والمناقشة	4
35	صور البوتاسيوم في التربة	1-4
35	البوتاسيوم الذائب	1-1-4
35	البوتاسيوم الذائب بعد 40 يوم من الزراعة	1-1-1-4
37	البوتاسيوم الذائب بعد 70 يوم من الزراعة	2-1-1-4
39	البوتاسيوم الذائب بعد 100 يوم من الزراعة	3-1-1-4
42	البوتاسيوم المتبادل	2-1-4
42	البوتاسيوم المتبادل بعد 40 يوم من الزراعة	1-2-1-4
44	البوتاسيوم المتبادل بعد 70 يوم من الزراعة	2-2-1-4
46	البوتاسيوم المتبادل بعد 100 يوم من الزراعة	3-2-1-4
49	البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني	3-1-4
49	البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بعد 40 يوم من الزراعة	1-3-1-4
51	البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بعد 70 يوم من الزراعة	2-3-1-4
53	البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بعد 100 يوم من الزراعة	3-3-1-4
56	البوتاسيوم الكلي	4-1-4
56	البوتاسيوم الكلي بعد 40 يوم من الزراعة	1-4-1-4
59	البوتاسيوم الكلي بعد 70 يوم من الزراعة	2-4-1-4
61	البوتاسيوم الكلي بعد 100 يوم من الزراعة	3-4-1-4
64	التحليل المعدني	2-4
70	النسبة المئوية للبوتاسيوم في المجموع الخضري (%)	3-4
71	ارتفاع النبات (سم)	4-4

الصفحة	الموضوع	التسلسل
73	المساحة الورقية للنبات (سم ² . نبات ⁻¹)	5-4
75	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم. نبات ⁻¹)	6-4
77	الاستنتاجات والتوصيات	5
77	الاستنتاجات	1-5
77	التوصيات	2-5
78	المصادر	6
78	المصادر العربية	1-6
81	المصادر الأجنبية	2-6
87	الملاحق	---
87	المساحة المزروعة والإنتاج الكلي ومعدل الإنتاج للذرة الصفراء لسنة 2014 لبعض الدول	ملحق (1)
88	قيم معامل الارتباط لصفات النبات المدروسة	ملحق (2)
89	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في النسبة المئوية للبيوتاسيوم في المجموع الخضري الجاف عند الحصاد	ملحق (3)
89	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في ارتفاع النباتات عند الحصاد	ملحق (4)
90	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في المساحة الورقية للنبات عند الحصاد	ملحق (5)
90	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في الوزن الجاف للمجموع الخضري عند الحصاد	ملحق (6)
A-B	Abstract	---

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
4	علاقة معامل التفضيل لثابت كابون بتحرر البوتاسيوم	1
5	محتوى المعادن من أكسيد البوتاسيوم K_2O	2
11	العلاقة بين نسبة الطين في التربة والبوتاسيوم المتبادل	3
21	محتوى بعض المخلفات العضوية من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم	4
27	المعاملات الداخلة في الدراسة والرموز الخاصة بها	5
29	بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة الحقل قبل الزراعة	6
32	بعض الصفات الكيميائية للسماد العضوي (مخلفات الدواجن)	7
36	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب (سنتيمول. لتر ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة	8
38	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة	9
40	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب (سنتيمول. لتر ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة	10
43	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة	11
45	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة	12
47	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة	13

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
14	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة	50
15	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة	52
16	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة	54
17	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة	58
18	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة	60
19	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي (سنتيمول. كغم ⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة	62
20	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في النسبة المئوية للبوتاسيوم (%) في المجموع الخضري الجاف في مرحلة الحصاد	71
21	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في ارتفاع النباتات (سم) عند الحصاد	72
22	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في المساحة الورقية للنبات (سم ² . نبات ⁻¹) عند الحصاد	74
23	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم. نبات ⁻¹) عند الحصاد	76

قائمة الاشكال

الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
5	مواقع ارتباط البوتاسيوم على معادن الطين مثل المايكا، الفيرميكيولايت والكلورايت	1
6	يبين تواجد البوتاسيوم في التربة وتحولاته	2
9	صور البوتاسيوم في التربة	3
41	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب لتربة الرايزوسفير وخارجها	4
48	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل لتربة الرايزوسفير وخارجها	5
56	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني لتربة الرايزوسفير وخارجها	6
63	تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي لتربة الرايزوسفير وخارجها	7
65	الحيود السينية لمعاملة السيطرة بعد 100 يوم من الزراعة	8
68	الحيود السينية لمعاملة التسميد البوتاسي (225 كغم K. ه ⁻¹) بعد 100 يوم من الزراعة	9
69	الحيود السينية لمعاملة التسميد العضوي (30طن. ه ⁻¹) بعد 100 يوم من الزراعة	10

1. المقدمة

تعد الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) من المحاصيل الحقلية الحولية الصيفية التي تنتسب الى العائلة النجيلية (poaceae) تم اكتشافها في أمريكا الجنوبية من قبل العالم كولومبس في عام 1492م (الساهاوكي، 1990). وتأتي بالمرتبة الثالثة من ناحية الأهمية الغذائية بعد الحنطة والشعير في العالم والمحصول الأول في الولايات المتحدة الأمريكية التي تنتج حوالي 40% من الإنتاج العالمي وتأتي بعدها الصين والبرازيل (Cai، 2006)، وتعد ذات قيمة غذائية عالية للإنسان والحيوان لما تحتويه من بروتينات وكاربهيدرات وزيوت والياف ومواد معدنية وفيتامينات مثل فيتامين A وفيتامين B₁، B₁₂ كما أنها تدخل كمادة أساسية في العديد من الصناعات الغذائية كصناعة الزيوت والنشأ وغيرها وتعد أساسية في صناعة أعلاف الدواجن المركزة (شويلية والجبوري، 1986). وعلى الرغم من أهمية هذا المحصول عالمياً إلا إن المساحة المزروعة ومعدل الإنتاج في وحدة المساحة لا يزال متدنياً في العراق بالمقارنة مع بقية الدول، كما أنه لا يسد الا جزءاً يسير من الاستهلاك المحلي.

يعد البوتاسيوم من العناصر المغذية الرئيسية الضرورية لنمو النباتات كما يعد ثالث أهم العناصر المغذية الكبرى، إذ أن للبوتاسيوم وظائف عديدة في الخلايا النباتية منها وظائف فيزيائية-حيوية مثل زيادة قابلية النبات لتحمل الاجهادات البيئية المختلفة كالإصابة بالمسببات المرضية والتعرض للحشرات وتحمل الحرارة والجفاف والملوحة والتنظيم الازموزي وحركة الكاربهيدرات من مواقع تكوينها الى مواقع تخزينها ووظائف كيميائية-حيوية مثل تمثيل البروتين وتنشيط الانزيمات أذ يقوم بتنشيط اكثر من 70 انزيم ويزيد من كفاءة عملية التركيب الضوئي فضلاً عن وظائف أخرى مهمة للنبات (ابو ضاحي واليونس، 1988 وعلي واخرون، 2014). إن التربة العراقية تتصف بأنها تربة كلسية ذات محتوى عالي من كاربونات الكالسيوم وان تواجد أيون الكالسيوم بكميات كبيرة في محلول التربة يؤدي الى تثبيط أو أعاقا امتصاص أيون البوتاسيوم من قبل الجذور، كما أن التربة العراقية غنية بمعادن الطين من نوع 2:1 التي لها القابلية على تثبيت البوتاسيوم وتحويله من الصورة الجاهزة الى غير الجاهز للنبات (السامرائي، 2005). الأمر الذي يدعوا الى وجوب إضافة الأسمدة البوتاسية الى التربة الا ان الواقع غير ذلك إذ إن الأسمدة البوتاسية لم تستعمل بصورة واسعة في التربة العراقية فقد كانت التوصية الى معامل الأسمدة الكيميائية المركبة هي عدم إضافة البوتاسيوم ضمن التركيبة السمادية ومثال ذلك السماد المركب 18-18-0 NPK و0-27-27 بسبب الاعتقاد الشائع أن هذه التربة تحتوي على خزين كافٍ من البوتاسيوم يلبي حاجة

النبات من غير الإخذ بنظر الاعتبار المشاكل التي تعترض جاهزية هذا المخزون أو معدل تحرره مع مرور الزمن.

أما بالنسبة للمادة العضوية فأن لها دوراً في تحسين خواص التربة الفيزيائية مثل المسامية والنفذية وحركة الهواء والماء في التربة وتغلغل وانتشار الجذور والاحتفاظ بحرارة ورطوبة التربة الذي ينعكس أيجاباً على نمو النبات (النعمي، 1999). كما أن للمادة العضوية دوراً في تحسين خواص التربة الكيميائية مثل زيادة السعة التبادلية الكاتيونية للتربة وعملها كمادة مخلبية تعمل على الاحتفاظ بالعناصر المغذية من الغسل والترسيب فضلاً عن خفض pH التربة في المنطقة الجذرية من خلال إنتاجها لأيون الهيدروجين والاحماض العضوية عند تحللها (علي وآخرون، 2014). التي تعمل على تعجيل تجوية المعادن الحاوية على البوتاسيوم وبالتالي جاهزيتها. يضاف إلى ذلك التأثير البيولوجي من خلال زيادة نشاط الاحياء المجهرية الذي يرافقه تحرر غاز CO₂ وإفرازاتها الغنية بالاحماض العضوية التي لها علاقة بتحرر البوتاسيوم (النعمي، 1999). أن المنطقة الجذرية (الرايزوسفير) تعد منطقة النشاط الحيوي لنمو النبات والاحياء المختلفة التي تعيش بالتربة ونظراً لما ذكر أعلاه ولكون معظم الدراسات لم تتطرق إلى هذه المنطقة لذا هدفت هذه الدراسة الى ما يلي:

1. دراسة تأثير السماد البوتاسي والسماد العضوي وتداخلتهما في صور البوتاسيوم في تربة الرايزوسفير وخارجها لنبات الذرة الصفراء خلال مراحل نمو النبات.
2. دراسة تأثير السماد البوتاسي والسماد العضوي وتداخلتهما في بعض صفات النمو لنبات الذرة الصفراء.

2. مراجعة المصادر

2-1: البوتاسيوم في القشرة الأرضية:

يعد عنصر البوتاسيوم من العناصر المعدنية السبعة الأكثر وفرة في القشرة الأرضية إذ يوجد البوتاسيوم بمناطق واسعة من سطح القشرة الأرضية ولكنه لا يوجد بصورة أيون البوتاسيوم K^+ في الطبيعة وإنما يوجد متحد مع ايونات أخرى (حسين، 2007). حيث ان طبقة الـ Lithosphere تحتوي على 3.1% من أوكسيد البوتاسيوم K_2O وعادة تكون الصخور الرسوبية ذات محتوى من البوتاسيوم اعلى من الصخور النارية (Sposito، 1989). ويمثل البوتاسيوم نسبة 2.6% من مكونات القشرة الأرضية (Stanley، 2005). إذ أن القشرة الأرضية غنية بالمعادن الحاملة للبوتاسيوم كمعدن الفلدسبار البوتاسي الذي يشكل نسبة 16% من مكونات القشرة الأرضية و60% من الصخور النارية الذي يحتوي على البوتاسيوم بنسبة 3-12% (Weed و Dixon، 1977). ومعدن البايوتايت الذي يمثل نسبة 3.8% ومعدن المسكوفاييت 1.4% (مهمداني، 2008). إن من أكثر الدول التي تتركز فيها خامات البوتاسيوم هي روسيا وألمانيا وهولندا وفرنسا والولايات المتحدة الأمريكية وشيلي وكندا والأردن والجزائر والمغرب وفلسطين (حسن وآخرون، 1990).

2-2: البوتاسيوم في التربة:

تختلف التربة في محتواها من البوتاسيوم تبعاً لنوع وكمية المعادن السائدة فيها إذ يقدر محتوى التربة من البوتاسيوم الكلي بحوالي 15000 ملغم.كغم⁻¹ (Sposito، 1989). وقد أشاره Bolt وآخرون (1963) إلى وجود ثلاثة مواقع في جزء التربة الصلب يرتبط بها البوتاسيوم وهي السطوح الخارجية وحواف المعادن والمواقع بين طبقات المعادن، ووضع Mengel (1985) تصنيفاً لصيغ البوتاسيوم التي توجد في طور التربة الصلب على أساس موقعها وذلك من خلال قوة ارتباطها وتفضيل امتزازها الذي عبر عنه بقيمة ثابت كابون Kg مبيناً أن تحرر البوتاسيوم يقل مع زيادة قوة الارتباط لقيم معامل التفضيل لكابون وكما في الجدول (1).

جدول (1) علاقة معامل التفضيل لثابت كابون بتحرر البوتاسيوم

صيغة البوتاسيوم	بوتاسيوم السطوح الخارجية P – Position	بوتاسيوم حواف المعادن E – Position	بوتاسيوم ما بين طبقات المعادن I – Position
ثابت كابون	1.2 ملي مول. لتر ⁻¹) ^{2/1}	102 ملي مول. لتر ⁻¹) ^{2/1}	(∞ ملي مول. لتر ⁻¹) ^{2/1}

سرعة التحرر

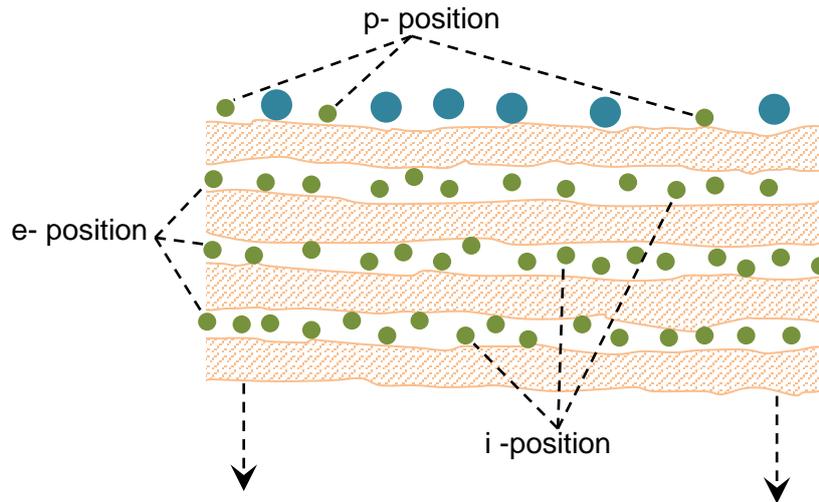
وقد أشار كل من Tisdale و Nelson (1958) و Mengel و Kirkby (1982) و Havlin وآخرون (2005) الى أن البوتاسيوم يختلف بصيغ توافره في التربة باختلاف مواقع ارتباطه بدقائق التربة وهي:

1- بوتاسيوم السطوح الخارجية (p-position): وهو الذي يرتبط على هذه الأسطح بقوة ارتباط ضعيفة نسبياً تجعله سريع الجاهزية ويعد مصدراً مباشراً للبوتاسيوم الذائب.

2- بوتاسيوم حواف المعادن (E-Position): وهو الذي يرتبط مع حواف المعادن الموجودة في معادن الطين 1:2 بقوة ارتباط تسمح له بالتحرر ببطيء لذا فان مساهمته محدودة في تجهيز محلول التربة ويعبر عنه بالبوتاسيوم المتبادل.

3- بوتاسيوم ما بين طبقات المعادن (I-position): وهو الذي يرتبط بمواقع ما بين طبقات معادن الطين 1:2 بقوة ارتباط قوية جدا إذ إن قدرة البوتاسيوم على التحرر من هذه المواقع بطيئة جدا.

والشكل (1) يمكن ان يوضح هذه المواقع:



الشكل (1): مواقع ارتباط البوتاسيوم على معادن الطين مثل المايكا، الفيرميكيولايت والكلورايت (Havlin واخرون، 2005)

ان وجود البوتاسيوم في التربة يؤدي إلى تعرضه الى العديد من التحولات الموضحة في الشكل (2)

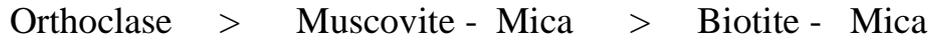
2-3: المعادن الحاوية على البوتاسيوم:

إن أصل البوتاسيوم في التربة يكمن في تواجده في المعادن الحاملة له التي تحرر البوتاسيوم خلال عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية التي تتعرض لها (الشيخلي، 2006). وتتباين نسب أوكسيد البوتاسيوم في المعادن حسب نوعها (جدول 2).

جدول (2): محتوى المعادن من أوكسيد البوتاسيوم K_2O (Nelson وTisdale، 1958).

المعدن	$K_2O\%$
Alkali feldspar	15-4
Muscovite (K – Mica)	11-7
Biotite (Mg – Mica)	10-6
Illite	7-4
Ca – Na Feldspar	3-0
Vermiculite	2-0
Chlorite	1-0
Montmorolonite	0.5-0

وقد وجد Troech وThompson (1979) ان سرعة تجوية هذه المعادن تختلف بعضها عن بعض حسب المقاومة النسبية لتحرر ايون البوتاسيوم منها ويمكن ترتيبها كالآتي:



ان من أهم مصادر البوتاسيوم في معادن التربة الأولية هي الفلدسبار البوتاسي والمايكا (Mengel و Kirkby، 2001). وفي معادن الطين الثانوية هي الالاييت Illite والكلورايت Chlorite والفيرمكيولايت Vermiculite (العامري، 2005). إذ يمثل البوتاسيوم نسبة 3-12% من معدن الفلدسبار البوتاسي الذي يعد من أكثر المعادن ثباتاً ضد التجوية (Mengel و Kirkby، 1987). وقد أشار Korb وآخرون (2002) إلى أن معدن الفلدسبار غالباً ما يوجد في الترب الرملية وإن تحرر البوتاسيوم من التركيب البلوري يكون ببطء لذلك لا يكون هناك ارتباطاً كبيراً بين كمية الفلدسبار في التربة وكمية البوتاسيوم الجاهز للنبات. اما معادن المايكا فتعد من المصادر الرئيسة للبوتاسيوم في التربة التي تتمثل بمعدن المسكوفاييت Muscovite الذي يحتوي على نسبة بوتاسيوم 6-9% والبايوتايت Biotite ويمثل البوتاسيوم نسبة 5-8% منه وكذلك الفيرمكيولايت - الالاييت Vermiculite - Illite ومحتواه من البوتاسيوم 1-6% (Robert وآخرون، 1990). ويعد معدن المايكا من أكثر المعادن قابلية على تحرير البوتاسيوم بالمقارنة مع المعادن الأخرى مثل الفلدسبار البوتاسي والسبب في ذلك يعود الى تجوية الفلدسبار على السطح الخارجي إذ يتفكك المعدن بعد ذوبانه في الماء والاحماض الخفيفة بصورة سريعة مما يؤدي إلى تحرر البوتاسيوم في بداية الامر وحسب المعادلة الآتية:



وهذا التحلل يؤدي إلى تكوين إطار يحيط بتجمعات الفلدسبار غير المتحللة Al-Si-O ومما يعيق استمرار عملية التجوية، أما في تجوية معدن المايكا فإن البوتاسيوم سوف ينطلق من غير تحطيم بناء المعدن (عبد الرسول، 2007).

2-4: صيغ البوتاسيوم في التربة:

يتواجد البوتاسيوم بصيغ وصور وأشكال متعددة في التربة، فمن ناحية درجة جاهزيته للنبات فقد ذكر النعيمي (1999) و Johnston (2003)، و Buchholz و Brown (1993)، و IPI (2016) البوتاسيوم الى ثلاثة اقسام وهي:

1. البوتاسيوم الجاهز Available Potassium:

ويشكل 0.1-2% من البوتاسيوم الكلي في التربة. وهو البوتاسيوم الذي يكون جاهزاً للامتصاص من قبل النبات ويشمل البوتاسيوم الموجود في محلول التربة الذي يسمى بالبوتاسيوم الذائب بالإضافة إلى البوتاسيوم المتبادل الموجود على أسطح دقائق الطين والدقائق العضوية. وهذه الصيغة هي الأكثر أهمية للنبات.

2. البوتاسيوم بطيء الجاهزية Slowly Available Potassium:

ويشكل نسبة 1-10% من البوتاسيوم الكلي. ويكون البوتاسيوم في هذه الصيغة ممسوكاً بين طبقات معادن الطين مثل الالاييت والبايوتايت الذين يمثلان مصدراً رئيساً لهذه الصيغة وهو أقل جاهزية من الصيغة الأولى وتتطلب جاهزيته لمدة طويلة.

3. البوتاسيوم غير الجاهز Unavailable Potassium:

البوتاسيوم في هذه الصيغة يتواجد ضمن التركيب المعدني لمعادن التربة الأولية مثل معدن المايكا والفلدسبار ويكون مرتبطاً بقوة بدقائق الطين ويحتاج إلى مدة طويلة لكي يتحول إلى الصيغة الجاهزة أو البطيئة الجاهزية من خلال عمليات التجوية والتي تتحدد بدرجة الحرارة والمحتوى الرطوبي ونوع المعدن. ويشكل نسبة 90-98% من البوتاسيوم الكلي.

وذكر Korb وآخرون (2002) و Havlin وآخرون (2005) و Pettygrove وآخرون (2011) وعلي وآخرون (2014) أن البوتاسيوم من الناحية الكيميائية يقسم إلى أربعة أقسام وهي:

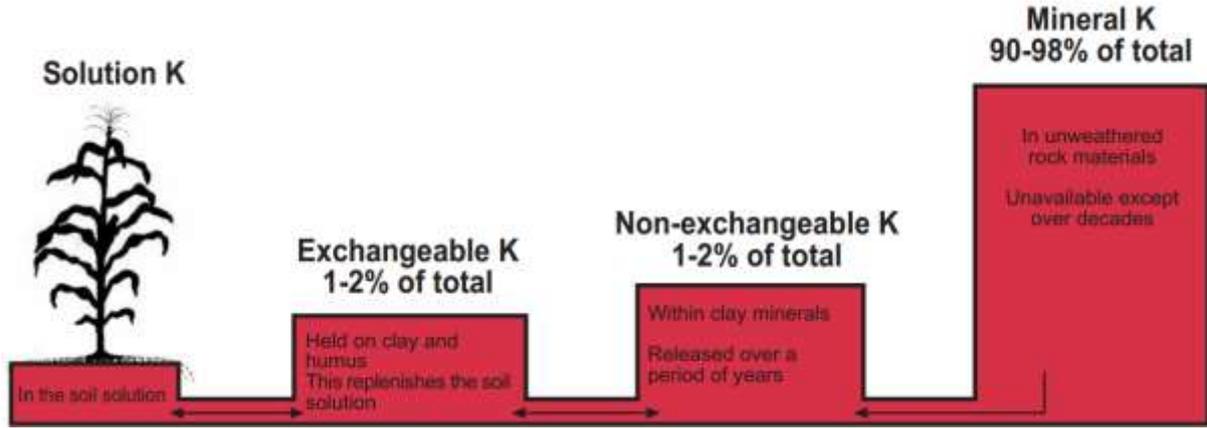
1. البوتاسيوم الذائب Soluble Potassium

2. البوتاسيوم المتبادل Exchangeable Potassium

3. البوتاسيوم غير المتبادل Non-Exchangeable Potassium

4. البوتاسيوم المعدني Mineral Potassium

وقد بين Korb وآخرون (2002) هذه الصور بالشكل (3).



شكل (3) صور البوتاسيوم في التربة (Korb وآخرون، 2002)

2-4-1- البوتاسيوم الذائب Soluble Potassium:

هو البوتاسيوم الموجودة في محلول التربة بحالة أيونية ذائبة (K^+) ولا يكون ممتزا على سطوح الغرويات ويزداد تركيزه في محلول التربة نتيجة التحلل المائي للبوتاسيوم المتبادل أو نتيجة إحلال الكاتيونات الأخرى محل البوتاسيوم وهو من أكثر الصور سهولة للامتصاص من قبل النبات وعادة ما تكون كمية قليلة كما أنه من أكثر صور البوتاسيوم عرضة للفقد بسبب الغسل (مهمداني، 2008)، وقد بينت السامرائي (2005) أن من أهم العوامل التي تحدد تركيز البوتاسيوم الذائب في محلول التربة هي كمية البوتاسيوم المتبادل ودرجة تفاعل التربة والمحتوى الرطوبي للتربة ومحتوى معادن الكربونات ونوع وتركيز الكتيونات في محلول التربة كما أن العمليات التي تحدث في التربة التي من شأنها خفض تركيز البوتاسيوم في محلول التربة تعمل في الوقت نفسه على تحرر البوتاسيوم من الصيغة المتبادلة وغير المتبادلة. يمثل البوتاسيوم الذائب 10% من البوتاسيوم الجاهز و1% من البوتاسيوم المتبادل و0.01% من البوتاسيوم الكلي (Wiklander، 1954).

اثبتت العديد من الدراسات وجود تفاوت كبير في محتوى الترب العراقية من البوتاسيوم الذائب. إذ وضح AL_Zubaidi (2001) في دراسته على حالة البوتاسيوم في الترب العراقية إلى أن مدى كمية البوتاسيوم الذائب في الترب العراقية يتراوح ما بين 0.01-0.60 سنتيمول. لتر⁻¹ وأن تركيز البوتاسيوم يرتبط ارتباطاً سلبياً معنوياً مع كل من السعة التبادلية للأيونات الموجبة والنسبة المئوية للطين ويرتبط ارتباطاً موجب مع كل من التوصيل الكهربائي وكربونات الكالسيوم والنسبة المئوية لامتزاز الصوديوم ونسبة الصوديوم المتبادل وتركيز الكلور. أما حسين (2007) في دراسته لسلوكية وحركيات امتزاز و

تحرر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى فوجد ان كمية البوتاسيوم الذائب في عينات التربة تتراوح بين 0.03-0.59 كما أشار إلى أن هناك علاقة ارتباط موجبة بين كمية البوتاسيوم الذائب ومحتوى التربة من الطين بمعامل ارتباط قدرة $r = 0.43$ في حين كانت علاقة ارتباط كمية البوتاسيوم الذائب مع الغرين سالبة وبمعامل ارتباط قدرة $r = -0.33$ وأكد أن للطين دوراً أساسياً في تجهيز طور التربة السائل بالبوتاسيوم الذائب. أما السماك (2009) فقد وجد في دراسته على ترب صحراوية واقعة بين محافظتي كربلاء والنجف إلى أن كميات البوتاسيوم الذائب في هذه الترب قد تراوحت بين (0.12-0.22) سنتيمول. لتر⁻¹.

