الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق – كلية الزراعة

قسم علوم التربة

دراسة حركة الفسفور في الترب الكلسية خلال موسم النمو النباتي

The movement of phosphorous in calcareous soils during the vegetative growth

رسالة قدمت إلى جامعة دمشق لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في علوم التربة

إعداد

منال زهير الحافظ

إشراف

أ.د .حسن حبيب

مشرفاً

قسم علوم التربة

جامعة دمشق

د. أكرم البلخي

مشرفاً مشاركاً

قسم علوم التربة

جامعة دمشق

شهادة

نشهد بأن العمل المقدم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة منال زهير الحافظ بإشراف الدكتور حسن حبيب (المشرف الرئيسي) الأستاذ في قسم علوم التربة/ كلية الزراعة/ جامعة دمشق، و الدكتور أكرم البلخي (المشرف المشارك) دكتور في قسم علوم التربة / كلية الزراعة/ جامعة دمشق، وإن أية مراجع أخرى ذكرت في هذا العمل موثقة في نص هذه الرسالة.

المرشحة	المشرف المشارك	المشرف الرئيسي
منال زهير الحافظ	د. أكرم البلخي	أ. د. حسن حبيب

تاريخ: 4 / 9 /2012

CERTIFICATION

We witness that the described work in this thesis is the result of scientific research conducted by the candidate Manal Zouhair Al Hafez, under supervision of Prof. Dr. Hasan Habib (Main Supervisor) at the department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Damascus University, and Dr. Akrm AL-Balki (Co-Supervisor) at the department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Damascus University . and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

Candidate	Co-supervisor	Advisor
Eng.Manal AL Hafez	Dr.Akrm AL-Balki	Prof. Dr.Hasan Habib

تـنـويـه

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية / اختصاص علوم التربة من كلية الزراعة – جامعة دمشق.

ولقد تم إجراء كافة التعديلات المطلوبة على هذه الرسالة "**حركة الفسفور في الترب الكلسية خلال موسم النمو النباتي**" للمهندسة **منال زهير الحافظ**

نوقشت وأجيزت في 4/ 9 / 2012

أمام لجنة الحكم

أ.د محمد سعيد الشاطر

أستاذ في قسم علوم التربة / كلية الزراعة – جامعة دمشق

أ.د حسن حبيب

أستاذ في قسم علوم التربة / كلية الزراعة – جامعة دمشق

د.حياة وطفة

مدرس في قسم علوم التربة / كلية الزراعة – جامعة دمشق

تصريح

أصرح بأن هذا البحث "**دراسة حركة الفسفور في الترب الكلسية خلال موسم النمو النباتي**" لم يسبق أن قبل لأي شهادة ، وليس مقدم حالياً للحصول على أي شهادة أخرى .

Declaration

I hereby certify that this work ((The movement of phosphorous in the calcareous soils during the plant´s growing))

Candidate

Eng.Manal AL Hafez

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في اختصاص علوم التربة – كلية الزراعة – جامعة دمشق .

This thesis has been submitted as a partial fulfillment of The requirement for the degree of Master of Science in The Soil Sciences Reclamation, at the faculty of Agriculture , Damascus University .

كلمة شـــــــــــكر

ACKMOWLEDGMENT

الحمد الله الذي أنار عقولنا ، ويسر طريقنا ، وشغل أوقاتنا بما ينفعنا ، نحمده تعالى ونشكره ونصلي على نبيه محمد صلى الله عليه وسلم .

أتوجه بجزيل الشكر والإمتنان إلى كل الذين أناروا لي الطريق وأفادوني بعلمهم وخلاصة تجاربهم لإنجاز هذا العمل وأخص بالشكر **الأستاذ الدكتور حسن حبيب** الذي تفضل بالإشراف على هذا البحث فجزاه الله عنا كل خير وله كل الامتنان والاحترام .. **و الدكتور أكرم البلخي** .

كل الشكر لأعضاء لجنة الحكم لما بذلوه من جهد وعناء في تدقيق هذه الأطروحة وإعطاء التوجيهات والتوصيات اللازمة لجعلها في أكمل صورة .

أتوجه بخالص الشكر **للدكتور عمار حبشية والدكتورة صفاء نجلا** لما قدماه لي من مساعدة أثناء تنفيذ الجزء الإحصائي من هذا البحث .

كما أنني أشكر جميع العاملين في قسم علوم التربة لما قدموه من دعم وتسهيلات لإنجاز هذا العمل، أخص بذلك المربية الفاضلة منى نشواتي والآنسة سميرة الشحري والسيدة شذى رزّوق والآنسة تغريد أبو راشد .

ولا يسعني في النهاية إلا أن أشكر عائلتي .... أبي العزيز وأمي الحنونة وأخوتي الذين كانوا لي الدعم والسند في كافة مراحل الدراسة .

الإهداءات

إلى سيد الأنبياء والمرسلين ..إلى السراج المنير .. سيد الأولين والآخرين .. إلى من قال إنما أرسلت معلماً .. إلى من نرجو أن ننهل من يده الشريفة شربة لانظمأ بعدها أبداً

محمد صلى الله عليه وسلم

إلى اللذين قتلوا في سبيل الله وهم أحياء عند ربهم يرزقون

شهداء سوريا الأبطال

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار .. أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار

والدي العزيز

إلى ملاكي .. إلى التي غرزت فيّ أول لبنات الحياة .. إلى معنى الحب و التفاني .. إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي .. التي نطق بها فمي أول مرة .. إلى معلمتي الأولى ومربية الأجيال ...

أمي الخالدة في روحي

إلى الشموع التي أضاءت دربي .. إلى من قضيت معهم حلو الحياة ومرها ..إلى مصدر فخري واعتزازي ..

