جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى - كلية الزراعة

حالة المغنيسيوم وسلوكيته في بعض الترب الكلسية والجبسية

رسالة مقدمة إلى مجلس كلية الزراعة في جامعة ديالى

وهي جزء من متطلبات درجة الماجستير في العلوم الزراعية

علوم التربة والموارد المائية

من قبل

نورس حمدان محمود الغبشة

بإشراف

أ.د. رعد عبد الكريم التميمي

1443 هـ

2022 م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

هُوَ الَّذِي بَعَثَ فِي الْأُمِّيِّينَ رَسُولًا مِنْهُمْ يَتْلُو عَلَيْهِمْ آيَاتِهِ وَيُزَكِّيهِمْ وَيُعَلِّمُهُمُ الْكِتَابَ وَالْحِكْمَةَ وَإِنْ كَانُوا مِنْ قَبْلُ لَفِي ضَلَالٍ مُبِينٍ (2) وَآخَرِينَ مِنْهُمْ لَمَّا يَلْحَقُوا بِهِمْ وَهُوَ الْعَزِيزُ الْحَكِيمُ (3) ذَٰلِكَ فَضْلُ اللَّهِ يُؤْتِيهِ مَنْ يَشَاءُ وَاللَّهُ ذُو الْفَضْلِ الْعَظِيمِ (4) **الجمعة (2-4)**

صَدَقَ اللهُ العَظِيمُ

المستخلص Abstract

بهدف دراسة حالة المغنيسيوم وسلوكيته في بعض الترب الكلسية والجبسية، اختيرت 4 ترب تختلف في محتواها من معادن الكربونات (175 و225 و265 و375غم كغم$^{-1}$ معادن الكربونات) ورمز لها C_1 وC_2 وC_3 وC_4، و4 ترب تختلف في محتواها من الجبس (50 و150 و250.5 و350 غم كغم$^{-1}$ جبس) ورمز لها G_1 وG_2 وG_3 وG_4، وتم اجراء التوصيف الكيميائي والفيزيائي لترب الدراسة، وتم تقدير صيغ المغنيسيوم المختلفة: الذائب والمتبادل وغير المتبادل والمعدني والكلي فيها، وقدرت ايضاً بعض المعايير الثرموديناميكية وهي القوة الايونية، ومعامل الفعالية، والفعالية الايونية، والطاقة الحرة للاستبدال، ومعامل التفضيل لكابون، وتم اجراء تجربتين احداهما مختبرية والأخرى بايولوجية، تضمنت التجربة المختبرية إيجاد علاقات السعة والشدة لترب الدراسة، اما بالنسبة للتجربة البايولوجية، فقد اختيرت عينتي تربة كلسية (175 و265 غم كغم$^{-1}$ معادن الكربونات)، ورمز لهما C_1 وC_3 على التتابع، وعينتي تربة جبسية (150 و250.5 غم كغم$^{-1}$ جبس) ورمز لهما G_2 وG_3 على التتابع، ونفذت تجربة اصص وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاثة مكررات، وكانت الوحدات التجريبية كالآتي 4 ترب ×5 مستويات من المغنيسيوم ×3 مكررات وبذلك يكون عددها 60 وحدة تجريبية، واستعمل محصول الحنطة صنف إباء 99 دليلاً، وتم إضافة المغنيسيوم على هيئة كبريتات المغنيسيوم ($MgSO_4.7H_2O$)، وبشكل محلول دفعة واحدة بعد 20 يوماً من البزوغ وبالمستويات الاتية (0-25-50-75-100) ملغم كغم$^{-1}$ مغنيسيوم ورمز لها (Mg_0-Mg_1-Mg_2-Mg_3-Mg_4) على التوالي، وقدرت الصفات الاتية: المغنيسيوم الممتص في ورقة العلم، والمغنيسيوم الممتص في الحبوب بعد الحصاد، ووزن الحبوب، والوزن البايولوجي للمجموع الهوائي، وقدر المغنيسيوم الذائب والجاهز والايصالية الكهربائية في التربة بعد الزراعة، وبينت النتائج ان تركيز المغنيسيوم الذائب في ترب الدراسة منخفض جدا وكان الانخفاض اشد في الترب الجبسية قياساً مع الترب الكلسية، وبلغت قيم المغنيسيوم الذائب 0.024-0.079 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب الكلسية، و007. 0 -0.056 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب الجبسية، اما المغنيسيوم المتبادل فقد كان بين 1.969-2.331 سنتيمول كغم$^{-1}$ و0.379-0.914 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب الكلسية والجبسية على التتابع، وبلغ المغنيسيوم غير المتبادل 6.661-10.080 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب الكلسية و7.443-11.553 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب الجبسية، اما المغنيسيوم المعدني فبلغت قيمه بين 136.251-156.198 و50.213-86.226 سنتيمول كغم$^{-1}$، في الترب الكلسية والجبسية على التتابع، بينما بلغت قيم المغنيسيوم الكلي بين 146.060-168.690 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب الكلسية، وبين 59.660- 98.750 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب الجبسية.