2-4-2: البوتاسيوم المتبادل Exchangeable Potassium :

عرف Kirkman وآخرون (1994) البوتاسيوم المتبادل على أنه الجزء الذي يشغل مواقع التبادل في المعقد الغروي للتربة كما ذكر أن البوتاسيوم المتبادل يمسك بقوة ربط مختلفة على مواقع الامتزاز غير المتخصصة (مواقع السطوح الخارجية وحواف معادن الطين) وكذلك على الشحنت السالبة الناجمة عن مجاميع الفينول والكاربوكسيل للغرويات العضوية. وذكر Sparks (1980) إلى أن بالبوتاسيوم المتبادل يعرف على انه الصيغة الممسوكة على أسطح التبادل ويمكن أن يتحرر إلى الطور السائل من خلال عملية التبادل الكاتيوني التي تدعى بتفاعل عكس الامتزاز (Desorption). كما عرف Selim وآخرون (1976) إن البوتاسيوم المتبادل يمثل الصورة الممسوكة بوساطة الشحنت السالبة لمعادن الطين والمادة العضوية ومن السهل تبادله مع الايونات الموجبة الموجودة في محلول التربة ويكون سريع الجاهزية للنبات. وأن كمية البوتاسيوم التي تمسك في مواقع التبادل تعتمد على الألفة بين مواقع التبادل والبوتاسيوم والتي تتأثر بتركيز أيون K^{+1} وعلاقته مع الايونات الأخرى الموجودة في محلول التربة وأن هذه الكمية تعتمد أيضاً على عوامل حركية وعوامل ثرموديناميكية (Parfilit، 1992، Barber، 1984). كما استنتج sparks (1992) أن هذه الصيغة من البوتاسيوم مقيدة الكترولستاتيكية على مواقع التبادل للمواد الهيموميكية ومعادن الطين وأن محتوى التربة من هذه الصيغة تعتمد بصورة رئيسية على سرعة التبادل مع الايونات الموجبة الأخرى الموجودة على هذه المواقع والمحتوى الرطوبي للتربة والنشاط الحيوي.

أن كميات البوتاسيوم المتبادل لا تكوّن معلومة كافية عن مدى جاهزية البوتاسيوم في التربة مالم تكن هذه الكميات مرتبطة مع المحتوى الطيني للتربة ونوعه. إذ أن الترب الرملية التي تحتوي على كمية بوتاسيوم متبادل 0.38 سنتيمول. كغم⁻¹ والتي تعادل 150 ppm تعد ترب ذات جاهزية عالية أما هذه الكمية نفسها في الترب الطينية الحاوية على معادن طين من نوع الالاييت والمونتمورلوناييت تعبر عن فقر هذه الترب للبوتاسيوم (IPI، 2001). فيما ذكر Parfilit (1992) إن الترب الحاوية على معادن الطين الأوليفينية تكون ذا كميات واطئة من البوتاسيوم المتبادل، في حين الترب الحاوية على كميات كبيرة من الفيرميكيولايت والمايكا تكون ذات كميات كبيرة منه. وأوضحت IPI (2001) العلاقة بين تركيز البوتاسيوم المتبادل ونسبة الطين في التربة بالجدول (3) الآتي:

جدول (3) يوضح العلاقة بين نسبة الطين في التربة والبوتاسيوم المتبادل

Soil texture	Clay%	Exchangeable -K	
		p.p.m	Cmol.Kg-1
Sand	0-5	150	0.38
Loamy sand	6-10	151-250	0.39-0.64
Sandy loam	11-15	251-300	0.66-0.77
Loam	16-30	301-450	0.77-1.151
Clay loam/ clay	>31	>450	>1.151

إن الحد الحرج للبوتاسيوم المتبادل في الترب العراقية تم تحديده من قبل Al-Zubaidi و Pagel (1979) والذي يساوي 0.36 سنتيمول. كغم⁻¹ وأكدوا أن هذا الحد يختلف بصورة كبيرة من تربة الى أخرى اعتمادا على محتوى التربة من الطين والسعة التبادلية الكاتيونية ونوع المحصول النامي. وبين Al-Zubaidi (2001) أن مدى البوتاسيوم المتبادل في الترب العراقية يتراوح بين 0.49-3.01 سنتيمول. كغم⁻¹ وبين أن البوتاسيوم المتبادل يرتبط ارتباطا موجبا مع نسبة امتزاز الصوديوم والتوصيل الكهربائي ونسبة الصوديوم المتبادل. وتوصلت الشخيلي (2000) في دراستها لصور البوتاسيوم لبعض ترب السهل الرسوبي إلى أن هذه الترب تحتوي على البوتاسيوم المتبادل بتركيز يتراوح بين (0.086-0.752) سنتيمول. كغم⁻¹. وأن تركيز البوتاسيوم المتبادل قد تفوقت نسبته في الترب ذات النسجات الناعمة على الترب ذات النسجات الخشنة. وأشارت السامرائي (2005) إلى أن كمية البوتاسيوم في البيوت الزجاجية

في مزارع الراشدية تتراوح بين 1.29-1.53 سنتيمول. كغم⁻¹. واستنتجت ماهداني (2008) في دراستها على ترب شمال العراق أن تراكيز البوتاسيوم المتبادل قد تراوحت بين 0.93-2.67 سنتيمول. كغم⁻¹ في مفصولات الطين الناعم و(0.87-2.65) سنتيمول. كغم⁻¹ في مفصولات الطين الخشن ويعزى هذا الارتفاع إلى المساحة السطحية النوعية العالية للطين أما في مفصولات الغرين الناعم فتراوحت كمية البوتاسيوم المتبادل بين (0.37-1.74) سنتيمول. كغم⁻¹ و (0.1-0.86) سنتيمول. كغم⁻¹ في مفصولات الغرين الخشن ولاحظت أن كميات البوتاسيوم المتبادل تتناسب بصورة طردية مع السعة التبادلية للأيونات الموجبة وعكسياً مع محتوى المفصول من معادن الكاربونات.

2-4-3: البوتاسيوم غير المتبادل Non-Exchangeable Potassium:

عرف Sparks (1980) البوتاسيوم غير المتبادل بأنه البوتاسيوم الممسوك بقوى الكترولستاتيكية (قوى فاندرفالس) الناتجة عن الشحنات السالبة لطبقات المعادن الداخلية، إذ أن ذرات الاوكسجين في البناء البلوري تترتب مكونه فراغ (الفتحات السداسية) يتوافق مع حجم أيون البوتاسيوم وبذلك يصنف البوتاسيوم غير المتبادل على أنه متوسط الى صعب الجاهزية للنبات. كما أشار Sparks (2001) إلى أن البوتاسيوم غير المتبادل يكون ممسوكاً بين الطبقات الثنائية والثلاثية والرابعة الأوجه للمعادن الطينية مثل المايكا والفيرميكيولايت كما يوجد البوتاسيوم غير المتبادل في مناطق الحواف في المايكا والفيرميكيولايت المجواة، كما ذكر أن الايونات التي يكون حجمها مشابهاً لحجم أيون البوتاسيوم مثل أيون الامونيوم NH₄⁺ وأيون الهايدرونيوم H₃O⁺ هي التي يمكنها أن تحل محل البوتاسيوم في مواقع الحواف أما الايونات الكبيرة الحجم مثل Ca⁺² و Mg⁺² فلا يمكنها أن تحل محله في هذه المواقع.

وأشارت ماهداني (2008) إلى أن كمية البوتاسيوم غير المتبادل تتأثر ببعض العوامل منها كمية معادن الطين ونوعها ودرجة التفاعل ونسجه التربة والمساحة السطحية ودرجة الحرارة ومحتوى التربة الرطوبي والايونات في محلول التربة. أن تحرر البوتاسيوم غير القابل للتبادل إلى الصيغة القابلة للتبادل يحدث عندما تكون مستويات البوتاسيوم الذائب والبوتاسيوم المتبادل في حالة تناقص ناتجة عن امتصاص من قبل النبات النامي أو الغسل أو زيادة النشاط المايكروبي (Sparks, 2001). كما وجد Kirkman وآخرون (1994) أن تحرر البوتاسيوم غير المتبادل يعتمد على شدة التجوية أكثر من اعتماده على عمر التربة وإن أعلى سرعة لتحرر البوتاسيوم غير المتبادل تحدث في مرحلة التجوية عندما يتكون الالاييت. إن الحوامض العضوية وغير العضوية سواء كانت مخففة أو مركزة لها دور في استخلاص وتحرر

البوتاسيوم غير المتبادل من خلال أمداد محلول التربة بأيون الهيدروجين الذي يكون له دور فعال في إذابه وتحلل المعادن الأولية والثانوية فضلاً عن تحرير البوتاسيوم من مواقع لتبادل وتعتمد الكمية المتحررة على تركيز الحامض ونوعه (Sparks، 1992). وأشارت ماهداني (2008) إلى أن الإيزان بين البوتاسيوم المتبادل وغير المتبادل يكون أسرع في التربة التي تسود فيها المعادن الطينية من نوع (1:1) من التربة التي تسود فيها المعادن الطينية من نوع (2:1) إذ يكون البوتاسيوم محجوزاً بين طبقاتها.

إن قيم البوتاسيوم غير المتبادل في التربة العراقية تتراوح بين (1.47-5.67) سنتيمول. كغم⁻¹ (Al-Zubaidi، 2001). فيما وجدت الشيلخي (2000) في دراستها عن البوتاسيوم في تربة السهل الرسوبي ان كميات البوتاسيوم غير المتبادل تتراوح بين (0.90-2.63) سنتيمول. كغم⁻¹ وكانت أعلى قيمة ضمن الافاق العليا وأوطأ قيمة في الافاق السفلى. فيما حصل حسين (2007) في دراسة على بعض تربة محافظة نينوى على علاقة ارتباط موجبة مع درجة تفاعل التربة بمعامل ارتباط قدرة $r = 0.29$ ومحتوى التربة من الطين بمعامل ارتباط مقداره $r = 0.31$ وأن كميات البوتاسيوم غير المتبادل التي حصل عليها تتراوح بين (0.36-1.94) سنتيمول. كغم⁻¹. أما ماهداني (2008) فقد وجدت في دراستها على بعض تربة شمال العراق أن هناك علاقة عكسية بين كميات البوتاسيوم غير المتبادل وأقطار المفصولات إذ أن كميات البوتاسيوم غير المتبادل في الطين الخشن تتراوح بين (1.8-4.01) سنتيمول. كغم⁻¹ وفي الطين الناعم (1.59-5.51) سنتيمول. كغم⁻¹ أما في الغرين الخشن فتتراوحت بين (0.54-1.85) سنتيمول. كغم⁻¹ وفي الغرين الناعم (0.74-2.90) سنتيمول. كغم⁻¹ ولاحظت أن توزيع البوتاسيوم غير المتبادل لم يتخذ نمطاً واضحاً مع تغير العمق. فيما وجد السماك (2009) في دراسته على التربة الصحراوية بين محافظتي النجف و كربلاء أن قيم البوتاسيوم غير المتبادل تتراوح بين (0.64-0.75) سنتيمول. كغم⁻¹.

2-4-4-البوتاسيوم المعدني Mineral Potassium:

توجد عدة تسميات لهذه الصورة من البوتاسيوم منها بوتاسيوم التركيب (Structural potassium)، بوتاسيوم النسيج (Matrix potassium)، البوتاسيوم الطبيعي (Nature potassium)، البوتاسيوم الخامل (Inert potassium)، والبوتاسيوم غير المجوى (Un weatherd potassium) (Metson، 1980). ويعرف البوتاسيوم المعدني على انه البوتاسيوم الموجود ضمن

التراكيب المعدنية لمعادن التربة الأولية مثل المايكا (البايوتايت، الموسكوفاييت) والفلدسبار (الاورثوركليز، المايكروكلين) والثانوية كالفيرمكيولايت والالاييت وأن هذا البوتاسيوم الموجود ضمن التراكيب المعدنية يمكن أن يتحرر من خلال تجوية هذه المعادن وتكوين معادن جديدة مثل معادن الأفيان والأكاسيد (Munn و Mclean، 1975). ورتب Sparks (2001) المعادن الحاملة للبوتاسيوم بحسب قابليتها لتجهيز البوتاسيوم كالآتي:

Biotite > Muscovite > orthoclase > Microcline

وأشار إلى أن قابلية هذه المعادن على تجهيز البوتاسيوم تعتمد على درجة التجوية.

أما بالنسبة لكميات البوتاسيوم المعدني في الترب العراقية، فقد أوضحت نتائج الشخلي (2000) أن كميات البوتاسيوم المعدني في ترب السهل الرسوبي تتراوح بين (10.14-42.96) سنتيمول. كغم⁻¹ والتي تشكل نسبة 93.08% من البوتاسيوم الكلي. أما في ترب البيوت الزجاجية في مزارع الراشدية فكانت كميات البوتاسيوم المعدني التي توصلت لها السامرائي (2005) تتراوح بين (23.51-24.22) سنتيمول. كغم⁻¹ وبمتوسط مقداره 23.86 سنتيمول. كغم⁻¹ الذي يمثل نسبة 88% من البوتاسيوم الكلي. أما كميات البوتاسيوم المعدني التي حصل عليها السماك (2009) في دراسته على ترب صحراوية فقد بلغت 41.29 سنتيمول. كغم⁻¹ التي تمثل نسبة 96.83% من البوتاسيوم الكلي.

2-5: العوامل المؤثرة في جاهزية البوتاسيوم:

2-5-1: درجة تفاعل التربة pH:

تؤثر درجة تفاعل التربة بصورة غير مباشرة على جاهزية البوتاسيوم إذ أن انخفاض درجة التفاعل إلى أقل من 5.2 يعني وجود زيادة من أيون الألمنيوم القابل للتبادل الذي يمكنه أن يحل محل البوتاسيوم في مواقع التبادل وبالتالي زيادة جاهزية البوتاسيوم كما أن انخفاض درجة التفاعل إلى أقل من 5.5 يؤدي إلى تقليل تثبيت البوتاسيوم بسبب الكميات الكبيرة لأيون الهيدرونيوم H_3O^+ الذي له القابلية على الاحلال محل البوتاسيوم المثبت (Kade وآخرون، 1978 و Barber، 1995). وهذا مشابه لما وجدته حسين (2007) إذ أشار إلى أن استصلاح الترب الحامضية بإضافة الكلس سوف يؤدي إلى خفض سرعة تحرر البوتاسيوم كما أن ارتفاع درجة تفاعل الترب الكلسية يخفض من سرعة تحرر البوتاسيوم وأوضح أن تثبيت البوتاسيوم يزداد في درجة تفاعل تتراوح بين (5.5-7.5). فيما أشار Havlin وآخرون

(2005) إن معالجة الترب الحامضية بإضافة الكلس لها سوف يؤدي إلى تحول الألمنيوم المتبادل Al^{+3} إلى صيغة غير ذائبة $Al(OH)_3$ وعليه ستقل منافسته للبوتاسيوم الذي بدوره سوف ينافس الكالسيوم على مواقع التبادل الذي سوف يؤدي الى مسك كميات كبيرة من البوتاسيوم على سطوح التبادل وتقل الكميات المفقودة بالغسل.

2-5-2: نسجة التربة والتكوين المعدني Soil texture and mineral composition

هناك علاقة بين حجم دقائق التربة وكمية البوتاسيوم الكلية إذ أن الترب ذات النسجة الرملية ذات قابلية منخفضة على تحرر البوتاسيوم بالمقارنة مع الترب ذات النسجة المزيجة الطينية والسبب يعود الى انخفاض السعة التبادلية للأيونات الموجبة في الترب ذات النسجات الخشنة (العامري، 2005). فيما ذكر Havlin وآخرون (2005) إن الترب الحاوية على معادن طين مثل الكاؤولينايت تمتلك كميات بوتاسيوم اقل مما تمتلكه الترب الحاوية على معادن طين مثل المونتموريلونايت والفيرميكولايت والمايكا إذ إن المحاصيل النامية في الترب ذات المحتوى العالي من معادن طين المونتموريلونايت تعاني من نقص البوتاسيوم كما بين أن الترب ناعمة النسجة غالباً ما تمتلك سعة تبادلية للأيونات الموجبة عالية وبالتالي تمتلك بوتاسيوم قابل للتبادل بكميات كبيرة. وبين حسين (2007) أن سرعة تحرر وامتزاز البوتاسيوم من المعادن الحاملة له تعتمد على عدة عوامل منها التركيب الكيميائي للمعدن، نقاوة التركيب، الأبعاد البلورية، دوران وترتيب مجاميع الهيدروكسيل، درجة استنزاف البوتاسيوم من المعدن. وإن الاختلاف في التركيب البلوري وكمية وموضع الشحنات السالبة لمعدن الطين من العوامل المهمة في قدرة المعدن على تثبيت البوتاسيوم.

2-5-3- المادة العضوية Organic Matter

إن إضافة المادة العضوية للتربة تزيد من جاهزية البوتاسيوم إذ إن للمادة العضوية القابلية على تحسين خواص التربة الكيميائية والفيزيائية والبايولوجية كما أن الحوامض العضوية مثل الهيوميك والفولفيك والهيومين الناتجة من تحللها تعمل على خفض درجة تفاعل التربة وبالتالي زيادة جاهزية البوتاسيوم وكذلك يمكنها تكوين مركبات مخلبية مع الكتيونات مثل البوتاسيوم بالإضافة الى كونها مصدر جيد للعديد من العناصر (الزبيدي، 2010). كما أن الاحماض الناتجة من تحلل المادة العضوية مثل حامض الهيوميك والفولفيك والستريك والاوكراليك لها القدرة على اذابة المعادن الحاوية على البوتاسيوم

وبالتالي تحرره الى محلول التربة وجاهزيته (حسين، 2007). كما أن الاحماض العضوية التي تمتلك وزن جزيئي واطئ بمجاميعها الفعالة الهيدروكسيلية والكاربوكسيلية في المواقع المستقيمة تميل إلى تكوين معقدات معدنية - عضوية في محلول التربة مع الأيونات الموجودة في التركيب البنائي للمعدن وبهذا سوف تعجل من تحلل المعادن (عبد الرسول، 2007).

2-5-4: درجة حرارة التربة Soil Temperature :

إن درجة الحرارة تؤثر في جاهزية البوتاسيوم وحركته في التربة وكذلك في امتصاصه من قبل النبات إذ أن لدرجة الحرارة تأثير في معدل التبادل بين البوتاسيوم الذائب في محلول التربة والمتبادل لاسيما في الترب المزيج والمزيج الرملية والسبب يعود الى تغير الطاقة الحرة للتفاعل إذ أن عملية التحرر هي تفاعل ماص للحرارة Endothermic أما عملية الامتزاز فهي تفاعل باعث للحرارة Exothermic (الياسري، 2012). كما ذكر Rasmussen (1972) أن درجة الحرارة تؤثر على معدل تحرر البوتاسيوم من المعادن الحاملة له إذ أن استخلاص البوتاسيوم بكلوريد البوتاسيوم من البايوتايت والفلدسبار يتأثر نسبياً بالمدى الحراري (323-393) كلفن. فيما بين IPI (2016) أن درجات حرارة التربة المنخفضة تقلل من امتصاص البوتاسيوم من قبل النباتات. وأن درجة حرارة التربة المثالية لامتصاص البوتاسيوم من قبل المحاصيل مثل الذرة الصفراء هي 29.5م°.

2-5-5- رطوبة التربة Soil Moisture :

تعد رطوبة التربة من العوامل المهمة في انتقال البوتاسيوم إلى جذور النباتات فهي مطلوبة في التدفق الكتلي للبوتاسيوم باتجاه الجذور كما أن لها دور مهم في انتشار البوتاسيوم الى المناطق التي ينخفض تركيزه فيها نتيجة امتصاصه من قبل النبات، لكن الرطوبة الزائدة أو الجفاف الزائد فكلاهما يقلل من جاهزية البوتاسيوم وامتصاصه (IPI، 2016). وذكر النعيمي (1999) إن جفاف الترب ذات المحتوى العالي من البوتاسيوم سوف يؤدي إلى انخفاض كميات البوتاسيوم المتبادل، لكن العكس سوف يحدث في الترب ذات المحتوى الواطئ من البوتاسيوم أي سوف يؤدي جفاف التربة إلى زيادة البوتاسيوم. ان عمليات تحرر البوتاسيوم من بين طبقات المعادن الطينية تزداد بعملية الغسل التي تسرع من عملية تحويل معدن المايكا إلى معادن 1:2 القابلة للتمدد (Sparks، 2001).

2-5-6- السعة التبادلية للأيونات الموجبة CEC:

تعتمد السعة التبادلية للأيونات الموجبة في التربة على نسجة التربة وكذلك على محتوى التربة من المادة العضوية إذ تمتلك الترب ذات النسجة الناعمة سعة تبادلية للأيونات الموجبة أعلى من الترب ذات النسجة الخشنة وكلما زادت السعة التبادلية للأيونات الموجبة يعني قدرة التربة على الاحتفاظ بأيون البوتاسيوم والكتيونات الأخرى (IPI، 2016). وذكر Havlin وآخرون (2005) إن زيادة السعة التبادلية الكاتيونية تزيد من خزين التربة من البوتاسيوم كما تزيد من قابلية التربة على تنظيم البوتاسيوم وبصورة عامة التربة ناعمة النسجة ذات قابلية أعلى من التربة خشنة النسجة على مسك البوتاسيوم.

2-5-7- تركيز الايونات الموجبة في محلول التربة:

تؤثر الايونات الموجبة الموجودة في محلول التربة في تحرر وتثبيت البوتاسيوم اعتماداً على كميتها ونوعها، إذ أن وجود ايونات مثل Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , NH_4^+ يمكن أن تتنافس مع ايونات البوتاسيوم على مواقع التبادل مما يعرضه للفقد ولكن وجود هذه الايونات بنسب أعلى من أيونات البوتاسيوم سوف يؤدي إلى التنافس على مواقع الربط داخل التركيب البلوري للمعدن وبالتالي زيادة البوتاسيوم المتحرر (العامري، 2005). فمثلاً تزداد كمية البوتاسيوم المتحرر في التربة بتوفر أيون الامونيوم NH_4 كون هذا الأيون له القابلية على الدخول بين طبقات معادن الطين محل البوتاسيوم بسبب ان انصاف اقطارهما متقاربة (نصف قطر $K^+ = 1.33 \text{ \AA}$ ونصف قطر $NH_4 = 1.34 \text{ \AA}$) وبالتالي يعمل على خفض كمية البوتاسيوم المثبت والممتز في معادن الطين (Yang و Skogley، 1992).

2-6- البوتاسيوم في الترب العراقية:

يعتمد البوتاسيوم في توزيعه في الترب العراقية على نوع الصخور المكونة لها، إذ تمثل الصخور الرسوبية الفتاتية والصخور المتحولة الموجودة في أعالي الأنهار العراقية مصدراً أساسياً للمعادن الحاملة للبوتاسيوم (البصام وآخرون، 2002). كما أشار جار الله (2000) والعامري (2005) الى أن اختلاف نوع المعادن السائدة في الترب الرسوبية ناتج عن التباين في ترسبات نهري دجلة والفرات، وأوضحوا ان مجموعة معادن (1:2) هي المصدر الأساسي لهذه الترسبات وبصورة رئيسية معدني المونتيمويلونايت Montmorillonite والالايت Illite. فيما وجدت الشيلخي (2000) ان معدني المايكروكلاين Microcline والاورثوكليز Orthoclase من مجموعة الفلدسبار البوتاسي ومعدني البايوتايت Biotite

والمسكوفاييت Muscovite من معادن المايكا هي من أهم المعادن الحاملة للبوتاسيوم في ترب ترسبات نهري دجلة والفرات. أما حمه (1988) فقد وجد في دراسة له على ترب محافظة نينوى بان المعادن الأولية الحاملة للبوتاسيوم هي من نوع البايوتايت Biotite والمسكوفاييت Muscovite والمايكروكلارين Microcline والأورثوكليز Orthoclase، اما المعادن الثانوية فهي من نوع الالاييت Illite. أما السماك (2009) عند دراسته لتربة في منطقة صحراوية واقعة بين النجف وكربلاء أظهرت النتائج انها تربة ذات محتوى عالي من معدني الفلدسبار والمايكا. فيما وجدت السامرائي (2005) في دراستها لمنطقة بغداد/ اليوسفية سيادة معدن السمكتايت أما جار الله (2007) في دراسته على التشققات الطينية في ترب السهل الرسوبي العراقي فقد وجد أن المعدن السائد هو معدن السمكتايت يليه الكلورايت والمايكا بصورة متبادلة حسب المواقع المدروسة.

2-7- أهمية البوتاسيوم للنبات:

يعد عنصر البوتاسيوم من المغذيات الكبرى التي يحتاجها النبات الذي يقوم بدور مهم في نموه واكمال دورة حياته اذ تحتاجه كافة النباتات على الرغم من عدم دخوله في أي مركب عضوي حيث يوجد بشكل ايون حر (K^+) داخل الانسجة النباتية. وأن كمية البوتاسيوم التي يحتاجها النبات تختلف حسب النوع والصنف ومرحلة النمو ونوعية الحبوب أو الثمار المنتجة (علي وآخرون، 2014). ويعد البوتاسيوم ذا أهمية لدخوله في وظائف النبات الحيوية وأهمها:

- يؤثر البوتاسيوم بصورة مباشرة أو غير مباشرة في تنشيط أكثر من 70 أنزيماً وخاصة الأنزيمات الداخلة في تصنيع البروتينات Proteinases وأنزيمات الاكسدة والاختزال Reductase and Oxidase وأنزيمات نقل الطاقة Kinase وأنزيمات نزع الهيدروجين Dehydrogenases والأنزيمات التركيبية (العامري، 2005).
- يقوم بدور مهم في تثخن الجدران وبالتالي زيادة تحمل النباتات للإجهادات المختلفة منها الحيوية Biotic stresses مثل التعرض للحشرات والإصابة بالأمراض والاجهادات غير الحيوية Abiotic stresses مثل الاجهادات البيئية من ملوحة وجفاف وحرارة وخاصة عندما يكون هناك توازن بين البوتاسيوم وبقية العناصر (علي وآخرون، 2014).