إخوتي : المثنى ، محبة ، محمد

فهرس المحتويات

التسلسل	المحتوى	رقم الصفحة
	الملخص	9
1	**الفصل الأول – مبررات الدراسة وأهدافها**	11
2	**الفصل الثاني– مدخل إلى دراسة حركة الفسفور**	14
2- 1	مقدمة	15
2- 2	أشكال ووظائف الفسفور في النبات	15
2- 3	أشكال الفسفور في التربة	17
2- 4	العوامل التي تؤثر في حركة وتثبيت الفسفور في التربة	21
2- 5	تفاعلات الفسفور في الترب الكلسية	25
2- 6	سلوك الأسمدة الفوسفاتية في التربة	26
3	**الفصل الثالث – الدراسة المرجعية**	28
4	**الفصل الرابع – مواد وطرائق الدراسة**	46
5	**الفصل الخامس – عرض ومناقشة النتائج**	54
6	**الفصل السادس – الاستنتاجات**	105
7	**الفصل السابع – المقترحات**	107
8	**الفصل الثامن – المراجع**	109

الملخص:

بهدف تحقيق هذه الدراسة، تم تنفيذ تجربة حقلية أضيف فيها مقنن سماد السوبر فوسفات إلى تربة كلسية مزروعة بالذرة الصفراء لموسمين زراعيين متتاليين ووفقاً لثلاث معاملات مختلفة (تسميد سطحي ، تسميد على عمق 10 سم ، تسميد على عمق 20 سم) مقارنةً بمعاملة الشاهد (دون إضافة)، جرى الاعتيان بمعدل (12) مكرر من كل معاملة وعلى أربعة أعماق مختلفة (0 – 10) سم (10 – 20) سم (20 – 30) سم،(30 – 40) سم بمعدل مكررين أيضاً لكل عمق، وذلك خلال أزمنة مختلفة من موسمي النمو النباتي **[** الزمن صفر، بعد 15 يوم ، بعد 30 يوم ، بعد 45 يوم ، بعد 60 يوم ، بعد 90 يوم من الزراعة**]** . قدر الفسفور المتاح وpH التربة في جميع العينات، فأظهرت النتائج ارتفاعاً في تركيز الفسفور المتاح بعد الزراعة مباشرةً، مع ازدياد ملحوظ فيه بعد 15 يوم منها، وذلك في كافة المعاملات وعلى كافة أعماق الاعتيان ثم أخذ هذا التركيز بالتناقص في أزمنة الاعتيان المتلاحقة وبمعدل ثابت في جميع المعاملات وعلى كافة الأعماق أيضاً، حتى بلغ النصف تقريباً (بعد 90 يوم من الزراعة) مقارنةً بالزمن صفر، ولدى مقارنة المعاملات المضاف إليها السماد فيما بينها من حيث تراكيز الفسفور المتاح تبين عدم وجود فروق معنوية، مع تفوق لمعاملة التسميد السطحي، وعند إجراء نفس المقارنة بين أعماق الاعتيان المختلفة لوحظ تفوق العمقين (0 – 10) سم و(10 – 20) سم على باقي المعاملات، أما بالنسبة لأزمنة الاعتيان المختلفة فقد تبين تفوق الزمن (بعد 15 يوم من الزراعة) من حيث تركيز الفسفور المتاح على باقي الأزمنة ، وتبعه مباشرةً الزمن صفر، كما وجد أيضاً أن أفضل تركيز للفسفور المتاح كان على العمق (0– 20) سم في معاملة التسميد على عمق 10 سم، وزمن الاعتيان (بعد 15 يوم من الزراعة) .

Abstract:

In order to achieve this study, afield experiment was carried out, phosphate fertilizer was added to the calcareous soil of the plot , as required, maize was the cultivated plant, for two seasons. the fertilizer was added with regard to the depth, into three levels: zero depth, at adepth of 10 cm,and depth of 20 cm,ablanck was run without any addition.The sampling was carried out in 12 replicates at adepth of (0-10) cm,(10-20) cm, 20-30 cm, 30-40 cm at two different times, during the growing season: at zero time, after 15 days, 30 days, 45 days, 60 days and 90 days, of plantation. The available p was determined in all samples, the results indicate of p increase directly after cultivation with increase evidence after 15 days, in all treatments, and the different depths of sampling. The concentration of available phosphorus, fast to decrease in the later sampling times, and reaches 50% after 90 days, compared with the zero time. The obtained results show that the zero depth fertilization was the best among the others as far as p concentration is considered, and among the different depths- the depths of (0-10) and (10-20) cm were better than other ones. For that the different date of sampling, after (15) days was the best of the concentration of phosphorus available to the rest of the times, and was followed immediately the zero time, and that the best concentration of available phosphorus was at depth (0 – 20) cm the treatment of fertilization at a depth of 10 cm, and time of sampling, after 15 days.

الفصل الأول

مبررات الدراسة وأهدافها

Rationale for the study and their objectives

1 – مبررات الدراسة وأهدافها:

1-1- ﴿مبررات الدراسة﴾ :

لوحظ أن الإضافات المتعاقبة للأسمدة الفوسفاتية لبعض الترب وخاصة الكلسية منها، لم ينتج عنها الاستجابة المتوقعة من الإضافة، وربما يعود ذلك إلى تثبيت الفسفور وتحوله إلى أشكال غير قابلة للامتصاص، ومن المعلوم أن مايمتصه النبات من السماد الفوسفاتي لايمثل إلا جزءاً يسيراً من الكمية المضافة، حيث تتراوح هذه النسبة بين (1- 20%) حسب الظروف المناخية والتربة ونوعية النبات (El Mahmoud, 1991).

بالرغم من ذلك فإن المحصول المزروع لا تظهر عليه أحياناً علامات النقص بشكل ملحوظ، لأن عملية الإتاحة عملية متداخلة تشترك فيها كل من تفاعلات الادمصاص والترسيب والإذابة والتحرر، فضلاً عن جذور النباتات وتداخلاتها في منطقة الريزوسفير، حيث تحدث عمليات مختلفة لها أهميتها في إتاحة الفسفور .