اما المعايير الثرموديناميكية فتوضح النتائج ان قيم معامل فعالية المغنيسيوم كانت بين 0.518-0.663 و0.514-0.558 في الترب الكلسية والجبسية على التوالي، وتوضح هذه القيم ان 33.7-48.2% و44.2-48.6% من المغنيسيوم في الترب الكلسية والجبسية على التتابع يوجد بصيغة غير فعالة أي بشكل مزدوجات ايونية غير فعالة، وتوضح النتائج ايضاً ان قيم الفعالية الايونية للمغنيسيوم منخفضة جدا وكانت بين 3.64×10^{-4} - 11.20×10^{-4} مول لتر$^{-1}$ في الترب الكلسية وبين1.70×10^{-4}- 7.20×10^{-4} مول لتر$^{-1}$ في الترب الجبسية، وبلغت قيم نسبة فعالية المغنيسيوم 0.1380- 0.1676 مول لتر$^{-1}$ في الترب الكلسية، اما في الترب الجبسية فكانت القيم بين 0.0250-0.1368 مول لتر$^{-1}$، اما معيار الطاقة الحرة فقد كانت قيمه من 1.058 الى 1.173 كيلو سعرة مول$^{-1}$ في الترب الكلسية، ومن 1.178 الى 2.187 كيلو سعرة مول$^{-1}$ في الترب الجبسية، اما معامل التفضيل لكابون فقد كانت القيم بين 1.36 – 1.60 مول لتر$^{-1}$ في الترب الكلسية، وبين 1.08 – 7.78 مول لتر$^{-1}$ في الترب الجبسية، وتوضح النتائج ارتفاع قيم معامل التفضيل أي ارتفاع تفضيل الترب لأيونات المغنيسيوم بانخفاض مؤشر نسبة فعالية المغنيسيوم (AR_{Mg})، فقد وجدت علاقة ارتباط سالبة عالية المعنوية (**1.000-) بين معامل التفضيل لكابون ونسبة فعالية المغنيسيوم في الترب الكلسية والجبسية، وان الارتفاع كان اعلى في الترب الجبسية قياساً مع الترب الكلسية، وكانت النتائج كالاتي:

1- تفوق معنوي للمستوى Mg_3 (75 ملغ كغم$^{-1}$) على باقي مستويات الإضافة، في صفة وزن الحبوب، والمغنيسيوم الممتص في ورقة العلم، ووزن الحاصل البايولوجي، وهذا يعني ان هذا المستوى وبتوفر عناصر NPK والعناصر الصغرى كان كافياً لاحتياج النبات.
2- تفوق معنوي للتربة الكلسية C_1 (175 غم كغم$^{-1}$ معادن الكربونات) والتربة الجبسية G_2 (150 غم كغم$^{-1}$ جبس) على التربة الكلسية C_3 (265 غم كغم$^{-1}$ معادن الكربونات) والتربة الجبسية G_3 (250.5 غم كغم$^{-1}$ جبس) في نسبة الاستجابة للتسميد بالمغنيسيوم في اغلب الصفات البايولوجية (تركيز المغنيسيوم في الحبوب ملغم غم$^{-1}$، والمغنيسيوم الممتص في الحبوب اصيص$^{-1}$، ووزن الحبوب، ووزن الحاصل البايولوجي)، وهذا يؤكد ان زيادة معادن الكربونات والجبس في التربة يسبب خفض في استجابة المحاصيل للتسميد بالمغنيسيوم.
3- زيادة قيم الايصالية الكهربائية في الترب الكلسية بعد الزراعة قياساً مع قبل الزراعة، وكانت الزيادة أكبر بزيادة نسبة معادن الكربونات في التربة، اما الترب الجبسية فقد انخفضت قيم الايصالية الكهربائية بزيادة مستويات الجبس قياساً مع قبل الزراعة، وكان الإنخفاض اعلى في المعاملات غير المسمدة بالمغنيسيوم.