- إنَّ للبوتاسيوم أهمية في زيادة كفاءة عملية التركيب الضوئي أذ أن نقصه قد يؤدي الى تدهم البلاستيدات الخضراء، ولأهميته في بناء مركب الطاقة ATP الذي يعد الناقل الرئيسي للطاقة في النبات ومخزن لها فإن نقصه سوف ينعكس على عملية التركيب الضوئي ونقل نواتجها من أماكن تصنيعها إلى حيث يحتاجه النبات (العامري، 2005 والزوبعي، 2008).
- يحافظ البوتاسيوم على توازن الايونات الموجبة والسالبة في العصير الفجوي والخلوي كما يحافظ على موازنة الشحنات الكهربائية عند مواقع تكون ATP (Amrutha وآخرون، 2007). إذ يعادل البوتاسيوم الشحنات السالبة الفائضة من البروتينات والاحماض النووية كما يجعل الانسجة النباتية ذات درجة تفاعل ملائمة لفعاليتها الحيوية (العامري، 2005).
- له دور فعال في العمليات الفسيولوجية الرئيسية كتمثيل ونقل البروتين وذلك من خلال دوره في انتاج ATP كما يساعد في امتصاص وتمثيل النتروجين كما يساهم في تحويل السكريات الى سليلوز ونشويات كما يزيد من محتوى النبات من الدهون (علي وآخرون، 2014).
- يحفز النبات على امتصاص غاز CO₂ من قبل الثغور في الأوراق وبالتالي انتاج ATP المهم في ملء الانابيب المنخلية بنواتج عملية التركيب الضوئي كما يساهم في تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية على هيئة ATP، NADPH المهمة في العمليات الحيوية كافة في الخلايا النباتية مثل تصنيع البروتينات والكاربوهيدرات والدهون (عبد الرسول، 2007).
- يعمل البوتاسيوم على تنظيم عملية فتح وغلق الثغور وذلك من خلال وجوده بصورة ايون حر في الخلايا الحارسة إذ أن هذه العملية ترتبط بتراكم السكريات في الخلايا الحارسة وبالتالي سوف يتدفق الماء إليها مما يؤدي إلى فتح الثغور وبالعكس عندما يقل تراكم السكريات سوف ينتج عنها زيادة في تركيز حامض الأبسسك وبالتالي سوف يخرج الماء وتتغلق الثغور (العامري، 2005).
- يساعد على سحب الماء الى داخل خلايا الجذور من خلال رفع الضغط الأزموزي لخلايا الجذور وكذلك التقليل من معدل الفقد بعملية النتح وذلك من خلال سيطرته على عملية غلق وفتح الثغور في الأوراق وبالتالي زيادة كفاءة استخدام المياه (Havlin وآخرون، 2005).
- يعمل البوتاسيوم كحزام ناقل للمواد إذ يساعد بنقل المغذيات من الجذور الى الأجزاء العليا للنبات كالأوراق أو الحبوب أو الثمار بخاصة النترات كما يساعد بنقل المواد المصنعة في الأوراق بعملية التركيب الضوئي Photosynthesis وخبزنها في البذور والجذور كما في انتقال السكريات في محصول قصب السكر (علي وآخرون، 2014).

■ يعد البوتاسيوم الأساس في عملية انقسام الخلايا كما يشجع نمو الانسجة المرستيمية وبالتالي تشجيع نمو جذور النباتات ويزيد من حجم المجموع الخضري والحبوب والبذور ويحسن نوعية الثمار لذا يتواجد البوتاسيوم بكثرة في الخلايا حديثة النمو والجذور والأوراق والبراعم وبكميات قليلة في الأجزاء المسنة. (الزوبعي، 2008 والسماك، 2009).

2-8: المادة العضوية:

إن المادة العضوية في التربة تكون بدرجات متباينة من التحلل إذ أنها تضاف إلى التربة بهدف تحسين خواصها الفيزيائية وتجهيز النبات بالعناصر الغذائية وتشمل مخلفات نباتية وأخرى حيوانية ومخلفات المصانع ومنها معامل الصناعات الغذائية والورق والسكر فضلاً عن مخلفات المدن الصلبة (الدلفي، 2013). لقد ذكر الناصري (2005) إن المادة العضوية تشمل مخلفات النبات والحيوان فضلاً عن الاحياء المجهرية في التربة وان هذه المواد تتحلل بفعل نشاط الاحياء المجهرية عند توفر الظروف الملائمة من حرارة ورطوبة وتهوية لينتج عنها مركبات كيميائية-حيوية مثل السكريات ومواد كاربوهيدراتية واحماض عضوية وامينية ودهون وصبغات بالإضافة الى الغازات وهذه المركبات تسمى المواد غير الدبالية. أما المواد الدبالية فهي عبارة عن خليط من مواد غير متجانسة وغير متبلورة داكنة اللون ويمكن تقسيم هذه المواد حسب وزنها الجزيئي وخواصها إلى حامض الهيومين وحامض الهيوميك وحامض الفولنيك (علي وآخرون، 2014). معظم المواد العضوية في التربة تنشأ من المخلفات النباتية التي تحتوي على 60-90% رطوبة أما المادة الجافة المتبقية تتكون من الكربون والأكسجين والهيدروجين وكميات قليلة من الكبريت والنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم، وبالرغم من أن هذه العناصر توجد بكميات قليلة لكنها مهمة جداً في خصوبة التربة (Benites و Bot، 2005). إذ أن من أهم خواص الأسمدة العضوية هو محتواها من العناصر الكبرى مثل النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم ويوضح الجدول (4) محتوى بعض المخلفات العضوية من النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم (Schumann، 1994).

جدول (4) محتوى بعض المخلفات العضوية من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم (Schumann, 1994).

K ₂ O%	P ₂ O ₅ %	N%	نوع المخلفات	
0.69	0.5	1.23	مخلفات الابقار	مخلفات الحيوانات
1.40	0.56	1.91	مخلفات الجاموس	
1.18	1.36	2.80	مخلفات الخنازير	
1.76	1.80	3.77	مخلفات الدجاج	
1.15	1.13	2.15	مخلفات البط	
2.02	0.37	1.70	قش الرز	المخلفات النباتية
2.39	0.09	0.55	قصب السكر	
2.21	0.15	0.53	كوالح الذرة	
2.92	0.54	2.30	بقايا الباقلاء	
0.98	0.25	0.57	مخلفات مصانع السكر	المخلفات الصناعية
0.43	0.16	0.51	نشارة الخشب	
2.03	0.14	0.61	قشرة الجوز	
1.29	1.03	1.23	بقايا الأناناس	
1.06	1.04	0.98	قمامة المنازل	

إن إضافة الاسمدة العضوية الى التربة له دوراً كبيراً في تحسين خواص التربة الكيميائية والفيزيائية والبايولوجية فقد بين كل من النعيمي (1999) Gouin (1997) وHavlin وآخرون (2005) الدور الفعال للمادة العضوية في التربة بما يلي:

- تعد مصدراً جيداً للمغذيات الكبرى (N,P,K) والصغرى التي يستفاد منها النبات بعد تحلل المادة العضوية في التربة.
- تعمل على تقييد وخلق العناصر الغذائية ومن ثم حمايتها من الغسل إلى الأسفل بعيداً عن منطقة الجذور وذلك لكبر مساحتها السطحية بالنسبة الى وزنها وكذلك احتوائها على مجاميع فعالة مثل الكاربوكسيل والهيدروكسيل والفينول.

- تزيد من السعة التبادلية الكاتيونية للتربة إذ تمتلك المادة العضوية سعة تبادلية كاتيونية عالية تبلغ 300 ملي مكافئ. 100 غم⁻¹.
- من نواتج تحللها الأحماض العضوية وCO₂ التي تزيد من تجهيز الكثير من العناصر الغذائية إذ تعمل على زيادة ذوبان مركبات الفسفور وبقية المعادن.
- تحسن من تركيب التربة والحفاظ على ثباته تجمعاتها كما تعمل المادة العضوية على خفض الكثافة الظاهرية للتربة فتزيد من مساميتها وزيادة تهويتها ومقاومتها للرص وتزيد من الغيض وتقلل من الجريان السطحي للماء.
- تقوم المواد العضوية بتغليف المسام بالمواد الصمغية مما يوفر حماية لمسام التربة من الانسداد نتيجة تأثير ماء المطر والري.
- تعمل على تقليل تكون القشرة عند سطح التربة من خلال زيادة تماسك حبيبات التربة كما تقلل من تفرقها الذي يحدث نتيجة لتساقط الأمطار.
- تساعد المادة العضوية على امتصاص الحرارة بسبب لونها الغامق الذي يزيد من سرعة انبات البذور.
- تزيد من فعالية واعداد وانواع الاحياء المجهرية كما انها تعتبر مصدر للكربون والطاقة اللازمة للكائنات المفيدة مثل ديدان الأرض والبكتريا والفطريات.
- تقلل من استعمال الأسمدة الكيميائية والتلوث الناتج عنها كما أن استخدام هذه المخلفات كأسمدة عضوية تعد وسيلة امينة للتخلص منها.
- إن المواد الدبالية الناتجة من تحلل المادة العضوية تعد من الغرويات المحبة للماء وسعتها الامتصاصية تصل الى أكثر من 300% من وزنها لذا فإنها تزيد من المحتوى الرطوبي للتربة عند نقطة الذبول الدائم كما تزيد من السعة التشبعية للتربة والنسبة المئوية للماء الجاهز.

2-9. تأثير الاسمدة العضوية في حالة بوتاسيوم التربة:

إن لإضافة المخلفات العضوية للتربة دور في زيادة جاهزية البوتاسيوم نتيجة إحلل ايون الهيدروجين H^+ الناتج من تفكك الاحماض العضوية محل أيون البوتاسيوم K^+ على أسطح التبادل وبالتالي تقليل تثبيت البوتاسيوم (الدلفي، 2013). كما أشار Song وآخرون (2009) ان للمادة العضوية دوراً في اذابة بعض المعادن والمركبات الحاوية على البوتاسيوم وذلك من خلال الاحماض العضوية الناتجة من تحللها فضلاً عن ان المادة العضوية تعد مصدراً مباشراً للبوتاسيوم في التربة. اذ وجد عبد الرسول (2007) إن إضافة السماد العضوي (مخلفات الأغنام) وبمستوى 120طن. هـ⁻¹ له تأثير عالي المعنوية في زيادة كمية البوتاسيوم الذائب في التربة خلال مراحل النمو الخضري والتزهير والجني لنبات البطاطا إذ بلغت 0.082 و0.065 و0.091 سنتيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع بالمقارنة مع معاملة السيطرة والتي بلغت 0.077 و0.082 و0.82 سنتيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع وكذلك فرق عالي المعنوية في زيادة كمية البوتاسيوم المتبادل في التربة في مراحل النمو الخضري والتزهير والجني إذ بلغت 0.39 و0.33 و0.34 سنتيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت 0.33 و0.34 و0.33 سنتيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع. وبين Awodun (2008) ان لإضافة سماد الابقار بمستوى 8 طن. هـ⁻¹ تأثير معنوي إذ ادى إلى زيادة كمية البوتاسيوم الجاهز في التربة إذ بلغت كميته 7.17 سنتيمول. كغم⁻¹ تربة مقارنة بمعاملة السيطرة التي بلغت 6.15 سنتيمول. كغم⁻¹. ووجد الزبيدي (2010) إن إضافة كل من سماد الأغنام بمستوى 25 طن. هـ⁻¹ وسماد الابقار بمستوى 25 طن. هـ⁻¹ أيضاً كان لهما تأثير معنوي في زيادة كمية البوتاسيوم الجاهز في التربة في مرحلة الانبات والتفرعات والتزهير والحصاد بالنسبة لنبات الذرة الصفراء إذ كانت كميات البوتاسيوم الجاهز بالنسبة لمعاملة سماد الأغنام هي 1.51 و1.14 و0.97 و0.88 سنتيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع أما بالنسبة لسماد الابقار فكانت 0.73 و0.85 و0.77 و0.75 سنتيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع بالمقارنة مع معاملة السيطرة والتي بلغت 0.61 و0.54 و0.45 و0.49 سنتيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع. كذلك توصل Aboutayeb وآخرون (2014) الى ان إضافة سماد مخلفات الدواجن بمستوى 15 طن. هـ⁻¹ له تأثير معنوي في زيادة كمية البوتاسيوم الجاهز في التربة التي بلغت 350 ملغم. كغم⁻¹ بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت 277 ملغم. كغم⁻¹.

2-10. تأثير الأسمدة البوتاسية في حالة بوتاسيوم التربة:

تؤدي إضافة الأسمدة المعدنية إلى التربة إلى زيادة جاهزية البوتاسيوم القابل للامتصاص من قبل جذور النباتات إذ ان قسم منها سوف يزيد من تركيز البوتاسيوم في محلول التربة والمتميز على مواقع التبادل أما القسم الآخر فيمكن ان يتحول إلى أشكال غير متبادلة وبطيئة التحلل مع بوتاسيوم محلول التربة وأن توزيع البوتاسيوم المضاف بين تلك الاشكال يعتمد على أنواع التربة وكذلك الكمية المضافة (Kovar و Barber، 1990). إذ لاحظ Sharpley (1990) إن إضافة البوتاسيوم الى التربة فإنه يؤدي إلى توزيعه بين صيغ البوتاسيوم المختلفة (الذائب، المتبادل، غير المتبادل) اعتماداً على المحتوى الطيني للتربة ونوع معادن الطين السائدة. كما أوضح Anderson وآخرون (2007) في دراسة لهم على حالة اتزان البوتاسيوم في تربة تختلف في نسجتها إن الترب الخشنة النسجة ذات قابلية منخفضة في الحفاظ على البوتاسيوم المتبادل بينما أظهرت الترب الناعمة النسجة قابلية عالية في الحفاظ على كمية كافية من البوتاسيوم المتبادل حتى في حالة عدم إضافة أو إضافة كميات قليلة من السماد البوتاسي. فيما بين Rao و Takkar (2007) في دراستهما عن حالة البوتاسيوم في تربة مختلفة في محتواها الطيني تحت مستويات متباينة من السماد البوتاسي ومزرعة بالذرة الصفراء أن الترب ذات المحتوى الطيني العالي تحتوي على كميات كبيرة من البوتاسيوم الذائب والمتبادل في عينات المنطقة الجذرية (الرايزوسفير) وخارجها، أما الترب التي لم يضاف لها سماد البوتاسيوم فأن كميات البوتاسيوم الذائب والمتبادل في عينات تربة خارج المنطقة الجذرية تتراوح بين 8.0-28.9 ملغم. كغم⁻¹ و 132.5-294.0 ملغم. كغم⁻¹ على التتابع أما عينات تربة المنطقة الجذرية (الرايزوسفير) فتراوحت كميات البوتاسيوم الذائب بين 6.0-26.5 ملغم. كغم⁻¹ والبوتاسيوم المتبادل بين 125.0-262.5 ملغم. كغم⁻¹ وقد عزوا هذا الى الامتصاص من قبل جذور النباتات. أما العامري (2005) فقد وجد في دراسته على تأثير بعض مصادر ومستويات البوتاسيوم وتجزئة اضافتها في نمو وحاصل الذرة الصفراء إن إضافة كل من سماد (كلوريد البوتاسيوم، كبريتات البوتاسيوم، نترات البوتاسيوم) وبثلاث مستويات (80، 120، 160) كغم K. هـ⁻¹ أدى الى زيادة كمية البوتاسيوم الجاهز في التربة إذ بلغت كميات البوتاسيوم الجاهز 205.0، 220.9، 231.1 ملغم. كغم⁻¹ لسماد كلوريد البوتاسيوم و 202.3، 217.9، 227.8 ملغم. كغم⁻¹ على التتابع لسماد كبريتات البوتاسيوم و 209.8، 224.2، 233.7 ملغم. كغم⁻¹ على التتابع لسماد نترات البوتاسيوم. كما وجد عبد الرسول (2007) أن إضافة السماد البوتاسي (كبريتات البوتاسيوم) بمستوى

360 كغم K. ه⁻¹ كان له تأثير عالي المعنوية في زيادة كمية البوتاسيوم الذائب والمتبادل وغير المتبادل في مراحل النمو الخضري والتزهير والجني إذ بلغت قيم البوتاسيوم الذائب 0.123، 0.186، 0.231 سننيمول. كغم⁻¹ تربة بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت 0.077، 0.082، 0.082 سننيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع وبلغت قيم البوتاسيوم المتبادل 0.43، 0.56، 0.81 سننيمول. كغم⁻¹ تربة بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي كانت 0.33، 0.34، 0.33 سننيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع وبلغت قيمة البوتاسيوم غير المتبادل 0.25، 0.49، 0.60 سننيمول. كغم⁻¹ تربة بالمقارنة مع معاملة السيطرة 0.27، 0.22، 0.25 سننيمول. كغم⁻¹ تربة. كما بين السماك (2009) أن إضافة كل من سمادي كلوريد البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم بأربع مستويات (0، 75، 150، 300) كغم K. ه⁻¹ أدى الى زيادة معنوية في كل من البوتاسيوم الذائب والمتبادل في مراحل النمو الخضري والتزهير والحصاد لنبات الذرة الصفراء إذ بلغت قيم البوتاسيوم الذائب في عينات الترب المسمدة بمستوى 300 كغم K. ه⁻¹ من سماد كبريتات البوتاسيوم 0.210، 0.215، 0.221 سننيمول. كغم⁻¹ تربة بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت 0.204، 0.185، 0.174 سننيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع في حين بلغت قيم البوتاسيوم المتبادل 0.379، 0.352، 0.348 سننيمول. كغم⁻¹ تربة بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت 0.309، 0.248، 0.235 سننيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع. كما وجد الزبيدي (2010) في دراسته على تأثير السماد العضوي والبوتاسي في جاهزية البوتاسيوم وفي نمو وحاصل الذرة الصفراء أن إضافة سماد كبريتات البوتاسيوم بمستوى 200 كغم K. ه⁻¹ له تأثير معنوي في زيادة جاهزية البوتاسيوم الجاهز في التربة في مرحلة الانبات والتفرعات والتزهير والحصاد إذ بلغت قيم البوتاسيوم الجاهز 0.63، 0.78، 0.67، 0.69 سننيمول. كغم⁻¹ تربة بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت 0.45، 0.54، 0.61، 0.49 سننيمول. كغم⁻¹ تربة على التتابع.

3. المواد وطرائق العمل Materials and Methods

3-1. موقع التجربة:

تم اختيار أحد الحقول الزراعية لغرض تنفيذ التجربة الحقلية في إحدى مزارع الفلاحين الخاصة والواقعة في محافظة القادسية/ قضاء الديوانية/ ناحية الدغارة/ صدر الدغارة التي تبعد (27 كم) شمالاً عن مدينة الديوانية (X: 4992010، Y: 3766942) واستعمل في تحديد الموقع نظام تحديد الموقع العالمي (GPS) Global Positioning System وكانت تربة الحقل ذات نسجة مزيج طينية غرينية (Silt Clay Loam) للموسم الخريفي لعام 2016.

3-2. تهيئة تربة الحقل:

تم تهيئة تربة الحقل بإجراء عمليات الحرث والتنعيم والتسوية اللازمة وتم فتح ثلاث سواقي رئيسية على امتداد الحقل ومنها فرعية لكل لوح إذ قسم الحقل إلى ثلاثة قطاعات بين كل قطاع وآخر مسافة 2م وقسم كل قطاع الى 16 لوح (وحدة تجريبية Experimental Unit) بمساحة (3م × 3م) للوحدة التجريبية الواحدة التي تمثل مساحة 9م² وتركت مسافة 1م بين كل وحدة تجريبية وأخرى وعليه يصبح عدد اللوح الكلية 48 لوحاً.

3-3. تصميم التجربة:

نفذت تجربة عاملية Factorial Experiment وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) وبثلاثة مكررات (48 وحدة تجريبية) إذ يحتوي القطاع الواحد على 16 معاملة تم توزيعها بشكل عشوائي على الوحدات التجريبية بكل قطاع، وتضمنت التجربة المعاملات الآتية:

1. التسميد البوتاسي (إضافة سماد كبريتات البوتاسيوم (41.5%K) كمصدر للبوتاسيوم بعد 10 أيام من الزراعة) بأربعة مستويات (225،150،75،0) كغم K. ه¹⁻ التي يرمز لها بالرموز (K₀ و K₁ و K₂ و K₃) وعلى التتابع.

2. التسميد العضوي (مخلفات الدواجن) وبأربعة مستويات (30،20،10،0) طن. ه¹⁻ التي يرمز لها بالرموز (O₀ و O₁ و O₂ و O₃) وعلى التتابع إذ خلط السماد العضوي مع الطبقة السطحية للتربة قبل الزراعة لكل وحدة تجريبية. والجدول رقم (5) يوضح معاملات التجربة والرموز الخاصة بها.

جدول رقم (5) يوضح المعاملات الداخلة في الدراسة والرموز الخاصة بها

الرمز	الإضافة
K ₀ O ₀	بدون إضافة
K1	75 كغم K . هـ ¹ . من غير سماد عضوي
K2	150 كغم K . هـ ¹ . من غير سماد عضوي
K3	225 كغم K . هـ ¹ . من غير سماد عضوي
O1	0 كغم K . هـ ¹ . 10 طن . هـ ¹ سماد عضوي
O2	0 كغم K . هـ ¹ . 20 طن . هـ ¹ سماد عضوي
O3	0 كغم K . هـ ¹ . 30 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K1O1	75 كغم K . هـ ¹ . 10 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K1O2	75 كغم K . هـ ¹ . 20 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K1O3	75 كغم K . هـ ¹ . 30 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K2O1	150 كغم K . هـ ¹ . 10 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K2O2	150 كغم K . هـ ¹ . 20 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K2O3	150 كغم K . هـ ¹ . 30 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K3O1	225 كغم K . هـ ¹ . 10 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K3O2	225 كغم K . هـ ¹ . 20 طن . هـ ¹ سماد عضوي
K3O3	225 كغم K . هـ ¹ . 30 طن . هـ ¹ سماد عضوي

3-4. الزراعة وخدمة المحصول:

تمت زراعة بذور الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) صنف بحوث (DKC 6120) أمريكية بتاريخ 2016/7/20 على هيئة خطوط اذ كانت المسافة بين خط وآخر 75سم وبين جورة وأخرى 25سم وبواقع أربعة خطوط في اللوح الواحد وبكثافة نباتية 53333 نبات. هـ¹ وقد وضعت 3 بذور في كل جورة وبعد 10 أيام تم خف النباتات الى نبات واحد في كل جورة وكان عدد النباتات في اللوح الواحد 48 نباتاً، سمّد الحقل بسماد الداب (46% P₂O₅) بمستوى (200) كغم P₂O₅. هـ¹ قبل الزراعة لجميع الوحدات التجريبية فيما قد تم إضافة سماد اليوريا (46% N) بمستوى (240) كغم N. هـ¹ على قسمين الأول بعد 10 أيام من الزراعة والقسم الثاني بعد 40 يوماً من الإضافة الأولى. وتمت مكافحة حشرة حفار ساق الذرة (*Sesamia calica*) باستعمال مبيد الديازينون المحبب 10% مادة فعالة تلقياً على القمم النامية

للنباتات مرتين الاولى بعد 25 يوماً من الانبات والثانية بعد 10 ايام من المكافحة الأولى، كما كانت تجرى عملية العزق والتعشيب يدويا كلما دعت الحاجة الى ذلك للتخلص من نباتات الادغال النامية مع المحصول. أما الري فتم ري الوحدات التجريبية سحبا بكميات متساوية تقريباً من مياه الري بانتظام وحسب حاجة النبات.

3-5. التحاليل الكيميائية والفيزيائية للتربة:

أخذت نماذج من تربة الحقل بطريقة متوازي المستطيلات قبل الزراعة وعلى عمق (0 - 30) سم ومزجت مزجاً جيداً لغرض مجانستها وتم اخذت منها عينة مركبة ثم جففت هوائياً وطحنت بمطرقة بلاستيكية ونخلت بمنخل قطر فتحاته 2 ملم لغرض إجراء بعض التحاليل الكيميائية والفيزيائية لتربة الحقل والمبينة في الجدول (6).

كما جمعت عينات تربة خارج المنطقة الجذرية ومن المنطقة الجذرية لكل لوح عند الفترات الزمنية (40، 70، 100) يوم من الزراعة والتي تمثل مرحلة النمو الخضري والتزهير ومرحلة النضج الفسلجي أو الحصاد لغرض قياس كمية البوتاسيوم الذائب والمتبادل والكلية.

3-5-1. درجة تفاعل (pH):

قيست درجة تفاعل التربة في معلق 1:1 تربة : ماء باستخدام جهاز pH meter على وفق ما ورد في Page وآخرون (1982).

3-5-2. الايصالية الكهربائية (EC):

قيست الايصالية الكهربائية في معلق 1:1 تربة : ماء باستخدام جهاز EC meter على وفق ما ورد في Page وآخرون (1982).

3-5-3. السعة التبادلية لأيونات الموجبة (CEC):

قدرت السعة التبادلية لأيونات الموجبة باستعمال خلاص الامونيوم وخلاص الصوديوم وحسب الطريقة المذكورة في Black (1965).

3-5-4. معادن الكربونات:

قدرت معادن الكربونات بمعادلتها بـ (1N) من Hcl والتسحيح الرجعي مع (1N) من NaOH على وفق الطريقة المذكورة في Page وآخرون (1982).

جدول رقم (6) يوضح بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة الحقل قبل الزراعة

الوحدة	القيمة	الصفة	
---	7.85	درجة التفاعل	
دسي سيمنز. م ¹⁻	5.3	الايصالية الكهربائي	
سنتيمول. كغم ¹⁻	21.2	السعة التبادلية للأيونات الموجبة	
غم. كغم ¹⁻	219	معادن الكربونات	
غم. كغم ¹⁻	1.06	الجبس	
غم. كغم ¹⁻	10.32	المادة العضوية	
سنتيمول. لتر ¹⁻	1.54	Ca ²⁺	الايونات الذائبة الموجبة
	0.93	Mg ²⁺	
	3.15	Na ¹⁺	
سنتيمول. لتر ¹⁻	1.97	SO ₄ ²⁻	الايونات الذائبة السالبة
	0.38	HCO ₃ ¹⁻	
	Nil	CO ₃ ⁻²	
	2.88	Cl ⁻	
ملغم. كغم ¹⁻	39.20	النتروجين الجاهز	
ملغم. كغم ¹⁻	14.52	الفسفور الجاهز	
سنتيمول. لتر ¹⁻	0.075	البوتاسيوم الذائب	
سنتيمول. كغم ¹⁻	0.599	البوتاسيوم المتبادل	
سنتيمول. كغم ¹⁻	35.615	البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني	
سنتيمول. كغم ¹⁻	36.289	البوتاسيوم الكلي	
ميكأغرام. م ³⁻	1.401	الكثافة الظاهرية	
غم. كغم ¹⁻	184.8	الرمل	مفصولات التربة
	435.5	الغرين	
	379.7	الطين	
Silt Clay Loam		صنف النسجة	

3-5-5. الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):

قدر الجبس بطريقة الترسيب الكمي بالاسيتون على وفق ما جاء في Page وآخرون (1982).