لذلك من الضروري معرفة حركة الفوسفات في الترب الكلسية، وعلاقة هذه الحركة ببعض خصائص هذه الترب ثم التنبؤ بفاعلية الأسمدة الفوسفاتية بالعلاقة مع عمق إضافتها.

يهدف هذا البحث إلى إلقاء الضوء على العلاقة بين عمق إضافة الفوسفات وحركتها في الترب الكلسية ومدى الفائدة من هذه الإضافة في منطقة الجذور مقارنة بالتسميد السطحي .

1 -2- ﴿أهداف الدراسة﴾ :

1. تحديد العلاقة بين عمق إضافة الفوسفات وحركتها في الترب الكلسية خلال موسم النمو النباتي، وعلاقة الفسفور المتاح ببعض خصائص هذه الترب .
2. معرفة مدى الفائدة من إضافة الفوسفات في منطقة الجذور، مقارنة بالتسميد السطحي .
3. دراسة العلاقة بين الفسفور المتاح وبعض خصائص التربة الكلسية .
4. إيضاح أهمية التسميد الفوسفاتي في كل موسم زراعي لتأمين المخزون المناسب لتوفير كميات مناسبة من الفسفور الميسّر للنبات.

الفصل الثاني

مدخل إلى دراسة حركة الفسفور

Introduction to the Study of the movement of phosphorus

2- مدخل إلى دراسة حركة الفسفور:

2-1- مقدمة :

تتطلب غالبية النباتات تركيزاً للفسفور في محلول التربة يتراوح بين (0.003 – 3) جزء بالمليون (Mengel and Kirby., 1987)، وتمتص الأيونات الفوسفاتية الأحادية والثنائية ($H_2PO_4^-$) (HPO_4^{-2}) من قبل جذور النبات لينتقل الفسفور الممتص إلى الأجزاء الهوائية منه، ويعود الفسفور الموجود في الأنسجة النباتية إلى التربة مجدداً من خلال البقايا النباتية والمخلفات الحيوانية التي تتعرض بمجرد وصولها للتربة إلى التفكك الحيوي bio- Decomposition في الظروف المناسبة لذلك وخلال هذه العملية يستخدم جزء من الفسفور المتحرر في بناء أنسجة ميكروبية جديدة بعملية التسكين أو الوقف الحيوي bio- Immobilization، بينما يتحرر القسم المتبقي إلى محلول التربة بأشكال معدنية متاحة للنبات، ويرتبط جزء من الفسفور المتحرر عن عملية المعدنة بالمادة العضوية في التربة وجزء آخر مع المركبات المعدنية متحولاً إلى أشكال صعبة الذوبان، وبالتالي تكون غير متاحة للنبات، في حين يتحرر جزءاً من فسفور المعادن الأولية والثانوية إلى أشكال ذائبة ومتاحة للنبات (Tisdale *et al*.,1993).

2-2- أشكال ووظائف الفسفور في النبات :

يعد الفسفور أحد العناصر المغذية الأساسية للنبات، حيث يحتاجه بكميات كبيرة نسبياً، وتبلغ نسبته في معظم النباتات بين (0.15- 0.9 %) من الوزن الجاف (الكردي و ديب، 1982) .

تختلف النباتات في حاجتها للفسفور، وذلك تبعاً لنوع المحصول ومرحلة النمو ومستوى الإنتاج، وتأتي أهمية هذا العنصر من كونه يدخل في تركيب عدد من المركبات العضوية الهامة جداً كالأحماض النووية مثل DNA , RNA التي تدخل في تركيب نواة وسيتوبلازما الخلية

والبروتينات النووية المتواجدة في الكروموزومات والتي تؤدي دوراً هاماً في انقسام وتكاثر الخلايا النباتية كما يدخل في تركيب المواد الغنية بالطاقة كالأدينوزين ثنائي وثلاثي الفوسفات ATP و ADP التي تؤمن للخلايا الطاقة اللازمة للقيام بوظائفها وكذلك مركب الفيتين الهام في نمو الخلية، كما أن له دور يؤديه في النمو المبكر للمجموع الجذري، ويساعد على التبكير في النضج وتكوين الثمار والبذور، ويدخل في تركيب السكريات الفوسفاتية والفوسفوليبيدات (Olsen,1952b).

من المعلوم أن ظهور أعراض نقص عنصر ما عند النبات لايشير دوماً إلى عدم وجوده بكمية كافية في التربة، بل قد يرجع السبب في بعض الأحيان إلى عدم جاهزيته للامتصاص، ومن هنا يمكن القول أن العناصر عموماً في التربة إما تكون متاحة للنبات أو غير متاحة له وفي هذا الإطار فان قابلية الفسفور للامتصاص يمكن توزيعها في ثلاث مجموعات :

- **قابل للامتصاص بشكل مباشر:**

يضم هذا الشكل فسفور محلول التربة والجزء المتاح من الفسفور المتغير .

- **قابل للامتصاص بشكل غير مباشر :**

يضم هذا الشكل الفسفور المتبادل والفسفور المرتبط مع المادة العضوية وذلك بعد أن تجري عليها عمليات التحلل بفعل أحياء التربة حيث يتمعدن الفسفور ويتحول من الشكل العضوي المرتبط إلى الشكل المعدني الذي سرعان ما يتحول جزء كبير منه إلى متبادل ومثبت وجزء قليل يبقى ذائب في محلول التربة أو يتحول إلى فسفور عضوي مرةً أخرى .

- **غير قابل للامتصاص :**

يضم فسفور المعادن والفسفور المثبت .

عموماً تظهر أعراض نقص الفسفور على النبات عندما يكون تركيزه في المادة النباتية الجافة (< 0.01 %) ، وتظهر هذه الأعراض على الأوراق والنموات القديمة، فالفسفور عنصر متحرك ضمن النبات ينتقل عند نقص الكميات المتاحة منه في التربة من الأوراق القديمة إلى الأوراق حديثة النمو، تختلف هذه الأعراض باختلاف النوع النباتي وعمر النبات، ففي الذرة الصفراء مثلاً تتلون الأوراق باللون الأرجواني مع الإحمرار الذي يظهر على الخطوط الموازية للعروق، ويأخذ نصل الورقة اللون الأرجواني البنفسجي .

