



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم علوم التربة

أثر التسميد العضوي والحيوي في حركية الفسفور وأشكاله المختلفة في الترب

الكلسية

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في علوم التربة

(بإختصاص علوم التربة)

إعداد الطالبة

منى عدنان الأحمد

الإشراف

الدكتور لؤي رفاعي

مدرس في قسم علوم التربة

كلية الهندسة الزراعية - جامعة دمشق

مشرفاً علمياً مشاركاً

الدكتور محمد سعيد الشاطر

أستاذ في قسم علوم التربة

كلية الهندسة الزراعية - جامعة دمشق

مشرفاً رئيساً

العام الدراسي

2022-2023 م

1444-1445 هـ

القبول

عنوان الرسالة: "أثر التسميد العضوي والحيوي في حركية الفسفور وأشكاله المختلفة في الترب الكلسية"

الدرجة العلمية: ماجستير في الهندسة الزراعية تخصص علوم التربة.

اسم المرشحة: منى عدنان الأحمد

نُوقِشت هذه الرسالة في الجلسة العلنية في تمام الساعة التاسعة صباحاً من يوم الأحد الواقع في

2023-12-3 أمام لجنة الحكم المؤلفة من السادة الأساتذة:

أ.د. محمد سعيد الشاطر		عضواً مشرفاً
أ.د. أكرم البلخي		عضواً
أ.م.د. سليمان سليم		عضواً

تصريح

أصرح أنّ البحث الموصوف في هذه الأطروحة تحت عنوان: "أثر التسميد العضوي والحيوي في حركية الفسفور وأشكاله المختلفة في الترب الكلسية" لم يسبق أن قُدم للحصول على أيّة درجة جامعية أخرى، وغير مقدّم حالياً لذلك، وأنّ الأعمال جميعها والنتائج المذكورة هي جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرف العلمي، وأيّة معلومات أو نتائج أخرى ذُكرت في الأطروحة قد نسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المُرشّحة

منى عدنان الأحمد

DECLARATION

I hereby declared that, this work "The Effect of Organic and Biological Fertilization on The Mobility of Phosphorus and Its Different Forms in Calcareous Soils" is a new research work, and that has never been studied by any other researchers for any other degree, and currently it is not submitted by any one for any degree. All the mentioned results are my own efforts, and done by the direct supervision of my guides, All the referred literature is cited, and well-documented in the list of references.

Candidate

Mouna Alahmad

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة:

"أثر التسميد العضوي والحيوي في حركية الفسفور وأشكاله المختلفة في الترب الكلسية"

هو نتيجة بحث علمي قامت بها المرشحة منى عدنان الأحمد بإشراف الأستاذ الدكتور محمد سعيد الشاطر في قسم علوم التربة - كلية الهندسة الزراعية / جامعة دمشق، والدكتور لؤي رفاعي المدرس في قسم علوم التربة - كلية الهندسة الزراعية / جامعة دمشق، وأن أي مرجع ورد في هذه العمل موثق في نص هذه الرسالة.

المشرف المشارك
د. لؤي رفاعي

المشرف العلمي
أ.د. محمد سعيد الشاطر

المرشحة
منى عدنان الأحمد

We witness that the described work in this thesis:

The Effect of Organic and Biological Fertilization on The Mobility of Phosphorus and Its Different Forms in Calcareous Soils

Is the result of scientific research conducted by the candidate **Mouna Alahmad**, under supervision of **Prof. Dr. Muhammad Saeed Al-Shater** at the Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture – Damascus University, and Assistant. **Dr. Loui Rifai** at the Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture – Damascus University. Any other references have been mentioned in this work are documented in the text of the thesis.

Candidate
Mouna Alahmad

Principal supervisor
Prof. Dr. Muhammad Saeed Al-Shater

Co-supervisor
Dr. Loui Rifai

شكر وتقدير

لا يسعني في نهاية هذه المرحلة إلا أن أتوجه بخالص معاني الشكر والعرفان بالجميل لكل من مدّ لي يد العون في إكمال وإنجاز هذا العمل كي يرى النور، وأخص بالشكر:

- **المشرفين** على هذا البحث الأستاذ الدكتور **محمد سعيد الشاطر**، والدكتور **لؤي رفاعي** الذين قاما بالدور الأكبر في توجيه خطوات البحث، وأمطرا عليّ بوافر خبرتهم وجزيل عونهم.
- **لجنة الحكم** الممثلة بالدكتور **أكرم البلخي**، والدكتور **سليمان سليم**، على مراجعة الأطروحة وملاحظاتهم الغنية في تقييمها لتظهر بالشكل الأمثل.
- **رئيس قسم علوم التربة** ممثلة بالدكتورة **حياة وطفة** على دعمها المستمر ومتابعتها القيمة.
- **عمادة كلية الهندسة الزراعية** ممثلةً بالأستاذة الدكتورة **عفراء سلوم** – عميدة الكلية على الدعم والحافز لإتمام هذا البحث على أحسن وجه.
- **كل من قدم لي الدعم** لإكمال وإتمام هذا العمل، ولم ييخل في أي مساعدة علمية وعملية، وأخص زملائي في كلية الهندسة الزراعية وجامعة دمشق، كما أخص بالشكر الدكتورة **نبيلة كريدي** لما قدمته من مساعدة قيمة لإنجاز هذا البحث.

منى الأحمد

الإهداء

إلى من كَلَّمَهُ اللهُ بالهيبة والوقار، إلى من علمني العطاء بدون انتظار، قدوتي في هذه الحياة، لأجلك أسعى
أن أكون الأفضل..... إلى روحك الرحمة

أبي رحمه الله

إلى ملاذني الآمن في هذه الحياة، أمني وأماني واطمئناني.... إلى عيني التي أرى بها إلى من منحتني
القوة والعزيمة لمواصلة الدرب..... دمتي لنا نعمة من الله

أمي الغالية

إلى أروع من جسد الحب بكل معانيه، فكان السند والعطاء لن أقول شكراً.... بل سأعيش الشكر
معك دائماً

زوجي الغالي

إلى من وهبني الله نعمة وجودهم إلى العقد المتين.... إلى سندي وفخري وعزتي

أخوتي... عبد الرحمن، محمد، عبد الكريم، عبد القادر، أحمد

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة... إلى رياحين حياتي؟؟؟

أخواتي... صفا، مروة، راما، لجين

إلى العيون التي استمد منها القوة والإصرار إلى زينة حياتي وبهجتها...إلى أولادي

ملائكتي الصغار.. ألين، أسيل، مانيسا

إلى الطفولة التي ملأت عالمي وأبهجت جوارحي....

أولاد أخوتي.. صلاح الدين، عبد الرحمن، عدنان، ريان

إلى أصدقاء المواقف والسنين وشركاء الدرب الطويل والطموح البعيد الذين جمعتني بهم صدف الحياة
فكانوا خير الرفقة ونعم الأصدقاء

أصدقائي

أهديكم هذا البحث

فهرس المحتويات

الموضوع.....	رقم الصفحة
شكر وتقدير	IV
الإهداء	V
قائمة الجداول	VIII
قائمة الرسوم البيانية	IX
الملخص.....	X

الجزء التمهيدي

المقدمة.....	1
1. الكود الرقمي للبحث:	2
2. إشكالية البحث:	3
3. تساؤلات البحث:	3
4. فرضيات البحث:	3
5. مسلمات البحث:	3
6. أهداف البحث:	4
7. أهمية البحث:	4
8. مبررات البحث:	4
9. محدوديات البحث:	4

الفصل الأول: الدراسة المرجعية

1.1. تمهيد:	6
2.1. كيمياء الفسفور في التربة:	8
3.1. أشكال الفسفور في التربة:	9
4.1. أشكال ومحتوى الفسفور غير العضوي في التربة:	10
5.1. طرائق الكشف عن الفسفور:	11
6.1. العوامل التي تؤثر في استخلاص الفسفور وتوافره في التربة:	14
1.6.1. تأثير pH التربة:	14
2.6.1. تأثير قوام التربة:	15
3.6.1. تأثير الزمن:	15
4.6.1. تأثير المادة العضوية:	16

16.....	5.6.1. تأثير الرطوبة:
17.....	6.6.1. تأثير درجة الحرارة:
17.....	7.6.1. تأثير النشاط الحيوي:
18	6.1. تأثير الترب الكلسية في الفسفور:
19	7.1. التسميد العضوي:
20	8.1. التسميد الحيوي:
22	9.1. التسميد المعدني:
الفصل الثاني: مواد البحث وطرائقه	
24	1.2. مواد البحث:
24.....	1.1.2. التربة:
25.....	2.1.2. الأسمدة المستعملة:
25	2.2. طرائق البحث:
29	3.2. التحليل الإحصائي:
الفصل الثالث: النتائج والمناقشة	
31	1.3. دراسة مقارنة لأشكال الفسفور في الترب المدروسة بعد أسبوع من بداية التحضين وفي نهاية التحضين:
31.....	1.1.3. دراسة مقارنة لأشكال الفسفور في تربة أبي جرش (محافظة دمشق):
35.....	2.1.3. دراسة مقارنة لأشكال الفسفور في تربة داعل (محافظة درعا):
39.....	3.1.3. دراسة مقارنة لأشكال الفسفور في تربة شهباء (محافظة السويداء):
44	3.3. دراسة مقارنة أشكال الفسفور بين الترب الثلاث المدروسة:
44.....	1.3.3. مقارنة حركية الفسفور المتاح بين الترب الثلاث:
45.....	2.3.3. مقارنة حركية الفسفور المعدني بين الترب الثلاث:
46	الاستنتاجات والتوصيات.....
46	الاستنتاجات
46	التوصيات
47	المراجع
58	الملحق.....
61	Abstract

قائمة الجداول

- الجدول (1). طريقة استخلاص أنواع الفسفور غير العضوي.....12
- الجدول (2). طريقة استخلاص أنواع الفسفور غير العضوي في الترب الكلسية.....13
- الجدول (3). طريقة استخلاص أنواع الفسفور غير العضوي في الترب الكلسية.....14
- الجدول (4). نتائج التحاليل الفيزيائية للترب الثلاث المدروسة قبل إضافة الأسمدة.....26
- الجدول (5). نتائج التحاليل الكيميائية للترب الثلاث المدروسة قبل إضافة الأسمدة.....27
- الجدول (6). نتائج التحاليل الكيميائية والخصوبية للسماد العضوي (روث الأبقار).....28
- الجدول (7). متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة أبي جرش (محافظة دمشق).....32
- الجدول (8). متوسط محتوى التربة من الفسفور العضوي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة أبي جرش (محافظة دمشق).....33
- الجدول (9). متوسط محتوى التربة من الفسفور المعدني بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة أبي جرش (محافظة دمشق).....34
- الجدول (10). متوسط محتوى التربة من الفسفور الكلي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة أبي جرش (محافظة دمشق).....35
- الجدول (11). متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة داعل (محافظة درعا).....36
- الجدول (12). متوسط محتوى التربة من الفسفور العضوي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة داعل (محافظة درعا).....37
- الجدول (13). متوسط محتوى التربة من الفسفور المعدني بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة داعل (محافظة درعا).....38
- الجدول (14). متوسط محتوى التربة من الفسفور الكلي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة داعل (محافظة درعا).....39
- الجدول (15). متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة شهباء (محافظة السويداء).....40

- الجدول (16). متوسط محتوى التربة من الفسفور العضوي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة شهباء (محافظة السويداء)..... 41
- الجدول (17). متوسط محتوى التربة من الفسفور المعدني بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة شهباء (محافظة السويداء)..... 42
- الجدول (18). متوسط محتوى التربة من الفسفور الكلي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة شهباء (محافظة السويداء)..... 43
- الجدول (19). تقويم التربة وفق محتواها من كربونات الكالسيوم وفق (FAO, 2007)..... 58
- الجدول (20). تقويم التربة وفق محتواها من المادة العضوية وفق (FAO, 1980)..... 58
- الجدول (21). مستويات pH في التربة حسب تصنيف (Marx وآخرون، 1999)..... 58
- الجدول (22). تقويم ملوحة التربة على أساس التوصيل الكهربائي لمستخلص (5:1) حسب منظمة الفاو (في الزعبي وآخرون)..... 59
- الجدول (23). تقويم التربة وفق محتواها من الآزوت الكلي وفق (FAO, 2007)..... 59
- الجدول (24). تقويم التربة محتواها من البوتاسيوم المتاح (K) وفق (FAO, 2007)..... 59
- الجدول (25). تقويم التربة وفق محتواها من الفسفور المتاح (P) وفق Olsen (في FAO، 2007)..... 60

قائمة الرسوم البيانية

- الرسم البياني (1). مقارنة حركية الفسفور المتاح بين الترب الثلاث..... 44
- الرسم البياني (2). مقارنة حركية الفسفور المعدني بين الترب الثلاث..... 45

الملخص

أُجري هذا البحث بهدف دراسة أثر التسميد العضوي والحيوي والمعدني في حركية الفسفور وأشكاله المختلفة في ثلاث ترب مختلفة المحتوى من كربونات الكالسيوم (عالية، متوسطة، فقيرة) من ثلاث محافظات (دمشق، درعا، السويداء) على الترتيب. أُجريت الدراسة في كلية الزراعة جامعة دمشق، ضمن أصص بلاستيكية سعة 1 كغ، صممت التجربة وفق التصميم العشوائي البسيط بثمان معاملات (شاهد، سماد معدني، سماد عضوي، سماد 50% سماد معدني + 50% سماد عضوي، سماد حيوي، سماد معدني + سماد حيوي، سماد عضوي + سماد حيوي، سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي). تُركت الأصص للتحضين في جو المختبر ثلاثة أشهر مع الترطيب المستمر (كل أسبوع مرة واحدة) للوصول إلى 80% من السعة الحقلية. خُللت عينات التربة بعد أسبوع من التحضين وفي نهاية الدراسة قُدِّر (الفسفور المتاح، الفسفور العضوي، الفسفور المعدني، الفسفور الكلي) وكانت النتائج في نهاية الدراسة كالآتي: أعطت المعاملة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) أعلى قيمة للفسفور المتاح في الترب الثلاث حيث بلغت (25.13-17.13-20.1) مغ/كغ لترب محافظات دمشق ودرعا والسويداء على الترتيب مما يوضح أهمية التسميد المتكامل. أما بالنسبة للفسفور العضوي أعطت معاملة التسميد العضوي أعلى قيمة للفسفور العضوي في تربتي دمشق والسويداء (411-342.83) مغ/كغ على الترتيب أما تربة درعا فكانت أعلى قيمة للفسفور العضوي في المعاملة (سماد معدني + سماد حيوي) (260.8) مغ/كغ وأعطت معاملة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) أعلى قيمة للفسفور المعدني في الترب الثلاث (دمشق، درعا، السويداء) وكانت النتائج (42.00-32.47-34.10) مغ/كغ على الترتيب.

الكلمات المفتاحية: فوسفور، تسميد عضوي، تسميد معدني، تسميد حيوي، تربة كلسية.

الجزء التمهيدي

المقدمة

يُعد عنصر الفسفور عنصر أساسي لنمو وإنتاج النبات، ونظراً لانخفاض توافر الفسفور المتاح في التربة، يستعمل المزارعون غالباً الأسمدة الفسفورية بكميات زائدة عن متطلبات النبات. تمتص النباتات من 10-20% فقط من الفسفور المضاف في سنة الإضافة في حين أن الباقي من الفسفور المضاف يجري تثبيته بسرعة أو ترسيبه في أشكال غير متاحة للنبات (Vu et al., 2008). تتفاعل الأسمدة الفسفورية مع مكونات التربة وتتحول إلى أشكال مختلفة أغلبها غير متاح للنبات، حيث تساهم بعض صفات التربة في ترسيب الفسفور وعد إتاحتها للنبات.

تتحول الأسمدة الفسفورية المضافة إلى أشكالها الخمسة سواء في الترب الحامضية أو الترب المعتدلة (Nishigaki et al., 2019). إن الاختلافات الملحوظة في الأشكال المختلفة للفسفور غير العضوي هو نتيجة للاختلاف في نوع التربة (Chang and Jackson, 1958)، كما أن المواد العضوية وكربونات الكالسيوم والأكاسيد المائية نصف الثلاثية تُعد عوامل مؤثرة في تحديد توزيع أشكال الفسفور (Brady and Weil, 2002)، كما تعتبر المعلومات الخاصة بأشكال الفسفور مهمة لتقييم وضعها في التربة وفهم كيمياء التربة التي تؤثر في خصوبتها (Barrow, 2022)، وبسبب طبيعة التفاعلات الكيميائية للفسفور في التربة يتواجد الفسفور غير العضوي مدمجاً بصورة خاصة على سطوح جزيئات التربة أو مترسباً أو بصورته العضوية (Richardson, 1994). تتحول غالباً الأشكال المختلفة من الفسفور إلى الشكل المتاح حيوياً خلال عمليات التحرير والانحلال والتميه الأنزيمي، حيث أن نسبة ضئيلة من فسفور التربة عادةً ما تتواجد في محلول التربة وهو الفسفور المتاح مباشرة للنبات (Frossard et al., 2000).