قائمة المحتويات

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
.1	المقدمة	1
.2	مراجعة المصادر	
.1.2	كيمياء المغنيسيوم	3
2.2	المعادن الحاوية على المغنيسيوم	3
.3.2	صيغ المغنيسيوم في التربة والاتزان الديناميكي بينها	4
.4.2	طرائق التعبير عن جاهزية المغنيسيوم في التربة	6
.1.4.2	المعايير التقليدية	6
.2.4.2	التجارب البيولوجية	8
.3.4.2	استخدام مفاهيم الثرموداينمك وكيمياء الحركيات	8
.5.2	جاهزية المغنيسيوم في الترب الكلسية والجبسية	9
.6.2	العوامل المؤثرة في جاهزية المغنيسيوم	10
.7.2	أهمية المغنيسيوم للنبات	12
.8.2	استجابة المحاصيل للتسميد بالمغنيسيوم	13
.3	المواد وطرائق العمل	
.1.3	تقدير الصفات الكيميائية والفيزيائية لترب الدراسة	15
.1.1.3	الصفات الكيميائية	15
.1.1.1.3	الايصالية الكهربائية والاس الهيدروجيني	15
.2.1.1.3	المادة العضوية	15
.3.1.1.3	مكافئ كربونات الكالسيوم	15
.4.1.1.3	الجبس	15
.5.1.1.3	سعة تبادل الايون الموجب	15
.6.1.1.3	الايونات الذائبة السالبة والموجبة	15
.7.1.1.3	تقدير صيغ المغنيسيوم في الترب	16
.2.1.3	التحليل الحجمي لمفصولات التربة	17
.2.3	حساب المعايير الثرموديناميكية	18
.1.2.3	القوة الايونية	18
.2.2.3	الفعالية ومعامل الفعالية	18
.3.2.3	جهد المغنيسيوم	18
.4.2.3	نسبة فعالية المغنيسيوم	18

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
.5.2.3	الطاقة الحرة للاستبدال	19
.6.2.3	السعة والشدة	19
.3.3	تجربة الزراعة	20
.4.3	تحليل العينات النباتية بعد الزراعة	21
.1.4.3	المغنيسيوم الممتص في ورقة العلم والحبوب	21
.2.4.3	الحاصل البيولوجي	21
.5.3	تحاليل عينات التربة بعد الزراعة	21
.1.5.3	الايصالية الكهربائية	21
.2.5.3	المغنيسيوم الذائب	21
.3.5.3	المغنيسيوم المستخلص	21
.6.3	تقدير المغنسيوم في التربة والنبات	22
.7.3	التحليل الاحصائي	22
.4	النتائج والمناقشة	
.1.4	الصفات العامة لترب الدراسة	23
.2.4	صيغ المغنيسيوم في ترب الدراسة قبل الزراعة	25
.3.4	تقييم حالة المغنيسيوم باستعمال بعض المعايير الثرموديناميكية	29
.4.4	العلاقة بين السعة (الكمية) والشدة (الفعالية) (Q\I)	33
.5.4	السعة التنظيمية للمغنيسيوم ($B. C^{Mg}$)	36
.6.4	المغنيسيوم المتحرك (Labile-Mg)	37
.7.4	العلاقة بين صيغ المغنيسيوم المختلفة وصفات التربة	37
.8.4	التجربة البيولوجية	40
.1.8.4	تأثير التسميد بالمغنيسيوم في تركيزه بورقة العلم	40
.2.8.4	تأثير التسميد بالمغنيسيوم في تركيزه في الحبوب ملغم غم$^{-1}$	43
.3.8.4	تأثير التسميد بالمغنيسيوم في كميته في الحبوب ملغم اصيص$^{-1}$	45
.4.8.4	تأثير سماد كبريتات المغنيسيوم في وزن الحبوب	47
.5.8.4	تأثير إضافة سماد كبريتات المغنيسيوم في الحاصل البيولوجي	49
.9.4	قيم الايصالية الكهربائية في الترب بعد الزراعة	50
.10.4	صيغ المغنيسيوم في التربة بعد الزراعة	52
.1.10.4	المغنيسيوم الذائب	52
.2.10.4	المغنيسيوم المتبادل	54