ومن الجدير بالذكر أنه نادراً ماتظهر أعراض زيادة الفسفور في الظروف الطبيعية وذلك بسبب تعرضه للتثبيت في التربة بآليات وصور شتى . ويمكن أن تؤدي إضافة كمية زائدة من الأسمدة الفوسفاتية إلى الإسراع في نضج الثمار بطريقة غير مباشرة من خلال خفض الكمية الممتصة من النتروجين، وتؤدي زيادة الفسفور إلى إعاقة امتصاص الزنك والحديد وانتقالهما ضمن النبات كما تختل التغذية بكل من النحاس والمنغنيز والبورون والبوتاسيوم والكالسيوم (عن عودة وشمشم ، 2008).

2-3- أشكال الفسفور في التربة:

2-3-1- الشكل الفلزي للفسفور:

يعد الأباتيت والفوسفوريت من المعادن الفوسفاتية الأساسية التي تساهم في تركيب القشرة الأرضية و يعتقد أن المصدر الأساسي لأكثر من 95% من مركبات الفوسفات المتواجدة بالتربة هو مركب فلور الأباتيت Fluor Apatite، وهو الشكل الأكثر شيوعاً والأكثر ثباتاً للأباتيت، وأقل أفراد مجموعته ذوباناً وإتاحة للنبات (Tisdale *et al.*,1993).

يتواجد فلور الأباتيت في معظم الأحيان مع معدن الكالسيت Calcite مكوناً معدن الفرانكوليت Francolite ذو الصيغة $Ca_{10}(PO_4)_6\ F_2.CaCO_3$.

يندرج تحت هذا الشكل الفوسفات صعبة الانحلال التي تشمل قسمين أساسيين (Posnar,1955G):

أ – **فوسفات الكالسيوم** : تتواجد في الترب ذات pH > 7 وتشمل على :

– فوسفات أحادية الكالسيوم : صيغتها $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$، تكون نسبة الكالسيوم إلى الفسفور (2:1) ، وهو يذوب في الماء، كما يعتبر المكون الأساسي لسماد السوبر فوسفات .

– فوسفات ثنائية الكالسيوم : صيغتها $CaHPO_4.2H_2O$ تكون نسبة الكالسيوم إلى الفسفور (1:1) وهذا المركب قليل الذوبان في الماء ويدخل في تركيب الكثير من الأسمدة الفوسفاتية .

– أوكتا فوسفات الكالسيوم : صيغتها $CaH(PO_4)_3.XH_2O$ حيث أن نسبة الكالسيوم إلى الفسفور هي (1.33:1).

– فوسفات ثلاثية الكالسيوم : $Ca_3(PO_4)_2$ نسبة الكالسيوم إلى الفسفور هي (1.5:1).

– هيدروكسيد الأباتيت : يعبر عنه بالرمز $Ca10(PO_4)_6(OH)_2$ حيث أن نسبة الكالسيوم إلى الفوسفات هي (1.7:1) ويعتبر هذا المركب هو المكون الأساسي للعظام والأسنان .

– فلور الأباتيت : $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ ، نسبة الكالسيوم إلى الفوسفات هي (1.7:1) ويعتبر هذا المركب هو المكون الأساسي لجميع المركبات الفوسفاتية بالتربة .

من الملاحظ أن هناك تزايداً في نسبة الكالسيوم إلى الفوسفات يصاحبه تناقص في درجة الذوبان لهذه المركبات .

ب – فوسفات الحديد والألمنيوم : أشار Hemwall (1967) إلى أن عملية تثبيت الفوسفات في التربة الحامضية ترجع إلى تكوين فوسفات الحديد والألمنيوم، حيث تمثل معادن التربة المختلفة بما فيها معادن الطين المصدر الأساسي لكاتيونات الحديد والألمنيوم .

– معادن الفارسيت : تمثل فوسفات الألمنيوم ، $AlH_2PO_4.(OH)_3$

- معادن السترنجيت : تمثل فوسفات الحديد الثلاثي، وصيغته $FeH_2PO_4(OH)_2$.

- معادن الفيفيانيت : تمثل فوسفات الحديد الثنائي، وتتواجد تحت الظروف اللاهوائية صيغتها $Fe_3(PO_4)_2.8H_2O$.

لايمكن أن يشاهد الفسفور حراً في الطبيعة بسبب قابليته العالية للتفاعل، إذ يوجد في التربة على شكل خماسي التكافؤ دائماً P_2O_5، الذي يشكل مع الماء والعناصر الأخرى مجموعة واسعة من المركبات الأوكسجينية للفسفور (حموض فسفورية وفوسفات)، وذلك تبعاً لعدد جزيئات الماء وعدد ذرات الهيدروجين المرتبطة به .

يتراوح تركيز الفسفور في الطبقة السطحية من التربة بين (0.02 - 0.1%)، ويمكن أن يصل محتوى التربة من الفسفور إلى 613 ppm في ترب أراضي الحشائش وإلى 1479 ppm في الترب الطمية. ويرتبط وجود الفسفور بالمادة العضوية، حيث يعتقد أن حوالي 50% من فسفور التربة الكلي موجود ضمن المادة العضوية.

يتألف الفسفور الكلي في التربة من الأشكال المعدنية والعضوية، وهي مكونة كلها تقريباً من الأورثوفوسفات الأحادية والمعقدة. وأن العلاقة بين مجموعات هذه الأشكال وتركيبها النوعي والكمي مميزة ومحددة لكل تربة، حيث تتراوح النسبة المئوية للشكل العضوي بين (3 - 75%) وللشكل المعدني بين (25 - 79%) من الفسفور الكلي .