تؤدي الأسمدة العضوية ومن ضمنها الأسمدة العضوية البقرية (روث الأبقار) عند إضافتها للترب الزراعية إلى زيادة خصوبة التربة سواءً كان ذلك نتيجة لما تحتويه من عناصر خصوبة، أو بطريقة غير مباشرة بزيادة النشاط الحيوي مما يؤدي ذلك إلى زيادة تراكم الأحماض العضوية حول أماكن نشاط الاحياء الدقيقة والمحيط الجذري وتحرير CO_2 الذي يشكل حمض الكربون، مما يساهم في خفض pH التربة، وبالتالي يمكن للمادة العضوية أن تؤثر إيجاباً في إتاحة الفسفور في التربة، كما يمكن للدبال المتشكل في التربة أن يرتبط مع أيونات الفسفات عبر

جسور كاتيونية من الكالسيوم لتتشكل معقدات (دبال - كالسيوم - فسفات) يمكن أن يستفيد منها النبات بسهولة (في عودة وشمشم، 2008)، كذلك يمكن للمجموعات الوظيفية في الدبال أن ترتبط مع الكالسيوم وتبقى الفسفات حرة.

تؤدي الأسمدة الحيوية المضافة للتربة دوراً مهماً في حركية الفسفور فيها، وبالإضافة لكون استعمال الأسمدة الحيوية طريقة رخيصة وآمنة من الناحية التطبيقية، فهي تستعمل لتقليل الأسمدة الكيميائية المضافة بما لا يقل عن 25%، فضلاً عن دورها في الحد من مشكلات التلوث البيئي، ويؤثر التسميد الحيوي في العائل النباتي بعدة آليات مختلفة منها تثبيت الآزوت الجوي وإنتاج منشطات النمو وزيادة امتصاص العناصر الغذائية ومنها الفسفور وحماية العائل النباتي من المسببات المرضية (التميمي، 2005). تتضمن الأسمدة الحيوية إضافة كائنات حية مجهرية سواء كانت بكتيريا أو فطريات أو طحالب أو غيرها، والتي تمتاز بقدرتها التخصصية العالية على تثبيت الآزوت الجوي أو تحويل صورة الفسفات المترسبة الى صورة ذائبة قابلة لامتصاص النبات (Yadav؛ Bashan, 1999) (et al., 2011).

ازدادت التحذيرات مؤخراً من مخاطر الاستعمال الواسع للمركبات الكيميائية في الإنتاج الزراعي، وتكثفت الجهود لتقليل استعمال الأسمدة الكيميائية أو المعدنية بعد اتضاح الأضرار الصحية التي تلحق بالإنسان والبيئة نتيجة وصول نسب متزايدة منها الى الجسم البشري وبخاصة الآثار الصحية الناتجة واحتمال وجود آثار مسرطنة لبعض المركبات الكيميائية، ولمواجهة تلك المشكلة كان من الضروري التقليل من استعمال التسميد المعدني قدر الامكان من خلال تحسين الممارسات الزراعية ولاسيما التسميد المتوازن والصحيح، وتبني التسميد العضوي وبذلك ضمان الحصول على منتجات عالية الإنتاجية والنوعية وتقليل التأثير السلبي على البيئة (الرشدي، 2014).

1. الكود الرقمي للبحث:

الجامعة	رقم	الكلية		القسم		الشعبة		المشرف			تسجيل الرسالة								
											الشهر		السنة				الدرجة	الطالب	
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	2	0	6	2	0	2	0	1	0	1

2. إشكالية البحث:

يتم تثبيت الفسفور في الترب الكلسية نتيجة ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم ورقم القلوية في هذه الترب، مما يؤدي إلى هدر كبير في كمية السماد الفسفوري المضاف نتيجة تحول السماد الفسفوري من شكله المتاح المفيد للنبات إلى أشكال غير ذوابة.

3. تساؤلات البحث:

ستحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات التالية:

- ما هو أثر السماد العضوي في تحول الفسفور للشكل متاح؟
- ما هو أثر السماد الحيوي في إتاحة الفسفور للنبات؟
- ما هي العلاقة الحاصلة بين السماد العضوي والسماد الحيوي وإتاحة الفسفور في التربة؟
- ما هو أثر التفاعل بين السماد العضوي والمعدني والحيوي والذي يعرف بالتسميد المتكامل؟

4. فرضيات البحث:

- تؤثر الخصائص الكيميائية للتربة الكلسية في عدم تيسير الفسفور وتحوله لأشكال غير متاحة.
- يساعد السماد العضوي والحيوي في الحد من تثبيت الفسفور في التربة.
- يتحول السماد الفسفوري في الترب الكلسية الى شكل مثبت وغير ذواب مع الزمن.
- يفيد التسميد المتكامل (معدني، عضوي، حيوي) في زيادة إتاحة الفسفور في الترب الكلسية.

5. مسلمات البحث:

- تحول الفسفور في التربة الكلسية الى شكل غير متاح.
- يعمل السماد العضوي والحيوي على رفع معدل الاستفادة من الفسفور في التربة الكلسية.
- زيادة الفقد في الأسمدة الفسفورية المضافة للترب الكلسية.

6. أهداف البحث:

1. دراسة أثر التسميد العضوي والحيوي والمعدني في زيادة إتاحة الفسفور في ثلاث ترب مختلفة بمحتواها من كربونات الكالسيوم.
2. دراسة أثر التسميد العضوي والحيوي والمعدني في تحولات الفسفور (عضوي ومعدني وكلي ومتاح) في ثلاث ترب مختلفة بمحتواها من كربونات الكالسيوم
3. دراسة أثر التفاعل بين السماد العضوي (روث الأبقار) والبكتريا المذيبة لفسفات الكالسيوم في حركية الفسفور وأشكاله المختلفة في الترب الكلسية.

7. أهمية البحث:

1. دراسة تحولات أشكال الفسفور في ترب ذات محتوى متباين من كربونات الكالسيوم.
2. معرفة دور السماد العضوي والحيوي والسماد المعدني في توفير الشكل المتاح للفسفور في التربة، والتوفير في الأسمدة المعدنية وخفض تكاليف الإنتاج.

8. مبررات البحث:

يتصف جزء مهم من الترب السورية بمحتواه المرتفع من كربونات الكالسيوم CaCO_3 حيث تزيد نسبته في غالبية الترب عن 20%، مما يؤدي إلى ارتفاع الـ pH والتأثير السلبي في جاهزية أغلب العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات ومن ضمنها الفسفور، حيث تقوم كربونات الكالسيوم بدور رئيس في تثبيت الفسفور في هذه الترب، مما يتسبب بفقد جزء كبير من الأسمدة الفسفورية المضافة للتربة دون الاستفادة منها من قبل النبات، الأمر الذي يتطلب البحث عن طرائق مختلفة يتم من خلالها تيسير الفسفور للنبات كالأسمدة الحيوية والعضوية.

9. محددات البحث:

- الحاجة إلى كمية كبيرة من المواد الكيميائية اللازمة للتحليل.

الفصل الأول

الدراسة المرجعية

1. الدراسة المرجعية:

1.1. تمهيد:

يعد فوسفور التربة (SP) Soil phosphorus عنصراً أساسياً يصنف من العناصر الغذائية الكبرى المغذية للنبات Macronutrients بسبب احتياج النبات له بكميات كبيرة نسبياً (Daniels *et al.*, 2001)، كما يلعب الفسفور دوراً مهماً في الحفاظ على خصوبة التربة وبنائها، خاصة في ظل النظم الزراعية المكثفة، ويتاح الفسفور للامتصاص من قبل النبات عندما يتوفر بتوازن في جميع أشكاله والتي لا يمكن قياسها بالاختبارات التقليدية لفسفور التربة (Blake *et al.*, 2003). كما يُعد الفسفور من العناصر الضرورية للحفاظ على إنتاج النبات بشكل جيد، ويحتل الفسفور مكانة بين العناصر الغذائية لدوره الأساسي في تحولات الطاقة في جميع أشكال الحياة. وتُستعمل المركبات العضوية التي تحتوي على الفسفور لنقل الطاقة من تفاعل لآخر داخل الخلايا، كما أن توافر الكمية المناسبة من الفسفور للنبات يحفز على النمو المبكر ويسرع عملية النضج، ويحفز نمو النباتات الصغيرة ويمنعها بداية جيدة وقوية، إضافةً إلى أنه يدخل في العديد من الوظائف المتعلقة بالنمو والتطور والتمثيل الضوئي واستخدام الكربوهيدرات، عدا أن الفسفور هو مكون رئيس للمادة الوراثية لجميع الكائنات الحية، وعليه فإن الإدارة الناجحة لعملية تسميد الفسفور لها آثار اقتصادية وبيئية مهمة جداً (Brady and Weil, 2013).

يتواجد الفسفور في التربة بشكلين عضوي وغير عضوي، وتتراوح نسبة الفسفور العضوي ما بين 15-85% في معظم أنواع الترب الزراعية (Tate, 2020)، وترتبط أشكال الفسفور غير العضوية بمركبات (الأكاسيد المائية نصف الثلاثية للحديد والألمنيوم) Hydrous sesquioxides ومركبات الألمنيوم Al والحديد Fe غير المتبلورة Amorphous والبلورية Crystalline في التربة الحامضية والترب غير الكلسية ومع مركبات الكلسيوم Ca-compounds في التربة الكلسية. يصنف الفسفور غير العضوي في التربة إلى خمسة أشكال وهي: فسفات قابلة للذوبان بسهولة Easily soluble phosphate (ES-P) وفسفات الألمنيوم Alumiumum phosphate (Al-P) وفسفات الحديد Iron phosphate (Fe-P) والفسفات الإختزالية القابلة للذوبان Reductase soluble phosphate (RS-P) وفسفات الكلسيوم Calcium phosphate (Ca-P) (Chang and Jachson, 1957).

يختلف محتوى الفسفور في التربة اختلافاً كبيراً في الحالة الطبيعية، وذلك اعتماداً على طبيعة ومكونات التربة الأساسية، ودرجة التجوية ومدى فقد الفسفور من خلال الرشح. يتراوح المستوى المعتاد للفسفور الكلي في التربة من 500 إلى 800 مغ/غ (أساس الوزن الجاف)، وينخفض مستوى تركيز الفسفور في التربة المتكونة من الصخور النارية الحمضية Acid Igneous Rocks، في حين يكون مستواه بين معتدل إلى مرتفع في الترب المتكونة من صخور قاعدية Basic Rocks. وغالباً ما تحتوي التربة الكلسية غير المعرضة للعوامل الجوية في المناطق الجافة على نسبة عالية من الفسفور (Stevenson, 1986).

نُفذت العديد من الدراسات حول آلية تحول وتفكك وتثبيت الفسفور في التربة، للوصول للهدف الأكثر أهمية وهو معرفة كمية ومقدار الفسفور الواجب إضافته إلى التربة والذي سيؤمن حاجة النبات منه (Chaudhari et al., 2018). وجد كامل والمحمود (2005) بأن إتاحة الفسفور في الترب ترتبط بشكل أساسي بمستوى الأسمدة الفسفاتية المضافة، حيث أن إضافة السماد الفسفاتي إلى المحاصيل الزراعية بمعدلات مناسبة وبوقت مناسب وبالقرب من المجموع الجذري يؤمن احتياجات النبات من الفسفور وفي الوقت نفسه يخفف من فقد الفسفور نتيجة لعمليات الادمصاص والترسيب التي يتعرض لها الفسفور من قبل التربة. أكد علي ويحيى (2000) أنه من بين العمليات المؤثرة في كمية الفسفور في محلول التربة هو عملية الامتصاص من قبل النبات، وهذه العملية وصفت بأنها عملية غير عكسية، حيث يحتاج النبات للفسفور في المراحل الأولى لنموه وإلى فترة ما يقارب الشهرين ويمتص النبات الفسفور بصورة معدنية على شكل أيون أحادي H_2PO_4^- أو ثنائي HPO_4^{--} . ومع أن الكمية من الفسفات الموجودة في محلول التربة بشكل ذائب تعد العامل الرئيس المحدد للكمية الممتصة (Shnek et al., 1991)، إلا أن ما يمتصه النبات من الفسفور الذائب يعتمد على صفات الجذور ومتطلبات الجزء العلوي من النبات (Nayakekova and Talor, 1990).

تتقارب كمية الفسفور في التربة المعدنية المتوسطة مع كمية ومحتوى الأزوت N، ورغم هذه الكمية المرتفعة للفسفور بالتربة، فإن الأمر الأكثر أهمية أن معظم هذه الكمية ليست متاحة بسهولة للنباتات، ويمكن تلخيص مشكلة الفسفور في الترب الكلسية بثلاثة اسباب وهي:

أولاً: يكون مستوى الفسفور الكلي في التربة منخفضاً لا يزيد عادةً عن عُشر إلى ربع مستوى الآزوت وخُمس مستوى البوتاسيوم K، ويقدر محتوى التربة في الجزء العلوي (15 سم) من الفسفور من 0.005 إلى 0.05 %، بمتوسط يبلغ حوالي 0.03% من الفسفور.

ثانياً: معظم مركبات الفسفور الشائعة والموجودة في التربة غير متاحة للامتصاص في أغلب الأحيان وذلك لأنها غير قابلة للذوبان بدرجة كبيرة.

ثالثاً: عند إضافة الأسمدة الفسفورية القابلة للذوبان إلى التربة، يتم ذوبانها وتحولها وبشكل سريع نسبياً إلى مركبات غير قابلة للذوبان (Brady and Weil, 2002).

يمكن أن تؤثر إضافة المواد العضوية إلى التربة في توافر الفسفور بشكل مباشر أو غير مباشر من خلال مجموعة من الآليات (Guppy *et al.*, 2005)، ويتوفر الفسفور بشكل مباشر عبر تحرر الفسفور من المخلفات العضوية، تبادل الفسفور المدمص مع الأيونات الحمضية العضوية organic acid anions الناتجة أثناء تحليل المخلفات العضوية، التحول لمعقدات معادن Metal complexation، وتفاعلات الإذابة Dissolution reactions (Hou *et al.*, 2018). أما توافر الفسفور بالشكل غير المباشر فيتم عبر تحسن قدرة التربة بالاحتفاظ بالمياه والرطوبة التي من شأنها تعزيز نمو الجذور وبالتالي إتاحة الفسفور بشكل جيد (Wang *et al.*, 2001)، بالإضافة إلى التسكين الميكروبي Microbial homeostasis للفسفور غير العضوي (Chen *et al.*, 2000)، والزيادات المفاجئة في درجة حموضة التربة (Xu *et al.*, 2006).

2.1. كيمياء الفسفور في التربة:

تعتبر كيمياء الفسفور في التربة معقدة، ويعتمد توافره في معظم النظم البيئية على خصائص التربة، مثل المعادن، وقوام التربة (Cross and Schlesinger, 2001). ويوجد الفسفور في التربة بشكل عضوي وغير عضوي، حيث توجد الأشكال العضوية للفسفور في الدبال والمواد العضوية الأخرى، ويتم تحرر الفسفور من المواد العضوية بعملية التمعدين Mineralization التي تقوم بها كائنات التربة. أما الأشكال غير العضوية فتتواجد بالاشتراك مع معادن مختلفة مثل الألمنيوم، الحديد، المغنسيوم، الكالسيوم ومعظمها غير قابل للذوبان وبالتالي غير

متاح للامتصاص من قبل النبات أو الكائنات الحية الأخرى. يجري التحكم في توفر الفسفور من خلال الظروف البيئية مثل محتوى رطوبة المادة العضوية في التربة والتهوية التي تؤثر في النشاط الميكروبي وفي النهاية التحولات الميكروبية للفسفور ، حيث يتأثر نشاط هذه الميكروبات بشدة برطوبة التربة ودرجة حرارتها، وتكون العملية أسرع في التربة الدافئة جيدة التصريف. يأخذ الفسفور غير العضوي شحنة سالبة في معظم أنواع التربة، وفي الترب الحامضية يثبت الفسفور بشكل كبير بمركبات الألمنيوم والحديد، وبناءً على مسبق ينصح باتباع طريقة منتظمة لاختبار التربة وبرنامج تسميد مناسب يتيح توفر الفسفور بالشكل الأنسب إن كان عبر التسميد أو بإدارته بالحالة الطبيعية (Nasrin et al., 2016).

3.1. أشكال الفسفور في التربة:

تتضمن أشكال الفسفور الموجودة في التربة على أشكال عضوية أو قابلة للذوبان أو مرتبطة، ويعد فهم العلاقة بين هذه الأشكال من الفسفور ضرورياً بتحديد مدى استخدام النباتات للفسفور ومدى انتقاله داخل التربة وبخاصة أن الفسفور هو أقل العناصر المعدنية الرئيسة قدرة على الحركة، وفيما يلي أشكال الفسفور الموجودة في التربة:

- **الفسفور العضوي Organic phosphorus:** هو جزء من الفسفور الكلي، ويوجد الفسفور العضوي في الأنسجة الميكروبية وبقايا النباتات، وهو الشكل الرئيس للفسفور في روث معظم الحيوانات، حيث أنه يكون في السماد الطازج حوالي ثلثي الفسفور في الشكل العضوي.
- **الفسفور القابل للذوبان Soluble phosphorus:** يدعى أحياناً بالفسفور غير العضوي المتاح، والذي من الممكن أن يحتوي على كميات صغيرة من الفسفور العضوي، وتعد الفسفات الأحادية والثنائية الأشكال التي تأخذها النباتات، إلا أنها عرضة للضياع بالذوبان في الجريان السطحي وبدرجة أقل عند الترشيح. يمثل الشكل القابل للذوبان أصغر نسبة من إجمالي الفسفور في معظم أنواع التربة، وعند إضافة الأسمدة الحاوية على الفسفور القابل للذوبان إلى التربة يزداد محتوى التربة من الفسفور القابل للذوبان، إلا أنه ومع مرور الوقت يتحول الفسفور القابل للذوبان ببطء إلى أشكال أقل قابلية للذوبان أي غير متاحة للنبات.