3-5-6. المادة العضوية Organic matter

قدرت المادة العضوية بطريقة الهضم الرطب باستعمال 1N من $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ حسب طريقة Walkly و Black المذكورة في Black (1965).

3-5-7. الايونات الموجبة والسالبة الذائبة Soluble Cations and Anions:

- الكالسيوم (Ca^{+2}): قدر الكالسيوم بالتسحيح مع الفرسنيت ($\text{Na}_2\text{-EDTA}$) باستعمال كاشف Ammonium Parpuate على وفق طريقة Lanyon و Heald الواردة في Page وآخرون (1982).

- المغنسيوم (Mg^{+2}): قدر الكالسيوم والمغنسيوم بالتسحيح مع الفرسنيت ($\text{Na}_2\text{-EDTA}$) باستخدام كاشف Erichrome Black T ثم طرح الكالسيوم من مجموع الكالسيوم والمغنسيوم على وفق طريقة Lanyon و Heald الواردة في Page وآخرون (1982).

- الصوديوم (Na^{+1}): قدر الصوديوم بواسطة جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) وحسب الطريقة المذكورة في Jackson (1958).

- الكبريتات (SO_4^{-2}): قدرت الكبريتات بطريقة الترسيب على هيئة كبريتات الباريوم وحسب الطريقة المذكورة في Black (1965).

- الكربونات والبيكاربونات (HCO_3^{-1}): قدرت البيكاربونات بطريقة التسحيح مع حامض الكبريتيك (H_2SO_4) بتركيز (0.01N) بوجود دليل المثل البرتقالي وحسب الطريقة المذكورة في Jackson (1958).

- الكلورايد (Cl^{-1}): قدر الكلور بالتسحيح مع نترات الفضة (AgNO_3) بتركيز 0.01N بوجود كرومات البوتاسيوم وحسب الطريقة المذكورة في Jackson (1958).

3-5-8. النتروجين الجاهز Available Nitrogen:

قدر النتروجين باستخلاص التربة بواسطة كلوريد البوتاسيوم (KCl) بتركيز 2N ومن ثم التقدير باستعمال جهاز Micro Kjeldahl على وفق طريقة Bremner و Keeney (1965) المذكورة Black (1965).

3-5-9. الفسفور الجاهز Available Phosphorus:

تم استخلاص الفسفور الجاهز في التربة باستعمال بيكاربونات الصوديوم (NaHCO_3) بتركيز 0.05M عند pH 8.5 وطور اللون بواسطة موليبيدات الألمنيوم وحامض الاسكوربيك ومن ثم قدر الفسفور بجهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) وعلى طول موجي 882 نانومتر على وفق ما جاء في Page وآخرون (1982).

3-5-10. البوتاسيوم الذائب Soluble Potassium:

قدر البوتاسيوم الذائب في مستخلص تربة : ماء (1:1) باستعمال جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) على وفق الطريقة المقترحة من قبل Knudsen وآخرون الواردة في Page وآخرون (1982).

3-5-11. البوتاسيوم المتبادل Exchangeable Potassium:

قدر البوتاسيوم المتبادل المستخلص بخلات الامونيوم NH_4OAc بتركيز 1N بعد تعديل pH المحلول الى 7 باستعمال جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) على وفق الطريقة الموصوفة في Page وآخرون (1982).

3-5-12. البوتاسيوم الكلي Total Potassium:

هضمت عينات التربة بخليط مكون من حامض الهيدروفلوريك 48% وحامض الكبريتيك 97% وحامض البيروكلوريك باستخدام جفنه بلاتينية سعة 30 مل مع التسخين ومن ثم قدر البوتاسيوم الكلي باستعمال جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) على وفق الطريقة المقترحة من قبل Jackson (1958).

3-5-13. البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني Mineral Potassium:

قدر البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني حسابياً على وفق الصيغة الرياضية المقترحة من قبل Martin و Sparks (1983) وكما يلي:

البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني = البوتاسيوم الكلي - (البوتاسيوم المتبادل + البوتاسيوم الذائب)

3-5-14. الكثافة الظاهرية Bulk Density:

قيست الكثافة الظاهرية بطريقة الأسطوانة المعدنية Core Sample على وفق ما ورد في Black (1965).

3-5-15. مفصولات التربة soil texture:

تم قياس التوزيع الحجمي لمفصولات التربة بطريقة الماصة (Pipette method) المذكورة في Black (1965).

3-6. التحليلات الكيميائية للسماد العضوي:

يوضح الجدول (7) بعض الصفات الكيميائية للسماد العضوي (مخلفات الدواجن) والمقاسة على وفق الطرائق الواردة في أدناه:

الوحدة	القيمة	الصفة
---	7.31	درجة التفاعل مستخلص (1:5)
ديسي سيمنز . م ¹⁻	4.01	الايصالية الكهربائية مستخلص (1:5)
	10.32	C/N
غم. كغم ¹⁻	263	الكربون العضوي
غم. كغم ¹⁻	25.5	النتروجين الكلي
غم. كغم ¹⁻	14.6	الفسفور الكلي
غم. كغم ¹⁻	16.9	البوتاسيوم الكلي

3-6-1. درجة تفاعل (pH):

تم قياس درجة تفاعل المادة العضوية في معلق 5:1 مادة عضوية : ماء باستخدام جهاز pH meter وكما ذكر في الفقرة 3-5-1.

3-6-2. الايصالية الكهربائية (Ec):

تم قياس الايصالية الكهربائية للمادة العضوية في معلق مادة 5:1 مادة عضوية : ماء باستخدام جهاز EC meter وكما ذكر في 3-5-2.

3-6-3. الكربون العضوي:

قدر الكربون العضوي بطريقة Black و Walkely على وفق ما جاء في Black (1965).

3-6-4. النتروجين والفسفور والبوتاسيوم الكلي:

هضمت الأسمدة العضوية بالطريقة الرطبة أذ اخذ 0.5 غم من السماد ونقع بحامض الكبريتيك المركز لمدة 24 ساعة ومن ثم سُخِّنَ لمدة 30 دقيقة بعدها برد وأضيف له خليط من حامض الكبريتيك وحامض البيروكلوريك بتركيز 70% وأعيد تسخينه ليتم الحصول على محلول رائق يكمل بالماء المقطر ويقدر فيه عناصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم وكما يلي:

- النتروجين الكلي:

قدر النتروجين الكلي في محلول الهضم باستعمال جهاز Micro Kjeldahl وفقاً لطريقة Keeney و Bremner الواردة (1965).

- الفسفور الكلي:

قدر الفسفور الكلي في محلول الهضم بعد تعديل الحموضة باستعمال جهاز Spectrophotometer على طول موجي 700 نانومتر على وفق الطريقة الواردة في Page وآخرون (1982).

- البوتاسيوم الكلي:

قدر البوتاسيوم الكلي في محلول الهضم باستخدام جهاز اللهب الضوئي Flame photometer وكما ورد في الفقرة 3-5-13.

3-6-5. نسبة الكربون الى النتروجين (C/N Ratio):

حسبت من حاصل قسمة الكربون العضوي على النتروجين الكلي.

3-7. قياسات النبات:

3-7-1. ارتفاع النباتات (دسم):

تم قياس ارتفاع خمسة نباتات بعد 100 يوم من الزراعة بصورة عشوائية من كل معاملة من سطح التربة إلى العقدة السفلى للنورة الذكرية باستخدام شريط القياس واستخرج المتوسط (الساھوكي، 1990).

3-7-2. المساحة الورقية (سم². نبات⁻¹):

تم حساب المساحة الورقية (سم². نبات⁻¹) من خلال المعادلة الآتية:

المساحة الورقية (سم². نبات⁻¹) = مربع طول الورقة تحت ورقة العرنوص العلوي × 0.75 (الساھوكي، 1990).

3-7-3. الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم):

أخذت ثلاثة نباتات من الخطين الوسطيين بصورة عشوائية من كل معاملة وغسلت بالماء العادي ثم بالماء المقطر لأزاله المواد العالقة ثم قطعت وجففت بالفرن على درجة حرارة 70° لحين ثبات الوزن وسجل وزنها الجاف وأستخرج المعدل.

3-7-4. البوتاسيوم في المجموع الخضري (%):

تم اخذ عينات من الأوراق والسيقان لكل وحدة تجريبية في مرحلة النضج غسلت بالماء المقطر لإزالة المواد العالقة والأتربة ومن ثم جففت على درجة حرارة 65° لمدة 48 ساعة وبعدها طحنت ومزجت جيداً لمجانستها وأخذ منها 0.2 غم وهضمت باستخدام حامض الكبريتيك المركز وحامض البيروكلوريك المركز (1:2) وحسب الطريقة المقترحة من قبل Gresser و Parson (1979) وتم نقل العينات المهضومة الى قناني حجمية سعة 100 مل وأكمل الحجم بالماء المقطر وقدر البوتاسيوم باستخدام جهاز اللهب الضوئي Flame photometer وفقاً للطريقة المقترحة من قبل Jackson (1958).

3-8. فحص منحنيات الحيود السينية بطريقة المسحوق:

أجري هذا الفحص بجهاز X-ray diffraction-Phillips إذ تم أخذ مسحوق ثلاث ترب وهي تربة معاملة السيطرة وتربة معاملة أعلى مستوى من التسميد البوتاسي وتربة معاملة أعلى مستوى من التسميد العضوي وتم نخلها بمنخل قطر فتحاته 1 ملم ووضعت مباشرةً بجهاز فحص الأشعة السينية.

3-9. التحليل الاحصائي:

استعمل البرنامج الإحصائي SAS - Statistical Analysis System (2012) في تحليل البيانات على وفق تجربة عامليه (4×4) طبقت بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) لدراسة تأثير كل من العامل (K) والعامل (O) وتداخلهما، وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي (LSD) وعلى مستوى معنوية 0.05.

4. النتائج والمناقشة

4-1. صور البوتاسيوم في التربة:

4-1-1. البوتاسيوم الذائب Soluble Potassium:

بلغت كمية البوتاسيوم الذائب في التربة قبل الزراعة 0.075 سنتيمول. لتر⁻¹ وهذه القيمة تمثل 0.2% من البوتاسيوم الكلي الذي بلغت قيمته 36.289 سنتيمول. كغم⁻¹ جدول (6) وهذا مقارب لما وجدته AL_Zubaidi (2001) والسامرائي (2005). وتعد هذه الكمية من البوتاسيوم الذائب كافية لسد حاجة الكثير من المحاصيل الزراعية باستثناء النباتات عالية الامتصاص للبوتاسيوم مثل نبات الذرة الصفراء (عبد الرسول، 2007).

4-1-1-1. البوتاسيوم الذائب بعد 40 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (8) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة. اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي أن هناك تأثير معنوي على مستوى معنوية 0.05 لإضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي في كمية البوتاسيوم الذائب في تربة المنطقة الجذرية وخارجها. اذ تفوقت جميع مستويات السماد البوتاسي معنوياً على معاملة السيطرة (K₂O) والسبب يعزى الى إضافة السماد البوتاسي وهذا يتفق لما توصل اليه عبد الرسول (2007) والسماك (2009). كما تفوقت جميع مستويات السماد العضوي معنوياً على معاملة السيطرة وهذا يعزى إلى أن إضافة المخلفات العضوية للتربة تزيد من البوتاسيوم الذائب في محلول التربة من خلال إحلال ايون الهيدروجين H⁺ الناتج من تفكك الأحماض العضوية محل ايون البوتاسيوم K⁺ على أسطح التبادل (الدلفي، 2013) وهذا يتفق مع ما توصل اليه عبد الرسول (2007). وكانت اعلى كمية للبوتاسيوم الذائب في تربة الرايزوسفير وخارجها هو عند إضافة 225 كغم K⁻ مع 30 طن. ه⁻ سماد عضوي (K₃O₃) والتي اعطت 0.163 سنتيمول. لتر⁻¹ في تربة الرايزوسفير و0.179 سنتيمول. لتر⁻¹ خارج الرايزوسفير وبنسب زيادة (143.28 و 145.20) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي حققت أدنى كمية من البوتاسيوم الذائب في هذه المدة قدرها (0.067، 0.073) سنتيمول. لتر⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع. كما يلاحظ انخفاض كمية البوتاسيوم الذائب لتربة الرايزوسفير في المعاملات جميعها مقارنة مع المعاملات خارج الرايزوسفير وهذا قد يعزى إلى امتصاص البوتاسيوم

جدول (8) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب (سنتيمول. لتر⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
0.073	0.067	O ₀	K ₀
0.086	0.079	O ₁	
0.094	0.088	O ₂	
0.107	0.101	O ₃	
0.090	0.084	المعدل	
0.099	0.089	O ₀	K ₁
0.110	0.102	O ₁	
0.127	0.120	O ₂	
0.144	0.134	O ₃	
0.120	0.111	المعدل	
0.113	0.101	O ₀	K ₂
0.135	0.124	O ₁	
0.150	0.140	O ₂	
0.161	0.149	O ₃	
0.140	0.129	المعدل	
0.123	0.112	O ₀	K ₃
0.153	0.138	O ₁	
0.167	0.154	O ₂	
0.179	0.163	O ₃	
0.156	0.142	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0027*	0.0022*	K	
0.0027*	0.0022*	O	
0.0054*	0.0045*	K×O	

الذائب من المنطقة القريبة من جذور النبات بكميات أكبر من المنطقة البعيدة عن الجذور هذا من جهة أو زيادة الفعالية الحيوية بصورة عامة من جهة أخرى وهذا يتفق مع ما توصل إليه Rao و (2007) Takkar. كما كانت قيم البوتاسيوم الذائب تصاعدياً مع زيادة مستويات السماد البوتاسي والعضوي الذي كانت مستويات زيادته بكمية أقل مقارنة مع السماد البوتاسي في تربة الرايزوسفير وخارجها.

4-1-1-2. البوتاسيوم الذائب بعد 70 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (9) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة. إذ تشير نتائج التحليل الاحصائي إلى وجود تأثير معنوي وعلى مستوى معنوية 0.05 لإضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب في تربة الرايزوسفير وخارجها. إذ تفوقت مستويات السماد البوتاسي والسماد العضوي جميعها معنوياً على معاملة السيطرة (K_2O). وأن أعلى مستوى للبوتاسيوم الذائب في تربة الرايزوسفير هو عند إضافة 225 كغم K. ه⁻¹ مع 30 طن. ه⁻¹ سماد عضوي (K_3O_3) والتي أعطت 0.131 سنتيمول. لتر⁻¹ وبنسبة زيادة 133.92% بالمقارنة مع معاملة السيطرة والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة (K_2O_3) التي أعطت 0.129 سنتيمول. لتر⁻¹. أما خارج الرايزوسفير فكان أعلى مستوى للبوتاسيوم الذائب هو عند إضافة 225 كغم K. ه⁻¹ مع 30 طن. ه⁻¹ سماد عضوي والتي أعطت 0.167 سنتيمول. لتر⁻¹ وبنسبة زيادة 135.21% بالمقارنة مع معاملة السيطرة. كما يلاحظ انخفاض مستوى البوتاسيوم ولجميع المعاملات لهذه المدة وهي مدة التزهير بالمقارنة مع مستويات البوتاسيوم عند المدة 40 يوم من الزراعة وذلك لحاجة محصول الذرة الصفراء إلى البوتاسيوم خلال هذه المدة إذ بين الساهوكي (1990) إن محصول الذرة الصفراء يحتاج إلى كميات قليلة من البوتاسيوم في المراحل الأولى من نموه غير أن هذه الحاجة تزداد لتصل ذروتها في مرحلة ما قبل التزهير الذكري وبعد 50-75 يوماً من الانبات وهذا يتفق مع ما توصل إليه السماك (2009).

جدول (9) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة

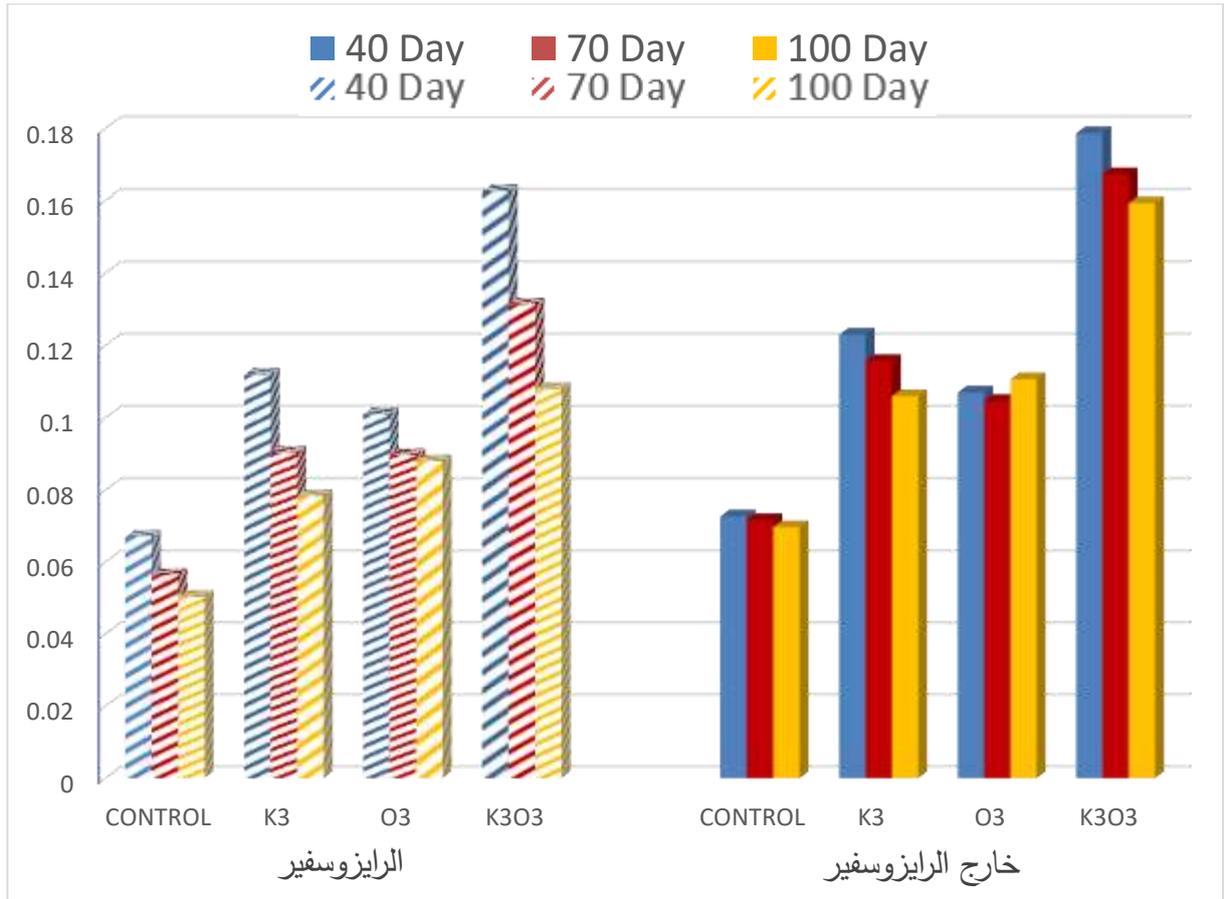
منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
0.071	0.056	O ₀	K ₀
0.081	0.064	O ₁	
0.090	0.075	O ₂	
0.104	0.089	O ₃	
0.087	0.071	المعدل	
0.092	0.073	O ₀	K ₁
0.104	0.084	O ₁	
0.124	0.099	O ₂	
0.139	0.117	O ₃	
0.115	0.093	المعدل	
0.105	0.083	O ₀	K ₂
0.127	0.101	O ₁	
0.142	0.114	O ₂	
0.153	0.129	O ₃	
0.132	0.107	المعدل	
0.115	0.090	O ₀	K ₃
0.145	0.113	O ₁	
0.158	0.122	O ₂	
0.167	0.131	O ₃	
0.146	0.114	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.002*	0.0019*	K	
0.002*	0.0019*	O	
0.004*	0.0039*	K×O	

4-1-1-3. البوتاسيوم الذائب بعد 100 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (10) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة. إذ أظهرت نتائج التحليل الاحصائي زيادة تركيز البوتاسيوم الذائب في التربة معنوياً وعلى مستوى معنوية 0.05 بزيادة مستويات كل من السماد البوتاسي والسماد العضوي. أذ تفوقت جميع معاملات السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما معنوياً على معاملة السيطرة (K_0O_0). ففي تربة الرايزوسفير حققت المعاملة (K_2O_3) المتضمنة إضافة 150 كغم K. ه⁻¹ مع 30 طن. ه⁻¹ سماد عضوي أعلى كمية من البوتاسيوم الذائب بلغت 0.114 سنتيمول. لتر⁻¹ ونسب زيادة 128.00% بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي حققت كمية من البوتاسيوم الذائب بلغت 0.050 سنتيمول. لتر⁻¹. أما خارج الرايزوسفير فقد سجلت المعاملة (K_3O_3) المتضمنة إضافة 225 كغم K. ه⁻¹ مع 30 طن. ه⁻¹ سماد عضوي أعلى كمية من البوتاسيوم الذائب بلغت 0.159 سنتيمول. لتر⁻¹ وبنسب زيادة 130.43% بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي حققت كمية من البوتاسيوم الذائب قدرها 0.069 سنتيمول. لتر⁻¹. ونجد من النتائج الواردة في الجداول (8،9،10) استمرار تناقص كمية البوتاسيوم الذائب في جميع المدد الزمنية المدروسة لتربتي الرايزوسفير وخارجها وأن زيادة مستويات السماد البوتاسي أو العضوي وتداخلهما قد أدت إلى زيادة كمياته (شكل 4)، وان تناقص البوتاسيوم الذائب في تربة الرايزوسفير وخارجها يشير إلى التحرك السريع لهذا العنصر من خارج الرايزوسفير إلى منطقة النشاط الحيوي (الرايزوسفير) لتعويض نقص العنصر فيها (علي وآخرون، 2014). كما أظهرت النتائج أن السماد البوتاسي بدون التداخل مع السماد العضوي (K_1O_0 ، K_2O_0 ، K_3O_0) الجداول (8، 9، 10) قد أدى إلى زيادة البوتاسيوم الذائب مع زيادة مدة النمو للنبات في تربة الرايزوسفير وخارجها، أما السماد العضوي (K_0O_1 ، K_0O_2 ، K_0O_3) فقد أدى إلى انخفاض قيم البوتاسيوم الذائب مع زيادة مدة النمو للنبات في تربة الرايزوسفير فيما كان هناك انخفاض لغاية 70 يوماً وزيادة بعد 100 يوم من الزراعة خارج الرايزوسفير وهذا يشير إلى التحلل التدريجي للمادة العضوية وعليه عدم قدرتها على تجهيز كامل احتياجات النبات.

جدول (10) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب (سنتيمول. لتر⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
0.069	0.050	O ₀	K ₀
0.083	0.060	O ₁	
0.094	0.071	O ₂	
0.110	0.088	O ₃	
0.089	0.067	المعدل	
0.087	0.063	O ₀	K ₁
0.100	0.074	O ₁	
0.121	0.089	O ₂	
0.138	0.108	O ₃	
0.112	0.084	المعدل	
0.098	0.072	O ₀	K ₂
0.122	0.088	O ₁	
0.137	0.100	O ₂	
0.148	0.114	O ₃	
0.126	0.094	المعدل	
0.106	0.078	O ₀	K ₃
0.138	0.096	O ₁	
0.150	0.100	O ₂	
0.159	0.108	O ₃	
0.138	0.096	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0021*	0.0022*	K	
0.0021*	0.0020*	O	
0.0042*	0.0043*	K×O	



شكل (4) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الذائب لتربة الرايزوسفير وخارجها.

4-1-2. البوتاسيوم المتبادل Exchangeable Potassium:

لقد بلغ محتوى تربة الدراسة من البوتاسيوم المتبادل قبل الزراعة 0.599 سنتيمول. كغم⁻¹ وهذه الكمية تمثل 1.65% من البوتاسيوم الكلي الذي بلغت قيمته 36.289 سنتيمول. كغم⁻¹ جدول (6) وتتفق هذه القيم مع القيم التي حصلت عليها الشخيلي (2000) و AL_Zubaidi (2001). كما أن محتوى التربة من البوتاسيوم المتبادل هو أعلى من الحد الحرج 0.36 سنتي مول. كغم⁻¹ الذي حدد من قبل Al-Zubaidi و Pagel (1979) في تربة الرايزوسفير وخارجها لذا فإن هذه التربة لن تعاني من نقص البوتاسيوم إذا تمت زراعتها بالمحاصيل الغير عالية الامتصاص للبوتاسيوم.