2-3-2- الشكل المدمص على سطوح الأطوار الصلبة للتربة :

وهو عبارة عن الكمية الكلية لاحتياطي الفوسفات المتحركة في التربة والتي تشكل ما يسمى بالسعة الفوسفاتية، ويمكن لهذه المجموعة في ظروف محددة وبشكل رئيسي عند إخلال التوازن الفوسفاتي بين الأطوار الصلبة والسائلة للتربة (عند امتصاص النبات للفوسفات، عند إضافة الأسمدة الفوسفاتية)، أن تعيد التوازن مع فسفور محلول التربة، حيث تزداد كمية الادمصاص مع

زيادة تركيز الفوسفات في المحلول (Olsen and Watanabe.,1957) وتقدر كميته بحوالي 100 – 1000ضعف كمية فسفور محلول التربة، ويمثل حوالي 4– 10% من الفسفور الكلي .

2-3-3- الشكل الذائب في محلول التربة :

يعبر عن الفوسفات المتاحة للنبات بشكل كامل Totally available ويعد هذا الجزء مهملاً من الناحية الكمية قياساً بالأقسام الأخرى للفسفور في التربة حيث يتراوح تركيزه في محلولها عادةً بين (0.003 – 3) مغ p/ كغ، وقليلة هي الأتربة التي تحوي أكثر من ذلك، وتعتبر الترب خصبة عندما تحوي (0.1 - 1) مغ p / كغ أو أكثر. يشكل فوسفات محلول التربة المصدر المباشر للفسفور بالنسبة للنبات، ويفترض أن النبات يمتص من هذه المجموعة في المرحلة الأولى لنموه وتطوره، ويمكن دراسة مدلولاً مهماً لهذه المجموعة وهو عامل الشدة (I) Intensity factor الذي يصف درجة حركية احتياطي الفوسفات المنحلة في التربة .

2-3-4- الشكل العضوي للفسفور:

يعتبر الفسفور العضوي جزءاً أساسياً من المادة العضوية ويتبعها في فقده وتراكمه، وتتحرر كمية ضئيلة من الفسفور المعدني من المادة العضوية إلى التربة بنفس عمليات التحلل التي تحرر النتروجين، وبذلك تكون المادة العضوية في التربة بمثابة مخزن يمد المحلول الأرضي بكميات ضئيلة من الفسفور وببطء، ويؤلف التسميد الذاتي الناتج عن تمعدن الفسفور العضوي وعودة الفسفور المعدني إلى التربة على شكل بقايا نباتية الوسيلة الرئيسية التي ترفع مستوى الفسفور العضوي من منخفض موجود في المادة الأم إلى مستوى عالي نسبياً موجود في التربة .

تدل البيانات المتوفرة عن مركبات الفسفور العضوية في التربة على وجودها ضمن أربع مجموعات رئيسة هي :

– **الأحماض النووية** :هي جزيئات عضوية لاتوجد بشكل طبيعي ولكن عندما تتحطم الخلية يتحرر كل منها RNA , DNA .

– **حمض الفايتين** : هو عبارة عن أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم والحامض الفسفوري . تمثل المجموعتان السابقتان أغلب الفسفور العضوي (روي وآخرون ، 1995).

– **فوسفات الأنوسيتول** : تشكل حوالي 50% من المادة العضوية .

– **الفوسفولبيدات** : تشكل حوالي 50% من الفسفور العضوي، وتعتبر أكثر الأشكال عرضةً للتحلل.

وهكذا نجد أن أشكال الفوسفات العضوية في التربة أكثر اختلافاً فيما بينها من الأشكال غير العضوية، وتتعرض مكونات مركبات الفسفور للتغيير عند معدنتها.

2-4- العوامل التي تؤثر في حركة وتثبيت الفسفور في التربة :

المقصود بتثبيت الفسفور هو تحوله من الشكل الذائب والقابل للامتصاص إلى الشكل المعقد أو غير القابل للامتصاص، يتم ذلك عادةً في كل ظروف الأتربة سواءً كانت حامضية، قلوية أو كلسية، فإذا أضيف السماد الفوسفاتي بشكل ذواب للتربة يتحول قسم كبير منه إلى أشكال غير ذوابة حتى تتحقق علاقات توازن جديدة بين الذائب وغير الذائب عند درجة حموضة معينة .

لقد أوضح (Bolan *et al*.,1985) العلاقة بين الفسفور الذائب والمدمص في التربة عند pH=5.8، حيث ينخفض تركيز الفسفور الذائب في محلول التربة ويزداد بنفس الوقت الفسفور المدمص على أكاسيد الحديد والألمنيوم المائية بتقدم الزمن، يمكن تقسيم مراحل التثبيت إلى فترتين :

– **الأولى** : قصيرة ، تتم فيها عملية التثبيت بسرعة .

– **الثانية** : تتم فيها عملية التثبيت ببطء شديد .

2-4-1- العوامل التي تؤثر في عمليات تثبيت الفوسفات في التربة :

يعتقد أن حوالي 200 نوع من مركبات الفسفور المعدنية تتوقف ثباتيتها على ظروف التربة وخاصة درجة الحموضة ونشاط الكاتيونات المختلفة، بالإضافة إلى نوع الأسمدة المستخدمة ومحتوى التربة من كربونات الكالسيوم والجبس، لذلك يمكن أن يمتلك الشكل الواحد من مركبات الفسفور في ظروف تربة معينة أهمية مختلفة فيما يتعلق بالتغذية النباتية (Larsen,1967).