- **الفسفور المرتبط Bound phosphorus:** هو الفسفور غير العضوي وغير المتاح للنباتات والكائنات الحية الدقيقة، ويتشكل بارتباط كمية كبيرة من الفسفور في التربة بالمركبات الكاتيونية مثل الحديد والألمنيوم والكلسيوم. يبقى الفسفور المدمص (المرتبط بشكل غير محكم بجزيئات التربة) في حالة توازن مع الفسفور القابل للذوبان، فعندما يمتص النبات الفسفور القابل للذوبان ينخفض محتواه في التربة، ويتحول الفسفور المدمص إلى الفسفور القابل للذوبان وذلك للحفاظ على التوازن. يتم دمج الكثير من الفسفات الذي تستخدمه الكائنات الحية في المركبات العضوية، وعندما تعود المواد النباتية إلى التربة يجري تحرير الفسفور العضوي ببطء أو يتم دمج مع مواد عضوية أكثر استقراراً ويصبح جزءاً من المادة العضوية للتربة. يطلق على تحرير الفسفور غير العضوي المتوفر من المصادر العضوية بالتمعدن mineralization وتقوم الكائنات الحية الدقيقة بهذه العملية (Wiederholt and Johnson, 2005).

4.1. أشكال ومحتوى الفسفور غير العضوي في التربة:

رغم أن الفسفور في التربة يتواجد بشكله العضوي وغير العضوي، فقد تم توجيه معظم الجهود البحثية نحو الفسفور غير العضوي. يتكون الجزء غير العضوي من فوسفور التربة بارتباطه مع الحديد والألمنيوم في الترب الحامضية والكلسيوم وغيرها من العناصر الأخرى في الترب الكلسية، وتختلف قابلية هذه المركبات للذوبان في الماء من قليل الذوبان إلى غير قابل للذوبان، كما يتفاعل الفسفات أيضاً مع الطين لتكوين مجمعات فسفات طينية غير قابلة للذوبان. بشكل عام تنقسم مركبات الفسفور غير العضوي بشكل أساسي إلى مجموعتين: (المرتبطة بالكلسيوم Ca - المرتبطة بالحديد Fe والألمنيوم Al) (Havlin et al., 2016).

إن الجزء الأكبر من الفسفور يتواجد بشكله العضوي في التربة، ويتراوح محتواه من 15-85 % من إجمالي الفسفور، أما شكله غير العضوي فيشكل جزءاً من التركيب المعدني للفسفات المرتبطة بالكلسيوم أو الحديد والألمنيوم غير القابل للذوبان، وتسود أملاح الكلسيوم في الترب المعتدلة أو القلوية، وأملاح الحديد والألمنيوم في الترب الحامضية (Tate, 2020).

وجد Khan و Islam (1966) أن محتوى الفسفور غير العضوي في تربة باكستان يتراوح بين 102-509 ميكروغرام/غ وكان مرتبطاً بالطين وبالمحتوى الكلي للفسفور في التربة. كما وُجد أن توزيع الفسفور غير العضوي في التربة يقيس درجة التجوية الكيميائية، وتسلسل التجوية الكيميائية هو فسفات الكالسيوم، فسفات الألمنيوم، فسفات الحديد (Chang and Jackson, 1958).

5.1. طرائق الكشف عن الفسفور:

تم تطوير سلسلة من الاختبارات المتنوعة للتربة، لفهم حالة الفسفور غير العضوي وتوافره، واستُخدمت طرائق الكشف عن الفسفور لدراسة تحول السماد الفسفوري المضاف إلى التربة وتفسير قيم ونتائج الاختبارات (Kuo 1996). عُرِفَت أشكال الفسفور في التربة إلى حد كبير عبر الاستخلاص الكيميائي المستند على قدرة المركبات الكيميائية الانتقائية على إذابة الأنواع المختلفة من مركبات الفسفور غير العضوية (Izaurrealde, 2000).

يمكن أن يتفاعل الفسفور غير العضوي مع الكالسيوم أو الحديد أو الألمنيوم لإنتاج أنواع مختلفة من مركبات الفسفور غير العضوي مثل هيدروكسي أباتيت $[Ca_5(PO_4)_3OH]$ Hydroxyapatite، أوكتاكالسيوم فسفات $[Ca_8H_2(PO_4)_6 \cdot 5H_2O]$ Octacalcium Phosphate، والفاريسيت $(AlPO_4 \cdot 8H_2O)$ Variscite (Lindsay, 1979). ومع ذلك فإن تحديدها في التربة يجري غالباً عبر طريقة توازن الذوبان Solubility Equilibria (Kuo 1996)، كما يمكن استعمال الاستخلاص الكيميائي المتسلسل لفصل الأنواع المختلفة من مركبات الفسفور غير العضوية في التربة وهذا يفيد في تقييم أشكال هذه الأنواع في التربة (Wang et al., 2008).

تم تطوير العديد من طرائق الكشف الكيميائي في محاولة لتوصيف أشكال الفسفور في التربة (Adhami et al., 2006). استندت هذه الطرائق إلى بعض المركبات الكيميائية التي تتفاعل بشكل إنتقائي (متخصصة) مع شكل كيميائي منفصل من الفسفور. لم يتم إجراء أي محاولة للتحقق بشكل منهجي من قابلية استخلاص الفسفور من معادن الفسفات الشائعة في التربة (Williams et al., 1980)؛ ويعود السبب في ذلك إلى صعوبة استخلاص

الفسفور، ومع ذلك فإن طريقة الاستخلاص لـ Chang و Jackson (1957) للفسفور تُستعمل على نطاق واسع لاستخلاص أنواع الفسفور غير العضوية وتحولات الأسمدة الفسفورية المضافة، ويوضح الجدول رقم (1) طريقة الاستخلاص لـ Chang و Jackson (1957) وهي تعديل لطريقة Dean (1938).

الجدول (1). طريقة استخلاص أنواع الفسفور غير العضوي

نوع الفسفور غير العضوي	المركب الكيميائي
فسفات الألمنيوم	0.1N NH_4F
فسفات الحديد	0.1N NaOH
فسفات الكالسيوم	0.5N H_2SO_4

المصدر: (Chang and Jackson, 1957)

• طرائق استخلاص الفسفور في الترب الكلسية:

أشارت الدراسات السابقة إلى أن المركبات الكيميائية السابقة لم تكن انتقائية بشكل كافٍ لأشكال الفسفور غير العضوي، كما أنها تعتبر غير فعالة في الترب الكلسية بسبب ارتباط الفسفور بواسطة حديد الكالسيوم CaFe_2 المتكون من كربونات الكالسيوم CaCO_3 أثناء استعمال الكاشف NH_4F (Williams et al, 1967). أجرى Adhami وآخرون (2006) مجموعة من التعديلات على طريقة (Chang and Jackson, 1957). في محاولة للوصول لمركبات كيميائية أكثر ملاءمة للاستعمال في الترب الكلسية، ويوضح الجدول (2) المركبات الكيميائية المقترحة من قبل Syers وآخرون (1972)، لكل نوع من أنواع الفسفور غير العضوي في الترب الكلسية.

الجدول (2). طريقة استخلاص أنواع الفسفور غير العضوي في الترب الكلسية

نوع الفسفور غير العضوي	المركب الكيميائي
فسفات الحديد والألمنيوم	0.1N NaOH
الفسفور المرتبط بالكربونات كخطوة أولى	0.1M NaCl and citrate bicarbonate solution
الفسفور المغلف بواسطة أكاسيد الحديد والأكاسيد المائية	citrate-dithionate bicarbonate solution
فسفات الكالسيوم	1N HCl
الفسفور المعدني Mineral phosphours	Inorganic P in final residue

المصدر: (Syers *et al.*, 1972)

استخلص Syers وآخرون (1972) فسفات الحديد والألمنيوم بمحلول NaOH. وقد ذكر Williams وآخرون (1971) أيضاً أن كاشف NH_4F لا يمكن استعماله بشكل موثوق للتمييز بين فسفات الحديد والألمنيوم غير العضوية في الترب الكلسية. وضع Williams وآخرون (1980) طريقة من أربع خطوات لاستخلاص الفسفور غير العضوي باستعمال المركبات الكيميائية التالية (ثنائي ثيونات سترات بيكربونات Dithionate-citrate bicarbonate، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، حمض الكلور HCl، والمتبقيات (residuals)).

تلا ذلك العمل على فصل أشكال الفسفور العضوية وغير العضوية والتي تختلف في توافرها للنباتات (Hedley *et al.*, 1982). تتم إزالة الفسفور غير العضوي المتاح حيوياً عبر استعمال التبادل الأنيوني Anion Exchange، يلي ذلك استخدام مستخلص خفيف من $(0.5N NaHCO_3)$ لإزالة الأشكال غير العضوية والعضوية للفسفور المدمص. وعليه اقترح Kuo (1996) طريقة لاستخلاص الفسفور غير العضوي في الترب الكلسية (الجدول 3).

الجدول (3). طريقة استخلاص أنواع الفسفور غير العضوي في الترب الكلسية

نوع الفسفور غير العضوي	المركب الكيميائي
فسفات الحديد والألمنيوم	0.1M NaOH+ 1MNaCl
الفسفات القابل للذوبان	Citrate-dithionate-bicarbonate
فسفات الكلسيوم	0.5M HCl

المصدر: (Kuo, 1996)

6.1. العوامل التي تؤثر في استخلاص الفسفور وتوافره في التربة:

يتم تحديد مستوى توافر الفسفور في التربة استناداً لعدة عوامل منها:

- درجة pH التربة.
- الحديد والألمنيوم والمنغنيز القابلة للذوبان.
- وجود الحديد والألمنيوم والمنغنيز كألاح.
- معادن الكلسيوم وأملاحه.
- كمية المادة العضوية ومدى تحللها.
- أنشطة الكائنات الحية الدقيقة.

ترتبط العوامل الأربعة الأولى مع بعضها البعض لأن درجة pH التربة تؤثر بشكل كبير في تفاعل الفسفور مع

الأيونات والمعادن المختلفة (Brady and Weil, 2013).

1.6.1. تأثير pH التربة:

تؤثر درجة pH التربة تأثيراً كبيراً في كمية امتصاص الفسفور وترسيبه في التربة (Havlin et al., 2016).

ففي حالة عدم إضافة أحماض عضوية للتربة، سيؤدي ذلك لانخفاض قابلية ذوبان الفسفات في التربة مع

زيادة قيمة الـ pH التربة (أي قلوية التربة) (Traina et al., 1986).

2.6.1. تأثير قوام التربة:

تكون معظم المركبات التي يتفاعل معها الفسفور موجودة في حبيبات التربة الدقيقة، وعليه يميل تثبيت الفسفور إلى أن يكون أكثر وضوحاً في التربة الطينية منه في التربة الخشنة (Zheng *et al.*, 2003).

يؤثر قوام التربة في اتاحة الفسفور بثلاث طرائق:

- أ- يزداد مستوى الفسفور عند وجود نظام مسامي جيد في التربة.
 - ب- يزداد مستوى الفسفور عندما يكون قوام التربة ثقيل.
 - ت- يؤدي التسميد الفسفوري بمعدلات معتدلة إلى انخفاض تركيز الفسفور مع زيادة محتوى الطين في التربة. وهذا يعني أن هناك ضرورة إلى المزيد من الفسفور في التربة ذات المحتوى العالي من الطين مقارنة بالتربة ذات المحتوى الطيني الأقل من أجل الحصول على الاستجابة نفسها.
- إن أهم العوامل التي تحكم ادمصاص الفسفور هي مساحة سطح معادن الطين ونوع المكونات الموجودة، حيث أن هناك علاقة إيجابية بين ادمصاص الفسفور والمحتوى الطيني للتربة، والذي قد يعود ببساطة إلى زيادة مساحة سطح الادمصاص مع زيادة المحتوى الطيني ومع ذلك، غالباً ما تُظهر التربة ذات المحتويات الطينية المتشابهة اختلافاً ملحوظاً في قدرتها على ادمصاص الفسفور (Choudhury *et al.*, 2007).

3.6.1. تأثير الزمن:

تحدث تغييرات مع مرور الوقت في نواتج تفاعل الفسفات وأشكالها، حيث تؤدي هذه التغييرات عموماً إلى انخفاض في مساحة السطوح التي ترتبط بالفسفات وبالتالي انخفاض في قابلية ذوبانه، وبمرور الوقت تحدث زيادة في الحجم البلوري للفسفات المترسب، وهذا يقلل من مساحة أسطح الارتباط، كذلك الأمر يزداد مع الوقت الفسفور المترسب بواسطة كربونات الكالسيوم، أو بواسطة الحديد أو جزيئات أكسيد الألمنيوم، وهذا يقلل من الفسفور متاح بالقرب من سطح التربة والذي يكون متاحاً للنباتات (Lustosa Filho *et al.*, 2020).

4.6.1. تأثير المادة العضوية:

تؤثر المادة العضوية في توافر الفسفور إما بطريقة مباشرة بتحرير الفسفات من الحديد و/أو فسفات الألمنيوم، أو بطريقة غير مباشرة نتيجة التقليل من تفاعلات الأكسدة والاختزال أو تغير pH التربة، وتفرز الكائنات الحية الدقيقة مجموعة من الأحماض العضوية مثل حمض اللبن Lactic acid وحمض الجليكوليك Glycolic acid وغيرها والتي تلعب دوراً كبيراً في إذابة الفسفور غير العضوي (Tate, 2020).

تزيد المادة العضوية عادة من قابلية ذوبان الفسفات في التربة، djl، ذلك عبر آليتين:

أ- تتنافس الأنيونات العضوية مع أيونات الفسفات في مواقع الربط على جزيئات التربة.

ب- تشكيل معقد أنيوني عضوي مخلبي من Al^{3+} ، Fe^{3+} و Ca^{2+} يقلل من ترسيب الفسفات لهذه الأنيونات بشكل منفصل.

تؤمن المادة العضوية ما يقرب 50% من إجمالي الفسفور في التربة، وقد تتراوح هذه النسبة بين 20 إلى 80%، حيث يتم تحرر الفسفور العضوي باستمرار على شكل أيونات أورثوفسفات Orthophosphate عندما تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتفكيك المادة العضوية، ويتم التحكم في الأنشطة الميكروبيولوجية بواسطة عوامل بيئية مثل درجة الحرارة ومحتوى الرطوبة وضغط الأكسجين ودرجة الـ pH وما إلى ذلك. تتوافق درجة الـ pH الأمثل بين 6-7 لتحرر الفسفور العضوي مع الظروف المثلى لتوافر الفسفور غير العضوي.

قد يكون هناك أيضاً تأثيراً سلبياً للمواد العضوية خاصة إذا كان محتواها من الفسفور منخفضاً نسبياً، فقد تقوم الكائنات الحية الدقيقة التي تحلل المادة العضوية بعد ذلك بتقييد حركة الفسفور غير العضوي وعليه يصبح الفسفور متاح للنبات قليلاً.

5.6.1. تأثير الرطوبة:

تلعب التغيرات في المحتوى المائي للتربة دوراً مؤثراً في محتواها الكيميائي سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، وتحدث التغيرات في المحتوى الرطوبي نتيجة لتغيرات في الظروف الفيزيائية والكيميائية للتربة (Timsina *et al.*, 2010). أشار Kumar وآخرون (2008) إلى احتمالات أن التغيرات في المحتوى المائي للتربة يؤثر في

مستوى الفسفور متاح للنباتات، نظراً لأن أيونات الفسفات المذابة هي فقط المتاحة للنباتات بشكل مباشر، فإن المحتوى الرطوبي ضروري دائماً لتسهيل عملية امتصاصه من قبل النباتات، كما تلعب الرطوبة دوراً مهماً لعملية انتشار الأيونات وانتقالها في التربة. إن تعرض التربة للجفاف في بعض الأحيان يقلل من قابلية ذوبان الفسفات بشكل لا رجعة فيه ويعود السبب في ذلك إلى التغيير في عمليات الأكسدة والاختزال، فعلى سبيل المثال فإن أكسدة Fe^{+2} إلى Fe^{+3} يؤدي لترسيب أيونات الفسفات (Nasrin et al., 2016).

6.6.1. تأثير درجة الحرارة:

بين Sumio (2002) أن درجات الحرارة المنخفضة تؤدي إلى انخفاض امتصاص الفسفور خاصة في حال تواجد الفسفور بمستويات منخفضة. تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل البيئية والتي تؤثر في التفاعلات الحيوية والكيميائية للفسفور، وخاصة في أوائل الشتاء الذي يترافق بدرجات حرارة باردة تؤدي إلى تأخر نمو الجذور وبالتالي تنخفض القدرة الامتصاصية للنبات. يزداد معدل معظم التفاعلات الكيميائية والحيوية مع زيادة درجة الحرارة. يعتمد تمعدن الفسفور من المواد العضوية في التربة أو بقايا المحاصيل على النشاط الحيوي للتربة، كما أن الزيادات في درجة الحرارة تحفز النشاط الحيوي. يرافق ارتفاع درجة الحرارة سرعة في انحلال حبيبات الأسمدة وبالتالي زيادة نسبة التفاعلات مع مكونات التربة والتي تنتج مكونات أقل قابلية للذوبان.

ينخفض تركيز الفسفور متاح مع زيادة درجة حرارة التربة، وتبين النتائج أن كفاءة الأسمدة الفسفورية تزداد عموماً مع ارتفاع درجات الحرارة. أظهرت دراسات أخرى أن الفسفور المستخلص من التربة المضاف إليها السماد الفسفاتي انخفض عندما كانت درجة حرارة التربة أعلى من 15 درجة مئوية. وعموماً فإن امتصاص الفسفور في تربة المناطق الدافئة أكبر بشكل عام منه في تربة المناطق المعتدلة.