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
.3.10.4	المغنيسيوم الجاهز	56
.11.4	علاقة التداخل بين صيغ المغنيسيوم المختلفة بعد الزراعة وصفات المحصول	58
.12.4	المقارنة بين طرائق استخلاص المغنيسيوم الجاهز بعد الزراعة	59
.5	الاستنتاجات والتوصيات	
.1.5	الاستنتاجات	61
.2.5	التوصيات	62
.6	قائمة المصادر	63
.7	الملاحق	70

قائمة الجداول

رقم الجدول	الموضوع	رقم الصفحة
1	رموز الترب المستخدمة في البحث وموقعها	14
2	بعض الصفات الكيميائية والتوزيع الحجمي للمفصولات لترب الدراسة	24
3	صيغ المغنيسيوم المختلفة في الترب الكلسية والجبسية قبل الزراعة	26
4	قيم المعايير الثرموديناميكية المستخدمة لتقييم حالة المغنيسيوم وجاهزيته في الترب الكلسية والجبسية	31
5	قيم السعة التنظيمية للمغنيسيوم والمغنيسيوم المتحرك في ترب الدراسة	36
6	قيم معامل الارتباط لصيغ المغنيسيوم والمعايير الثرموديناميكية وبعض صفات الترب الكلسية	38
7	قيم معامل الارتباط لصيغ المغنيسيوم والمعايير الثرموديناميكية وبعض صفات الترب الجبسية	39
8	تركيز المغنيسيوم في ورقة العلم (ملغم غم$^{-1}$)	42
9	تأثير إضافة كبريتات المغنيسيوم في تركيز المغنيسيوم في الحبوب (ملغم غم$^{-1}$)	44
10	كمية المغنيسيوم الممتصة في الحبوب، ملغم أصيص$^{-1}$	46
11	تأثير كبريتات المغنيسيوم في وزن الحبوب (غم اصيص$^{-1}$)	48
12	تأثير كبريتات المغنيسيوم في وزن الحاصل البيولوجي (غم اصيص$^{-1}$)	50
13	الايصالية الكهربائية في الترب بعد الزراعة (ديسيسمنزم$^{-1}$)	51
14	تركيز المغنيسيوم الذائب بعد الزراعة في الترب الكلسية والجبسية	53
15	تركيز المغنيسيوم المتبادل بعد الزراعة في الترب الكلسية والجبسية	55
16	تركيز المغنيسيوم الجاهز بعد الزراعة في الترب الكلسية والجبسية	57
17	علاقات ارتباط صفات الحاصل وصيغ المغنيسيوم مع طريقتي استخلاص المغنيسيوم الجاهز	58
18	تركيز المغنيسيوم الجاهز المستخلص بخلات الامونيوم وحامض الهيدروكلوريك	60

قائمة الاشكال

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
1	العلاقة بين السعة والشدة	9
2	منحنيات الاتزان والتي تبين العلاقة بين Q/I في الترب الكلسية	34
3	منحنيات الاتزان والتي تبين العلاقة بين Q/I في الترب الجبسية	35

الملاحق

رقم الملحق	العنوان	رقم الصفحة
.1.7	الصور الخاصة بالتجربة البايولوجية	67

قائمة بالرموز والمصطلحات ومعناها

الرموز والمصطلحات	معناها
القوة الأيونية (I)	تعبر عن دور المحلول في التفاعلات، وتمثل شدة الحقل الكهربائي في المحلول
الفعالية الايونية (a_i)	هي الكمية الفعالة او النشطة من الايون والتي تمتلك جهداً كيميائياً كبيراً
معامل الفعالية (γ_i)	مقدار ابتعاد الايون عن السلوك المثالي
معامل التفضيل KG	هو ثابت التبادل الكاتيوني او ما يسمى معامل التفضيل لكابون الذي يعكس مدى تفضيل أي تربة من الترب لامتزاز ايون المغنيسيوم قياساً مع ايون الكالسيوم
AR_{Mg}	نسبة فعالية المغنيسيوم
الجهد الايوني	هو حاصل قسمة شحنة الايون على نصف قطره غير المتأدرت مقدرا ً بالنانومتر
C	ترب كلسية
G	ترب جبسية
Mg	المغنيسيوم
Mg_0 وMg_1 وMg_2 وMg_3 وMg_4	يرمز الى مستويات المغنيسيوم المضاف
Mg exch	المغنيسيوم المتبادل
CEC	سعة تبادل الايون الموجب
EP_{Mg}	نسبة المغنيسيوم المتبادل
Mg-SP	نسبة التشبع بالمغنيسيوم
P_{Mg}	جهد المغنيسيوم
ΔF	الطاقة الحرة للاستبدال
Q	السعة
I	الشدة
$B.C^{Mg}$	السعة التنظيمية للمغنيسيوم
Labile-Mg	المغنيسيوم المتحرك