يتصف الفسفور بحركته البطيئة في التربة وذلك لتعرضه للتثبيت وتحوله إلى أشكال غير متاحة للنبات بآليتي الترسيب الادمصاص، إذ يتفاعل الفسفور مع كاتيونات الحديد والألمنيوم وماءاتهما في الترب الحامضية مكوناً فوسفات الحديد وفوسفات الألمنيوم على التوالي وهي مركبات بطيئة الذوبان وبطيئة الحركة مما يعني تعرض الفسفور إلى التثبيت وبالتالي تحوله من صورة ذائبة صالحة للامتصاص من قبل النبات إلى صور أقل صلاحية للامتصاص، أما في الترب الكلسية والقلوية فيمكن أن تتفاعل مركبات الفسفور جيدة الذوبان (فوسفات أحادية وثنائية) مع كاتيونات الكالسيوم والمغنيزيوم وكربونات هذين العنصرين لتشكيل مركبات ضعيفة الذوبان يكون الفسفور فيها قليل الإتاحة للنبات (فوسفات كالسيوم ثلاثية)،(البشيشي وشريف، 1998).

يمكن أن تدمص الأنيونات الفوسفاتية الموجودة بحالة ذائبة في محلول التربة HPO_4^{-2} $H_2PO_4^-$ على سطوح هيدروكسيدات الحديد والألمنيوم وبعض معادن الطين (الكاؤولينيت) في الترب الحامضية، أما في الترب القاعدية والترب الكلسية فيمكن أن ترتبط أنيونات الفوسفات الأحادية والثنائية بمعادن الطين عن طريق جسر كاتيوني كالكالسيوم على صورة $Clay-Ca-H_2PO_4$، وهذا مايسمى بالادمصاص غير المباشر(Thompson and Troch.,1973) .

تتأثر عمليات **تثبيت الفوسفات phosphate fixation** في التربة بآليتي الترسيب و الادمصاص حسب (روي وآخرون، 1995) بعوامل عدة هي :

– **محتوى التربة من أكاسيد الحديد والألمنيوم** : يزداد تثبيت الفوسفات في الترب التي تحوي على نسب عالية من أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألمنيوم مثل الجيوتيت والليمونيت .

– **كمية ونوع معادن الطين:** تزداد الكمية المثبتة من الفوسفات في التربة بارتفاع محتوى التربة من الطين وبخاصة معادن الطين من النوع (1:1) لاحتوائها على مجموعات هيدروكسيل تشكل مراكز الارتباط لمجموعات الفوسفات.

– **درجة حموضة التربة** : تختلف صورة أيون الفوسفات السائدة حسب الرقم الهيدروجيني لمحلول التربة، ففي pH مابين 4 و 9 توجد الأنيونات أحادية وثنائية التكافؤ، ويكون الأنيون $H_2PO_4^-$ بأعلى تركيز له عند pH = 4 وينخفض هذا التركيز بارتفاع درجة pH حتى تصل الصفر عند pH = 9 ويكون تركيز الأنيون الثنائي في المدى المذكور بعكس تركيز الأنيون الأحادي إذ يظهر عند رقم pH مساوياً 4 ويصل ذروته عند pH مساوياً 9 ويتساوى تركيز الأنيونات الأحادية والثنائية تقريباً عند رقم pH مساوياً 7.5، ويظهر الأيون الثلاثي من الفوسفات بين pH 9 و 10 ويعد الأنيون الأحادي أكثر إفادة للنبات نوعاً ما من الأنيون الثنائي ولو أن ذلك مرتبط بوجود أو غياب الأيونات الأخرى كالحديد والألمنيوم والكالسيوم التي تؤثر في قابلية إفادة هذه الأنيونات للنبات (Neller and Comar.,1947) .

– **تأثير الكاتيونات** : يزداد تثبيت الأنيونات الفوسفاتية ($H_2PO_4^-$ و HPO_4^{--}) بزيادة محتوى محلول التربة من الكاتيونات مثل الكالسيوم والمغنيزيوم والحديد والألمنيوم.

– **تأثير الأنيونات** : تنافس بعض الأنيونات كالهيدروكسيل والمولبيدات الفوسفات على مراكز ادمصاصها وبالتالي تعمل على خفض معدل ادمصاص الأنيونات الفوسفاتية وزيادة تركيزها في

محلول التربة . كما أن بعض الأنيونات العضوية كالأوكزالات والسترات ترتبط بكاتيونات الحديد والألمنيوم مكونةً مركبات ثابتة وتقلل بذلك من ترسيب وادمصاص الفوسفات .

– **المادة العضوية** : تساعد المادة العضوية على زيادة تركيز الفوسفات في محلول التربة نتيجة تأثيرها على خفض pH في الترب المتعادلة والقاعدية وتكوين الأنيونات العضوية التي ترتبط بالحديد والألمنيوم في الترب الحامضية، وبالكالسيوم والمغنيزيوم في الترب الكلسية فتحد من ارتباطها بالفسفور ومن ترسيبه، كما تقوم الغرويات العضوية بتغليف معادن الطين فتمنع أو تحد من ارتباطها بالفسفور.

– **مدة التفاعل** : كلما زاد زمن التلامس بين أيونات الفوسفات ومكونات التربة، كلما زاد معدل التثبيت. وتعتبر المدة التي يتمكن فيها النبات من امتصاص الفسفور مهمة، ففي الترب ذات القدرة عالية التثبيت تكون هذه المدة قصيرة، بينما في ترب أخرى قد تطول لشهر أو أكثر، وهنا ترجع أهمية طريقة إضافة السماد، دفعة واحدة أو على دفعات.

2-4-2- سرعة تثبيت الفسفور في التربة :

تساعد معرفة سرعة تثبيت الفسفور في التربة في تحديد موعد إضافته إليها، حيث أن التربة سريعة التثبيت للفسفور،لاينصح بإضافة السماد الفوسفاتي لها إلا قبل الزراعة أو قبل سريان العصارة بوقت قصير. أما التربة بطيئة التثبيت فيمكن إضافة السماد الفوسفاتي لها قبل الزراعة بوقت طويل دون الخوف من تحول جزء كبير من الفسفور إلى أشكال ليست في متناول النبات. كما أن معرفة سرعة التثبيت يمكن أن يحدد نوع وشكل السماد الفوسفاتي الواجب إضافته (حبيبات خشنة أم ناعمة) للتخفيف من هذه الظاهرة ، ويحدد أيضاً طريقة التعامل مع التربة، حيث أن سرعة تثبيت الفسفور تختلف من تربة إلى أخرى باختلاف تركيبها المعدني، درجة تفاعلها ونسبة المادة العضوية فيها، بالإضافة إلى عاملي الهطول والحرارة السائدين .