7.6.1. تأثير النشاط الحيوي:

وصف Kirkby و Johnston (2008) النشاط الحيوي بأنه "عجلة" تدور في التربة، تستهلك وتطلق الفسفور بنفس التزامن في محلول التربة. يمكن أن يؤثر النشاط الميكروبي للكائنات الدقيقة في إمداد الفسفور للنباتات بثلاثة طرائق مختلفة:

أثر التسميد العضوي والحيوي في حركية الفسفور، الأحمد

أ- تحليل مركبات الفسفور العضوية، مع تحرر الفسفور غير العضوي المتاح.

ب- تقييد حركة الفسفور المتاح في المواد الخلوية.

ت- تشجيع إذابة الأشكال المعدنية المثبتة أو غير القابلة للذوبان من الفسفور أي إنتاج مواد مخلبة Chelating.

درس Biswapati وآخرون (1992) تأثير نمو وتحلل بكتيريا Cyanobacteria في أشكال الفسفور في

التربة، وتبين أن نمو البكتيريا Cyanobacteria في التربة تسبب بزيادة الفسفور العضوي مع انخفاضات مصاحبة

Al-P و Olsen-P و Fe-P و Ca-P، لكن تغييراً طفيفاً في Fe-P القابل للذوبان و Al-P المغلف.

أظهرت الدراسات السابقة قدرة الكائنات الحية الدقيقة في التربة على إذابة صخور الفسفات. تشمل الكائنات

الحية الدقيقة في التربة على مواد كيميائية قادرة على أكسدة الكبريت S من مصادر مختلفة مؤدية إلى انخفاض

pH التربة، وبالتالي زيادة نسبة إذابة صخور الفسفات (El-Tarabily et al., 2006).

أظهرت البكتيريا المعزولة من سطح جذور نبات الحمص والمزروع في التربة القلوية مستويات مختلفة من النشاط

في إذابة الفسفات في ظروف المختبر مع توفر مصادر متعددة من الكربون والأزوت (Nautiyal et al., 2000).

6.1. تأثير الترب الكلسية في الفسفور:

أدى استعمال الأسمدة الفسفورية في التربة الكلسية الزراعية إلى حدوث بعض المشكلات نتيجة تثبيت

الفسفور وبالتالي تراكمه في التربة، وانخفاض قابليته للذوبان، ومن أجل إدارة جيدة للتسميد بالأسمدة الفسفورية لا بد

من معرفة الأشكال الكيميائية للفسفور لفهم حركيته، وتفاعلاته في التربة الكلسية. تتشارك العديد من الأسباب في

انخفاض مستوى توافر الفسفور مثل: التركيب الكيميائي للتربة، الكمية وتفاعل الفسفور مع سيليكات الطين، كربونات

الكلسيوم CaCO_3 ، أكاسيد الحديد، معدلات إضافة الفسفور والوقت (Halajnia et al., 2009). تظهر بعض

الدراسات أن توافر سماد الفسفور في التربة الكلسية يرتبط ارتباطاً سلبياً بمحتوى التربة من كربونات الكلسيوم

(Hatami et al., 2021) في المقابل، أظهرت بعض الدراسات أن الامتصاص السريع للفسفور كان مدمصاً على

أكاسيد الحديد وليس بالمحتوى الكلي أو النشاط من كربونات الكلسيوم في التربة (Halajnia et al., 2009) من

المعروف أن المصادر العضوية للفسفور تزيد من توافر الفسفور أكثر من الأسمدة اللاعضوية وتعزز الاستعمال الفعال للسماد الفسفوري المضاف (Mohanty et al., 2006).

درس Abolfazli وآخرون (2012) تأثيرات التربة القلوية في الأسمدة الفسفورية (pH التربة = 7.33) والترب الحامضية (pH التربة = 3.34)، وأظهروا أن فسفات الكالسيوم Ca-P هي الشكل السائد للفسفور في التربة الكلسية، بينما فسفات الحديد Fe-P وفسفات الألمنيوم Al-P كانتا المسيطرتين في التربة الحامضية. أشار Millán وآخرون (2010) إلى أن الأيون المعدني السائد في المحلول هو Al^{+3} عند pH = 5، وينخفض مع ارتفاع pH التربة إلى (5.5-5.8 حتى 7.5).

7.1. التسميد العضوي:

ترتبط خصوبة التربة بشكل مباشر بمحتواها من المادة العضوية ومن العناصر المغذية الأساسية الكبرى منها والصغرى، كما ترتبط وبشكل غير مباشر بمختلف صفات التربة الفيزيائية منها والكيميائية، ومن المؤكد أن المادة العضوية تلعب دوراً رئيساً في المحافظة على خصوبة التربة نظراً لتأثيراتها الإيجابية في الصفات الفيزيائية والكيميائية الأساسية للتربة، كما وتؤثر إيجاباً في صفاتها الحيوية من خلال رفعها لوتيرة نشاط الأحياء الدقيقة للتربة (Campbell and Zenter, 1993)، لذلك يعد استعمال الأسمدة العضوية واحداً من التقنيات المهمة في زيادة الانتاج لعدد من المحاصيل، وتسهم في زيادة خصوبة التربة، وتوفير العناصر المغذية، كما تسهم بمعنوية عالية في زيادة امتصاص العناصر المغذية، مما ينعكس إيجاباً في الغلة، كما أن إضافة الأسمدة العضوية يساهم في تحسين الصفات الفيزيائية للتربة فضلاً عن دورها البالغ في زيادة كفاءة الجذور في امتصاص العناصر المغذية (الراوي، 2010). وبين Mataroiev (2002) أن للمخصبات العضوية دور كبير في تحسين صفات التربة الفيزيائية والكيميائية، بتفاعلها مع معادن الطين.

يعد التسميد العضوي حجر الأساس الذي يجب وضعه لرفع خصوبة التربة وإنتاجيتها والإقلال من التلوث البيئي الناتج عن الإسراف في استعمال الأسمدة المعدنية، والمادة العضوية ذات تأثير على الصفات الطبيعية والكيميائية والحيوية للتربة فهي المسؤولة عن ثبات التجمعات الأرضية، كما أنها المسؤولة عن تحديد حوالي 50%

من السعة التبادلية الكاتيونية للأيونات الموجبة، وتعطي بتحللها مركبات بسيطة معدنية أو غازية يطلق عليها اسم الدبال والذي يلعب دوراً هاماً في تحسين الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة (بو عيسى وأحمد، 2006). يعد رفع حيوية الترب الزراعية بإضافة المادة العضوية الضرورية وسيلة مهمة لزيادة إتاحة العناصر المغذية الكبرى والصغرى على حد سواء، وعليه فإن تأثير المادة العضوية يكون في مسارين هما محسن لصفات التربة (حركة الماء والهواء في التربة وانتشار الجذور وتغلغلها والاحتفاظ بالرطوبة) ومخصب لها (الشاطر، 1996؛ البلخي، 2006).

إن زيادة كمية الفسفور الممتص عند استعمال السماد العضوي يمكن أن يكون نتيجة مجموعة من العوامل التي تزيد كمية الفسفور المتاح في التربة والتي تتضمن إنتاج الأحماض العضوية بتخمير وتحلل المادة العضوية، وما ينتج عنه من تحرر شوارد الفسفات وإنتاج معقدات تتضمن شوارد الحديد والألمنيوم التي تقلل من تثبيت الفسفور في التربة، وتشكل معقدات هيومات الفسفات (Mahavishnan *et al.*, 2006). ووجد أبو نقطة وآخرون (2010) أن استعمال كل من زبل الأبقار بثلاثة مستويات (20، 30، 40) طن/هـ ومستخلص الحموض الدبالية ساهم في زيادة إنتاجية السبانخ وزيادة تركيز الحديد والنحاس والزنك وكان المستوى 30 طن/هـ هو الأفضل.

8.1. التسميد الحيوي:

أصبحت الأسمدة الحيوية مؤخراً مكملاً جيداً للأسمدة الكيميائية فهي آمنة للإنسان والحيوان والبيئة، وكان استعمالها مصحوباً بخفض التلوث الذي يحدث في البيئة بشكل عام، وتساعد الأسمدة الحيوية في تحسين إنتاجية المحاصيل وجودتها بزيادة التثبيت الحيوي للأزوت، وتوافر العناصر الغذائية وامتصاصها وتحفيز الهرمونات الطبيعية (Asoegwu *et al.*, 2020). تعتبر الأسمدة الحيوية من أهم الأسمدة لتحسين قوام التربة حيث تزيد الأسمدة الحيوية من محتوى الفسفور واليوتاسيوم (Khalil, 2012). ويعد الفسفورين Phosphorine سماد حيوي يحتوي على بكتيريا مذيبة للفسفات (*Bacillus megaterium*) والتي تحلل الفسفور غير القابل للذوبان إلى مادة قابلة للذوبان (Khamis *et al.*, 2015).

تتكون الأسمدة الحيوية أساساً من مثبتات الآزوت مثل *Rhizobium* و *Azotobacter* و *Azospirillum* و *Azola*، ومذيبات الفسفات وبكتيريا السيليكا (Samah, 2002). علاوة على ذلك، أدى الاستخدام المشترك للأسمدة الحيوية مع الأسمدة الآزوتية N إلى زيادة معنوية في نسبة الآزوت والفسفور والبوتاسيوم في الأوراق مقارنة مع إضافة الأسمدة الآزوتية فقط (Ahmad et al., 2008).

كما أوضح El-Naggar (2004) أن الأسمدة الحيوية مثل الفسفورين (ميكروهيذا *Mycrohyza* والفسفوباكتريريوم *Phosphobacterium*) والميكروبين *Microbeine* (ريزوبيوم *Rhizobium*) والبيوجين *Biogin* (أزوتوباكتر *Azotobacter*) مفيدة في تحسين الحالة الغذائية للأشجار، المحصول والصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة.

الأسمدة الحيوية قد تُصنع بصورة مفردة، حيث تتكون من نوع واحد من الأحياء الدقيقة الموجودة في التربة مثل بكتريا *Bacillus subtilis*، وتضاف إلى الأسمدة المعدنية كالصخر الفسفاتي التي تزيد من جاهزيتها، وتزيد من معدلات امتصاص الفسفات في النبات (الدليمي، 2014)، أو قد تُصنع بصورة مزدوجة إذ تحضر بشكل توليفات مركبة من أكثر من كائن حيوي مجهري مثل دمج اللقاحين بكتريا *Bacillus megaterium* المذيبة للفسفات ولقاح بكتريا *Bacillus mucilaginosus* المذيبة للبوتاسيوم معاً، واختبار فعاليتها في تجهيز المغذيات في التربة كالفسفور والبوتاسيوم، وتأثيرها في زيادة مكونات الغلة وصفاتها النوعية والكمية الممتصة من العناصر في الأوراق النباتية، ويُعد دمج أكثر من لقاح حيوي الأكثر تأثيراً وفعالية (Han and Lee, 2006). إن البكتريا المذيبة للفسفات لها القدرة العالية على إذابة الفسفات في التربة، وتستعمل هذه البكتريا في زيادة مقدرة النبات على امتصاص الفسفور وزيادة الغلة ومن هذه الأجناس المذيبة للفسفات *Bacillus* و *Pseudomonas* و *Rhizobium* وهذه الأجناس هي من الأكفأ في إذابة الفسفات (Patel et al., 2016)، كما أكدت إحدى الدراسات أنه بالإمكان انتاج حبيبات سماد الفسفات الحيوي والحصول عليه باستعمال بكتريا *Bacillus megaterium* المذيبة للفسفات مع خليط من المواد الخام للنفايات (مخلفات المجاري والرماد والعظام والدم المجفف ومخلفات مصانع اللحوم) في عمليات بسيطة (Rolewicz and Borowik, 2018).

9.1. التسميد المعدني:

الأسمدة المعدنية هي المدخلات الزراعية الرئيسية التي تستعمل لزيادة إنتاجية المحاصيل، وعلى الرغم من أن استعمالها يعوض بسرعة نقص العناصر الغذائية في التربة أو النبات، إلا أن استعمالها بشكل مكثف له آثار سلبية كبيرة (Lee et al, 2021). إن الأسمدة المعدنية هي مواد غير عضوية تتكون من مغذيات دقيقة أساسية يتم إضافتها إلى التربة لتعزيز التوافر النباتي (Phytoavailability) لمحتوى المغذيات الدقيقة في التربة، وبالتالي تحسين جودة المحاصيل (White and Broadley, 2009). وبالتالي يمكن القول إن التسميد المعدني أو الكيميائي هو إضافة العناصر المغذية للنباتات بصورة مركبات كيميائية، مباشرة للتربة أو يمكن إضافته رشاً على الأوراق.

تساهم الأسمدة المعدنية في زيادة الإنتاج النباتي، وإذا ما أضيفت هذه الأسمدة بكميات زائدة فإنها قد تؤدي دوراً سلبياً في نمو النبات وإمكانية تلويث التربة والمياه في المناخات الرطبة أو الترب المروية خاصة خفيفة القوام، لذلك من الضروري إضافتها بناءً على نتائج تحليل التربة ومتطلبات النبات من العناصر المغذية المختلفة (Lal, 2008).

الفصل الثاني

مواد البحث وطرائقه

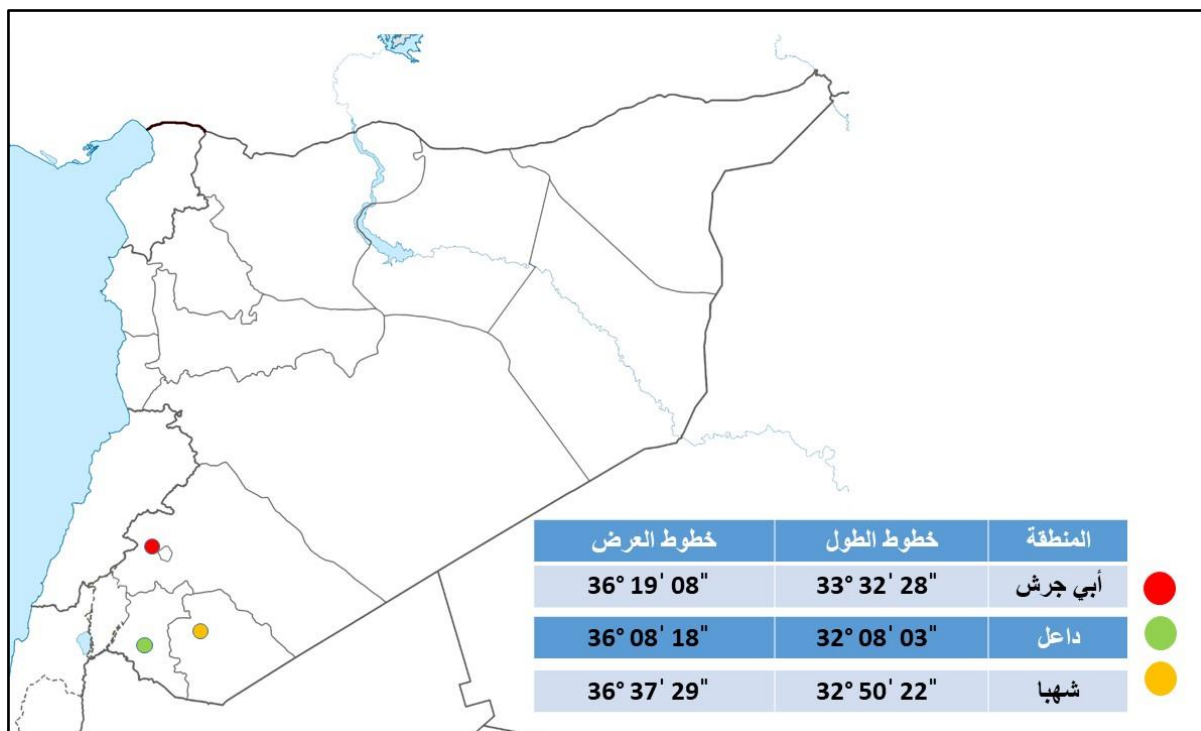
2. مواد البحث وطرائقه:

نُفذ البحث خلال العام الدراسي 2022-2023 في مخابر قسم علوم التربة - كلية الزراعة - جامعة دمشق ومخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

1.2. مواد البحث:

1.1.2. التربة:

تم اختيار ثلاث ترب مختلفة بمحتواها من كربونات الكلسيوم (عالية، متوسطة، فقيرة) من المناطق الآتية: مزرعة كلية الزراعة بأبي جرش (محافظة دمشق)، داعل (محافظة درعا)، شهباء (محافظة السويداء) (خريطة 1)، حيث جُمعت العينات من الأفق السطحي للتربة (0-30) سم. جُففت العينات هوائياً وطُحنت ونُخلت بمنخل قطر فتحاته (2) مم، وتمت مجانسة التربة.



خريطة توضح أماكن جمع عينات التربة

2.1.2. الأسمدة المستعملة:

- الأسمدة المعدنية (سوبر فسفات ثلاثي، P_2O_5 46%): أُضيفت كمية من سماد السوبر فسفات الثلاثي بكمية تساوي 54 مغ/كغ تربة بما يعادل (90) كغ P_2O_5 /هكتار وفق متطلبات محصول القمح من السماد الفسفاتي حسب التوصية السمادية لوزارة الزراعة (الزعيبي وآخرون، 2013).
- الأسمدة العضوية: استُخدم السماد العضوي (روث الأبقار) من حظيرة الأبقار في مزرعة كلية الزراعة بأبي جرش، وُحددت كميته بالاعتماد على محتوى السماد العضوي من الفسفور بحيث تساوي ضعف كمية الفسفور المضافة في معاملة السماد الكيميائي وهي (15.42 مغ/كغ تربة). تم إجراء تحليل للسماد البقري لمعرفة محتواه من الفسفور. ومن الضروري التنويه أن السماد العضوي المخمر (روث الأبقار) يحتوي على كمية من التربة خلال تحضيره.
- الأسمدة الحيوية: أُضيفت البكتريا المذيبة لفسفات الكليسيوم *Bacillus ssp* المحضرة تجارياً (تم الحصول عليها من شركة Uncod) لكل مكرر من المعاملات المدروسة بمعدل (10) مل/كغ تربة، حيث كل (1) مل تحوي $10^7 \times 5$ وحدة مستعمرية خلوية.