1. المقدمة Introduction

يوجد المغنيسيوم بوفرة في بعض ترب المناطق الجافة وشبه الجافة ويأتي بعد الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم من ناحية وفرته في القشرة الارضية (Havlin وآخرون، 2014) وتصل نسبته فيها إلى 3.0%، ويوجد في الطبيعة بصيغة ايون موجب ثنائي الشحنة، اما نسبته في التربة فتبلغ 0.05% في الترب الرملية و0.5 - 1.40% في الترب الطينية، ويعكس ذلك إزالته من التربة في اثناء التجوية، وقد يصل إلى 7.20% في الترب الحديثة ذات التركيز العالي من الدولوميت والمغنسيت (Mengel وKirkby، 2001)، وتركيزه في التربة عادة أقل من تركيز الكالسيوم، وهو أقل امتزازاً على أسطح التبادل من الكالسيوم باستثناء أسطح معدن الفرمكيوليت فتكون الأفضلية للمغنيسيوم (التميمي، 2016)، ويعد المغنيسيوم من المغذيات الكبرى في تغذية النبات، اذ يدخل في معظم الفعاليات الحيوية داخل النبات، فهو يشكل مركز جزيئة الكلوروفيل، ومن الادوار المهمة للمغنيسيوم في النبات تنشيطه تقريبا لكل الانزيمات التي تشترك في عملية الفسفرة، ويعد عنصرا ضرورياً أيضاً في تكوين السكريات داخل النباتات، ويؤدي دورا كبيرا في انتقال النشأ وتوزيعه داخل النبات، ويحفز تكوين الزيوت النباتية، ويدخل في تكوين البذور(علي وآخرون، 2014).

ان الترب الحاوية على كمية من الكربونات المترسبة وكافية للتأثير في صفات التربة التي تتعلق بنمو النبات يطلق عليها بالترب الكلسية، وتنتشر هذه الترب في المناطق القاحلة وشبه القاحلة التي توجد فيها صخور كلسية، او مادة اصل متكونة من معادن الكالسيت والدولوميت والبازلت، او متكونة من ترسبات ثانوية نتيجة اتحاد الكربونات والبيكربونات مع ايونات الكالسيوم الذائبة في محلول التربة، وهذه الترب موجودة في جميع البلدان العربية، وتقع معظم الترب العراقية ضمن هذه المناطق، وان نسب محدودة من كربونات الكالسيوم المترسبة في التربة مرغوب بها لكونها مصدراً للكالسيوم، فهي تمنع ظهور الصودية عند تكوّن الترب الملحية أو عند استصلاحها، إلا إن ارتفاع نسبها في الترب قد يكون له تأثير سلبي في بعض خصائص التربة، لا سيما تلك المتعلقة بجاهزية بعض العناصر الغذائية، مثل: الفوسفور والعناصر الصغرى، واختلال الاتزان الغذائي بين الكالسيوم وكل من المغنيسيوم والبوتاسيوم، وتكوّن طبقة صلدة تعيق نمو الجذور وانتشارها، وتعيق حركة الماء (التميمي، 2016).

يطلق على الترب الحاوية على نسبة من الجبس مؤثرة في صفاتها الكيميائية والفيزيائية بالترب الجبسية ويُعرّف برزنجي بحسب ما ورد في التميمي (2016) الترب الجبسية بأنها: الترب الحاوية على أكثر من 5% جبس في طبقة الجذور الفعالة، وتشكل الترب الجبسية نسبة

تصل الى 20% من مساحة العراق وتمتد من جنوب جبل سنجار وحتى جنوب العراق وتتركز في مسطحات نهري دجلة والفرات وقسم منها يقع في الصحراء الغربية والبادية الجنوبية، وتتميز هذه الترب بصفات كيميائية وخصوبية منخفضة وذات قدرة إمدادية واطئة لمعظم العناصر الغذائية الضرورية التي يحتاجها النبات بفعل ذوبانية كبريتات الكالسيوم في محلول التربة التي تسبب اختلال الاتزان بين الكالسيوم وكل من المغنيسيوم والبوتاسيوم، وتؤثر ارتفاع نسبته في بعض صفات التربة الفيزيائية فتؤدي الى خفض قابلية التربة للاحتفاظ بالماء، وتفتيت بناء التربة، وفقدان المطاطية والتماسك، وتكون قشرة صلدة في السطح، الا إن وجود الجبس بنسب منخفضة يكون مفيدا لمنع ظهور الصودية عند غسل الترب المتأثرة بالأملاح (التميمي، 2016).