4-1-2-1. البوتاسيوم المتبادل بعد 40 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (11) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة. أذ أدت عمليات التسميد بكل من السماد البوتاسي والسماد العضوي إلى زيادة تركيز البوتاسيوم المتبادل في التربة بزيادة مستويات التسميد وأظهرت نتائج التحليل الاحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 تفوق جميع مستويات السماد البوتاسي معنوياً على معاملة السيطرة (K₀O₀) وهذه الزيادة طبيعية نتيجة لأضافه السماد البوتاسي وهذا يتفق لما توصل اليه السماك (2009). كما تفوقت جميع مستويات السماد العضوي معنوياً على معاملة السيطرة (K₀O₀) وهذا يعزى إلى أن إضافة المادة العضوية للتربة يضيف مواقع ربط جديدة فضلاً عن مواقع الربط الموجودة في التربة لأن المادة العضوية ذات CEC عالية وبالتالي زيادة البوتاسيوم المتبادل وهذا يتفق مع ما توصل اليه عبد الرسول (2007). كما كان أعلى مستوى للبوتاسيوم المتبادل في تربة الرايزوسفير وخارجها هو عند إضافة 225 كغم K. ه⁻¹ مع 30 طن. ه⁻¹ سماد عضوي (K₃O₃) التي اعطت 0.881 سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير و0.968 سنتيمول. كغم⁻¹ خارج الرايزوسفير وبنسب زيادة (62.54 و 64.62) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي حققت كميات قدرها (0.542 و 0.588) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

جدول (11) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
0.588	0.542	O ₀	K ₀
0.666	0.615	O ₁	
0.703	0.655	O ₂	
0.753	0.704	O ₃	
0.678	0.629	المعدل	
0.694	0.632	O ₀	K ₁
0.766	0.711	O ₁	
0.819	0.759	O ₂	
0.873	0.806	O ₃	
0.788	0.727	المعدل	
0.768	0.700	O ₀	K ₂
0.826	0.763	O ₁	
0.873	0.806	O ₂	
0.914	0.847	O ₃	
0.845	0.779	المعدل	
0.815	0.739	O ₀	K ₃
0.877	0.802	O ₁	
0.933	0.856	O ₂	
0.968	0.881	O ₃	
0.898	0.820	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0035*	0.0031*	K	
0.0035*	0.0031*	O	
0.007*	0.0062*	K×O	

4-1-2-2. البوتاسيوم المتبادل بعد 70 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (12) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة. أدت عمليات التسميد بكل من السماد البوتاسي والسماد العضوي إلى زيادة تركيز البوتاسيوم المتبادل في التربة بزيادة مستويات التسميد وبينت نتائج التحليل الإحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 تفوق جميع مستويات السماد البوتاسي والسماد العضوي معنوياً على معاملة السيطرة (K_0O_0). كما كان أعلى مستوى للبوتاسيوم المتبادل في تربة الرايزوسفير وخارجها هو عند إضافة 225 كغم K. ه⁻¹ مع 30 طن. ه⁻¹ سماد عضوي (K_3O_3) والتي اعطت 0.796 سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير و0.920 سنتيمول. كغم⁻¹ خارج الرايزوسفير وبنسب زيادة (64.80 و64.62) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي حققت قيم قدرها (0.483، 0.579) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع. كما لوحظ انخفاض مستوى البوتاسيوم المتبادل ولجميع المعاملات خلال هذه المدة وهي مدة التزهير بالنسبة لمحصول الذرة الصفراء بالمقارنة مستوى البوتاسيوم المتبادل عند المدة 40 يوماً من الزراعة وهذا يشير إلى زيادة متطلبات النبات للعناصر الغذائية ومنها البوتاسيوم بتقدم مراحل نمو النبات (شكل 5) وخاصةً في مرحلة التزهير وهذا يتفق مع ما وجدته الساهوكي (1990) و Segars (2002).

جدول (12) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
0.579	0.483	O ₀	K ₀
0.638	0.567	O ₁	
0.677	0.612	O ₂	
0.728	0.665	O ₃	
0.656	0.582	المعدل	
0.665	0.566	O ₀	K ₁
0.737	0.641	O ₁	
0.789	0.689	O ₂	
0.840	0.740	O ₃	
0.758	0.659	المعدل	
0.737	0.628	O ₀	K ₂
0.792	0.688	O ₁	
0.838	0.729	O ₂	
0.874	0.766	O ₃	
0.810	0.703	المعدل	
0.776	0.661	O ₀	K ₃
0.836	0.724	O ₁	
0.889	0.776	O ₂	
0.920	0.796	O ₃	
0.855	0.739	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0024*	0.0042*	K	
0.0024*	0.0042*	O	
0.0049*	0.0084*	K×O	

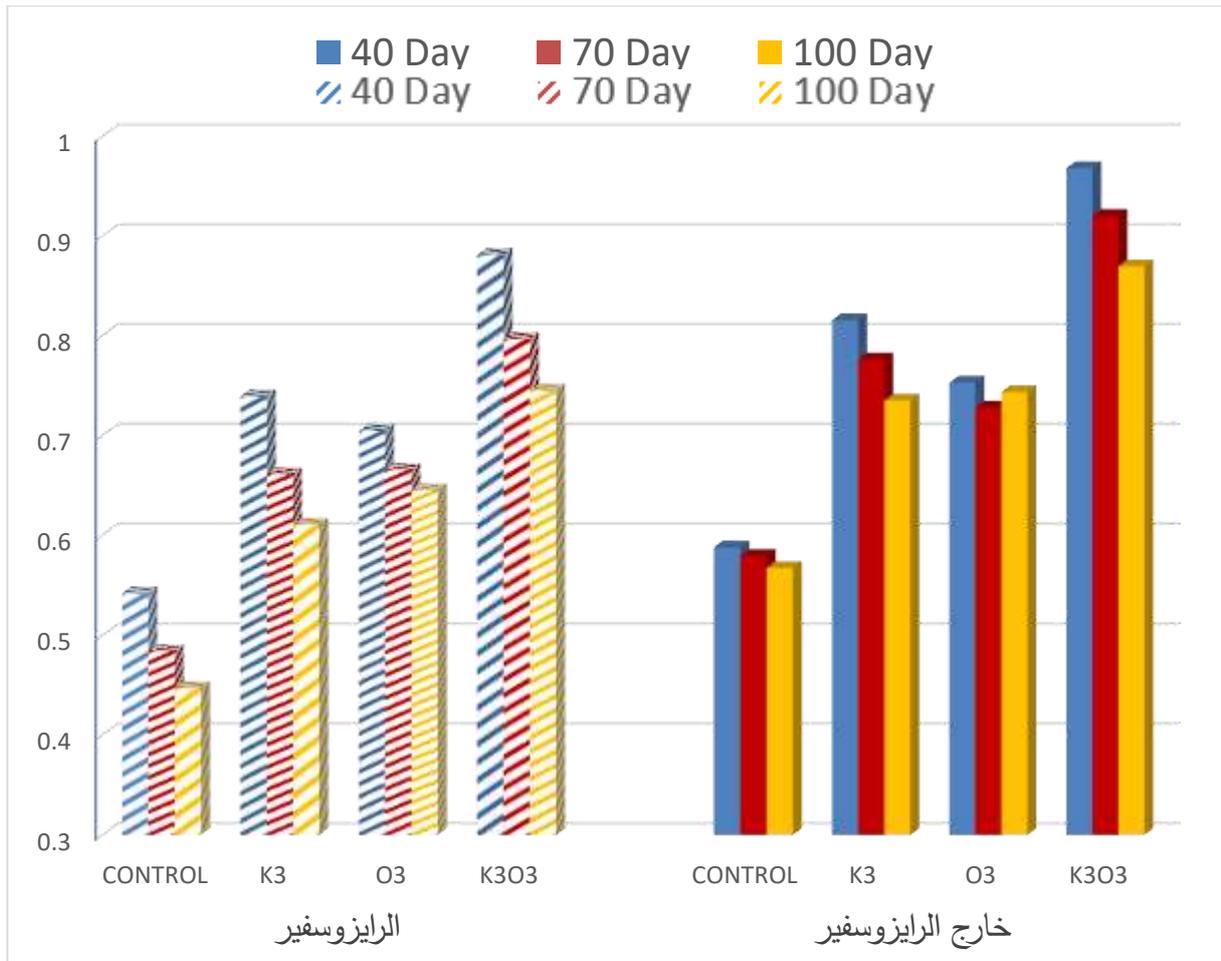
4-1-2-3. البوتاسيوم المتبادل بعد 100 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (13) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة. أذ أدت عمليات التسميد بكل من السماد البوتاسي والسماد العضوي إلى زيادة تركيز البوتاسيوم المتبادل في التربة بزيادة مستويات التسميد وبينت نتائج التحليل الإحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 تفوق جميع مستويات السماد البوتاسي والسماد العضوي معنوياً على معاملة السيطرة. أذ كان أعلى مستوى للبوتاسيوم المتبادل في تربة الرايزوسفير وخارجها هو عند إضافة 225 كغم K⁺ مع 30 طن. ه⁻¹ سماد عضوي (K₃O₃) والتي اعطت 0.745 سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير و0.869 سنتيمول. كغم⁻¹ خارج الرايزوسفير وبنسب زيادة (66.66 و 53.26) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي حققت أدنى كمية من البوتاسيوم المتبادل في هذه الفترة بلغت (0.447، 0.567) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع. مع استمرار انخفاض قيم البوتاسيوم المتبادل مع مدد القياس (40، 70، 100) يوم في تربة الرايزوسفير وخارجها ولجميع المعاملات.

كما أظهرت النتائج الواردة بالجدول (11، 12، 13) ان السماد البوتاسي قد زاد من البوتاسيوم المتبادل مع زيادة مدد النمو في معاملات السماد البوتاسي (K₁O₀، K₂O₀، K₃O₀) في تربة الرايزوسفير وخارجها، أما السماد العضوي (K₀O₃) فكان هناك انخفاض مع زيادة مدد النمو في تربة الرايزوسفير بالمقارنة مع مدة 40 يوماً من الزراعة وهذا يشير إلى ان ما تم تجهيزه من البوتاسيوم المتبادل كان أقل من المستهلك من قبل النبات وعدم وجود زيادة لتعويض ما يستنزف من النبات وما يؤكد ذلك أن البوتاسيوم الذائب خارج الرايزوسفير كان يعوض عند معاملات السماد العضوي بعد 100 يوم من الزراعة فيما لم تكن هذه الكميات كافية لتعويض البوتاسيوم المتبادل (الفقرة 4-1-1-3).

جدول (13) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
0.567	0.447	O ₀	K ₀
0.646	0.537	O ₁	
0.689	0.582	O ₂	
0.743	0.645	O ₃	
0.661	0.553	المعدل	
0.636	0.525	O ₀	K ₁
0.708	0.602	O ₁	
0.764	0.650	O ₂	
0.820	0.698	O ₃	
0.732	0.619	المعدل	
0.704	0.578	O ₀	K ₂
0.757	0.647	O ₁	
0.801	0.684	O ₂	
0.834	0.718	O ₃	
0.774	0.657	المعدل	
0.735	0.610	O ₀	K ₃
0.796	0.678	O ₁	
0.843	0.727	O ₂	
0.869	0.745	O ₃	
0.811	0.690	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0027*	0.0045*	K	
0.0027*	0.0045*	O	
0.0054*	0.0089*	K×O	



شكل (5) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم المتبادل لتربة الرايزوسفير وخارجها.

3-1-4. البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني Non exchangeable and Mineral Potassium:

بلغت كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في التربة قبل الزراعة 35.615 سنتيمول. كغم⁻¹ وهذه القيمة تمثل 98.14% من البوتاسيوم الكلي الذي بلغت قيمته 36.289 سنتيمول. كغم⁻¹ (جدول 6) وهذا مقارب لما وجدته الشبخلي (2000) وعبد الرسول (2007). وهذا يشير إلى أن مادة الأصل للتربة هي المصدر الرئيسي للبوتاسيوم.

1-3-1-4. البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بعد 40 يوم من الزراعة:

يبين الجدول (14) أن إضافة السماد البوتاسي بمستويات مختلفة أدى إلى زيادة معنوية في البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة، إذ حقق أعلى مستوى من الإضافة (K_3O_0) قيم من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بلغت (35.738 و 35.733) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها وبنسب زيادة (0.35 و 0.35)% بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K_0O_0) التي حققت أدنى كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بلغت (35.607 و 35.612) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع. ويمكن أن تعزى هذه الزيادة إلى أن إضافة السماد البوتاسي للتربة فان جزءاً منه يزيد من تركيز البوتاسيوم في محلول التربة والبوتاسيوم المتمز على مواقع التبادل، والجزء الآخر يثبت بإشكال غير متبادلة ومنها البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني Barber و Kovar (1990).

كما بينت نتائج تحليل الاحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 أن إضافة السماد العضوي وبمستويات مختلفة قد حقق زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في تربة الرايزوسفير وخارجها في هذه المدة. فقد حقق أعلى مستوى إضافة (K_0O_3) معدلات من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني قدرها (35.709 و 35.735) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها وبنسب زيادة (0.29 و 0.35)% بالمقارنة مع معاملة السيطرة.

ويلاحظ من الجدول (14) أن التداخل بين السماد البوتاسي والسماد العضوي قد حقق زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني الموجود في المنطقة الجذرية وخارجها، إذ حقق التداخل بين أعلى مستوى من السماد البوتاسي والسماد العضوي (K_3O_3) أعلى كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني

جدول (14) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
35.612	35.607	O ₀	K ₀
35.683	35.650	O ₁	
35.705	35.676	O ₂	
35.735	35.709	O ₃	
35.684	35.661	المعدل	
35.664	35.664	O ₀	K ₁
35.720	35.713	O ₁	
35.759	35.751	O ₂	
35.791	35.782	O ₃	
35.734	35.728	المعدل	
35.708	35.707	O ₀	K ₂
35.760	35.752	O ₁	
35.792	35.785	O ₂	
35.820	35.809	O ₃	
35.770	35.763	المعدل	
35.738	35.733	O ₀	K ₃
35.794	35.779	O ₁	
35.835	35.814	O ₂	
35.855	35.831	O ₃	
35.806	35.789	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0069*	0.0082*	K	
0.0069*	0.0082*	O	
0.0138*	0.0163*	K×O	

بلغ قدرها 35.831 سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير و35.855 سنتيمول. كغم⁻¹ خارج الرايزوسفير وبنسب زيادة بلغت 0.63 و0.68% على التتابع بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع وهذا مقارب لما توصل إليه De-shui وآخرون (2007) في دراسة لهم حول تأثير إضافة السماد المعدني والسماد العضوي (مخلفات الحنطة) على بوتاسيوم التربة تحت أنظمة ري مختلفة إلى أن التداخل بين التسميد المعدني والعضوي قد حقق أعلى كمية من البوتاسيوم المعدني في التربة.

4-1-3-2. البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بعد 70 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (15) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في التربة في تربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة. أذ بينت نتائج التحليل الاحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 أن هناك زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني مع زيادة مستويات الإضافة للسماد البوتاسي في تربة الرايزوسفير وخارجها على حد سواء، فقد حقق أعلى مستوى للسماد البوتاسي (K_3O_0) كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني مقدارها (35.762 و35.765) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها وبنسب زيادة (0.45 و0.42) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K_0O_0) التي حققت أدنى معدلات قدرها (35.604 و35.611) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

كما لوحظ من الجدول (15) وجود تأثير معنوي لإضافة السماد العضوي بمستويات مختلفة في زيادة كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في تربة الرايزوسفير وخارجها، إذ حقق أعلى مستوى إضافة للسماد العضوي (K_0O_3) معدلات بلغت (35.695 و35.720) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها، وبنسب زيادة بلغت (0.26 و0.31) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

وبينت النتائج أن التداخل بين مستويات الإضافة للسماد البوتاسي والسماد العضوي له تأثير معنوي في زيادة كميات البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في تربة الرايزوسفير وخارجها، إذ أعطى التداخل بين أعلى مستوى إضافة للسماد البوتاسي والسماد العضوي (K_3O_3) أعلى كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في هذه المدة بمقدار 35.886 سنتيمول. كغم⁻¹ خارج الرايزوسفير أما في تربة الرايزوسفير فقد حقق معدل بلغ 35.870 سنتيمول. كغم⁻¹ الذي لم يختلف معنويًا عن المعاملة (K_3O_2) التي حققت معدل قدره 35.852 سنتيمول. كغم⁻¹.

جدول (15) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
35.611	35.604	O ₀	K ₀
35.673	35.642	O ₁	
35.695	35.666	O ₂	
35.720	35.695	O ₃	
35.675	35.652	المعدل	
35.685	35.690	O ₀	K ₁
35.738	35.740	O ₁	
35.777	35.776	O ₂	
35.811	35.805	O ₃	
35.753	35.753	المعدل	
35.727	35.734	O ₀	K ₂
35.782	35.784	O ₁	
35.815	35.816	O ₂	
35.844	35.842	O ₃	
35.792	35.794	المعدل	
35.762	35.765	O ₀	K ₃
35.821	35.812	O ₁	
35.864	35.852	O ₂	
35.886	35.870	O ₃	
35.833	35.825	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0055*	0.0099*	K	
0.0055*	0.0099*	O	
0.011*	0.0198*	K×O	

4-1-3-3. البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بعد 100 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (16) تأثير السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في تربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة. أذ بينت نتائج التحليل الاحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 أن إضافة السماد البوتاسي وبمستويات متباينة حقق زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في تربة الرايزوسفير وخارجها، فقد حقق مستوى الإضافة (K_3O_0) كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني قدرها (35.791 و 35.789) سنتيمول. كغم⁻¹ وبنسب زيادة (0.55 و 0.50) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K_0O_0) التي حققت أدنى مستوى من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في هذه المدة قدره (35.596 و 35.612) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

كما تشير النتائج إلى وجود تأثير معنوي عند إضافة السماد العضوي بمستويات متباينة في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في تربة الرايزوسفير وخارجها، إذ حقق أعلى مستوى من السماد العضوي (K_0O_3) كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بلغت (35.683 و 35.702) سنتيمول. كغم⁻¹ وبنسب زيادة بلغت (0.24 و 0.25) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

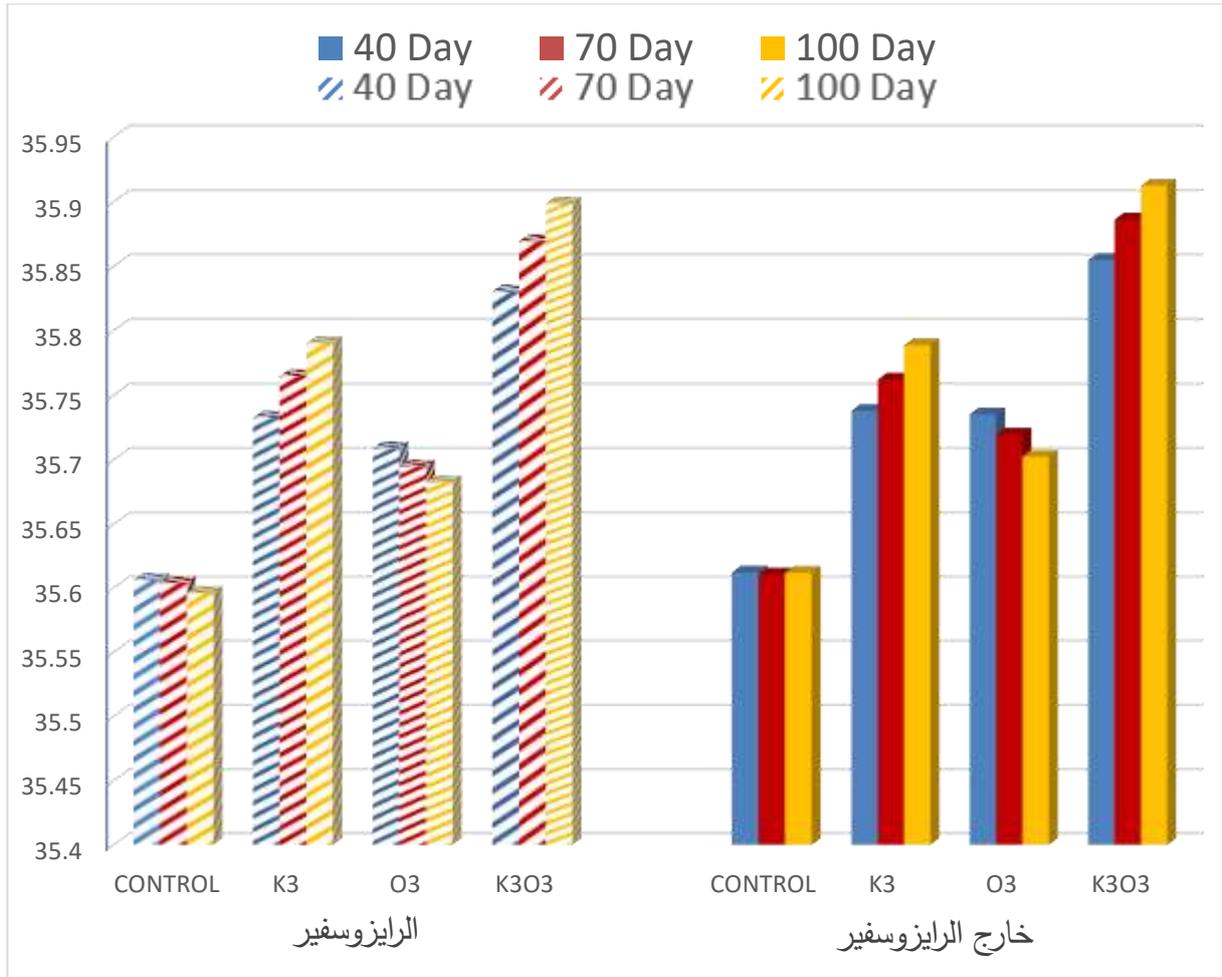
ويوضح الجدول (16) تأثير التداخل بين السماد البوتاسي والسماد العضوي الذي كان معنوياً في زيادة كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني في تربة الرايزوسفير وخارجها، إذ حقق التداخل بين أعلى مستوى إضافة للسماد البوتاسي والسماد العضوي (K_3O_3) أعلى كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني بلغ (35.899 و 35.913) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها وبنسب زيادة (0.85 و 0.84) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

جدول (16) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
35.612	35.596	O ₀	K ₀
35.667	35.634	O ₁	
35.681	35.659	O ₂	
35.702	35.683	O ₃	
35.666	35.643	المعدل	
35.703	35.713	O ₀	K ₁
35.756	35.762	O ₁	
35.791	35.799	O ₂	
35.822	35.826	O ₃	
35.768	35.775	المعدل	
35.749	35.762	O ₀	K ₂
35.803	35.803	O ₁	
35.836	35.840	O ₂	
35.866	35.865	O ₃	
35.814	35.818	المعدل	
35.789	35.791	O ₀	K ₃
35.846	35.840	O ₁	
35.888	35.881	O ₂	
35.913	35.899	O ₃	
35.859	35.853	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0055*	0.0065*	K	
0.0055*	0.0065*	O	
0.011*	0.013*	K×O	

كما أظهرت النتائج الواردة في الجداول (14، 15، 16) أن قيم البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني لمعاملات السماد العضوي (K_0O_3 ، K_0O_2 ، K_0O_1) كانت تتناقص مع زيادة فترات النمو في تربة الرايزوسفير وخارجها أما في معاملات السماد البوتاسي (K_3O_0 ، K_2O_0 ، K_1O_0) فكانت تزداد مع زيادة مُدّد النمو في تربة المنطقة الجذرية وخارجها، مما يؤكد ما تم عرضه مسبقاً بأن البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني يعملان على زيادة البوتاسيوم الجاهز للنبات ويوفران الكميات اللازمة لتعويض النقص في الصور المختلفة للبوتاسيوم.

ومن النتائج الواردة في الجداول (14، 15، 16) والشكل (6) نجد ان هناك زيادة في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني مع زيادة مستويات السماد البوتاسي والعضوي وكانت أعلى مستوياته عند تداخل السماد البوتاسي والعضوي (K_3O_3) هذا من جهة كما ان اقل كمية من البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني كانت عند مدة القياس 70 يوماً من الزراعة (شكل 6) وهذا يعني أن الكميات المضافة كانت أكبر من استهلاك النبات مما يؤدي إلى تراكمها وأضافتها إلى الخزين المعدني (البوتاسيوم المعدني). وان الكميات المضافة إلى تربة الرايزوسفير أقل من الكميات المضافة إلى خارج الرايزوسفير ولمُدّد جميعها (40، 70، 100) يوم من الزراعة وهذا يعزى إلى الاستهلاك الذي تسببه جذور النباتات وكذلك قد يعزى إلى زيادة نمو الاحياء المجهرية في الرايزوسفير وبالتالي زيادة استهلاك البوتاسيوم.



شكل (6) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم غير المتبادل والمعدني لتربة الرايزوسفير وخارجها.

4-1-4. البوتاسيوم الكلي Total Potassium:

4-1-4-1. البوتاسيوم الكلي بعد 40 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (17) أن إضافة السماد البوتاسي بمستويات مختلفة حقق زيادة معنوية في البوتاسيوم الكلي في تربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة، إذ حقق أعلى مستوى من السماد البوتاسي (K_2O) كمية من البوتاسيوم الكلي قدرها (36.677 و 36.584) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها وبنسب زيادة (1.02 و 1.11) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K_0O_0) التي حققت أدنى مستوى من البوتاسيوم الكلي في هذه الفترة والذي بلغ (36.273 و 36.216) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع وهذه الزيادة منطقية لأن البوتاسيوم الكلي هو حاصل جمع الصور

الثلاثة (الذائب، المتبادل، المعدني) وبما أن هذه الصور زادت مع إضافة سماد البوتاسيوم وبالتالي سوف تزداد كمية البوتاسيوم الكلي (الجدول 8-16).

كما بينت نتائج تحليل الاحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 أن إضافة السماد العضوي وبمستويات متباينة قد أدى إلى زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم الكلي في تربة الرايزوسفير وخارجها. فقد حقق أعلى مستوى إضافة من السماد العضوي (K_2O) كمية من البوتاسيوم الكلي بلغت (36.515 و 36.596) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها وبنسب زيادة (0.83 و 0.89) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع ويمكن ان تعزى هذه الزيادة إلى زيادة كل من البوتاسيوم الذائب والبوتاسيوم المتبادل والبوتاسيوم المعدني وبالتالي زيادة البوتاسيوم الكلي.

ويبين الجدول (17) أن التداخل بين السماد البوتاسي والسماد العضوي قد حقق زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم الكلي في تربة الرايزوسفير وخارجها، إذ حقق التداخل بين أعلى مستوى من السماد البوتاسي والسماد العضوي (K_2O) أعلى كمية من البوتاسيوم الكلي بلغت 36.874 سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير و 37.002 سنتيمول. كغم⁻¹ خارج الرايزوسفير وبنسب زيادة بلغت (1.82 و 2.01) % على التتابع بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع وهذا مقارب لما توصل إليه De-shui وآخرون (2007).