2.2. طرائق البحث:

أُخذت عينة من كل تربة قبل إضافة الأسمدة وأُجريت عليها بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية، وذلك بهدف وصف الترب الثلاث المدروسة كالآتي:

- أ- التحاليل الفيزيائية:
 - التحليل الميكانيكي وتحديد قوام التربة وفق مثلث القوتم الأمريكي بطريقة الهيدرومتر (Black, 1965).
 - الكثافة الحقيقية بوساطة ورق مقياس الكثافة Pycnometer (Black, 1965).
- ب- التحاليل الكيميائية:
 - تعيين درجة تفاعل التربة pH بواسطة جهاز pH-meter (Ryan et al., 2001).
 - الموصلية الكهربائية (EC) باستعمال جهاز الموصلية الكهربائية (Richard, 1954).

- تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة (Black, 1965).
- تقدير الكربونات الكلية باستخدام جهاز الكالسيمتر (Ryan et al., 2001).
- الآزوت الكلي: طريقة كداهل (Bremner, 1965).
- تقدير الفسفور المتاح: تم استخلاص الفسفور المتاح باستعمال محلول بيكربونات الصوديوم (0.5 N) وفق طريقة أولسن (Page et al., 1982).
- تقدير الفسفور الكلي: استُخلص الفسفور الكلي بهضم عينة التربة بمزيج من حمض الآزوت وحمض الكبريت المركزين (Page et al., 1982).
- تقدير الفسفور المعدني: تم تقدير الفسفور المعدني بإضافة حمض الكبريت الممدد والقراءة على جهاز (Scaler).
- تقدير الفسفور العضوي حسابياً: "الفسفور العضوي = الفسفور الكلي - الفسفور المعدني في المستخلص".
- البوتاسيوم المتاح: تم استخلاص البوتاسيوم المتاح باستعمال محلول من خلاص الأمونيوم (1N) ثم القياس بجهاز مطيافية اللهب (Flame – Photometer) وفق الطريقة الواردة في Black (1965).

يبين الجدول (4) نتائج التحاليل الفيزيائية للتربة الثلاث المدروسة قبل إضافة الأسمدة

الجدول (4). نتائج التحاليل الفيزيائية للتربة الثلاث المدروسة قبل إضافة الأسمدة

الكثافة الحقيقية (g.cm ⁻³)	القوام	التحليل الميكانيكي بطريقة الهيدرومتر			العمق سم	التحاليل التربة
		الطين	السلت	الرمل		
		(%)				
2.67	لومي	23.62	32.50	43.88	30-0	ابي جرش
2.60	طيني	58.00	19.00	23.00	30-0	درعا (داعل)
2.10	لومي طيني	38.00	22.00	40.00	30-0	السويداء (شهباء)

يتضح من الجدول (4) أن تربة أبي جرش ذات نسيج لومي، وقيمة الكثافة الحقيقية 2.67 غ/سم³، وأن تربة داعل ذات قوام طيني، وبلغت قيمة الكثافة الحقيقية 2.60 غ/سم³، أما تربة شهباء ذات قوام طمي، وكانت قيمة الكثافة الحقيقية 2.1 غ/سم³.

يبين الجدول (5) نتائج التحاليل الكيميائية للترب الثلاث المدروسة قبل إضافة الأسمدة

الجدول (5). نتائج التحاليل الكيميائية للترب الثلاث المدروسة قبل إضافة الأسمدة

التحاليل التربة	pH 2.5:1	OM (%)	CaCO ₃ (%)	EC 5:1 (dS.m ⁻¹)	N الكلي %	K المتاح (mg.kg ⁻¹)	P متاح (mg.kg ⁻¹)
أبي جرش (دمشق)	8.10	1.80	50.21	0.34	0.29	335.00	6.00
درعا (داعل)	7.83	1.80	11.67	1.15	0.30	430.5	5.00
السويداء (شهباء)	7.10	2.10	5.00	0.03	0.34	950	15.50

يتضح من الجدول (5) أن تربة أبي جرش ذات محتوى عالي جداً من كربونات الكالسيوم الكلية (FAO, 2007)، وهي تربة ذات محتوى متوسط من المادة العضوية وفق FAO (1980)، أما بالنسبة لتفاعل التربة فكان قاعدي (Marx وآخرون، 1999)، وهي تربة غير مالحة حسب منظمة الفاو (الزعيبي وآخرون، 2013)، كما أن محتواها من الآزوت الكلي كان مرتفعاً جداً وفق (FAO, 2007)، وكذلك محتواها من البوتاسيوم مرتفع جداً حسب طريقة (FAO, 2007)، أما فيما يتعلق بتركيز الفسفور المتاح على شكل P فقد بلغ 6,00 مغ/كغ وتعتبر فقيرة (FAO, 2007). أما تربة داعل فكانت متوسطة المحتوى من كربونات الكالسيوم الكلية وفق (FAO, 2007)، وهي تربة ذات محتوى متوسط من المادة العضوية وفق FAO (1980)، وبالنسبة لتفاعل التربة فكان متوسط القلوية (طبيعي) حسب تصنيف (Marx وآخرون، 1999)، وهي تربة قليلة الملوحة حسب منظمة الفاو (الزعيبي وآخرون، 2013)، كما أن محتواها من الآزوت الكلي كان مرتفعاً جداً وفق (FAO, 2007)، وكان محتواها من البوتاسيوم

مرتفع جداً حسب طريقة (FAO, 2007)، أما فيما يتعلق بتركيز الفسفور المتاح على شكل P فقد بلغ 5 مغ/كغ ويعتبر مستوى هذا التركيز منخفض (فقيرة) (FAO, 2007)، كما يبين الجدول (5) أن تربة شهباء كانت منخفضة المحتوى من كربونات الكالسيوم الكلية وفق (FAO, 2007)، كما لوحظ أنها جيدة المحتوى من المادة العضوية وفق FAO (1980)، أما بالنسبة لتفاعل التربة فكان معتدل (طبيعي) حسب تصنيف (Marx وآخرون، 1999)، وهي تربة غير مالحة حسب منظمة الفاو (الزعيبي وآخرون، 2013)، كما أنها غنية جداً بالأزوت الكلي وفق (FAO, 2007) وكان محتواها من البوتاسيوم مرتفع جداً حسب طريقة (FAO, 2007)، أما فيما يتعلق بتركيز الفسفور المتاح على شكل P فقد بلغ 15,50 مغ/كغ وهي عالية (FAO, 2007).

كما تم إجراء تحاليل كيميائية وخصوبية للسماد العضوي المستعمل (روث الأبقار)، ويبين الجدول (6) الصفات الكيميائية والخصوبية للسماد العضوي المستعمل.

الجدول (6). نتائج التحاليل الكيميائية والخصوبية للسماد العضوي (روث الأبقار)

C/N	K	P	N	C	OM	EC مستخلص (1:10) (dS.m ⁻¹)	pH معلق (1:10)
(%)							
14.08	0.91	0.70	2.21	31.12	53.65	3.4	8.5

يبين الجدول (6) أن الـ pH كان قاعدي حسب تصنيف (Marx وآخرون، 1999)، مع قيم للموصلية الكهربائية بلغت 3.4 ds/m وهو شديد الملوحة حسب منظمة الفاو (الزعيبي وآخرون، 2013)، وكانت نسبة المادة العضوية 53.65%، وبلغت نسبة N، P، و K (2.21، 0.70، 0.91) % على التوالي، ونسبة C/N بحدود 14.08.

تصميم التجربة والمعاملات:

تم استعمال أصص بلاستيكية تتسع لـ (1) كغ تربة، حيث نُقلت التربة المدروسة إلى كل أصيص وأضيفت الأسمدة إلى كل مكرر حسب المعاملة ومُزجت جيداً، ورُطبت الأصص للوصول إلى 80% من السعة الحقلية بعد

أثر التسميد العضوي والحيوي في حركية الفسفور ، الأحمد

أن تم تقدير السعة الحقلية لكل تربة، تُركت الأصص في جو المختبر للتحضين مدة ثلاثة أشهر، وتم ترطيبها مرة كل أسبوع بإضافة الماء بما يعادل الوزن المفقود.

أُجريت المعاملات للترب الثلاث المدروسة بثلاث مكررات لكل معاملة وفق ما يلي:

1- شاهد بدون إضافة.

2- تربة + سماد معدني (1 كغ تربة + 54 مغ سماد معدني).

3- تربة + سماد عضوي (1 كغ تربة + 15.42 مغ سماد عضوي).

4- تربة + 50% سماد معدني + 50% سماد عضوي (1 كغ تربة + 27 مغ سماد معدني + 7.71 غ سماد عضوي).

5- تربة + سماد حيوي (1 كغ تربة + 10 مل سماد حيوي).

6- تربة + سماد معدني + سماد حيوي (1 كغ تربة + 54 مغ سماد معدني + 10 مل سماد حيوي).

7- تربة + سماد عضوي + سماد حيوي (1 كغ تربة + 15.42 مغ سماد عضوي + 10 مل سماد حيوي).

8- تربة + 50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي (1 كغ تربة + 27 مغ سماد معدني + 7.71 مغ سماد عضوي + 10 مل سماد حيوي).

تم البدء بإجراء التحضين بتاريخ 16-1-2022 واستمر لمدة ثلاثة أشهر حتى تاريخ 16-4-2022، أُخذت عينات من الترب الثلاث وفق المعاملات المدروسة بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر، وأُجريت عليها التحاليل المخبرية التالية: (فسفور كلي، فسفور متاح، فسفور معدني، فسفور عضوي).

3.2. التحليل الإحصائي:

صُممت الدراسة وفق التصميم العشوائي البسيط للترب الثلاث المدروسة وبثلاث مكررات لكل معاملة وبثمان معاملات ليصبح عدد الوحدات التجريبية 72 وحدة تجريبية، أُجري التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج Genstat (General Statistics)، وتم حساب معنوية الفروق بين متوسط المعاملات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي (LSD) على مستوى معنوية 5%.

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

3. النتائج والمناقشة:

1.3. دراسة مقارنة لأشكال الفسفور في الترب المدروسة بعد أسبوع من بداية التحضين وفي نهاية التحضين:

1.1.3. دراسة مقارنة لأشكال الفسفور في تربة أبي جرش (محافظة دمشق):

1.1.1.3. دراسة تأثير المعاملات المدروسة في متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح:

يظهر من الجدول (7) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور المتاح بين جميع المعاملات مقارنة بالشاهد، حيث أعطت المعاملة الثامنة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) أعلى تحرر للفسفور المتاح حيث ارتفع من 11.8 مغ/كغ بعد أسبوع من بداية التحضين إلى 20.1 مغ/كغ في نهاية التحضين، وقد يعود السبب في ذلك إلى نشاط البكتيريا المحررة للفسفور بوجود المادة العضوية، وأيضاً إنتاج الأحماض العضوية الناتجة من تحلل المادة العضوية، مما يشكل وسط مناسب لتحويل الفسفور إلى الشكل المتاح وتتفق هذه النتائج مع الشاطر (1979) و Mahavishnan وآخرون (2006) و Khalil (2012). تليها المعاملة السابعة (سماد عضوي + سماد حيوي) التي ارتفعت فيها قيمة الفسفور المتاح من 7.6 إلى 17.01 مغ/كغ في نهاية التحضين. تليها وبفروق معنوية المعاملة الرابعة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي) التي ارتفعت قيمتها من الفسفور المتاح من 11.3 إلى 15.0 مغ/كغ، وبالوقت نفسه يلاحظ انخفاض في قيمة الفسفور المتاح في المعاملة الثانية (سماد معدني) في نهاية التحضين عن بدايتها حيث انخفض من 14.1 إلى 8 مغ/كغ، والسبب في ذلك طبيعة تربة أبي جرش الكلسية، حيث بلغ محتواها من كربونات الكالسيوم 50.21 والتي عملت على تثبيت جزء من الفسفور المعدني على شكل فسفات ثنائية الكالسيوم وثلاثية الكالسيوم وبالتالي قل الفسفور المتاح في الوسط نتيجة تثبيته في معاملة التسميد المعدني، وهذا يتوافق مع Hau (2008) و (الزعبي وآخرون، 2006؛ الشاطر وآخرون، 2011). كما زاد التسميد الحيوي من الفسفور المتاح في المعاملة السادسة (سماد معدني + سماد حيوي) في نهاية التحضين مقارنة بمعاملة التسميد المعدني فقط.

كانت الزيادة في كمية الفسفور المتاح في المعاملة السابعة (سماد عضوي + سماد حيوي) كبيرة مقارنة بالمعاملة الخامسة (سماد حيوي) فقط، حيث ازدادت كمية الفسفور المتاح في معاملة (سماد عضوي + سماد حيوي) من 7.6 إلى 17.01 مغ/كغ، وقد يعود ذلك لتوفر الغذاء المناسب لهذه الاحياء للاستمرار بعملها، هذه النتائج تتوافق مع Asoegwu وآخرون (2020) الذي أكد زيادة نشاط البكتيريا المذيبة لفسفات الكلسيوم في حال توفر المادة العضوية المغذية لها في التربة.

الجدول (7). متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة أبي جرش (محافظة دمشق)

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	6.1 d	6.4 e
2	سماد معدني	14.1 a	8.00 e
3	سماد عضوي	7.6 c	14.0 c
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	11.3b	15.0 c
5	سماد حيوي	7.4 c	11.0 d
6	سماد معدني + سماد حيوي	14.5 a	12.1 d
7	سماد عضوي + سماد حيوي	7.6 c	17.01 b
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	11.8 b	20.1 a
	LSD 0.05	1.277	1.763
	CV	7.3	7.2

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

2.1.1.3. حركية الفسفور العضوي في تربة أبي جرش (محافظة دمشق):

يلاحظ من الجدول (8) بشكل عام انخفاض الفسفور العضوي في نهاية التحضين مقارنةً بعد أسبوع من بداية التحضين، وقد يعود ذلك إلى تحلل جزء من المادة العضوية أو معدنتها، حيث أعطت المعاملة الثالثة (سماد عضوي) أعلى كمية من الفسفور العضوي 411.6 مغ/كغ، ويعود السبب في تفوق هذه المعاملة إلى إضافة السماد العضوي في بدء التحضين وتحرر جزء بسيط منه في نهاية التحضين، تلتها المعاملتين السابعة (سماد عضوي +

سماد حيوي) والسادسة (سماد معدني + سماد حيوي) وبفروق غير معنوية حيث كانت قيمة الفسفور العضوي فيهما (407.0-408.1) مغ/كغ في نهاية التحضين على الترتيب، والسبب في تفوق المعاملة السابعة بالفسفور العضوي هو إضافة كمية من السماد العضوي المحتوى أصلاً على الفسفور العضوي وكونه تحرر جزء منه ليشكل الفسفور المتاح، ولم يكن بين هاتين المعاملتين والمعاملة الثامنة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) فروق معنوية. تلي هاتين المعاملتين المعاملة الرابعة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي) والمعاملة الثانية (سماد معدني) بفروق غير معنوية بينهما.

الجدول (8). متوسط محتوى التربة من الفسفور العضوي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة أبي جرش (محافظة دمشق).

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	396.2 e	394.0 c
2	سماد معدني	408.3 d	407.7 ab
3	سماد عضوي	420.6 b	411.0 a
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	413.3 c	405.3 b
5	سماد حيوي	395.9 e	387.1 d
6	سماد معدني + سماد حيوي	413.2 c	408.1 ab
7	سماد عضوي + سماد حيوي	422.6 a	407.0 ab
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	420.3 b	405.2 b
	LSD_{0.05}	1.884	4.763
	CV	3.9	2.15

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

3.1.1.3. حركية الفسفور المعدني في تربة أبي جرش (محافظة دمشق):

يبين الجدول (9) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور المعدني بين معظم المعاملات مقارنة بالشاهد، حيث تفوقت المعاملة الثامنة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) معنوياً في كمية الفسفور المعدني بنهاية التحضين حيث بلغت 34.10 مغ/كغ وكانت بعد أسبوع من بداية التحضين 22.3 مغ/كغ، وربما

يعود السبب في زيادة كمية الفسفور المعدني في نهاية التحضين لإضافة السماد المعدني وتحرر جزء من الفسفور العضوي بسبب وجود البكتيريا المذيبة للفسفات ليصبح بشكل معدني وبالتالي تحول جزء من الفسفور العضوي لفسفور معدني، تلتها المعاملة السابعة (سماد عضوي + سماد حيوي) وبفروق معنوية. ويبرز هنا دور السماد الحيوي في معدنة الفسفور العضوي وتحوله من شكل لأخر، تلتها المعاملتين وبفروق معنوية المعاملة الرابعة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي) والمعاملة الثانية (سماد معدني).

الجدول (9). متوسط محتوى التربة من الفسفور المعدني بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة أبي جرش (محافظة دمشق).