ان استخدام مفاهيم الثرموداينمك مهماً للوصف الكمي للعمليات والظواهر الكيميائية والفيزيوكيميائية مثل الامتزاز والتحرر وعمليات الترسيب والاذابة للأملاح وتجوية المعادن.

أحد المشاكل المهمة في الترب العراقية مشكلة جاهزية المغنيسيوم وقدرة النبات على امتصاصه بسبب اختلال الاتزان الغذائي بينه وبين كل من الكالسيوم والبوتاسيوم، وأكدت بعض الدراسات ظهور نقصه بدرجة شديدة في الترب الكلسية في بعض محاصيل الأعلاف والحبوب وتحت ظروف الزراعة المحمية (شاكر، 1996 واللامي، 1999)، وعلى بعض محاصيل الحبوب في الترب الجبسية (محمد والمعيني، 2016)، ولمحدودية الدراسات المتعلقة بكيمياء المغنيسيوم في الترب العراقية، لذا فان دراستنا هذه تهدف الى:

1- توصيف حالة المغنيسيوم في بعض الترب الكلسية والجبسية باستخدام بعض المعايير التقليدية والثرموديناميكية.
2- دراسة سلوك المغنيسيوم في بعض الترب الكلسية والجبسية باستخدام بعض المعايير التقليدية والثرموديناميكية.
3- دراسة تأثير إضافة المغنيسيوم الى بعض الترب الكلسية والجبسية في جاهزيته وامتصاصه من قبل محصول الحنطة.
4- تقييم أفضلية استعمال حامض الهيدروكلوريك في استخلاص المغنيسيوم القابل للتجهيز للنبات.

2. مراجعة المصادر Literatures Review

1.2. كيمياء المغنيسيوم

المغنيسيوم عنصر فلزي يقع في الدورة الثالثة والزمرة الثانية من الجدول الدوري، كتلته الذرية 24 غم مول$^{-1}$، وعدده الذري 12 وعدد تأكسده +2، ونصف قطر أيونه غير المتأدرت 0.072 نانومتراً، ويأتي بالمرتبة الثامنة بين العناصر من ناحية وفرته في الطبيعة (Maguire وCowan، 2002)، وهو من العناصر القلوية الارضية، وله صفات وخصائص كيميائية تميزه عن غيره من الأيونات في التربة ومنها شحنته الأيونية، ونصف قطره المتأدرت (4 انكستروماً) أكبر من نصف القطر المتأدرت لكل من الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم بسبب صغر نصف قطره الأيوني (Shaul، 2002؛ Gardner،2003) وله حرارة تأدرت عالية تبلغ (465 كيلو سعرة مول$^{-1}$) تجعله من الأيونات قليلة التثبيت في معادن التربة، ويصنف ضمن الأيونات ذات الجهد الأيوني المتوسط وغالباً ما تكون هذه الأيونات متوسطة الحجم والشحنة وبالتالي تعمل على استقطاب جزيئات الماء المرتبطة بها طاردة كميات كبيرة من أيونات الهيدروجين فتترسب بشكل أكاسيد هيدروكسيدية، وبين كل من Gransee وFührs (2013) أنه بسبب كبر نصف القطر المتأدرت للمغنيسيوم والذي يجعل قوة مسكه من قبل دقائق التربة ضعيفة فمن الممكن أن يفقد عن طريق الغسل، وله طبقة مائية كبيرة ذات ألفة عالية مع الايون مما يشغل فراغاً واسعاً بين طبقات معادن السليكا وهذا يُسهّل من عملية التبادل الأيوني (Grzebisz، 2013)، وبسبب الطبقة المائية الكبيرة لأيون المغنيسيوم فإنه يسبب انتفاخاً لمعادن الطين في التربة، وبين Sposito (2008) أن الايونات الموجبة للعناصر الفلزية التي جهدها الايوني أقل من 30 نانومتر$^{-1}$ توجد في المحاليل المائية بصورة ايونات حرة متأدرته، ويبلغ الجهد الايوني للمغنيسيوم 27.78 نانومتر$^{-1}$ وهو سبب تشابه سلوكه البيوجيوكيميائي في التربة والأنظمة المائية مع سلوك الصوديوم(جهده الايوني 9.8 نانومتراً).