جدول (17) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 40 يوماً من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
36.273	36.216	O ₀	K ₀
36.436	36.344	O ₁	
36.502	36.419	O ₂	
36.596	36.515	O ₃	
36.452	36.374	المعدل	
36.458	36.385	O ₀	K ₁
36.597	36.526	O ₁	
36.707	36.630	O ₂	
36.808	36.722	O ₃	
36.643	36.566	المعدل	
36.588	36.509	O ₀	K ₂
36.721	36.639	O ₁	
36.815	36.731	O ₂	
36.895	36.805	O ₃	
36.755	36.671	المعدل	
36.677	36.584	O ₀	K ₃
36.824	36.719	O ₁	
36.936	36.824	O ₂	
37.002	36.874	O ₃	
36.860	36.750	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0063*	0.0072*	K	
0.0063*	0.0072*	O	
0.0126*	0.0144*	K×O	

4-1-4-2. البوتاسيوم الكلي بعد 70 يوم من الزراعة:

يوضح الجدول (18) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة. أذ بينت نتائج التحليل الإحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 أن هناك زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم الكلي مع زيادة مستويات الإضافة للسماد البوتاسي في تربة الرايزوسفير وخارجها، فقد حقق أعلى مستوى إضافة للسماد البوتاسي (K_3O_0) كمية من البوتاسيوم الكلي بلغت (36.517 و 36.655) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها وبنسب زيادة (1.03 و 1.08) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K_0O_0) التي حققت أدنى مستوى من البوتاسيوم الكلي قدره (36.144 و 36.262) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

كما يبين الجدول (18) وجود تأثير معنوي لإضافة السماد العضوي بمستويات متباينة في زيادة كمية البوتاسيوم الكلي في تربة الرايزوسفير وخارجها، اذ حقق أعلى مستوى إضافة للسماد العضوي (K_0O_3) كمية من البوتاسيوم الكلي بلغت (36.450 و 36.552) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها، وبنسب زيادة بلغت (0.85 و 0.80) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

وأوضحت النتائج أن التداخل بين مستويات الإضافة للسماد البوتاسي والسماد العضوي له تأثير معنوي في زيادة كميات البوتاسيوم الكلي في تربة الرايزوسفير وخارجها، أذ أعطى التداخل بين أعلى مستوى إضافة للسماد البوتاسي والسماد العضوي (K_3O_3) أعلى مستوى من البوتاسيوم الكلي في هذه المرحلة بمقدار بلغ 36.798 سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير و 36.973 سنتيمول. كغم⁻¹ خارج الرايزوسفير وبنسب زيادة بلغت 1.81 و 1.96% بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

جدول (18) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 70 يوماً من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
36.262	36.144	O ₀	K ₀
36.393	36.274	O ₁	
36.464	36.353	O ₂	
36.552	36.450	O ₃	
36.418	36.305	المعدل	
36.444	36.329	O ₀	K ₁
36.580	36.465	O ₁	
36.691	36.564	O ₂	
36.790	36.663	O ₃	
36.626	36.505	المعدل	
36.570	36.447	O ₀	K ₂
36.703	36.574	O ₁	
36.795	36.659	O ₂	
36.872	36.738	O ₃	
36.735	36.604	المعدل	
36.655	36.517	O ₀	K ₃
36.803	36.650	O ₁	
36.911	36.750	O ₂	
36.973	36.798	O ₃	
36.836	36.679	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.005*	0.0068*	K	
0.005*	0.0068*	O	
0.0101*	0.0136*	K×O	

4-1-4-2. البوتاسيوم الكلي بعد 100 يوم من الزراعة:

يبين الجدول (19) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة. أذ أشارت نتائج التحليل الاحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 أن إضافة السماد البوتاسي وبمستويات مختلفة قد حقق زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم الكلي في تربة الرايزوسفير وخارجها، فقد حقق مستوى الإضافة (K_3O_0) كمية من البوتاسيوم الكلي قدرها (36.479 و 36.630) سنتيمول. كغم⁻¹ وبنسب زيادة (1.07 و 1.05) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K_0O_0) التي بلغت (36.094 و 36.249) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

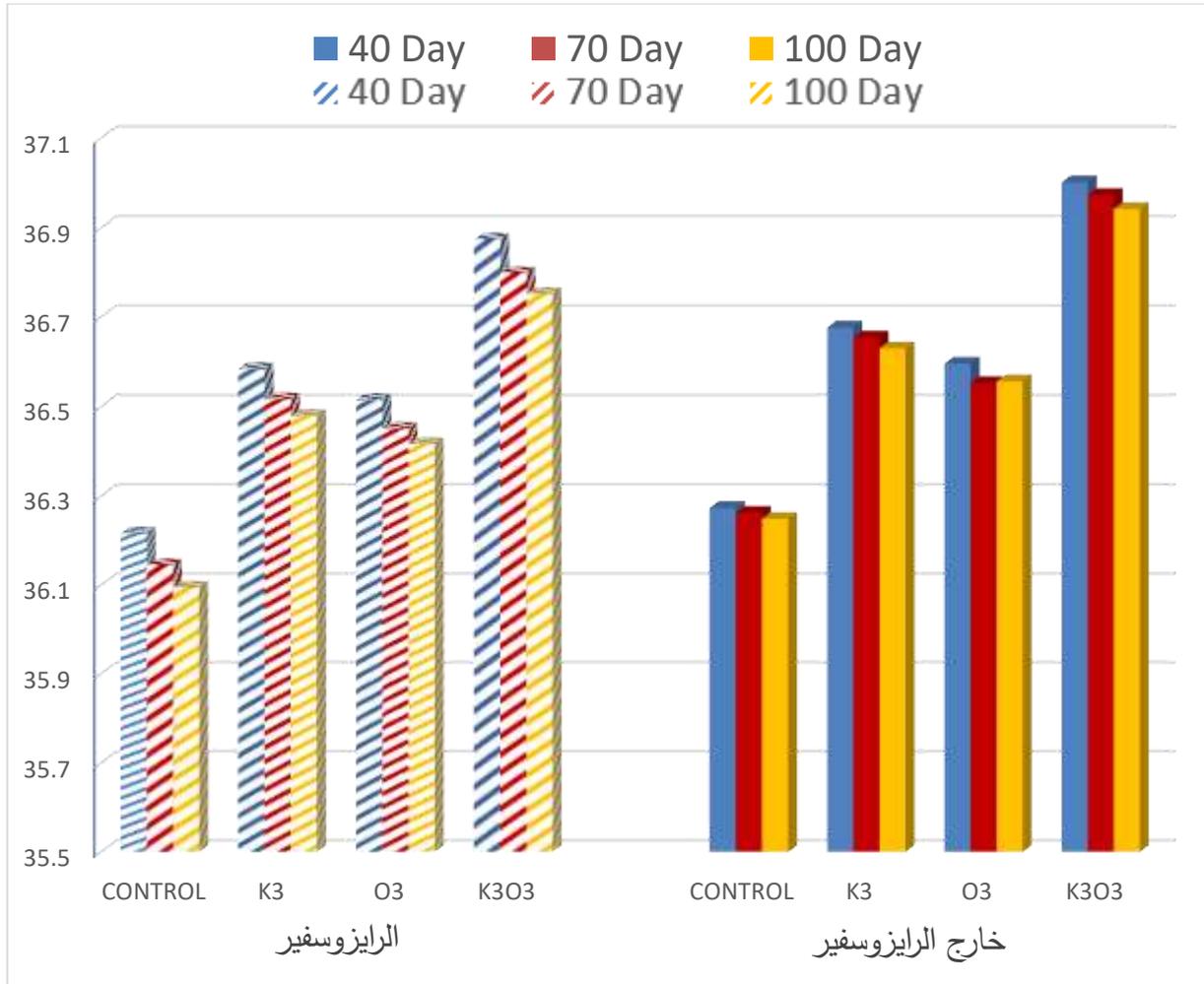
كما تشير النتائج إلى وجود تأثير معنوي عند إضافة السماد العضوي بمستويات مختلفة في كمية البوتاسيوم الكلي في تربة الرايزوسفير وخارجها، أذ حقق أعلى مستوى من السماد العضوي (K_0O_3) كمية من البوتاسيوم الكلي قدرها (36.416 و 36.556) سنتيمول. كغم⁻¹ وبنسب زيادة بلغت (0.89 و 0.85) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

ويلاحظ من الجدول (19) أن تأثير التداخل بين السماد البوتاسي والسماد العضوي كان معنوياً في زيادة كمية البوتاسيوم الكلي في تربة الرايزوسفير وخارجها، أذ حقق التداخل بين أعلى مستوى إضافة للسماد البوتاسي والسماد العضوي (K_3O_3) أعلى معدل من البوتاسيوم الكلي قدره (36.752 و 36.942) سنتيمول. كغم⁻¹ في تربة الرايزوسفير وخارجها وبنسب زيادة (1.82 و 1.91) % قياساً مع معاملة السيطرة في تربة الرايزوسفير وخارجها على التتابع.

تبين النتائج الواردة في الجداول (17، 18، 19) ان قيم البوتاسيوم الكلي لمعاملات السماد البوتاسي بدون التداخل مع السماد العضوي (K_3O_0 ، K_2O_0 ، K_1O_0) كانت تزداد بزيادة مُدَد النمو في تربة الرايزوسفير وخارجها أما قيم البوتاسيوم الكلي لمعاملات السماد العضوي (K_0O_3 ، K_0O_2 ، K_0O_1) فكانت تنخفض مع زيادة مدة النمو في تربة الرايزوسفير أما في خارج الرايزوسفير فكان هناك انخفاض بالمقارنة مع مدة النمو 40 يوم من الزراعة. وهذا يشير إلى تحلل السماد العضوي وما يجزه من البوتاسيوم غير كافٍ لسد النقص الذي يحصل في التربة نتيجة استنزاف البوتاسيوم من قبل النبات.

جدول (19) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي (سنتيمول. كغم⁻¹) لتربة الرايزوسفير وخارجها بعد 100 يوم من الزراعة.

منطقة أخذ العينات		المعاملات	
خارج الرايزوسفير	الرايزوسفير	تسميد عضوي	تسميد معدني
36.249	36.094	O ₀	K ₀
36.396	36.232	O ₁	
36.465	36.313	O ₂	
36.556	36.416	O ₃	
36.417	36.264	المعدل	
36.426	36.302	O ₀	K ₁
36.565	36.438	O ₁	
36.677	36.538	O ₂	
36.781	36.633	O ₃	
36.612	36.478	المعدل	
36.551	36.412	O ₀	K ₂
36.683	36.540	O ₁	
36.775	36.624	O ₂	
36.848	36.697	O ₃	
36.714	36.568	المعدل	
36.630	36.479	O ₀	K ₃
36.782	36.615	O ₁	
36.882	36.709	O ₂	
36.942	36.752	O ₃	
36.809	36.639	المعدل	
LSD 0.05		العوامل	
0.0052*	0.006*	K	
0.0052*	0.006*	O	
0.0104*	0.012*	K×O	



شكل (7) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في كمية البوتاسيوم الكلي لتربة الرايزوسفير وخارجها.

ومن خلال النتائج المتحصل عليها بالجدول (8-19) والاشكال (4، 5، 6، 7) نجد ان هناك زيادة بكميات البوتاسيوم ولجميع مُدَد القياس قياساً بمعاملة السيطرة وكانت أقل زيادة في مدة القياس 70 يوم من الزراعة في جميع صور البوتاسيوم ولكلتا المنطقتين الرايزوسفير وخارجها وكانت أعلى إضافة لجميع صور البوتاسيوم أخذت التسلسل الاتي ولكلا المنطقتين الرايزوسفير وخارجها:

$$\text{Control} < \text{O}_3 < \text{K}_3 < \text{K}_3\text{O}_3$$

وهذا يعني ان السماد البوتاسي يضيف كميات أكبر مما يضيفه السماد العضوي إلا إن تداخلهما كان هو الأعلى من كل منهما وهذا قد يعزى إلى أن تداخلهما قد جمع ما يضيفه كل منهما من جهة، إضافة إلى

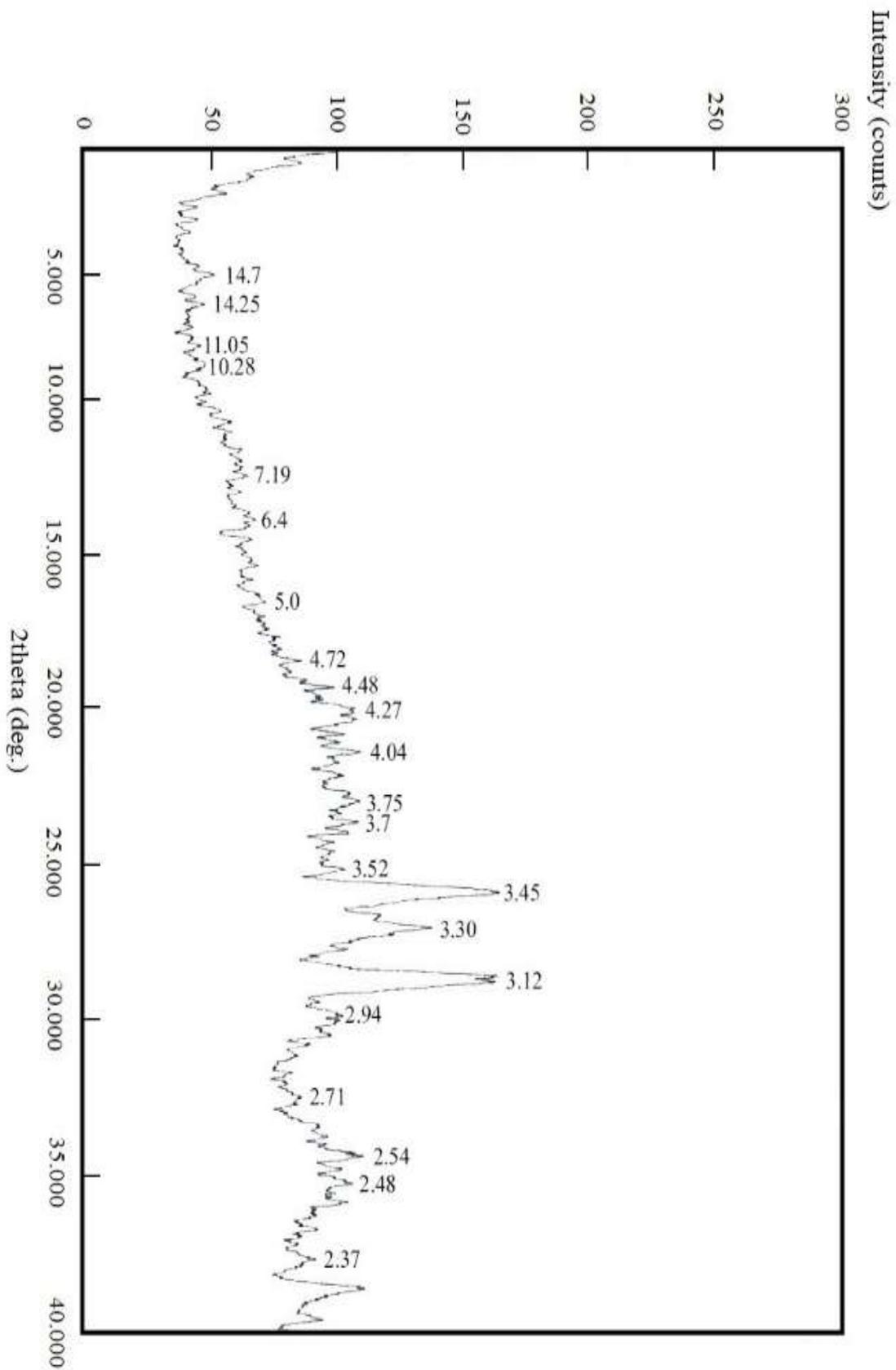
إن السماد العضوي يحسن من صفات التربة وبالتالي يزيد من الكميات المضافة من صور البوتاسيوم المختلفة من جهة أخرى.

ومن هذه النتائج نجد ان هناك حركة وانتقال بين صور البوتاسيوم المختلفة وان هذا الانتقال يكون باتجاهين الأول هو انتقاله وتجهيزه من صورة إلى أخرى في تربة الرايزوسفير والثاني هو انتقاله وتجهيزه من خارج الرايزوسفير إلى تربة الرايزوسفير أي انها تكون تياراً مستمراً من أيونات البوتاسيوم والعامل المحرك لذلك هو الشد الذي تسلطه جذور نبات الذرة الصفراء.

4-2. التحليل المعدني:

يهدف دراسة التغيرات المعدنية بتأثير التسميد البوتاسي والعضوي ودورهما في هذه التغيرات المعدنية فقد تم أخذ عينات التربة بعد 100 يوم من الزراعة وعند أعلى مستويات إضافة من السماد البوتاسي (225 كغم K⁺ هـ¹⁻) والسماد العضوي (30 طن. هـ¹⁻). وقد أظهرت النتائج الواردة في الاشكال (8، 9، 10) ان هناك العديد من التغيرات المعدنية بالحيود السينية لهذه الترب. فقد أظهرت الحيود السينية لمعاملة السيطرة الظاهرة بالشكل (8) تواجد معدن السمكتايت الذي أمكن تشخيصه من خلال الحيود الأول (14.7) أنكستروم والحيود الرابع له (4.37) أنكستروم وأن ظهور هذا المعدن وتواجده قد يعزى إلى الظروف الكيميائية السائدة التي تتميز بتفاعلها القاعدي مع سيادة تامة لأيونات الكالسيوم والمغنسيوم وكذلك إلى طبيعة مادة الأصل وعمرها فضلاً عن عمليات التعرية والتجوية التي حصلت في أثناء نقل مواد من هذه الترب وإعادة ترسيبها (جار الله، 2007).

أما معدن الكلورايت فقد أمكن تشخيصه من خلال حيوده (3.52، 4.72، 7.12، 14.25) أنكستروم الممثلة لحيوده الأول والثاني والثالث والرابع على التتابع. في حين أن معدن الكاؤولينايت أمكن تشخيصه من خلال الحيود (2.37، 7.12) أنكستروم الممثلة لحيوده الأول والثالث وقد اشترك بحيوده الأول مع الحيود الثاني للكلورايت، فيما ظهر معدن الالاييت الذي أمكن تشخيصه من خلال حيوده الأول والثاني والثالث والرابع (2.48، 3.30، 5.0، 10.28) أنكستروم على التتابع. كذلك ظهر تواجد لمعدن الباليكوسكايت الذي أمكن تشخيصه من خلال الحيود (4.48، 6.4) أنكستروم الممثلة للحيود الثاني والثالث لهذا المعدن. وتعد المعادن أعلاه هي المعادن الطينية السائدة في هذه الترب التي تعد الجزء الفعال والنشط في التفاعلات الكيميائية والتحولات المعدنية التي من الممكن حدوثها بالتربة.



شكل (8) الحيود السينية لمعاملة السيطرقة بعد 100 يوم من الزراعة

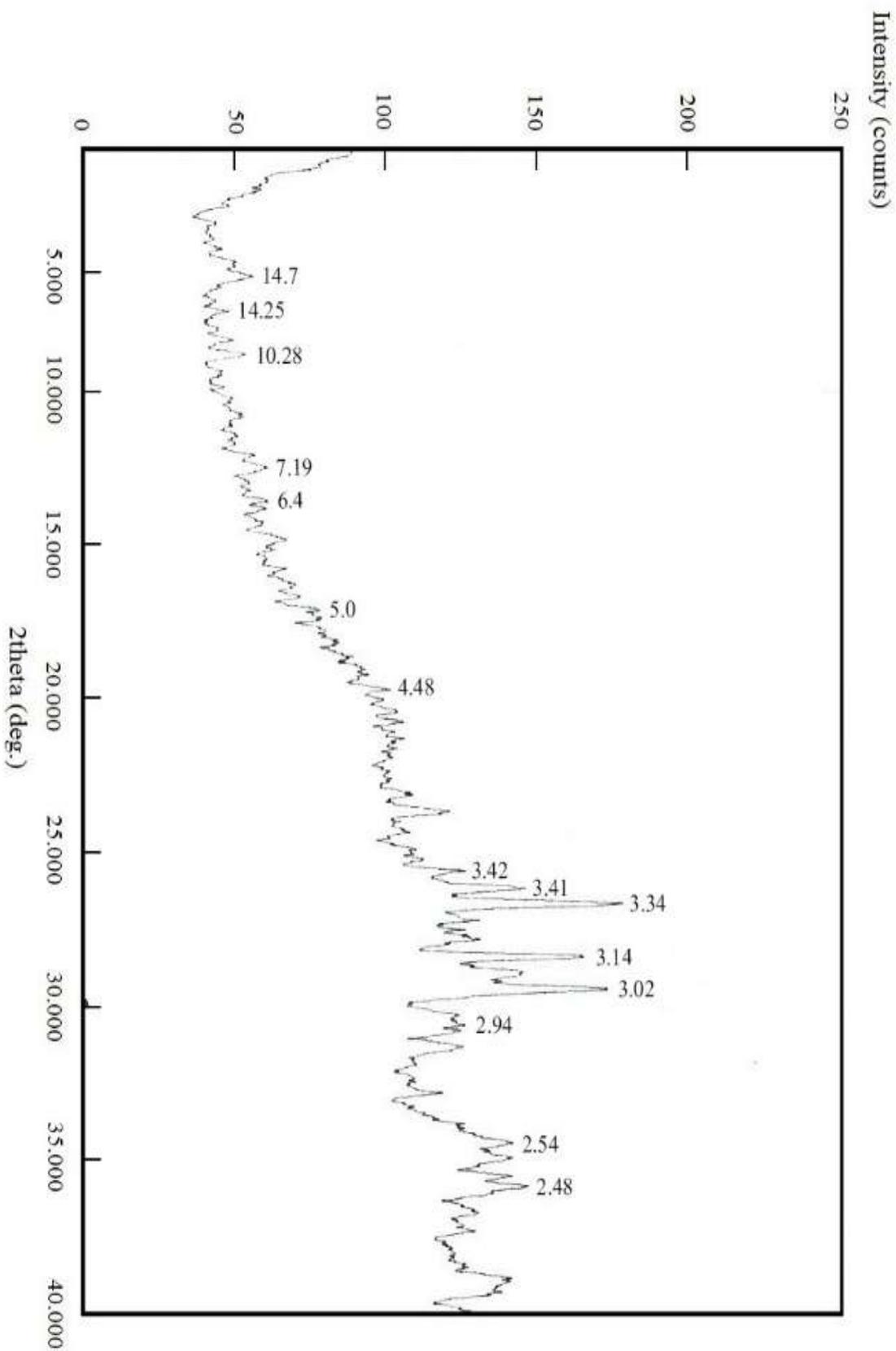
أما الشكل (9) فيمثل الحيويد السينية لمعاملة التسميد البوتاسي بعد 100 يوم من الزراعة التي أظهرت وجود معدن السمكتايت من خلال الحيويد (14.7) أنكستروم واختفاء حيويد الثالث (4.37) أنكستروم مما يشير إلى حدوث تغييرات في هذا المعدن الطيني وما يؤكد ذلك هو ارتفاع شدة الحيويد (14.7) أنكستروم. وفيما يخص معدن الالاييت فقد بقي محافظاً على حيويد (2.48، 3.30، 5.0، 10.28) أنكستروم إذ كانت قمم الحيويد أكثر حدة وارتفاع شدة الحيويد الرابع له وان ذلك يعود الى قلة تأثير النبات عليه وبالتالي قلل من امتصاص البوتاسيوم وسحبه من بين طبقات المعدن وهذا يتفق مع ما ذكره Sparks (2001) الذي ذكر أن تحرر البوتاسيوم غير القابل للتبادل الى الصيغة القابلة للتبادل يحدث عندما تكون مستويات البوتاسيوم الذائب والمتبادل في حالة تناقص ناتجة من امتصاص البوتاسيوم من قبل النبات أو الغسل أو زيادة النشاط المايكروبي. فيما لم تتغير شدة معدن الباليكورسكايت من خلال حيويد الثاني والثالث (6.4، 4.48) أنكستروم على التتابع.

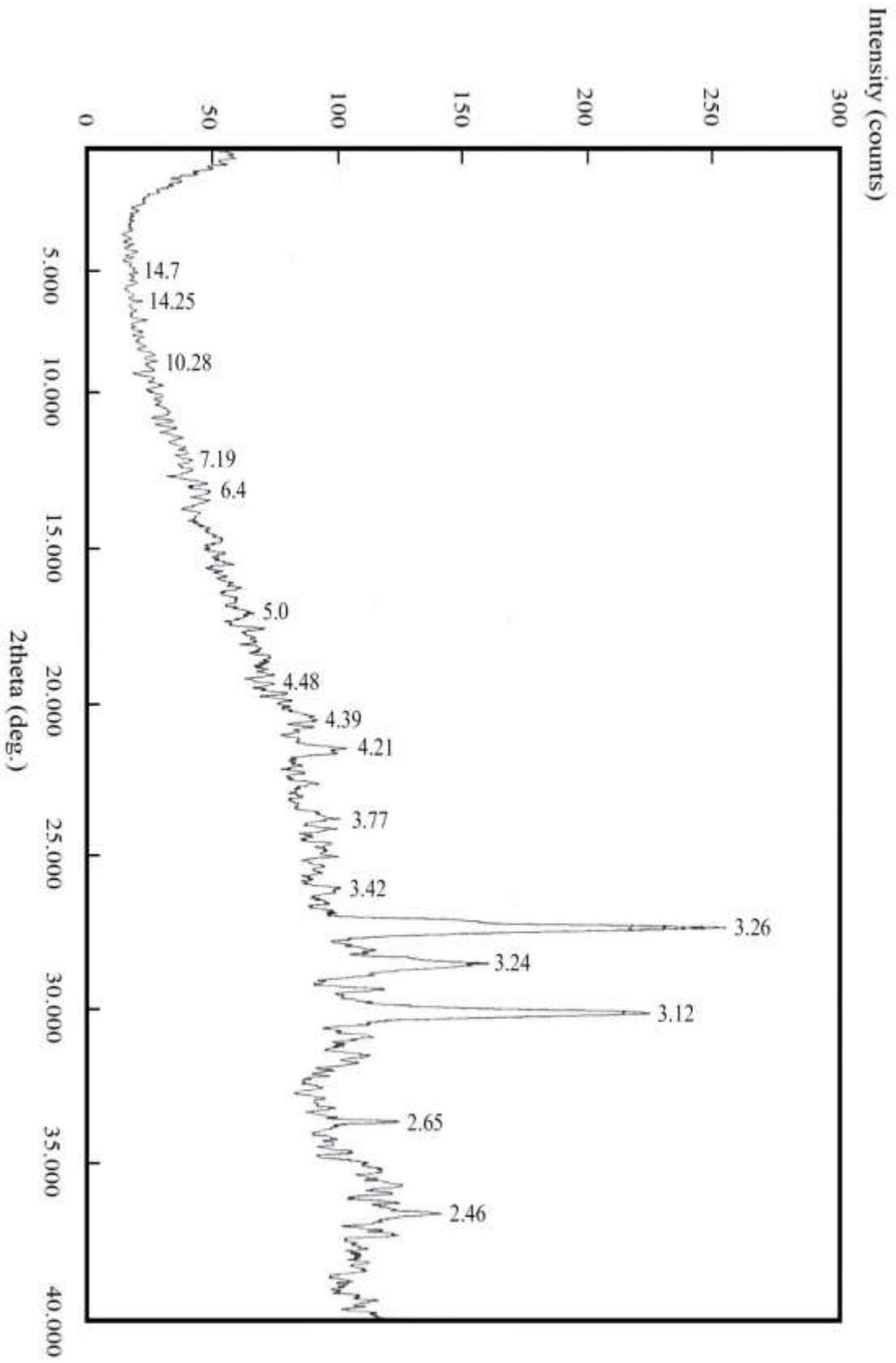
أما معدن الكلورايت فقد شُخص من خلال الحيويد (7.12، 14.25) أنكستروم دون حدوث اختلافات في شدته مع اختفاء الحيويد الثالث والرابع (2.48، 3.30) أنكستروم مما يشير إلى حدوث تحول في هذا المعدن وقد يكون سبب ذلك كونه من النوع ضعيف التبلور Swelling chlorite مما يؤدي إلى حدوث تغييرات معدنية فيه. شخص معدن الكاؤولينايت من خلال الحيويد (7.12، 3.34) أنكستروم مع زيادة شدة الحيويد (3.34) أنكستروم وقد يعزى ذلك إلى محتوى التربة منه (جار الله، 2000)، كما تميزت معاملة التسميد البوتاسي بزيادة حيويد السينية Sharp بصورة واضحة بالمقارنة مع معاملة السيطرة وهذا يتفق مع ما وجدته April و Keller (1990) بان حيويد الاشعة السينية تظهر ان معادن الكاؤولينايت في تربة الرايزوسفير تمتلك ثباتيه أو مقاومة حرارية عالية بالمقارنة مع التربة خارج الرايزوسفير.