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg^{-1}	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg^{-1}
1	شاهد	14.01 e	16.00 f
2	سماد معدني	24.2 a	20.9 e
3	سماد عضوي	19.3 b	28.00 c
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	20.3 b	27.00 c
5	سماد حيوي	16.5 d	24.01 d
6	سماد معدني + سماد حيوي	24.7 a	25.00 d
7	سماد عضوي + سماد حيوي	17.2 d	32.20 b
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	22.3 ab	34.10 a
	LSD 0.05	2.648	1.747
	CV	3.4	3.4

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

4.1.1.3. حركية الفسفور الكلي في تربة أبي جرش (محافظة دمشق):

يظهر من الجدول (10) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور الكلي بين معظم المعاملات عدا معاملة السماد الحيوي مقارنة بالشاهد، وبالوقت نفسه لم يُلاحظ تغير كبير في كمية الفسفور الكلي في كافة المعاملات في نهاية التحضين مقارنة ببدايتها، كما لحظ تفوق المعاملة الثامنة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) معنوياً في كمية الفسفور الكلي بنهاية التحضين (440.4) مغ/كغ وكانت بعد أسبوع من بداية التحضين

442.6 مغ/كغ، تلتها المعاملتين المعاملة الثالثة (سماد عضوي) والمعاملة السابعة (سماد عضوي + سماد حيوي) وبفروق معنوية، حيث أصبح الفسفور الكلي (437.2-439.0) مغ/كغ على التوالي.

الجدول (10). متوسط محتوى التربة من الفسفور الكلي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة أبي جرش (محافظة دمشق).

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	411.0 d	410.0 f
2	سماد معدني	433.2 c	428.5 e
3	سماد عضوي	440.5 b	439.0 ab
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	433.6 c	432.7 d
5	سماد حيوي	412 d	411.11 f
6	سماد معدني + سماد حيوي	437.9 ab	435.2 c
7	سماد عضوي + سماد حيوي	439.8 b	437.2 b
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	442.6 a	440.4 a
	LSD 0.05	1.965	2.492
	CV	3.9	3.4

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

2.1.3. دراسة مقارنة لأشكال الفسفور في تربة داعل (محافظة درعا):

1.2.1.3. دراسة تأثير المعاملات المدروسة في كمية الفسفور المتاح:

يبين الجدول (11) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور المتاح بين جميع المعاملات مقارنة بالشاهد، أعطت المعاملة الثامنة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) أعلى قيمة للفسفور المتاح حيث ارتفع من 12.2 مغ/كغ بعد أسبوع من بداية التحضين إلى 17.13 مغ/كغ في نهاية التحضين، وقد يعود السبب في ذلك إلى نشاط البكتريا المحررة للفسفور بوجود المادة العضوية وتحلل المادة العضوية وبالتالي إنتاج الأحماض العضوية، إضافة إلى دور هذه الأحماض العضوية في ربط الكالسيوم من خلال مجموعاتها الوظيفية ليبقى الفسفور حراً، مما يشكل وسط مناسب لتحول الفسفور إلى الشكل المتاح وتتفق هذه النتائج مع

Mahavishnan وآخرون (2006) وKhalil (2012). تلتها وبفروق معنوية المعاملة السادسة (سماد معدني + سماد حيوي) حيث ارتفع فيها الفسفور المتاح من 11.3 إلى 15.23 مغ/كغ بسبب نشاط الأحياء الدقيقة (بكتيريا باسيلوس المضافة) التي أدت لزيادة الفسفور المتاح، كما انخفض الفسفور المتاح في المعاملة الثانية (سماد معدني) في نهاية التحضين مقارنة ببدايتها، حيث كانت بعد أسبوع من بداية التحضين 15.3 مغ/كغ وانخفضت في نهايتها لـ 11.03 مغ/كغ، ويعود السبب إلى تثبيت جزء منه كون التربة متوسطة المحتوى من كربونات الكالسيوم، وأقل معاملة كانت المعاملة الخامسة (سماد حيوي) حيث كانت كمية الفسفور المتاح في نهاية التحضين 6.17 مغ/كغ.

الجدول (11). متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة داعل (محافظة درعا)

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	5.1 f	5.37 h
2	سماد معدني	15.3 a	11.03 c
3	سماد عضوي	6.0 e	7.10 f
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	14.6 b	10.17 d
5	سماد حيوي	5.7 ef	6.17 g
6	سماد معدني + سماد حيوي	11.3 d	15.23 b
7	سماد عضوي + سماد حيوي	6.3 e	9.33 e
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	12.2 c	17.13 a
	LSD 0.05	0.6279	0.5465
	CV	3.7	3.1

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

2.2.1.3. حركية الفسفور العضوي في تربة داعل (محافظة درعا):

يظهر من الجدول (12) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور العضوي بين جميع المعاملات من جهة وبين المعاملات والشاهد من جهة أخرى، حيث انخفضت كمية الفسفور العضوي في معظم المعاملات في نهاية التحضين بالمقارنة بعد أسبوع من بداية التحضين، لأنه ومع مرور الوقت يُلاحظ تحول جزء من الفسفور العضوي

إلى فوسفور معدني نتيجة تمعدن المادة العضوية ونشاط بكتيريا باسيلوس في المعاملات المضافة إليها، وبالتالي يزيد الفسفور المعدني ويقل الفسفور العضوي في كل المعاملات بما فيهم الشاهد. حيث أعطت المعاملة السادسة (سماد معدني + سماد حيوي) أعلى كمية من الفسفور العضوي بلغت 279.9 مغ/كغ وكان بعد أسبوع من بداية التحضين 283.0 مغ/كغ، ربما يعود السبب في تفوق هذه المعاملة لعدم نشاط الأحياء الدقيقة نتيجة عدم إضافة السماد العضوي وبالتالي عدم توفر وسط مناسب لتحويل الفسفور العضوي إلى شكل آخر، تليها المعاملتين الثانية (سماد معدني) ثم المعاملة الرابعة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي) وبفروق معنوية حيث انخفض فيهما الفسفور العضوي من (277.9-283.5) مغ/كغ بعد أسبوع من بداية التحضين إلى (270.4-276.4) مغ/كغ على التوالي في نهاية التحضين.

الجدول (12). متوسط محتوى التربة من الفسفور العضوي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة داعل (محافظة درعا)

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	260.9 e	258.2 h
2	سماد معدني	283.5 a	276.4 b
3	سماد عضوي	262.3 d	254.3 f
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	277.9 b	270.4 c
5	سماد حيوي	261.1 de	248.2 g
6	سماد معدني + سماد حيوي	283.0 a	279.9 a
7	سماد عضوي + سماد حيوي	271.0 c	260.8 e
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	278.6 b	263.1 d
	LSD 0.05	1.356	1.222
	CV	3.7	3.4

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

3.2.1.3. حركية الفسفور المعدني في تربة داعل (محافظة درعا):

يبين الجدول (13) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور المعدني بين جميع المعاملات من جهة وبين المعاملات مقارنة بالشاهد، وفي الوقت نفسه يُلاحظ زيادة في كمية الفسفور المعدني في كافة المعاملات في نهاية التحضين بالمقارنة بعد أسبوع من بداية التحضين، كما لاحظ تفوق المعاملة الثامنة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) على كافة المعاملات حيث بلغت في نهاية التحضين 32.47 مغ/كغ وكانت بعد أسبوع من بداية التحضين 22.23 مغ/كغ، وربما يعود السبب في زيادة كمية الفسفور المعدني في نهاية التحضين إلى إضافة المادة العضوية التي سهلت نشاط البكتيريا، والتي بدورها عملت على تعديل حموضة الوسط وتحرر جزء من الفسفور العضوي ليصبح بشكل معدني، تليها المعاملتين الرابعة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي) والثالثة (سماد عضوي) وبفروق معنوية حيث ارتفع فيهما الفسفور المعدني من (24.30 ، 19.03) مغ/كغ على التوالي بعد أسبوع من بداية التحضين إلى (26.50 ، 25.47) مغ/كغ على التوالي في نهاية التحضين.

الجدول (13). متوسط محتوى التربة من الفسفور المعدني بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة داعل (محافظة درعا)

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	14.13 d	17.27 ef
2	سماد معدني	27.00 a	21.13 d
3	سماد عضوي	19.03 c	25.47 c
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	24.30 b	26.50 a b
5	سماد حيوي	16.37 d	18.17 e
6	سماد معدني + سماد حيوي	27.20 a	24.30 cd
7	سماد عضوي + سماد حيوي	19.23 cd	27.23 b
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	22.23 bc	32.47 a
	LSD _{0.05}	0.5695	0.7295
	CV	2.8	3.1

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

4.2.1.3. حركية الفسفور الكلي في تربة داعل (محافظة درعا):

يظهر من الجدول (14) عدم وجود اختلاف في كمية الفسفور الكلي بين جميع المعاملات بعد أسبوع من بداية التحضين مقارنة بنهاية التحضين وهذا يتوافق مع علي وآخرون (2017) الذين وجدوا أن الفسفور الكلي لا يتحرك إلا في حالات معينة منها الحركة الكتلية لمواد التربة بفعل الماء الذي يعد عامل ناقل إضافة إلى إمكانية حركة الفسفور بصورة توافقية مع حركة مكونات التربة وخاصة الغروية منها كالمادة العضوية ومعادن الطين والكربونات.

الجدول (14). متوسط محتوى التربة من الفسفور الكلي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة داعل (محافظة درعا)

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	275.03 f	275.47 f
2	سماد معدني	310.5 a	297.53 a
3	سماد عضوي	281.33 d	279.77 e
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	302.2 b	296.9 b
5	سماد حيوي	277.47 e	266.37 g
6	سماد معدني + سماد حيوي	310.2 a	304.2 c
7	سماد عضوي + سماد حيوي	290.23 c	288.03 d
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	300.83 b	295.57 b
	LSD 0.05	2.024	1.704
	CV	3.1	4.1

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

3.1.3. دراسة مقارنة لأشكال الفسفور في تربة شهباء (محافظة السويداء):

1.3.1.3. دراسة تأثير المعاملات المدروسة في كمية الفسفور المتاح:

يظهر من الجدول (15) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور المتاح بين جميع المعاملات مقارنة بالشاهد، حيث أعطت المعاملة الثامنة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) أعلى تحرر للفسفور

المتاح حيث ارتفع من 17.17 مغ/كغ بعد أسبوع من بداية التحضين إلى 25.13 مغ/كغ في نهاية التحضين. يعود السبب في تفوق هذه المعاملة إلى توفر الظروف المناسبة من نشاط البكتريا المحررة للفسفور بوجود المادة العضوية، والتي تنتج أثناء تحليلها للمادة العضوية أحماض عضوية مما يشكل وسط مناسب لتحويل الفسفور العضوي إلى الشكل المتاح، وتتفق هذه النتائج مع Mahavishnan وآخرون (2006) وKhalil (2012). كما يعود السبب أيضاً إلى أن pH التربة مناسب لتيسر الفسفور، وعدم وجود كربونات الكالسيوم التي تعمل على تثبيت الفسفور. يأتي في المرتبة الثانية المعاملة السادسة (سماد معدني + سماد حيوي) والتي ارتفع فيها الفسفور المتاح من 20.87 مغ/كغ بعد أسبوع من بداية التحضين إلى 24.93 مغ/كغ في نهاية التحضين،

الجدول (15). متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة شهباء (محافظة السويداء)

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	15.17 d	16.73 e
2	سماد معدني	23.00 a	24.20 ab
3	سماد عضوي	15.03 d	20.03 c
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	20.33 b	22.00 b
5	سماد حيوي	10.00 e	18.10 d
6	سماد معدني + سماد حيوي	20.87 b	24.93 a
7	سماد عضوي + سماد حيوي	15.03 d	20.83 c
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	17.17 c	25.13 a
	LSD _{0.05}	0.6174	0.4245
	CV	2.7	1.2

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

2.3.1.3. حركية الفسفور العضوي في تربة شهباء (محافظة السويداء):

يبين الجدول (16) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور العضوي بين جميع المعاملات من جهة وبين المعاملات والشاهد من جهة أخرى، ويُلاحظ انخفاض كمية الفسفور العضوي في كافة المعاملات في نهاية التحضين

بالمقارنة بعد أسبوع من بداية التحضين، يعود السبب إلى أنه مع مرور الوقت يتحول جزء من الفسفور العضوي إلى فوسفور معدني نتيجة تمعدن المادة العضوية وبالتالي يزداد الفسفور المتاح والفوسفور المعدني ويقل الفسفور العضوي في كل المعاملات بما فيهم الشاهد الذي انخفض فيه الفسفور العضوي من 302.0 مغ/كغ إلى 299.8 مغ/كغ نتيجة وجود كمية جيدة من المادة العضوية في تربة السويداء. أعطت المعاملة الثالثة (سماد عضوي) أعلى كمية من الفسفور العضوي 342.83 مغ/كغ في نهاية التحضين مقارنةً بعد أسبوع من بداية التحضين 350.9 مغ/كغ، ربما يعود السبب إلى إضافة كامل الكمية من السماد العضوي بالتالي كان أقل تحرر للفوسفور العضوي لعدم توفر السماد الحيوي الذي ساعد في باقي المعاملات على هذا التحرر. تليها المعاملة السادسة (سماد معدني + سماد حيوي) حيث بلغ الفسفور العضوي فيها 335.1 مغ/كغ وبفروق معنوية، تليها المعاملتين الرابعة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي) والسابعة (سماد عضوي + سماد حيوي) وبفروق معنوية.

الجدول (16). متوسط محتوى التربة من الفسفور العضوي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف

المعاملات في تربة شهباء (محافظة السويداء)

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	302.0 d	299.8 f
2	سماد معدني	308.0 d	305.7 e
3	سماد عضوي	350.9 a	342.83 a
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	330.4 c	325.44 c
5	سماد حيوي	299.1 d	288.7 g
6	سماد معدني + سماد حيوي	342.1 ab	335.1 b
7	سماد عضوي + سماد حيوي	335.7 bc	326.1 c
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	330.6 c	316.57 d
	LSD _{0.05}	11.37	1.57
	CV	2.9	2.3

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

3.3.1.3. حركية الفسفور المعدني في تربة شهباء (محافظة السويداء):

يبين الجدول (17) وجود فروق معنوية في كمية الفسفور المعدني بين جميع المعاملات من جهة وبين المعاملات مقارنة بالشاهد، وفي الوقت نفسه يُلاحظ زيادة في كمية الفسفور المعدني في كافة المعاملات في نهاية التحضين بالمقارنة بعد أسبوع من بداية التحضين، إضافةً إلى معاملة الشاهد، وربما يعود السبب لكون تربة السويداء غنية بالمادة العضوية وبالتالي مع مرور الوقت تحللت المادة العضوية ونتج عن تحليلها معدنة العناصر المعدنية ومنها الفسفور المعدني، كما يُلاحظ تفوق المعاملة الثامنة (50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي) على كافة المعاملات حيث بلغت في نهاية التحضين 42.00 مغ/كغ وكانت بعد أسبوع من بداية التحضين 27.97 مغ/كغ، وربما يعود السبب في زيادة كمية الفسفور المعدني في نهاية التحضين لكون التربة غنية بالمادة العضوية حيث تحرر جزء من الفسفور العضوي ليصبح بشكل معدني، ونتيجة لتمعدن المادة العضوية في التربة مع مرور الوقت، تليها المعاملتين السادسة (سماد معدني + سماد حيوي) والمعاملة السابعة (سماد عضوي + سماد حيوي)، ولم يكن بين هاتين المعاملتين فروق معنوية حيث ارتفع فيهما الفسفور المعدني على التوالي من (33.00-25.4 مغ/كغ بعد أسبوع من بداية التحضين إلى (35.00-35.00 مغ/كغ على التوالي في نهاية التحضين.

الجدول (17). متوسط محتوى التربة من الفسفور المعدني بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة شهباء (محافظة السويداء)

رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg ⁻¹	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg ⁻¹
1	شاهد	25.43 d	27.07 e
2	سماد معدني	33.03 a	27.13 e
3	سماد عضوي	25.00 d	32.07 d
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	30.03 b	34.99 c
5	سماد حيوي	21.93 e	33.03 c f
6	سماد معدني + سماد حيوي	33.00 a	35.00 b
7	سماد عضوي + سماد حيوي	25.40 d	35.00 b
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	27.97 c	42.00 a
	LSD 0.05	0.7864	0.5097
	CV	4.7	4.1

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

4.3.1.3. حركية الفسفور الكلي في تربة شهباء (محافظة السويداء):

يظهر من الجدول (18) وجود اختلاف بسيط في كمية الفسفور الكلي بين جميع المعاملات بعد أسبوع من بداية التحضين مقارنة بنهاية التحضين، وهذا يتوافق مع علي وآخرون (2017)، الذين وجدوا أن الفسفور الكلي لا يتحرك إلا في حالات معينة منها الحركة الكتلية لمواد التربة بفعل الماء الذي يعد عاملاً ناقلاً، إضافة إلى إمكانية حركة الفسفور بصورة توافقية مع حركة مكونات التربة وخاصة الغروية منها كالمادة العضوية ومعادن الطين والكربونات.