2.2. المعادن الحاوية على المغنيسيوم

لا يوجد المغنسيوم حراً في الطبيعة بسبب فعاليته العالية، وهو مكوِن شائع في العديد من المعادن، ويشكل 3% من القشرة الارضية، ومع ذلك فإن معظم المغنيسيوم (90 – 98%) في التربة مدمج في البناء البلوري للمعادن وبالتالي يكون غير متاح للامتصاص بشكل مباشر من

قبل النبات (Senbayram وآخرون، 2015)، ومن أهم معادنه في التربة: البروسيت ($MgO.H_2O$)، والمغنسيت ($MgCO_3$) وهو قلق وغير مستقر ويتحول إلى $Mg(OH)_2$ (Sparks، 2003)، والدولوميت ($CaMg(CO_3)_2$) (Scheffer وSchachtschabel بحسب Gransee وFührs، 2013)، وذكرSposito (1989) انه في الترب الكلسية ذات الأس الهيدروجيني القاعدي، فإن الاتزان بين معدني الكالسيت والدولوميت هو المحدد لذوبانية المغنيسيوم وجاهزيتهِ في التربة، ويعبر عن الاتزان بينهما بالمعادلة الاتية:

$$CaMg(CO_3)_2 + 2H^+ \leftrightarrow Mg^{2+} + (CO_2)_g + H_2O + CaCO_3 \ (logK=8.72)$$

يوجد المغنيسيوم في المعادن الأولية المتبلورة من الصهير البركاني مثل: البيوتيت، والأولفين، والسربنتين، والهورنبلند، وفي معادن السليكات الصفائحية مثل: الإليت، والفرمكيوليت، والكلوريت، والسمكتيت (Sposito، 2008)، وبين Arnaud وHerbillon (1973) أن معادن الكالسيت الحاملة للمغنيسيوم تترسب في النظام الذي تكون فيه نسبة المغنيسيوم الى الكالسيوم تساوي 5:1، وذكر St-Arnaud (1979) وجود علاقة ارتباط معنوية بين الملوحة وترسيب المغنيسيوم بشكل كالسيت حامل للمغنيسيوم (Mg-Bearing Calcite)، وبيّن Lindsay (1979) انهُ عندما يكون الأس الهيدروجيني اكثر من 7.5 وبوجود نسبة عالية من كربونات الكالسيوم في التربة يبدأ المغنيسيوم بالترسيب على شكل معدن الدولوميت، وبين Al-Khateeb وآخرون (1986) ترسيب المغنيسيوم بصورة فوسفات المغنيسيوم الثنائية والثلاثية عندما كانت نسبة المغنيسيوم الى الكالسيوم في محلول التربة أقل من 1.5، وذكر القيسي وسليم (1990) إمكانية ترسيب المغنيسيوم بشكل كالسيت حامل للمغنيسيوم عند وجوده بتراكيز عالية (150-200 مليمول شحنةلتر$^{-1}$) في محلول التربة.

3.2. صيغ المغنيسيوم في التربة والاتزان الديناميكي بينها

يوجد المغنيسيوم في التربة بالصيغ الآتية:

1. المغنيسيوم الذائب Soluble-Mg: ويمثله المغنيسيوم في محلول التربة، ويكون في حالة توازن مع المغنيسيوم المتبادل، ومتيسر بسهولة للنبات، وبين اللامي (1999) في دراسته لبعض الترب الرسوبية من وسط العراق أن محتواها من المغنيسيوم الذائب بين كان 1.42-1.64 سنتيمول شحنة كغم$^{-1}$ انخفض إلى 0.76-1.46 سنتيمول كغم$^{-1}$ تحت ظروف الزراعة المحمية، وذكر العريبي (2002) في دراسته لترب رسوبية ملحية من أبو غريب، والوحدة، واليوسفية أن قيم المغنيسيوم الذائب كانت 4.48 و5.28 و 8.6 سنتيمول كغم $^{-1}$ على التوالي،