لقد اقترح الباحث Larsen (1967) مايسمى بنصف حياة الفسفور المتاح Half life of available - p للتعبير عن سرعة تثبيته في التربة ويمكن تعريف هذا الاصطلاح بأنه: " الزمن الذي يتثبت خلاله نصف الفسفور القابل للامتصاص في التربة " وفي هذا المجال لابد من الإشارة إلى أن:

* تزيد المادة العضوية في التربة من نصف عمر الفسفور المتاح .

* يقصر الجبس في التربة من نصف حياة الفسفور المتاح أكثر من الكلس .

* يزيد كل من التجفيف والترطيب المتكررين من قدرة التربة على تثبيت الفسفور (Haynes and Swift., 1985).

2-5- تفاعلات الفسفور في الترب الكلسية :

تعد الصخرة الأم أحد العوامل الهامة التي تحدد كمية الفسفور الكلي في التربة، فالترب الناشئة فوق صخور كلسية تحتوي عادةً على كمية من الفسفور تفوق الكمية الموجودة في الترب الناشئة فوق صخور حامضية أو صخور غير كلسية ويعود ذلك إلى أن الصخور الكلسية تحوي على بقايا حيوانية وهذه البقايا (العظام مثلاً) تحتوي على الفسفور (Lewis *et al*.,1950) .

تحتوي الترب الكلسية على كميات وافرة من الكالسيوم والمغنيزيوم ومركبات هذه العناصر وفي مثل هذه الظروف تتفاعل أنيونات الفوسفات مع الكالسيوم والمغنيزيوم أو كربوناتها وتكون نواتج هذه التفاعلات مركبات فوسفاتية غنية بالكالسيوم أو والمغنيزيوم غير ذوابة وغير قابلة لإفادة النبات. هذا ولايزال سلوك الفسفور في الترب الكلسية محط اهتمام الباحثين، غير أن الدراسات حول هذا الموضوع متضاربة ومتناقضة .

أوضح (Matar and Brown.,1989) **آلية تثبيت الفسفور في الترب الكلسية كما يلي :**

- الترسيب precipitation : عند إضافة مركبات الفسفور الذوابة إلى تربة كلسية سرعان مايتحول الفسفور وبشكل تدريجي من الشكل الذواب في محلول التربة إلى أشكال أخرى أقل ذوباناً، حيث تتحول فوسفات الكالسيوم الأحادية $Ca(H_2PO_4)_2$ الذوابة إلى فوسفات كالسيوم ثنائية وأشكال أخرى أقل ذوباناً وفق المتراجحة :

$$Ca_{10}(po_4)_6(OH)_2 < Ca_{10}(po_4)_6F_2 < Ca_4H(PO_4)_3.3H2O < CaHPO_4.2H_2O < Ca(H_2PO_4)_2 <$$

- الادمصاص Adsorption : تحتوي الترب الكلسية على كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم والكالسيوم المتبادل. تتفاعل أيونات الفوسفات تحت هذه الظروف مع الكالسيوم أو الكربونات وتتحول إلى أشكال غير ذائبة وغير صالحة لإفادة النبات ومثال ذلك تفاعل السوبر فوسفات المضاف إلى الترب الكلسية مع كربونات الكالسيوم .

$$Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaCO_3 \leftrightarrow Ca_3(po_4)_2 + 2CO_2 + H_2O$$

تتحول فوسفات الكالسيوم الثلاثية المتكونة (غير الذائبة) إلى أشكال أخرى غير ذائبة أيضاً مع الوقت مثل هيدروكسي أو فلور الأباتيت. وقد تتفاعل الفوسفات تحت الظروف القلوية مع معادن الطين الغروية ويختلف عندئذ تثبيتها حسب نوع معدن الطين ونوع الأيون المدمص على سطحه فبينما يثبت المونتموريلونيت الصودي الهيدروجيني بعض الفوسفات يثبت المونتموريلونيت الكلسي كميات كبيرة منها.لاحظ (Jackman *et al*., 1997) أن ادمصاص الفوسفات على سطوح الطين النقية (غير المشبعة بأي كاتيون) قليل الاحتمال في حالة pH المرتفع لأن الغرويات في هذه الحالة تكون ذات شحنة سالبة عند pH أعلى من 7 .

2-6- سلوك الأسمدة الفوسفاتية في التربة :

يوجد الفسفور عادةً في محلول التربة بتراكيز أدنى من احتياجات المحاصيل، مما يستدعي بالضرورة تعويض ذلك النقص عن طريق إضافة الفسفور إلى التربة من خلال الأسمدة العضوية

والأسمدة الفوسفاتية المعدنية. من أهم المشكلات الحالية في مجال خصوبة التربة،هي تثبيت الفسفور خاصة في ظروف الترب الكلسية، ولجوء المزارعين إلى الاستمرار في إضافة الأسمدة الفوسفاتية، حيث الجزء الأكبر منها مثبت. تتأثر استجابة النبات للتسميد الفوسفاتي باختلاف عوامل عديدة، كالتربة والنوع النباتي والحرارة والرطوبة في التربة، إضافة للعناصر الغذائية المرافقة. فمثلاً تبقى الأسمدة الفوسفاتية المضافة للترب الزراعية بصورة قابلة للإفادة عند تفاعل قريب من التعادل (6.5- 7.5)، أما في الترب الكلسية لاسيما التي تحتوي على كمية كبيرة من الكلس الفعال فان أسمدة الفوسفات تتثبت كما ذكرنا سابقاً وتصبح غير قابلة للذوبان وغير متاحة للنبات أما بالنسبة لأثر اختلاف النوع النباتي في درجة الاستجابة، نلاحظ أن الفصة والشوندر السكري والذرة الصفراء مثلاً تستجيب للتسميد الفوسفاتي أكثر من القمح والشعير والتبغ المزروعة في نفس التربة، ويرتبط ذلك أيضاً بمرحلة النمو وسرعته (عن أبو نقطة والشاطر ،2011).