الجدول (18). متوسط محتوى التربة من الفسفور الكلي بعد أسبوع من بداية التحضين وبعد ثلاثة أشهر لمختلف المعاملات في تربة شهباء (محافظة السويداء)

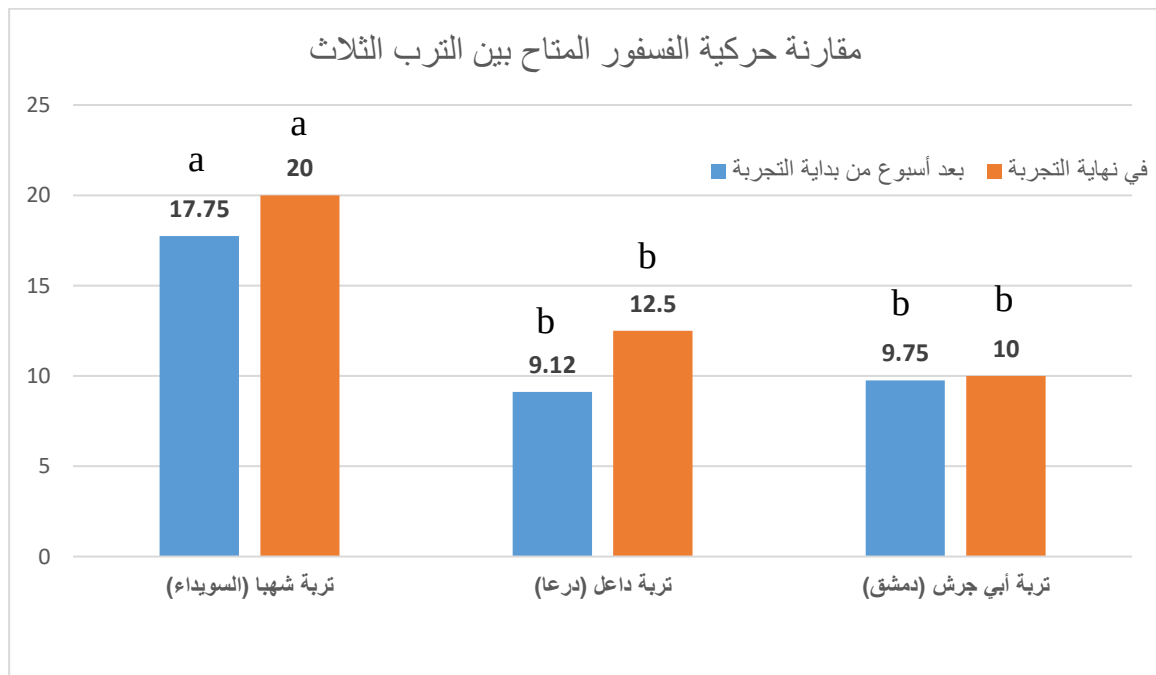
رقم المعاملة	المعاملة	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح بعد أسبوع من بداية التحضين mg.kg^{-1}	متوسط محتوى التربة من الفسفور المتاح في نهاية التحضين mg.kg^{-1}
1	شاهد	327.43 d	326.87 d
2	سماد معدني	341.03 c	332.83 c
3	سماد عضوي	375.9 a	374.9 a
4	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي	360.43 ab	360.47 ab
5	سماد حيوي	321.03 d	321.03 c
6	سماد معدني + سماد حيوي	375.1 a	370.1 a
7	سماد عضوي + سماد حيوي	361.1 ab	360.9 ab
8	50% سماد معدني + 50% سماد عضوي + سماد حيوي	358.57 b	357 ab
	LSD 0.05	20.94	35.90
	CV	3.4	6.2

حيث أن: الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد تشير إلى وجود فرق معنوي ($P > 0.05$) بين المتوسطات.

3.3. دراسة مقارنة أشكال الفسفور بين الترب الثلاث المدروسة:

1.3.3. مقارنة حركية الفسفور المتاح بين الترب الثلاث:

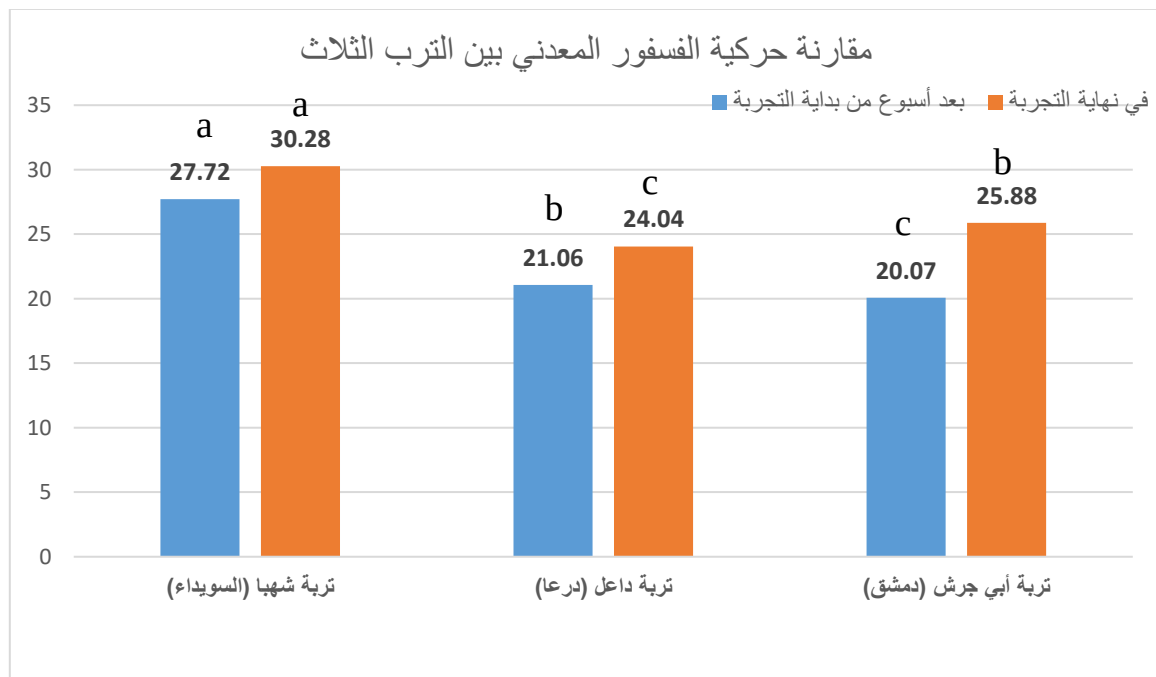
يبين الشكل (1) مقارنة لحركية الفسفور المتاح بين الترب الثلاث المدروسة بغض النظر عن المعاملات، حيث يُلاحظ تفوق معنوي لتربة شهباء (السويداء) على تربتي داعل (درعا) وأبي جرش (دمشق) حيث ارتفعت كمية الفسفور المتاح فيها إلى 20 مغ/كغ، يعود ذلك لكون هذه التربة غير كلسية أولاً حيث بلغت نسبة كربونات الكالسيوم فيها 5.00% والحموضة فيها معتدلة 7.1، كما أن محتواها بعد أسبوع من بداية التحضين كان جيداً من الفسفور المتاح، وبالتالي لم يتم تثبيت الفسفور المتاح فيها، تليها تربة درعا المتوسطة المحتوى من كربونات الكالسيوم 11.67% ورقم pH متوسط القلوية 7.83 ومحتواها متوسط من الفسفور المتاح 12.5 مغ/كغ، ثم تربة أبي جرش التي ارتفع الفسفور المتاح فيها إلى 10 مغ/كغ، وذلك بسبب المحتوى العالي من كربونات الكالسيوم 50.21 ورقم الحموضة 8.10، وتتوافق هذه النتائج مع Halajnia وآخرون (2009) وHatami وآخرون (2021).



الرسم البياني (1). مقارنة حركية الفسفور المتاح بين الترب الثلاث

2.3.3. مقارنة حركية الفسفور المعدني بين الترب الثلاث

يبين الشكل (2) مقارنة لحركية الفسفور المعدني بين الترب الثلاث بشكل عام، حيث يُلاحظ وجود فروق معنوية بين الترب الثلاث، مما يدل على تأثير الفسفور المعدني بطبيعة الترب، وبالتالي زيادة تثبيت الفسفور المعدني في الترب الكلسية على شكل فسفات الكالسيوم الثلاثية (Chang and Jackson, 1957)، حيث يُلاحظ ارتفاع كمية الفسفور المثبت في تربة أبي جرش (دمشق) من 20.07 إلى 25.88 مغ/كغ أي زيادة 5.81 مغ/كغ، بينما ارتفعت في تربة داعل (درعا) من 21.06 إلى 24.04 مغ/كغ أي زيادة بمقدار 2.98 مغ/كغ، وفي تربة شهباء (السويداء) كانت الزيادة 2.56 مغ/كغ.



الرسم البياني (2). مقارنة حركية الفسفور المعدني بين الترب الثلاث

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- بينت نتائج الدراسة أن هناك قدرة للسماد العضوي (روث الأبقار) والسماد الحيوي (البكتريا المذيبة لفسفات الكليسيوم *Bacillus ssp*) في إتاحة الفسفور والحد من تثبيته في الترب الكلسية، ويظهر ذلك من خلال زيادة الفسفور المتاح في المعاملة المضاف إليها هذين السمادين مقارنة بمثيلاتها التي لم يضاف لها هذين السمادين.
- بينت نتائج البحث أهمية التسميد الحيوي في إتاحة الفسفور وخاصة إذا ترافقت بإضافة الأسمدة العضوية كونها آمنة بيئياً وتدخل في نظم الزراعة الحديثة كالزراعة العضوية.
- يتبين من النتائج أهمية التسميد المتكامل لتأمين حركية جيدة للفسفور بالتربة وإتاحته للنبات.

التوصيات

- عدم إضافة السماد المعدني للتربة الكلسية بكميات كبيرة بدون إضافة السماد العضوي.
- يوصى بإضافة السماد الحيوي مع السماد العضوي لتأمين وسط حيوي نشط لعمل الأحياء الدقيقة.
- إضافة السماد العضوي مع السماد المعدني والحيوي لما له من أثر جيد في إتاحة الفسفور الميسر.
- اعتماد التسميد المتكامل (السماد المعدني، العضوي والحيوي) كونه يؤمن تغذية جيدة وآمنة بيئياً بالفسفور وقلل من إضافة الأسمدة المعدنية.

المراجع

المراجع العربية

1. أبو نقطة، فلاح، الشاطر، محمد سعيد، وأكرم البلخي. (2010). تأثير الأسمدة العضوية في إتاحة بعض العناصر الصغرى في التربة وإنتاجية السبانخ. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. مجلد: 26، عدد: 2. ص -ص: 15-26. دمشق: سورية. جامعة دمشق.
2. البلخي، أكرم. (2006). دراسة تفاعلات بعض المواد العضوية الطبيعية والمنتجة ومعقداتها وفعاليتها في تخصيب التربة وإنتاجية المحاصيل. رسالة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة دمشق. دمشق: سورية. ص: 132.
3. بو عيسى، عبد العزيز، وحسن غياث أحمد. (2006). خصوبة التربة وتغذية النبات. اللاذقية: سورية. منشورات جامعة تشرين. ص: 382.
4. التميمي، فارس محمد سهيل. (2005). تأثير التداخلات بين المبيدات الحيوية والكيميائية والتسميد الحيوي لنباتات القمح *Triticum aestevium*. رسالة دكتوراه. كلية الزراعة. بغداد: العراق. جامعة بغداد. ص: 96.
5. الدليمي، علا موفق صبري. (2014). تقييم كفاءة بعض عزلات *Bacillus Spp* في اذابة الفسفات تحت مستويات ملحية مختلفة ونمو وحاصل الشعير. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. بغداد: العراق. جامعة بغداد.
6. الراوي، علي عبد الهادي. (2010). تأثير إضافة نوعين من المادة العضوية في فعالية بكتريا الازوتوبكتر وزيادة تثبيتها للآزوت الجوي في تربة ملحية. مجلة الانبار للعلوم الزراعية. مجلد: 8، عدد: 4. ص-ص: 164-171. الأنبار: العراق. جامعة الأنبار.
7. الرشدي، غازي احمد مثنى. (2014). تأثير السماد العضوي والسمكي والمعدني والرش بالمركب الورقي مايكرونييت على إنتاجية البصل. مجلة أسيوط للعلوم الزراعية. مجلد: 45، عدد: 3. ص-ص: 78-88. أسيوط: مصر. جامعة أسيوط.

8. الزعبي، محمد منهل، الحصني، أنس، وحسان درغام. (2013). طرائق تحليل التربة والنبات والمياه والأسمدة. دمشق: سورية. منشورات الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. ص: 225.
9. الزعبي، منهل، البلخي، مصطفى، ومحمد سعيد الشاطر. (2006). دراسة تأثير البكتريا المحللة للفسفات وزبل البقر في إذابة الصخر الفسفاتي وتأثيره في إنتاجية نبات القطن. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. مجلد: 22، عدد: 2. ص-ص: 335-355. دمشق: سورية. جامعة دمشق.
10. الشاطر، محمد سعيد. (1979). تأثير قش البرسيم على تحولات الفسفور المتاح في تربتين مختلفتين وتحت تأثير مستويين من الرطوبة. مجلة بابل للأسد للعلوم الزراعية. عدد 2. دمشق: سورية.
11. الشاطر، محمد سعيد. (1996). تأثير قش البرسيم على تحولات الفسفور المتاح للنبات في تربتين مختلفتين وتحت تأثير مستويين مختلفين من الرطوبة. مجلة بابل للأسد للعلوم الهندسة الزراعية. عدد: 2. ص-ص: 41-51. دمشق: سورية.
12. الشاطر، محمد سعيد، الدليمي، حسن، وأكرم البلخي. (2011). تأثير بعض الأسمدة العضوية في بعض الخصائص الخصوبية الأساسية للتربة وإنتاجيتها من محصول السلق. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. مجلد: 27، عدد: 1. ص-ص: 15-28. دمشق: سورية. جامعة دمشق.
13. علي، إياد كاظم، محميد، احمد صالح، وسناء كاظم علي. (2017). محتوى وتوزيع الفسفور الكلي والجاهز وعلاقته بتطور بعض ترب شمالي العراق. مجلة الكوفة للعلوم الزراعية. مجلد: 9، عدد: 3. ص-ص: 189-205. الكوفة: العراق. جامعة الكوفة.
14. علي، نور الدين، ونزهة أحمد يحيى. (2000). امتزاز وترسيب الفسفات في تربة كلسية من وسط العراق. مجلة العلوم الزراعية العراقية. مجلد: 31، عدد: 2. ص-ص: 91-118. بغداد: العراق. جامعة بغداد.
15. عودة، محمود، وسمير شمشم. (2008). خصوبة التربة وتغذية النبات. حمص: سورية. منشورات جامعة البعث. ص: 161.

16. كامل، محمد وليد، وفاطمة المحمود. (27-29 آذار 2005). تأثير خصائص التربة ومعدلات الفسفور في

دليل الإفادة للفسفور في بعض الترب السورية. ندوة التربة واستصلاح الأراضي - الاستخدام الأمثل للمياه

والأسمدة في نظام الزراعة المطرية في المناطق الجافة وشبه الجافة. كلية الزراعة. جامعة حلب.

المراجع الأجنبية

1. Abolfazli F, Forghani A, Norouzi M. (2012). Effects of phosphorus and organic fertilizers on phosphorus fractions in submerged soil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 12(2):349-362.
2. Adhami, E., Maftoun, M., Ronaghi, A., Karimian, N., Yasrebi, J., & Assad, M. T. (2006). Inorganic phosphorus fractionation of highly calcareous soils of Iran. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 37(13-14), 1877-1888.
3. Ahmad, R., Arshad, M., Khalid, A., & Zahir, Z. A. (2008). Effectiveness of organic-/bio-fertilizer supplemented with chemical fertilizers for improving soil water retention, aggregate stability, growth and nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.). **Journal of sustainable agriculture**, 31(4), 57-77.
4. Asoegwu, C. R., Awuchi, C. G., Nelson, K., Orji, C. G., Nwosu, O. U., Egbufor, U. C., & Awuchi, C. G. (2020). A review on the role of biofertilizers in reducing soil pollution and increasing soil nutrients. **Himalayan Journal of Agriculture**, 1, 34-38.
5. Barrow, N. J. (2022). How understanding soil chemistry can lead to better phosphate fertilizer practice: a 68 year journey (so far). **Plant and Soil**, 1-15.
6. Bashan, Y. (1999). Interactions of *Azospirillum* spp. in soils: a review. **Biology and Fertility of Soils**, 29(3), 246-256.
7. Biswapati D.; Mandal, S.C. and Mandal, L.N. (1992). Effect of growth and subsequent decomposition of cyanobacteria on the transformation of phosphorus in submerged soils. **Plant and Soil**, 143(2): 289-97.
8. Black, G.R. (1965). Bulk density. In. CA. Black et al. (Eds). **Methods of soil analysis**, part 1. Agron. 9: 371 – 373. Am. soc. Agron. Madison. USA.

9. Blake, L., Johnston, A.E.; Poulston, A.E. and Goulding, K.W.T. (2003). Changes in soil phosphorus fractions following positive and negative balances for long periods. **Plant and Soil**, 254: 245-261.
10. Brady, N. C., & Weil, R. R. (2013). **Nature and properties of soils**, the: Pearson new international edition pdf ebook. Pearson Higher Ed.
11. Brady, N.C. and Weil, R.R. (2002). **The Nature and Properties of Soils**. 13th edition. Prentice Hall, Upper Raddle River, New Jersey.
12. Bremner, J. M. (1965). Inorganic forms of nitrogen. in C.A. Black. 1965. **Methods of soil analysis**. part 2 chemical and microbiological properties. 9, 1179-1237. Amer. Soc. of Agron. Inc. USA
13. Campbell, C. A., & Zentner, R. P. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. **Soil Science Society of America Journal**, 57(4), 1034-1040.
14. Chang, S.C. and Jackson, M.L. (1957). Fractionation of soil phosphorus. **Soil Science**, 84: 133-144.
15. Chang, S.C. and Jackson, M.L. (1958). Soil phosphorus fractions in some representative soils. **Journal of Soil Science**, 9: 109-119.
16. Chaudhari, P. R., Desai, N. H., Chaudhari, P. P., & Rabari, K. V. (2018). Status of chemical properties and available major nutrients in soils of Patan district of Gujarat, India. **Crop Res**, 53, 147-53.
17. Chen, G.C.; He, Z.L. and Huang, C.Y. (2000). Microbial biomass phosphorus and its significance in predicting phosphorus availability in red soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 31: 655-667.
18. Choudhury, A. T. M. A., Kennedy, I. R., Ahmed, M. F., & Kecskés, M. L. (2007). Phosphorus fertilization for rice and control of environmental pollution problems. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 10(13), 2098-2105.
19. Cross, A. and Schlesinger, W. (2001). Biological and geochemical controls on phosphorous fractions in semiarid soils. **Biogeochemistry**, 52: 155-172.