يوضح الشكل (10) الحيويد السينية لمعاملة التسميد العضوي بعد 100 يوم من الزراعة. فقد تم تشخيص معدن السمكتايت من خلال الحيويد (14.7) أنكستروم فيما شخص معدن الالاييت من خلال الحيويد (2.48، 5.0، 10.28) أنكستروم واختفاء الحيويد (3.30) أنكستروم. فيما لم تتغير شدة الحيويد الثاني لمعدن الالاييت (5.0) أنكستروم إلا إن حافظته أصبحت أكثر حدة Sharp وكذلك الحالة مع حيويد الثالث (ظهور حيويد 3.26 بدلاً من 3.30) أنكستروم وأصبح ذا شدة عالية وان ذلك يعزى إلى انضغاط طبقاته وهذا يتفق مع ما ذكره Kirkby و Mengel (1982) بان عملية الاستنزاف للبوتاسيوم بين الطبقات

البينية للمعادن الطينية يؤدي إلى انخفاض عملية تحرر البوتاسيوم، مما يشير إلى التغيرات المعدنية التي حدثت على هذا المعدن من خلال استنزاف البوتاسيوم من بين طبقاته المعدنية بواسطة جذور النبات لكون التسميد العضوي لا يغطي حاجة النبات من البوتاسيوم وكما تم توضيحه سابقاً في الفقرة (4-1-2-4). كما تم تشخيص الباليكورسكايت من خلال حيوده (6.4، 4.48) أنكستروم والتي لم تتغير شدته مع هذا السماد. فيما شحص الكلورايت من خلال الحيود (14.25، 7.12) أنكستروم والكاؤولينايت من خلال الحيود (7.12) أنكستروم.

وبصورة عامة نلاحظ من الشكل (10) انخفاض شدة الحيود السينية للمعادن الطينية مما يؤكد تأثير جذور النبات في هذه التغيرات المعدنية والتأثير على المعادن الطينية نتيجة إفرازاتها من جهة وعدم تلبية السماد العضوي للكميات المطلوبة من البوتاسيوم مما يؤثر على خزين هذه المعادن من هذا العنصر من جهة أخرى وهذا يتفق مع ما ذكره Cabala وآخرون (2004) بان الاختلافات الموجودة في التركيب المعدني بين منطقة الرايزوسفير والتربة التي خارجها bulk soil تعود الى إفرازات النبات فيما ذكر Drever و Stillings (1997) ان الاحماض العضوية تلعب دوراً مهماً في تجوية المعادن بالتربة من خلال ميكانيكيتين الاولى تكوين معقدات مع الايونات الموجبة الموجودة على سطح المعدن أو خفض قيمة الـ pH للمحلول الذي يعمل على تغيير معدل الاذابة بعيداً عن حالة الاتزان أما الميكانيكية الثانية هي تأثير معدلات اذابة المعدن نتيجة التغير في سلوك وفعالية بعض الايونات الموجودة في المحلول مثل الالمنيوم.





شكل (10) الحيود السينية لمعاملة التسميد العضوي (30 طن هـ⁻¹) بعد 100 يوم من الزراعة

4-3. النسبة المئوية للبوتاسيوم في المجموع الخضري (%):

يوضح الجدول (20) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في النسبة المئوية للبوتاسيوم في الجزء الخضري الجاف عند الحصاد. أذ بينت نتائج التحليل الإحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 أن إضافة السماد البوتاسي بمستويات مختلفة قد أبدى زيادة معنوية في النسبة المئوية للبوتاسيوم في الجزء الخضري للنبات بالمقارنة مع معاملة السيطرة، محقق معدلات قدرها (1.696 و 1.768 و 1.804) % لمستويات الإضافة (K_1 و K_2 و K_3) على التتابع وبنسب زيادة بلغت (5.80 و 10.29 و 12.54) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K_0) والتي حققت أدنى معدل قدره 1.603%. ويمكن ان تعزى الزيادة في تركيز البوتاسيوم في الجزء الخضري بزيادة مستويات إضافة السماد البوتاسي إلى زيادة البوتاسيوم الذائب في محلول التربة وبالتالي زيادة امتصاص الجذور له ومن ثم انتقاله إلى الجزء الخضري بما يتناسب مع حاجة النبات وهذا يتفق مع ما توصل اليه العامري (2005) والزيدي (2010) والخزرجي (2011).

وبينت النتائج أن إضافة السماد العضوي بمستويات مختلفة قد أدى إلى زيادة معنوية على مستوى 0.05 في تركيز البوتاسيوم في الجزء الخضري للنبات بالمقارنة مع معاملة السيطرة، أذ حقق معدلات قدرها (1.699 و 1.750 و 1.790) % لمستويات الإضافة (O_1 و O_2 و O_3) على التتابع وبنسب زيادة بلغت (4.11 و 7.23 و 9.68) % عن معاملة السيطرة (O_0) التي حققت أدنى معدل بلغ 1.632%. ويمكن ان تعزى تلك الزيادة إلى ان تحلل المادة العضوية ينتج عنه أحماض عضوية مختلفة لها القابلية على اذابة المعادن الحاملة للبوتاسيوم وبالتالي تحرره إلى محلول التربة مما يؤدي إلى زيادة جاهزيته وبالتالي امتصاصه من قبل النبات، وهذا يتفق مع ما توصل اليه Balyan وآخرون (2006) والدلفي (2013).

كما أن التداخل بين بين السماد البوتاسي والسماد العضوي بمستويات مختلف أدى إلى حصول زيادة معنوية في تركيز البوتاسيوم في الجزء الخضري للنبات، اذ حقق التداخل بين اعلى مستوى للسماد البوتاسي والسماد العضوي (K_3O_3) أعلى تركيز من البوتاسيوم في المجموع الخضري الذي بلغ 1.850% ولم يختلف معنوياً عن التداخل (K_3O_2) التي بلغت 1.837% والتداخل (K_2O_3) التي حققت 1.840% وهذا يتفق مع ما توصل اليه الزيدي (2010) إلى أن أعلى محتوى من البوتاسيوم في المجموع الخضري تحقق عند التداخل بين السماد البوتاسي والسماد العضوي.

جدول (20) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في النسبة المئوية للبوتاسيوم (%) في المجموع الخضري الجاف في مرحلة الحصاد.

المعاملات	O ₀	O ₁	O ₂	O ₃	المعدل
K ₀	1.480	1.577	1.650	1.703	1.603
K ₁	1.623	1.673	1.720	1.767	1.696
K ₂	1.693	1.747	1.793	1.840	1.768
K ₃	1.730	1.800	1.837	1.850	1.804
المعدل	1.632	1.699	1.750	1.790	----
LSD 0.05		K	O	K×O	
		0.0132*	0.0132*	0.0264*	

4-4. ارتفاع النبات (سم):

يوضح الجدول (21) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في ارتفاع النباتات عند الحصاد. أذ بينت نتائج التحليل الاحصائي وعلى مستوى معنوية 0.05 أن إضافة السماد البوتاسي بمستويات مختلفة قد حقق زيادة معنوية في صفة ارتفاع النبات بالمقارنة مع معاملة السيطرة. محقق معدلات بلغت (175.4 و 180.0 و 183.8) سم لمستويات الإضافة (K₁ و K₂ و K₃) على التتابع وبنسب زيادة بلغت (7.48 و 10.29 و 12.62) % على التتابع بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K₀) والتي حققت أدنى معدل قدره 163.2 سم. ويمكن ان تعزى الزيادة في ارتفاع النبات بزيادة مستويات إضافة السماد البوتاسي إلى دور البوتاسيوم في تراكم الكاربوهيدرات في الساق وزيادة عدد العقد وسمكها وبالتالي استطالة الساق مما ينعكس ايجاباً بزيادة ارتفاع النبات (Vig و Das، 1977)، وهذا يتفق مع ما توصل إليه Akhtar وآخرون (1999) والخزرجي (2011).

وبينت النتائج أن إضافة السماد العضوي بمستويات مختلفة قد أدى إلى زيادة معنوية في ارتفاع النبات بالمقارنة مع معاملة السيطرة، أذ حقق معدلات قدرها (174.3 و 179.5 و 183.0) سم لمستويات الإضافة (O₁ و O₂ و O₃) على التتابع وبنسب زيادة بلغت (5.25 و 8.39 و 10.51) % بالمقارنة مع

معاملة السيطرة (O_0) والتي حققت أدنى معدل بلغ 165.6 سم. ويمكن ان تعزى تلك الزيادة في ارتفاع النبات بزيادة مستويات السماد العضوي إلى أن المادة العضوية تحسن من خواص التربة الفيزيائية والكيميائية هذا من جهة وان تحلل المادة العضوية ينتج عنه تحرر كمية كافية من العناصر الغذائية التي تعمل على تحسين نمو وتطور النبات من جهة أخرى مما ينعكس ايجاباً على ارتفاع النبات وهذا يتفق مع ما توصل إليه Okoroafor وآخرون (2013).

كما يبين الجدول (21) أن هناك فروق معنوية التداخل بين مستويات السماد البوتاسي والسماد العضوي، ويتبين حصول زيادة معنوية في صفة ارتفاع النبات بزيادة مستويات الإضافة لكلا السمادين، إذ حقق التداخل بين أعلى مستوى من السماد البوتاسي والسماد العضوي (K_3O_3) أعلى معدل لهذه الصفة بلغ 191.0 سم وبزيادة بلغت نسبتها 23.78% بالمقارنة مع التداخل (K_0O_0) الذي حقق أدنى معدل قدره 154.3 سم، ولم يختلف التداخل (K_3O_3) عن التداخل (K_3O_2) الذي حقق معدل قدره 188.7 سم وهذا يتفق مع ما توصل إليه Amujoyegbe وآخرون (2007) في دراسة لهم حول تأثير السماد العضوي والمعدني على حاصل الذرة الصفراء إلى أن التداخل بين السماد العضوي والمعدني حقق أعلى ارتفاع للنبات.

جدول (21) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في ارتفاع النباتات (سم) عند الحصاد.

المعدل	O_3	O_2	O_1	O_0	المعاملات
163.2	171.7	167.3	159.3	154.3	K_0
175.4	183.0	179.0	174.3	165.3	K_1
180.0	186.3	183.0	180.7	170.0	K_2
183.8	191.0	188.7	182.7	172.7	K_3
----	183.0	179.5	174.3	165.6	المعدل
$K \times O$	O	K	LSD 0.05		
0.0264*	1.2625*	1.2625*			

4-5. المساحة الورقية للنبات (سم². نبات⁻¹):

يوضح الجدول (22) أن إضافة السماد البوتاسي بمستويات مختلفة قد حققت زيادة معنوية وعلى مستوى معنوية 0.05 في المساحة الورقية للنبات قياساً بمعامل السيطرة، إذ حققت مستويات الإضافة K₁ و K₂ و K₃ معدلات قدرها (55.621 و 57.788 و 60.946) سم². نبات⁻¹ على التتابع وبنسب زيادة بلغت (13.90 و 18.33 و 24.80) % بالمقارنة مع معامل السيطرة (K₀) التي حققت أدنى معدل بلغ 48.835 سم². نبات⁻¹ ويمكن تفسير الزيادة في المساحة الورقية بزيادة مستويات الإضافة للسماد البوتاسي إلى أن للبوتاسيوم دور فاعل في تأخير شيخوخة الأوراق كما ان له دوراً في تكون مجموع خضري جيد مما ينعكس ايجاباً على عملية التركيب الضوئي وبالتالي زيادة انقسام الخلايا مما يؤدي إلى زيادة المساحة الورقية هذا من جهة وان دور البوتاسيوم في زيادة ارتفاع النبات له أهمية في زيادة المساحة الورقية من خلال زيادة عدد الأوراق من جهة أخرى، ومما يؤكد ذلك علاقة الارتباط الموجبة $r = 0.992^{**}$ (الملحق 2) بين ارتفاع النبات والمساحة الورقية. وهذا يتفق مع ما توصل اليه الخرزجي (2011).

كما يلاحظ من الجدول (22) وجود تأثير معنوي لإضافة السماد العضوي بمستويات مختلفة في صفة المساحة الورقية للنبات، إذ حققت معدلات قدرها (55.279 و 57.771 و 60.230) سم². نبات⁻¹ للمستويات (O₁ و O₂ و O₃) على التتابع وبنسب زيادة بلغت (10.76 و 15.75 و 20.68) % بالمقارنة مع معامل السيطرة (O₀) التي أعطت أدنى معدل بلغ 49.910 سم². نبات⁻¹ وقد تعزى الزيادة في المساحة الورقية بزيادة مستويات الإضافة للسماد العضوي إلى دور المركبات العضوية مثل الاحماض الامينية والهرمونات النباتية المنشطة للأنزيمات الموجودة في المستخلص العضوي في تشجيع انقسام الخلايا وزيادة حجمها وبالتالي زيادة المساحة الورقية للنبات بالإضافة إلى دور المادة العضوية في تجهيز النبات بكميات كافية من العناصر المغذية وبالتالي زيادة نموه الذي ينعكس ايجاباً على هذه الصفة. وهذا يتفق مع ما توصل اليه منصور (2014).

ويلاحظ من الجدول (22) أن التداخل بين السماد البوتاسي والسماد العضوي قد أثر تأثيراً معنوياً في صفة المساحة الورقية للنبات إذ توضح النتائج أن هناك زيادة في المساحة الورقية بزيادة مستوى إضافة السمادين حتى بلغ أعلى معدل لها عند التداخل (K_3O_3) الذي بلغ 64.477 سم². نبات¹⁻ بزيادة معنوية بلغت نسبتها 44.30% بالمقارنة مع معاملة التداخل (K_0O_0) التي حققت أدنى معدل لهذه الصفة بلغ 44.683 سم². نبات¹⁻ ولم يختلف التداخل (K_3O_3) معنوياً عن التداخل (K_3O_2) الذي حقق معدل قدره 63.407 سم². نبات¹⁻. وهذا يتفق مع ما توصل اليه Amujoyegbe وآخرون (2007) في دراسة لهم حول تأثير السماد العضوي والمعدني على حاصل الذرة الصفراء إلى ان التداخل بين التسميد العضوي والمعدني حقق أكبر مساحة ورقية للنبات.

جدول (22) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في المساحة الورقية للنبات (سم². نبات¹⁻) عند الحصاد.

المعدل	O ₃	O ₂	O ₁	O ₀	المعاملات
48.835	54.397	49.747	46.513	44.683	K ₀
55.621	60.227	58.110	55.457	48.690	K ₁
57.788	61.820	59.820	58.173	51.340	K ₂
60.946	64.477	63.407	60.973	54.927	K ₃
----	60.230	57.771	55.279	49.910	المعدل
K×O		O		K	
0.0264*		0.5465*		0.4565*	
LSD 0.05					

4-6. الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم. نبات⁻¹):

يلاحظ من الجدول (23) أن هناك زيادة معنوية وعلى مستوى معنوية 0.05 في الوزن الجاف للمجموع الخضري للنبات مع زيادة مستويات الإضافة للسماذ البوتاسي، إذ حققت المستويات (K_1 و K_2 و K_3) معدلات بلغت (118.45 و 125.81 و 132.57) غم. نبات⁻¹ على التتابع وبنسب زيادة بلغت 21.29 و 28.82 و 35.75% بالمقارنة مع معاملة السيطرة (K_0) التي حققت أقل معدل بلغ 97.66 غم. نبات⁻¹ ويمكن أن تعزى الزيادة الحاصلة في هذه الصفة إلى ان للبيوتاسيوم دور في زيادة ارتفاع النبات والمساحة الورقية (جدول 21 و 22) مما يسهم في زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري والذي يؤكد هذه النتيجة هي علاقة الارتباط الموجبة بين الوزن الجاف للمجموع الخضري وارتفاع النبات $r = 0.996^{**}$ والوزن الجاف للمجموع الخضري والمساحة الورقية للنبات $r = 0.990^{**}$ (الملحق 2). وهذا يتفق مع ما توصل إليه العامري (2005) والسماك (2009) و Nejad (2010).

وتشير النتائج في الجدول (23) إلى وجود تأثير معنوي لأضافه السماذ العضوي بمستويات متباينة في صفة الوزن الجاف للمجموع الخضري، إذ حققت معدلات قدرها (116.57 و 124.39 و 131.74) غم. نبات⁻¹ لمستويات الإضافة (O_1 و O_2 و O_3) على التتابع وبنسب زيادة بلغت (14.53 و 22.21 و 29.44) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي حققت أدنى معدل لهذه الصفة الذي بلغ 101.78 غم. نبات⁻¹ ويمكن تفسير الزيادة الحاصلة في هذه الصفة بزيادة مستويات الإضافة للسماذ العضوي إلى ان للمادة العضوية تأثير إيجابي في تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية وزيادة جاهزية العناصر الموجودة في التربة فضلاً عما تضيفه المادة العضوية إلى التربة من عناصر غذائية مهمة فيزداد امتصاصها من قبل النبات والتي لها دور في تصنيع الغذاء للنبات مثل البروتينات والكاربوهيدرات وبناء خلايا جديدة وبالتالي زيادة نمو النبات مما يؤدي إلى زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري (الخرجي، 2011 والدلفي، 2013 ومنصور، 2014).

كما يلاحظ من الجدول (23) أن تأثير التداخل بين السماذ البوتاسي والسماذ العضوي على الوزن الجاف للمجموع الخضري أدى وبشكل عام إلى زيادة معنوية في صفة الوزن الجاف للمجموع الخضري مع زيادة مستويات الإضافة للسماذ البوتاسي والسماذ العضوي إذ تفوق التداخل بين اعلى مستوى للسماذ البوتاسي واعلى مستوى للسماذ العضوي (K_3O_3) على جميع المعاملات معنوياً بمعدل بلغ 144.50 غم. نبات⁻¹ وبنسبة زيادة بلغت 76.80% بالمقارنة مع التداخل (K_0O_0) الذي حقق أدنى معدل لهذه الصفة بمقدار

81.733 غم. نبات¹⁻ وهذا يتفق مع ما توصل اليه Amujoyegbe وآخرون (2007) في دراسة لهم حول تأثير السماد العضوي والمعدني على حاصل الذرة الصفراء إلى ان التداخل بين التسميد العضوي والمعدني حقق أعلى وزن جاف للمجموع الخضري.

جدول (23) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم. نبات¹⁻) عند الحصاد.

المعدل	O ₃	O ₂	O ₁	O ₀	المعاملات
97.66	110.83	103.43	94.63	81.733	K ₀
118.45	133.00	123.47	117.20	100.13	K ₁
125.81	138.63	130.43	124.77	109.40	K ₂
132.57	144.50	140.23	129.67	115.87	K ₃
----	131.74	124.39	116.57	101.78	المعدل
K×O	O		K		LSD 0.05
2.725*	1.3625*		1.3625*		

5. الاستنتاجات والتوصيات

5-1. الاستنتاجات:

1. زيادة كمية البوتاسيوم الجاهز (الذائب والمتبادل) مع زيادة مستويات السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما لتربة الرايزوسفير وخارجها مع انخفاض تلك القيم ولجميع المعاملات مع تقدم نمو النبات.
2. إن هناك تعويض سريع وانتقال لعنصر البوتاسيوم من صورة الى أخرى في تربتي المنطقة الجذرية وخارجها نتيجة امتصاصه من قبل النبات وان التسميد يقلل من استنزاف البوتاسيوم ويعوضه في صورته المختلفة.
3. زيادة كمية البوتاسيوم المعدني تدريجياً مع زيادة السماد البوتاسي وانخفاض تلك الكميات مع السماد العضوي مع زيادة مدد نمو النبات لتربة الرايزوسفير وخارجها.
4. أظهرت الحيويد السينية ان التسميد البوتاسي قلل من التغيرات المعدنية على العكس من التسميد العضوي الذي أدى الى تغيرات معدنية وخاصة معدن الالاييت نتيجة استنزاف البوتاسيوم.
5. زيادة كل من النسبة المئوية للبوتاسيوم في المجموع الخضري وارتفاع النبات والمساحة الورقية للنبات والوزن الجاف للمجموع الخضري مع زيادة مستويات السماد البوتاسي والسماد العضوي مع تفوق السماد البوتاسي على السماد العضوي في ذلك. وأن إضافة السماد البوتاسي بمستوى 225 كغم K⁻¹ مع السماد العضوي بمستوى 30 طن. ه⁻¹ حقق أعلى زيادة من تلك الصفات.

5-2. التوصيات:

1. ضرورة إضافة السماد البوتاسي مع التوصيات السمادية للترب المزروعة بالمحاصيل التي تحتاج كميات كبيرة من البوتاسيوم مثل محصول الذرة الصفراء مع الأخذ بنظر الاعتبار الكميات الجاهزة منه.
2. اجراء دراسات تفصيلية على تجوية المعادن في تربة الرايزوسفير بتأثير السماد البوتاسي ولأنواع نباتية مختلفة.
3. إجراء دراسات معدنية أكثر لمتابعة التغيرات المعدنية نتيجة استنزاف هذا العنصر في تربة الرايزوسفير.

6. المصادر

6-1. المصادر العربية:

- أبو ضاحي، يوسف محمد ومؤيد احمد اليونس. 1988. دليل تغذية النبات. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة بغداد.
- البصام، خلدون ونوال السعدي وطه النعيمي وسوسن الهزاع. 2002. الأطوار المعدنية للبوتاسيوم في عينات من الترب العراقية. المؤتمر العلمي القطري الثاني للتربة والموارد المائية. 26 - 27 آذار. بغداد.
- الخزرجي، أسامه عبد الرحمن عويد. 2011. تأثير مستويات السماد البوتاسي المضاف إلى التربة ورش الحديد في نمو وحاصل الذرة الصفراء (*Zea mays L.*). رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة الانبار.
- الدلفي، حسين فنجان خضير. 2013. دور المخلفات العضوية في خفض تأثير ملوحة ماء الري على خصائص التربة ونمو نبات الذرة الصفراء (*Zea mays L.*). رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة البصرة.
- الزبيدي، بشار مزهر جادر. 2010. تأثير السماد العضوي والبوتاسي في جاهزية البوتاسيوم وفي نمو وحاصل الذرة الصفراء (*Zea mays L.*). رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- الزوبعي، عبد الرزاق علي حمادي. 2008. تأثير التسميد بالبوتاسيوم والرش بالنحاس في إمتصاص بعض المغذيات ونمو وحاصل الذرة الصفراء (*Zea mays L.*). رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- السامرائي، عروبة عبد الله أحمد 2005. حالة وسلوكية البوتاسيوم في ترب الزراعة المحمية. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- الساهوكي، مدحت مجيد. 1990. الذرة الصفراء انتاجها وتحسينها. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد. ع ص 400.
- السماك، قيس حسين. 2009. سلوكية بعض الأسمدة البوتاسية في تربة صحراوية مستغلة زراعياً تحت أنظمة ري مختلفة. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة - جامعة بغداد.

- الشيلخي، روعة عبد اللطيف عبد الجبار. 2000. علاقة مظاهر الشكل لمعادن الماكا في صور البوتاسيوم لبعض ترب السهل الرسوبي. رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- الشيلخي، روعة عبد اللطيف. 2006. سلوك البوتاسيوم المضاف من سمادي كبريتات وكلوريد البوتاسيوم لتربتين مختلفتي النسجة. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- العامري، عباس علي. 2005. تأثير بعض مصادر ومستويات البوتاسيوم وتجزئة إضافتها في نمو وحاصل الذرة الصفراء *Zea mays L.* رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- الناصري، أياد احمد حمادة. 2005. تأثير إضافة خث بعض المخلفات العضوية النباتية ومستخلصاتها المائية في نمو الذرة الصفراء (*Zea mays L.*). رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- النعمي، سعد الله نجم عبد الله. 1999. الأسمدة وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة الموصل.
- الياسري، محمود ناصر حسين. 2012. تأثير دفعات ومستويات السماد النتروجيني والبوتاسي في جاهزية وتحرر الأمونيوم والبوتاسيوم في التربة وفي نمو وحاصل الحنطة (*Triticum aestivum L.*) رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- جار الله، رائد شعلان. 2000. امتزاز الزنك في مفضولات التربة وعلاقته بالتركيب المعدني واكاسيد الحديد الحرة في بعض ترب السهل الرسوبي. رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- جار الله، رائد شعلان. 2007. تأثير إضافة كوالح الذرة الصفراء والجبس في حالة تشقق بعض ترب السهل الرسوبي. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- حسن، نوري عبد القادر وحسن يوسف الدليمي ولطيف عبد الله العيثاوي. (1990). خصوبة التربة والأسمدة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة بغداد.
- حسين، عبد الرحمن سمو. 2007. دراسة سلوكية وحركيات امتزاز وتحرر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة والغابات - جامعة الموصل.
- حمه، كمال حمه كريم. 1988. دراسة المعادن الحاملة لعنصر البوتاسيوم وتثبيتته في بعض الترب الكلسية لمحافظة نينوى. رسالة ماجستير - كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- شويلية، عباس حسن وعلاء الجبوري. 1986. إنتاج محاصيل الحبوب والبقول. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. دار التقني للطباعة والنشر.