20. Daniels, M.B.; Delaune, P.; Moore, A.; Mauromoustakos, S.L.; Chapman and Langston, J. M. (2001). Soil Phosphorus Variability in Pastures. **Journal of Environmental Quality**, 30: 2157-2165.
21. Dean, L.A. (1983). An attempted fractionation of soil phosphorus. **Journal of Agriculture Science**, 28 :234-246.
22. El-Naggar, A.M.A. (2004). **Effect of organic farming on drip irrigation grapevine and soil chemical properties**. 2nd Proceeding of the 2 and International Conference of Agriculture, Nasr City, Cairo, Egypt, pp: 117-128.
23. El-Tarabily, K. A., Soaud, A. A., Saleh, M. E., & Matsumoto, S. (2006). Isolation and characterisation of sulfur-oxidising bacteria, including strains of Rhizobium, from calcareous sandy soils and their effects on nutrient uptake and growth of maize (Zea mays L.). **Australian Journal of Agricultural Research**, 57(1), 101-111.
24. FAO. (2007). **Methods of analysis for soils of arid and semi arid regions**. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
25. Frossard, E., Condrón, L. M., Oberson, A., Sinaj, S., & Fardeau, J. C. (2000). Processes governing phosphorus availability in temperate soils. **Journal of environmental quality**, 29(1), 15-23.
26. Guppy, C.N.; Menzies, N.W.; Moody, P.W. and Blamey, F.P.C. (2005). Competitive sorption reactions between phosphorous and organic matter in soil. **Australian Journal of Soil Research**, 43: 189-202.
27. Halajnia, A., Haghnia, G. H., Fotovat, A., & Khorasani, R. (2009). Phosphorus fractions in calcareous soils amended with P fertilizer and cattle manure. **Geoderma**, 150(1-2), 209-213.
28. Han, H. S., & Lee, K. D. (2006). Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. **Plant soil and Environment**, 52(3), 130

29. Hatami, H., Fotovat, A., & Halajnia, A. (2021). Availability and Uptake of Phosphorus and Zinc by Maize in the Presence of Phosphate-Containing Zn-Al-LDH in a Calcareous Soil. **Eurasian Soil Science**, 54(3), 431-440.
30. Hau, Yaqiong. (2008). **The Effects of Oxidation-Reduction Potential on the Solubility of Phosphorus in Agricultural Water Management Systems**. A thesis submitted of Master of Science. McGill University.
31. Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2016). **Soil fertility and fertilizers**. Pearson Education India.
32. Hedley, M. J., Stewart, J. W. B., & Chauhan, B. (1982). Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, 46(5), 970-976.
33. Hou, E., Tang, S., Chen, C., Kuang, Y., Lu, X., Heenan, M., & Wen, D. (2018). Solubility of phosphorus in subtropical forest soils as influenced by low-molecular organic acids and key soil properties. **Geoderma**, 313, 172-180.
34. Islam, A. and Khan, T.H. (1966). Transformation of different phosphatic fertilizers in soils of East Pakistan at field moisture capacity and waterlogged conditions. **Proceedings of Pakistan Acad. Science**, 5(1): 63-71.
35. Izaurralde, R. C. (2000). **Cycles of soil**. Crop Science, 40(1), 288-288.
36. Khalil, H. A. (2012). The potential of biofertilizers to improve vegetative growth, nutritional status, yield and fruit quality of Flame seedless grapevines. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci**, 12(9), 1122-1127.
37. Khamis, M. A., MM, S., Bakry, K. A., & Abd, A. S. (2015). Response of Guava Transplants to Soil and Foliar Spray with Some Bio-Stimulants. **Egyptian Journal of Horticulture**, 42(1), 101-110.
38. Kirkby, E. A., & Johnston, A. E. (2008). Soil and fertilizer phosphorus in relation to crop nutrition. **The ecophysiology of plant-phosphorus interactions**, 177-223.

39. Kumar, A., Singh, R., & Chhillar, R. (2008). Influence of omitting irrigation and nitrogen levels on growth, yield and water use efficiency of coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Acta Agronomica Hungarica**, 56(1), 69-74.
40. Kuo, S. (1996). **Phosphorus**. pp. 869-919. In: Bigham, J.M. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Book Series No. 5. Madison, Wisconsin.
41. Lal, R. (2008). Soils and sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, 28, 57-64.
42. Lee, Y. L., Ahmed, O. H., Wahid, S. A., & AB Aziz, Z. F. (2021). Biochar tablets with and without embedded fertilizer on the soil chemical characteristics and nutrient use efficiency of Zea mays. **Sustainability**, 13(9), 4878.
43. Lindsay, W.L. (1979) Chemical Equilibrium in Soils. John Wiley & Sons, New York. P: 449.
44. Lustosa Filho, J. F., da Silva Carneiro, J. S., Barbosa, C. F., de Lima, K. P., do Amaral Leite, A., & Melo, L. C. A. (2020). Aging of biochar-based fertilizers in soil: effects on phosphorus pools and availability to Urochloa brizantha grass. **Science of the Total Environment**, 709, 136028.
45. Mahavishnan, K., Prasad, M., & Rekha, K. B. (2006). Integrated nutrient management in cotton-sunflower cropping system in the sandy loam soils of north India. **Journal of Tropical Agriculture**, 43, 29-32.
46. Marx, E.S., Hart, J. M and Stevens R.G. (1999). Soil Test Interpretation Guide. EC 1478. Oregon State University. USA.
47. Mataroiev, I. A. (2002). Effect of humate on diseases plant resistance. **Ch. Agri. J.** 1, 15-16.
48. Millán G, Vázquez M, Terminiello A, Sbuscio DS. (2010). Application of basic amendments on acid soils of the pampa region: effect on the soil exchange complex. **Ciencia del Suelo** 28(2):131-140.

49. Mohanty, S., Paikaray, N.K., Rajan, A.R. (2006). Availability and uptake phosphorus from organic manures in groundnut (*Arachis hypogea* L.) and corn (*Zea Mays* L.) sequence using radio tracer technique. **Geoderma**, 133, 225–230.
50. Nasrin, S., Biswas, T. K., Amin, M. S., & Khatun, M. (2016). Study of salinity effects on the inorganic phosphorus transformation in three different soil series of Ganges River Floodplain. **Jahangirnagar University Journal of Biological Sciences**, 5(1), 71-79.
51. Nautiyal, C.S.; Bhaduria, S.; Kumar, P.; Lal, H.; Mondal, R. and Verma, D. (2000). Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soil. Federation Individual Standing Offer (FEMS). **Microbiology Letters**, 182(2): 291-96.
52. Nayakekovala , H . and Taylor, H. M. (1990). PHospHate up take rates by cotton roots at different growth stages from different soil layers. **Plant and Soil**. 122: 105 – 110.
53. Nishigaki, T., Tsujimoto, Y., Rinasoa, S., Rakotoson, T., Andriamananjara, A., & Razafimbelo, T. (2019). Phosphorus uptake of rice plants is affected by phosphorus forms and physicochemical properties of tropical weathered soils. **Plant and Soil**, 435(1), 27-38.
54. Page, A. L., Miller, R. H., & Keeny, D. R. (1982). **Methods of Soil analysis**. part (2) 2nd (ed). Agronomy 9. Amer. Soc. Agron. Madison Wisconsin.
55. Patel, G., Singh, S., Saxena, S. K., & Kaur, K. J. (2016). Isolation, biochemical characterization and production of biofertilizer from *Bacillus megaterium*. **Int. J. Life. Sci. Scienti. Res**, 2(6), 749-752.
56. Richard, L. A. (1954). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. (No. 60). US Government Printing Office.
57. Richardson, A. E. (1994). Soil microorganisms and phosphorus availability. **Soil biota: management in sustainable farming systems**., 50-62.

58. Rolewicz, M., Rusek, P., & Borowik, K. (2018). Obtaining of granular fertilizers based on ashes from combustion of waste residues and ground bones using phosphorous solubilization by bacteria *Bacillus megaterium*. **Journal of environmental management**, 216, 128-132.
59. Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2001). **Soil and plant analysis laboratory manual**. 2nd Edition. ICARDA.
60. Samah, Y.A.E., (2002). **Effect of biofertilizer on yield and berry qualities of grapevines**. M.Sc. Thesis. Fac Agric., Mansoura Univ., Egypt.
61. Shnek, M. Shaviv, A. and Rovina, I. (1991). The effect of soil pHosphate sorption kinetics on parameter used for modeling pHosphate uptake. *Soil Sci* . 151: 333 – 342.
62. Stevenson, F. J. (1986). Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. NY ea: John Willey & Sons. p: 400
63. Sumio, I. (2002). Application of mechanistic model for P uptake by barley under lower temperature condition. **Soil Science and Plant Nutrition**, 48(3): 441-445.
64. Syers, J.K.; Smillie, G.W. and Williams, J.D.H. (1972). Calcium fluoride formation during extraction of calcareous soils with fluoride: I. Implications to inorganic P fractionation scheme. **Soil Science Society of America Proceedings**, 36: 20-26.
65. Tate III, R. L. (2020). **Soil microbiology**. John Wiley & Sons.
66. Timsina, J., Jat, M. L., & Majumdar, K. (2010). Rice-maize systems of South Asia: current status, future prospects and research priorities for nutrient management. **Plant and Soil**, 335(1), 65-82.
67. Traina, S. J., Sposito, G., Hesterberg, D., & Kafkafi, U. (1986). Effects of pH and organic acids on orthophosphate solubility in an acidic, montmorillonitic soil. **Soil Science Society of America Journal**, 50(1), 45-52.
68. Vu, D.T.; Tang, C. and Armstrong, R.D. (2008). Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean climate. **Plant and Soil**, 304: 21-33.

69. Wang, B.; Shen, J.; Tang, C. and Rengel, Z. (2008). Root morphology, proton release, and carboxylate exudation in lupin in response to phosphorus deficiency. **Journal of Plant Nutrition**, 31: 557-570.
70. Wang, X.; Yost, R.S. and Linquist, B.A. (2001). Soil aggregate size affects phosphorus desorption from highly weathered soils and plant growth. **Soil Science Society of America Journal**, 65: 139-146.
71. White, P. J., & Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, 182(1), 49-84.
72. Wiederholt, R. and Johnson, B. (2005). **Phosphorus Behavior**. In the Environment. North Dakota State University Extension Service, Fargo. On-line document, Retrived on March 22, 2012. Web (URL) address:
73. Williams, J. D. H., Mayer, T., & Nriagu, J. O. (1980). Extractability of phosphorus from phosphate minerals common in soils and sediments. **Soil Science Society of America Journal**, 44(3), 462-465.
74. Williams, J. D. H., Syers, J. K., & Walker, T. W. (1967). Fractionation of soil inorganic phosphate by a modification of Chang and Jackson's procedure. **Soil Science Society of America Journal**, 31(6), 736-739.
75. Williams, J. D. H., Syers, J. K., Harris, R. F., & Armstrong, D. E. (1971). Fractionation of inorganic phosphate in calcareous lake sediments. **Soil Science Society of America Journal**, 35(2), 250-255.
76. Xu, J. M., Tang, C., & Chen, Z. L. (2006). The role of plant residues in pH change of acid soils differing in initial pH. **Soil Biology and Biochemistry**, 38(4), 709-719.
77. Yadav, S., Yadav, J., & Singh, S. G. (2011). Performance of Azospirillum for improving growth, yield and yield attributing characters of maize (Zea mays L.) in presence of nitrogen fertilizer. **Research Journal of Agricultural Sciences**, 2(1), 139-141.

78. Zheng, Z., Parent, L. E., & MacLeod, J. A. (2003). Influence of soil texture on fertilizer and soil phosphorus transformations in Gleysolic soils. **Canadian journal of soil science**, 83(4), 395-403

الملحق

جداول تقويم التربة وفق التحاليل المخبرية

1- تقويم التربة وفق محتواها من كربونات الكالسيوم:

الجدول (19). تقويم التربة وفق محتواها من كربونات الكالسيوم وفق (FAO, 2007)

المستوى	كربونات الكالسيوم (%)
منخفضة	5.00-0.00
متوسطة	15.00-5.00
عالية	25.00-15.00
عالية جداً	أكثر من 25.00

2- تقويم التربة وفق محتواها من المادة العضوية:

الجدول (20). تقويم التربة وفق محتواها من المادة العضوية وفق (FAO, 1980)

المستوى	المادة العضوية (%)
منخفض	0.86>
متوسط	1.29-0.86
كافٍ	1.29<

4- تقويم التربة وفق درجة الحموضة (pH):

الجدول (21). مستويات pH في التربة حسب تصنيف (Marx وآخرون، 1999)

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

5-تقويم ملوحة التربة وفق الناقلية الكهربائية:

الجدول (22). تقويم ملوحة التربة على أساس التوصيل الكهربائي لمستخلص (5:1) حسب منظمة الفاو (في الزعبي وآخرون)

نوع التربة	الناقلية الكهربائية لمستخلص التربة 1:5 (ds\m)
غير مالحة	0.60-0
قليلة الملوحة	1.20-0.60
متملحة	2.40-1.20
شديدة الملوحة	6.00-2.40
مالحة جداً	6.00 <

6- تقويم التربة وفق محتواها من الآزوت الكلي:

الجدول (23). تقويم التربة وفق محتواها من الآزوت الكلي وفق (FAO, 2007)

المستوى	الأزوت الكلي (%)
فقيرة	0.059-0
متوسطة	0.19-0.06
غنية	0.16-0.12
غنية جداً	0.16 <

7-تقويم التربة وفق محتواها من البوتاسيوم المتاح (K):

الجدول (24). تقويم التربة محتواها من البوتاسيوم المتاح (K) وفق (FAO,2007).

المستوى	K (mg.kg ⁻¹)
منخفض جداً	85-0
منخفض	150-85
متوسط	250-150
عالي	450-250
عالي جداً	450 <

6- تقويم التربة وفق محتواها من الفسفور المتاح (P):

الجدول (25). تقويم التربة وفق محتواها من الفسفور المتاح (P) وفق Olsen (في FAO، 2007)

المستوى	P (mg.kg^{-1})
فقيرة جداً	3.00-0.00
فقيرة	8.00-3.00
متوسطة	14.00-8.00
عالية	20.00-14.00
عالية جداً	20.00 <

Abstract

This research was conducted with the aim of studying the effect of organic, biological, and mineral fertilization on the kinetics of phosphorus and its various forms in three different soils with calcium carbonate content (high, medium, and poor) from three regions (Damascus, Daraa, and As-Suwayda), respectively. The experiment was conducted at the Faculty of Agriculture, University of Damascus, within 1 kg pots. The experiment was designed according to a simple random design with eight treatments (control, mineral fertilizer, organic fertilizer, 50% mineral fertilizer + 50% organic fertilizer, biofertilizer, mineral fertilizer + biofertilizer, fertilizer Organic + biofertilizer, 50% mineral fertilizer + 50% organic fertilizer + biofertilizer) with three replicates for each treatment. The pots were left in the laboratory atmosphere for three months with continuous humidification (once every week) to reach 80% of field capacity. Soil samples were analyzed a week after the experiment and at the end of the experiment and it was estimated (available phosphorus, organic phosphorus, mineral phosphorus, total phosphorus) and the results at the end of the experiment were as follows: The treatment (50% mineral fertilizer + 50% organic fertilizer + biofertilizer) gave the highest result in the three soils, available phosphorus reached (20.1-17.13-25.13) mg/kg for the soil of Damascus, Daraa, and Suwayda, respectively, Which demonstrates the importance of integrated fertilization. As for organic phosphorus, the organic fertilization treatment gave the highest concentration of organic phosphorus in the soils of Damascus and Suwayda (411-342.83) mg/kg, respectively. As for Daraa soil, the treatment (mineral fertilizer + biofertilizer) had the highest concentration (260.8) mg/kg, and the treatment gave (50% mineral fertilizer + 50 %organic fertilizer + biofertilizer) The highest concentration of mineral phosphorus was in the three soils (Damascus, Daraa, and As-Suwayda), and the results were (34.10-32.47-42.00) mg/kg, respectively.

Keywords: Phosphorous, Organic Fertilization, Mineral Fertilization, Biological Fertilization, Calcareous Soil.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Agriculture Engineering
Department of Soil Sciences



The Effect of Organic and Biological Fertilization on The Mobility of Phosphorus and Its Different Forms in Calcareous Soils

A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree
of Master in " Soil sciences"

Present by

Mouna Alahmad

Supervisors

**Prof. Dr. Muhammad Saeed
Al-Shater**

Department of Soil Sciences
Faculty of Agriculture Engineering
Damascus University
Principal supervisor

Dr. Loui Rifai

Department of Soil Sciences
Faculty of Agriculture Engineering
Damascus University
Principal supervisor

2022-2023