- عبد الرسول، قحطان جمال. 2007. تقييم تأثير التسميد العضوي والمعدني (K وN) في حالة وتحرر وامتصاص البوتاسيوم ونتاج درنات البطاطا (*Solanum tuberosum* L.). أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- علي، نور الدين شوقي وحمد الله سليمان راهي وعبد الوهاب عبد الرزاق شاكر. 2014. خصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلم. دار الكتب العلمية للطباعة والنشر والتوزيع.
- منصور، منتظر حمادي. 2014. تأثير التسميد الفوسفاتي- العضوي - الحيوي في جاهزية فسفور التربة ونتاجية الذرة الصفراء (*Zea mays* L.). رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- مھمداني، لزيين أحمد ميروين. 2008. دراسة تأثير إزالة معادن الكربونات وأكاسيد الحديد على امتزاز وتحرر البوتاسيوم من مفصول الطين في بعض ترب شمال العراق. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة والغابات- جامعة الموصل.

- Akhtar, M.; S. Ahmad; S. Mohsin and T. Mahmood. 1999. Interactive effect of phosphorus and potassium nutrition on the growth and yield of hybrid maize (*zea mays* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences, 2(1), 240-241.
- Al-Zubaidi, A. H., and Pagel, H. 1979. Content of different potassium forms in some Iraqi soils. Soil Department, College of Agriculture, University of Baghdad, Iraq. Scientific Research Foundation, Baghdad.
- Al-Zubaidi, A.H. 2001. Potassium status in Iraq. Potassium and water management in West Asia and North Africa (WANA), The National Center for Agricultural Research and Technology Transfer, Amman, Jordan. 129-142.
- Amrutha, R. N.; P. N. Sekhar; R. K. Varshney and P. K. Kishor. 2007. Genome-wide analysis and identification of genes related to potassium transporter families in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Science, 172(4), 708-721.
- Amujoyegbe, B. J.; J. T. Opabode and A. Olayinka. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of maize (*Zea mays* L.) and (*sorghum Sorghum bicolour* L.) Moench. African Journal of Biotechnology, 6(16), pp. 1869-1873.
- Andersson, S.; M. Simonsson; L. Mattsson; A.C. Edwards and I. Öborn. 2007. Response of soil exchangeable and crop potassium concentrations to variable fertilizer and cropping regimes in long-term field experiments on different soil types. Soil use and management, 23(1), 10-19.
- April, R. and D. Keller. 1990. Mineralogy of the rhizosphere in forest soils of the eastern United States. Biogeochemistry, 9(1), 1-18.
- Awodun, M.A. 2008. Effect of nitrogen released from rumen digesta and cow dung on soil and leaf nutrient content of Gboma (*Solanum macrocarpon* L.). Journal of applied Biosciences, 7, 202-206.
- Balyan, J.K.; P. Singh; B.S. Kumpawat and L.K. Jain. 2006. Effect of integrated nutrient management on maize (*Zea mays* L.) growth and its nutrients uptake. Curr. Agric, 30(1-2), 79-82.

- Barber S.A. 1995. Soil nutrient bioavailability: A Mechanistic Approach, 2nd edn. Wiley, New York.
- Barber, S.A. 1984. Soil nutrient bioavailability. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 414.
- Black, C.A. 1965. Methods of soil Analysis. AM. Soc. Agron. No.9 Part 1. Madison, Wisconsin. USA. Pp.374-390.
- Blume, H.P. 1985. Page, AL, RH Miller and DR Keeney (Ed., 1982): Methods of soil analysis; 2. Chemical and microbiological properties, 2. Aufl. 1184 S., American Soc. of Agronomy (Publ.), Madison, Wisconsin, USA, gebunden 36 Dollar. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 148(3), 363-364.
- Bolt, G.H.; M.E. Sumner and A. Kamphorst. 1963. A study of the equilibria between three categories of potassium in an illitic soil. Soil Science Society of America Journal, 27(3), 294-299.
- Bot, A. and J. Benites. 2005. The importance of soil organic matter: key to drought-resistant soil and sustained food production (No. 80). Food & Agriculture Org. Rome, Italy.
- Buchholz, D.D. and J.R. Brown. 1993. Potassium in Missouri soils. University of Missouri. Columbia.
- Cabala, J.E.; L.E. Teper; E.U. Małkowski and A.D.A. Rostański. 2004. Mineral composition in rhizosphere of plants grown in the vicinity of a Zn-Pb ore flotation tailings pond. Preliminary study. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 46, 65-74.
- Cai, H. 2006. Genome mapping and molecular breeding in plants (Cereals and millets). Chapter 3, Maize. Forage Crop Research Institute, Japan Grassland Agriculture and Forage Seed Association, 388-5, Nasushiobara, Tochigi, 329-2742.
- Cresser, M.S. and J.W. Parsons. 1979. Sulphuric-Perchloric acid digestion of plant material for the determination of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. Analytica Chimica Acta, 109(2), 431-436.

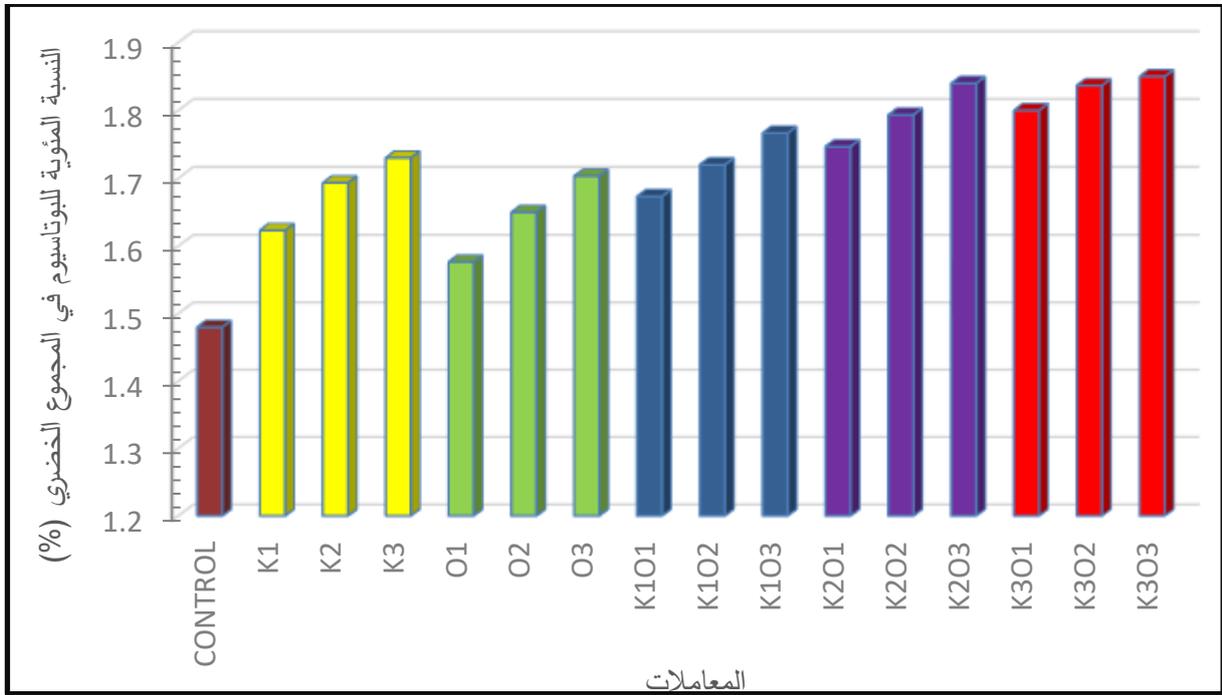
- De-shui, T.; J. Ji-yun. H. Shao-wen. L. Shu-tian and H. Ping. 2007. Effect of long-term application of K fertilizer and wheat straw to soil on crop yield and soil K under different planting systems. *Agricultural Sciences in China*, 6(2), 200-207.
- Dixon, J.B. and S.B. Weed. 1977. *Minerals in soil environment*. Soil Sci. Soc.Am. Madison Wisconsin U. S.A.
- Drever, J.I. and L.L. Stillings. 1997. The role of organic acids in mineral weathering. *Colloids and Surface, A: physicochemical and Engineering Aspects*, 120: 167-181.
- FAO. 2017. UN Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Gouin, F.R. (1997). Selecting organic soil amendments for landscapes. *Biocycle*, 38(12), 62-63.
- Havlin, J.L.; J.D. Beaton; S.L. Tisdale and W.L. Nelson. (2005). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (Vol. 515, pp. 97-141). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- IPI, International Potash Institute. 2001. *Potassium in plant production*. Basel/Switzerland. 1-44.
- IPI, International Potash Institute. 2016. *Technical manual on Potash Fertilizer*. Addis Ababa, Ethiopia.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall. Inc. Englewood. Cliffs, N.J .
- Johnston, A.E. 2003. *Understanding Potassium and it's use in Agriculture*. European Fertilizer Manufacturers Association. Potassium and soil. 23-28.
- Kade, B.G.; N.N. Badhe and C.P. Ghonsikar. 1978. Potassium fixation in marathwada soil. *Soil & Fertilizers*. 43. No.2.
- Kirkman, J.H.; A. Basker; A. Surapaneni and A.N. MacGregor. 1994. Potassium in the soils of New Zealand-a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 37(2), 207-227.

- Korb, N.; C. Jones and J. Jacobsen. 2002. Potassium cycling, testing, and fertilizer recommendations. Nutrient Management Module, 5, 1-12.
- Kovar, J.L. and S.A. Barber. 1990. Potassium supply characteristics of thirty-three soils as influenced by seven rates of potassium. *Soil Science Society of America Journal*, 54(5), 1356-1361.
- Lanyon, L.E. and W.R. Heald. 1982. Magnesium, Calcium, Strontium and Barium in A.L Page, (Ed). *Methods of Soil Analysis. Part2. Chemical and Microbiological Properties* 2nd edition, Amer. Soc. of Agron. Inc. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison. Wis. U.S.A.
- Martin, H.W.; and D.L. Sparks. 1983. Kinetics of nonexchangeable potassium release from two coastal plain soils. *Soil Science Society of America Journal*, 47(5), 883-887.
- Mengel, K. 1985. Dynamics and availability of major nutrients in soils. In *Advances in soil science* (pp. 65-131). Springer, New York, NY.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 2001. *Principles of plant nutrition.*, 5th edn (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands).
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1982. *Principles of Plant Nutrition* 3rd edition International Potash Institute. Warblaufen-Bern Switzerland.
- Metson, A.J. 1980. Potassium in New Zealand soils. Department of Scientific and Industrial Research. New Zealand Soil Bureau Report No. 38 : 61.
- Munn, D.A. and E.O. McLean. 1975. Soil potassium relationships as indicated by solution equilibrations and plant uptake. *Soil Science Society of America Journal*, 39(6), 1072-1076.
- Nejad, S. D.; T.S. Nejad and S. Lack. 2010. Study effect drought stress and different levels potassium fertilizer on K accumulation in corn. *Nature and science*, 8(5), 23-27.
- Okoroafor, I.B.; E.O. Okelola; O.N. Edeh; V.C. emehute; C.N. Onu; T. C. Nwaneri and, G. I. Chinaka. 2013. Effect of Organic Manure on the Growth and Yield Performance of Maize in Ishiagu, Ebonyi State, Nigeria. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 5(4), pp 28-31

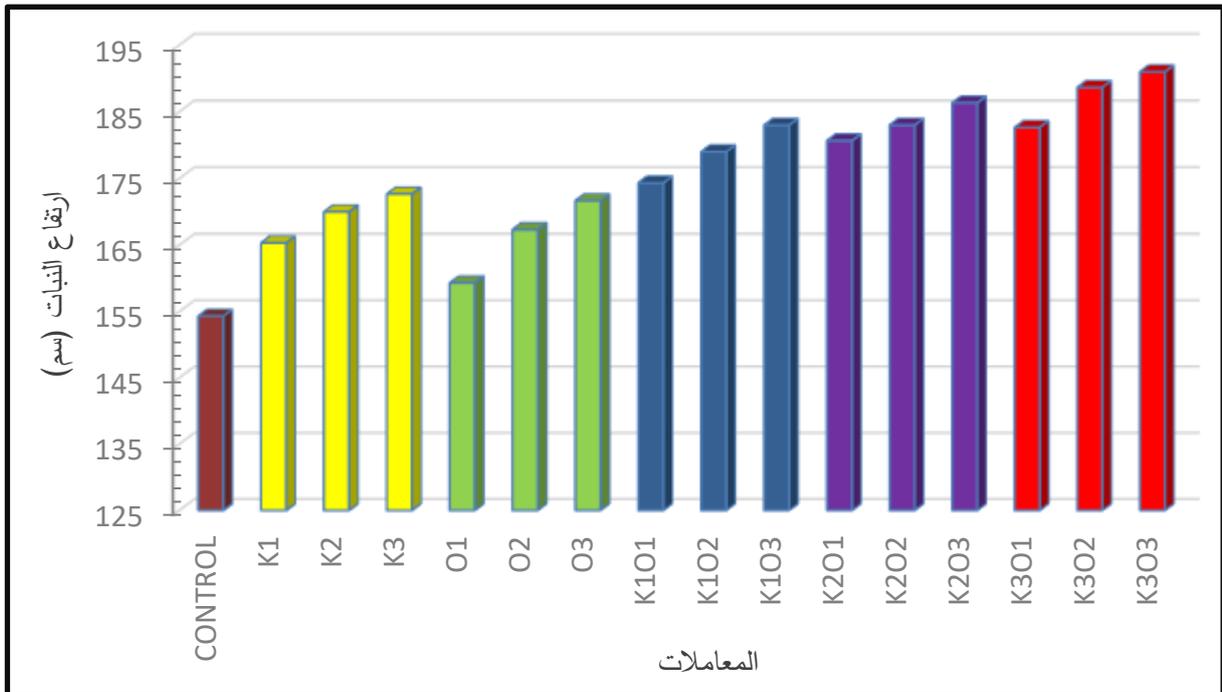
- Page, A, L., R.H. Miller. And D.R.Keeny (Eds).1982. Methods of soil analysis. Part2. 2nd edition. Chemical and Microbiological properties. Am. Sco. of Agr. ,s.s.s.Am.inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Parfitt, R.L. 1992. Potassium- Calcium exchange in some New Zealand soil. Australian J. of Soil Res. 30:145-158.
- Pettygrove, S.; T. O'Geen and R. Southard. 2011. Potassium fixation and its significance for California crop production. Better Crops with Plant Food, 95(4), 16-18.
- Rao, C. and, P.N. Takkar. 2007. Potassium status in maize rhizosphere of smectitic soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 160(1), 103-106.
- Rasmussen, K. 1972. Potash in feldspars. Proc. Colloq. International Potash Institute. p: 57-60.
- Robert, M.; J. Guyot, and M. Hervio. 1990. Soil mineralogy and potassium dynamic. Potash Review. No. 1 sub. 5.
- SAS. 2012. Statistical Analysis System, User's Guide. Statistical. Version 9.1th ed. SAS. Inst. Inc. Cary. N.C. USA.
- Schumann, H. A. 1994. The production of organic and biofertilizers. Agrochemicals New in Brief. 17(2): 24-31.
- Segars, B. 2002. Efficient fertilizer use – fertigation. Section for fertilizers for injection into irrigation.
- Selim, H. M.; R.S. Mansell and L.W. Zelazny. 1976. Modeling reactions and transport of potassium in Soils. Soil Science, 122(2), 77-84.
- Sharpley, A.N. 1990. Reaction of fertilizer potassium in soils of differing mineralogy. Soil Sci. 149(1), 44-51.
- Song, S.; P. Lehne; J. Le; T. Ge and D. Huang. 2009. Yield, fruit quality and nitrogen uptake of organically and conventionally grown muskmelon with different inputs of nitrogen, phosphorus, and potassium. Journal of plant nutrition, 33(1), 130-141.

- Sparks, D. L. 2001. Dynamics of K in soils and their role in management of K nutrition. International Potash Institute PR II K in nutrient management for sustainable crop production in India, New Delhi, India, 305.
- Sparks, D.L. 1980. Chemistry of soil potassium in Atlantic coastal plain soils: A review 1. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 11(5), 435-449.
- Sparks, D.L. 1992. Kinetics of Soil Chemicals Process. Academic Press, Inc., England.
- Sposito, G. 1989. The Chemistry of soil. Oxford University. Press Potash Institute.
- Stanley, E.M. 2005. Environmental chemistry. International Standard Book, CRC Press, New York, U.S.A.
- Thompson, L.M. and F.R. Troech. 1979. Soil and soil fertility, 4ed. Tata Mc Grow Hill. Publishing company Ltd. New Delhi.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1958. Soil fertility and fertilizers. Macmillan Company.; New York. Cha.7:246-248.
- Vig, A. C. and B. Das. 1977. Potash improves growth and yield of wheat. Potash Rev, 9(39), 5.
- Wiklander, L. 1954. Forms of potassium in the soil. In Potassium. Potash Institute 1,109-112.
- Yang, J.E. and E.O. Skogley. 1992. Diffusion kinetics of multinutrient accumulation by mixed-bed ion-exchange resin. Soil Science Society of America Journal, 56(2), 408-414.

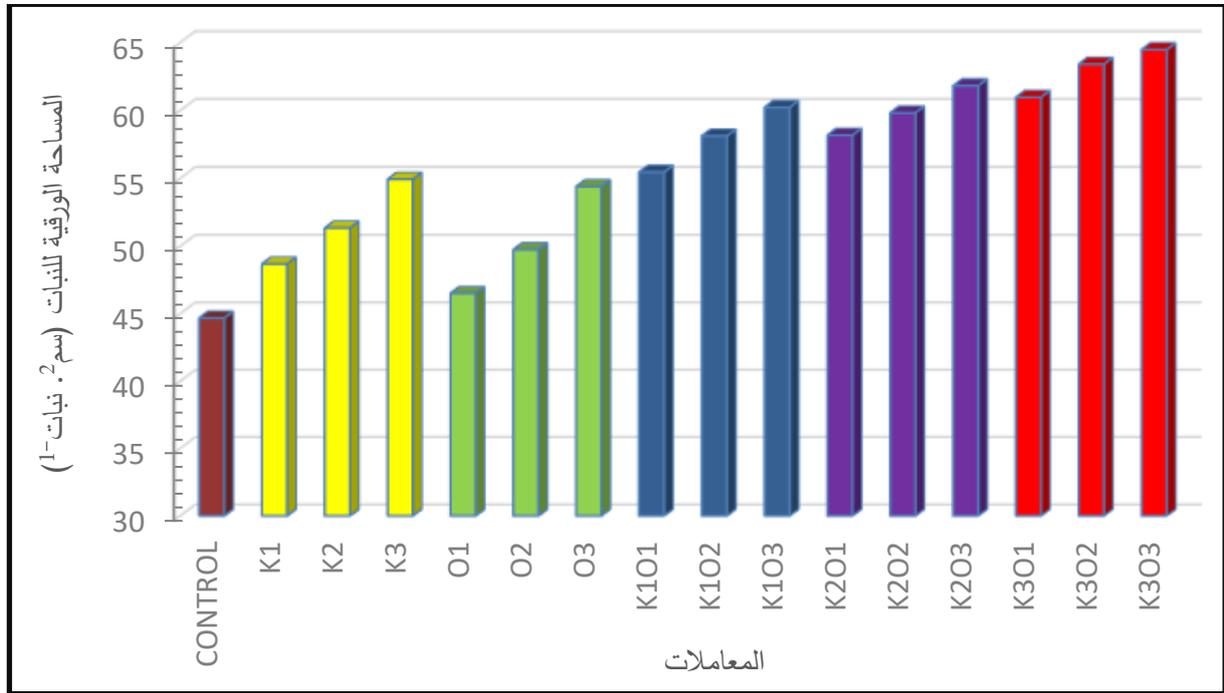
ملحق (3) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في النسبة المئوية للبوتاسيوم في المجموع الخضري الجاف عند الحصاد.



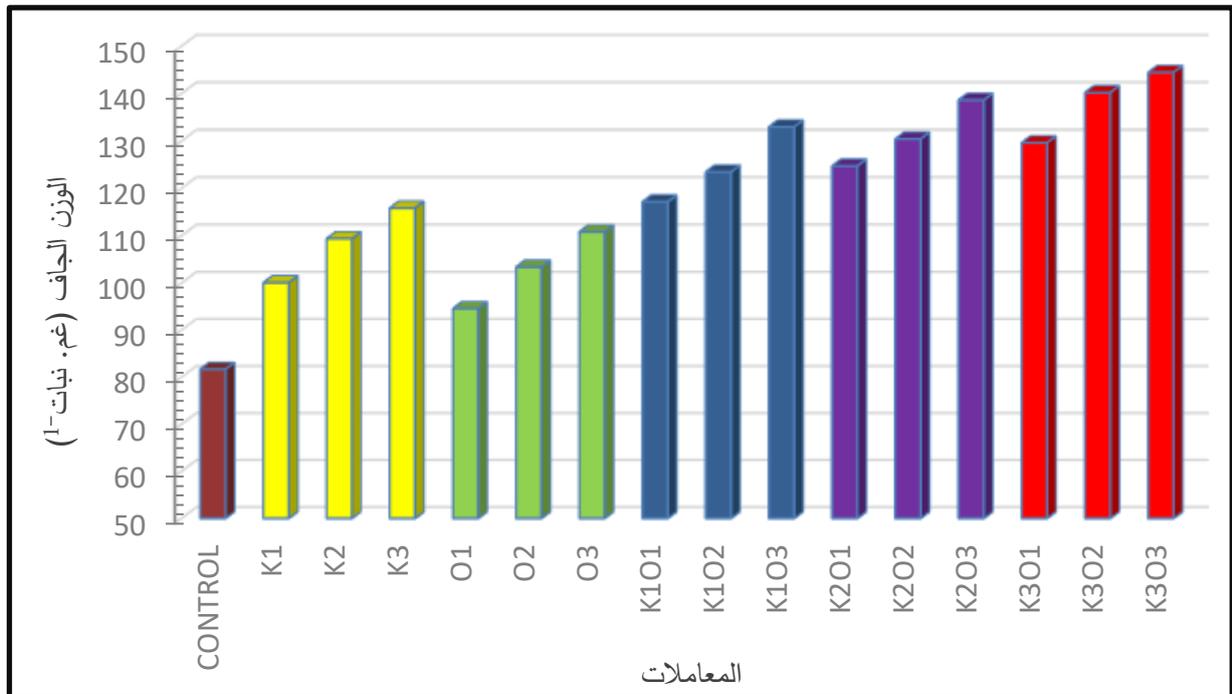
ملحق (4) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في ارتفاع النباتات عند الحصاد.



ملحق (5) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في المساحة الورقية للنبات عند الحصاد.



ملحق (6) تأثير إضافة السماد البوتاسي والسماد العضوي والتداخل بينهما في الوزن الجاف للمجموع الخضري عند الحصاد.



Abstract

A field experiment was carried out in a private farmer's farm located in Qadisiyah/ Diwaniyah/ Daghara/ Sadr al-Daghara in a sedimentary soil with Silt Clay Loam To study the effect of potassium fertilization (potassium sulfate) and organic fertilization (poultry residues) on potassium forms (soluble, exchangeable, mineral, total) in rhizosphere and bulk soil during plant growth periods (40, 70 and 100) days of planting and some plant growth characteristics for *Zea mays* (potassium percentage in the vegetative group, plant height, leaf area of the plant and the dry weight of the vegetative group) during harvest. using a factor experiment according to the randomized complete block design (RCBD) in three replicates includes four levels of potassium fertilizer (0.75,150,225) kg K⁻¹ symbolized by the symbols (K₀, K₁, K₂, K₃) and four levels of organic matter (poultry residues) (0, 10, 20, 30) tons. ha⁻¹ (O₀, O₁, O₂, O₃) Respectively. The seeds of the *Zea maiz* (*Zea mays* L.) experimental class (DKC 6120) were cultivated in the form of lines on 20/7/2016. The results obtained were summarized as follows:

4. The addition levels of potassium and organic fertilizers and the interaction between them has significantly affected the potassium forms in rhizosphere and bulk soil during plant growth periods (40, 70 and 100) days after planting. The interaction between the highest potassium fertilizer addition level 225 kg K. ha⁻¹ and the highest organic fertilizer addition level 30 ton. ha⁻¹ achieved the highest amount of soluble potassium (0.163, 0.131, 0.108) Cmol. L⁻¹ in rhizosphere and (0.179, 0.167, 0.159) Cmol. L⁻¹ in bulk soil for the periods (40, 70, 100) days of planting respectively, and the highest amount of exchangeable potassium (0.881, 0.796, 0.745) Cmol. kg⁻¹ in rhizosphere and (0.968, 0.920, 0.869) Cmol. kg⁻¹ in bulk soil for the periods (40, 70, 100) days of planting respectively, and the highest amount of non - exchangeable and mineral potassium (35.831, 35.870, 35.899) Cmol. kg⁻¹ in rhizosphere and (35.855, 35.886, 35.913) Cmol. kg⁻¹ in bulk soil for the periods (40, 70, 100) days of planting respectively, and the highest amount of total potassium (36.874, 36.798, 36.752) Cmol. kg⁻¹ in rhizosphere and (37.002, 36.973, 36.942) Cmol. kg⁻¹ in bulk soil for the periods (40, 70, 100) days of planting respectively. When comparing the growth periods, there was a decrease in the values of soluble, exchangeable and total potassium with the progress of growth periods and the highest decline occurred during the

period of 70 days of planting, while the values of non-exchangeable and mineral potassium was increasing with the progress of growth duration.

5. The X-ray diffraction tests proved the presence of metal transformations and changes. potassium fertilization had a major role on the metal of Illite, due to the supplying of clay minerals with potassium, while the organic fertilization was insufficient to meet the quantities required for plant growth, resulting in depletion of metallic potassium.
6. The levels of addition of potassium fertilizer and organic fertilizer has significantly affected the potassium percentage in the vegetative group, plant height, leaf area of the plant and the dry weight of the vegetative group. The interaction between the highest level of potassium fertilizer $225 \text{ kg K. ha}^{-1}$ and the highest level of organic fertilizer 30 tons. ha^{-1} achieved the highest percentage of potassium in the vegetative group amounted to 1.850% and the highest plant height amounted to 191.0 cm and the largest paper area of plant amounted to $64.477 \text{ cm}^2 \cdot \text{Plant}^{-1}$ and the highest dry weight of the vegetative group amounted to $144.50 \text{ g. Plant}^{-1}$.

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Al-Qadisiyah
College of Agriculture



Effect of Potassium and Organic Fertilizer on Potassium Forms in Rhizosphere and Bulk soil and Growth of Corn Plant (*zea mays* L.)

A Thesis

Submitted to the council of the college of Agriculture

University of Al-Qadisiyah

In

Partial fulfillment of the Requirements for the degree of

master Sciences in Agriculture

(Soil and Water Resources)

By

Jibreel Abbas Mohammad Al-Zaidy

Supervised by

Prof. Dr. Raid Shaalan Jarallah

2017 AD

1439 H