بين كل من (Finn and Mock., 1964) أن الحرارة والرطوبة يمكن أن يؤثران في إتاحة الفسفور واستجابة النبات له .

أخيراً إن استجابة النبات للتسميد الفوسفاتي ممكن أن تختلف باختلاف العنصر الغذائي المرافق سلباً أو إيجاباً، وتظهر أعلى درجة استجابة للفسفور عندما لايكون أحد العناصر الغذائية الأخرى موجوداً بكمية محددة للنمو حسب قانون الحد الأدنى للنمو Low of minimum فالآزوت على سبيل المثال يمكن أن تؤدي إضافته إلى زيادة الاستجابة للتسميد الفوسفاتي بسبب تشجيعه على النمو الخضري الذي يحتاج المزيد من الفسفور لتأمين متطلبات النموات الجديدة المتشكلة .

الفصل الثالث

الدراسة المرجعية

study Review

3- الدراسة المرجعية :

إن ضعف حركية الفسفور في التربة من الظواهر التي يمكن أن يكون لها تأثيرات سلبية وإيجابية بآن واحد، حيث أن ذلك يقلل من ضياعه بالانغسال أو بالترسيب على سطح التربة مع الماء الصاعد، لكن بنفس الوقت لايستطيع النبات أن يحصل على حاجته من الفسفور إلا إذا تأمنت الظروف المناسبة لنمو الجذور وامتدادها ، خصوصاً أن الجذور الماصة تستطيع أن تستخلص الفسفور من التربة الموجودة حولها بسماكة (1) مم فقط حسب (Bell and Black.,1970) وانطلاقاً من خاصية الفسفور في الانتشار البطيء في التربة كان لابد من أن تختلف طريقة إضافته باختلاف المحصول المراد زراعته حيث أن البقوليات ذات الجذور العميقة نسبياً تستطيع أن تحصل على الفسفور المخلوط مع التربة بعمق الحراثة بينما النجيليات وبادرات البقوليات ذات الجذور السطحية والصغيرة تنمو بشكل أفضل إذا أضيف الفسفور على عمق بسيط في خطوط الزراعة وان تعميق السماد أو إبعاده عدة سنتمترات فقط عن خطوط الزراعة كاف أن يؤثر سلباً على امتصاص الفسفور وبالتالي على سرعة نمو البادرات .

تسمح إضافة الفسفور في خطوط الزراعة بامتصاص كميات أكبر منه من قبل الجذور بينما الرش على كامل الأرض يجعل جزءاً كبيراً من الفسفور بعيداً عن متناول الجذور .

تساهم بعض أحياء التربة (بعض أنواع فطر المايكوريزا) في ذوبان فوسفات التربة والأسمدة المضافة عن طريق إنتاجها للحموض والمفرزات الكيليتية باعتبار أن ذوبان المركبات الفوسفاتية في التربة تعتمد بشكل أساسي على تغيرات تفاعل التربة .

وهنا تجدر الإشارة إلى أن تغيرات درجة الpH في منطقة الجذور أكبر منها في كتلة التربة المحيطة والتي تحدث في كثير من الأحيان بفعل اختلاف معدلات امتصاص الكاتيونات

والأنيونات من قبل الجذور التي يرافقها إفراز شوارد H^+ أو OH^- على سطح التربة ثم منطقة الجذور.

- يعتقد كل من (Stuther and Sieling., 1950) أن محتوى التربة المرتفع من المادة العضوية يساعد في خفض كمية الفسفور المثبتة فيها بواسطة الحديد والألمنيوم وذلك بين درجتي تفاعل (3- 9). كما أشار Sen Gupta (1964) إلى أن تشكل معقدات الدبال في التربة يحد من تثبيت الفوسفات على غرويات الطين .

- أكدت نتائج دراسة(Stanberry *et al.*,1955) أن الفسفور المتاح يزداد في التربة السلتية الطينية عند ارتفاع مستوى الرطوبة فيها .

- أشار Nelson (1961) وكل من (El-Baruni and Olsen.,1979) إلى أن استعمال سماد المزرعة قد يقلل من تثبيت الفسفور بواسطة غرويات الطين وكربونات الكالسيوم.

- تعمل المخلفات العضوية على زيادة ذوبان السماد الفوسفاتي بواسطة نواتج تحللها وخاصة الأحماض العضوية، وهذا ماأشار إليه كل من Szymanski (1962) و Chiang (1977)، كما تقلل هذه الأحماض أيضاً من تثبيت السماد الفوسفاتي في التربة نظراً لتكوين معقدات ثابتة من هذه الأحماض مع الكالسيوم والألمنيوم والحديد، فيقل بذلك ادمصاص الفسفور على حبيبات التربة (Chiang , 1977).

- تشير النتائج التي توصل إليها كل من(Beaton *et al.*, 1963) أن الأسمدة الفوسفاتية المضافة إلى تربة كلسية بلغت رطوبتها السعة الحقلية، تذوب وتتحرك بعيداً عن مواقع الإضافة.

- وجد كل من(Paratt and Garber.,1964) في تجربة أجراها على 31 عينة تربة، 29 منها سطحية، واثنتان تحت سطحية في كاليفورنيا، أن درجة الpH ومحتوى التربة من الطين يؤثران في حركة الفسفور المعدني وتثبته في التربة .

- أشار Sen Gupta (1964) إلى أن تشكل معقدات الدبال في التربة يمنع تثبيت الفوسفات على غرويات الطين .

- يرى Larsen (1967) أن فوسفات الحديد الثلاثي تتواجد فقط في الترب ذات pH < 3,1 لهذا فأهميتها تكاد تكون قليلة بالنسبة للترب الزراعية، كما أشار إلى تحول السماد الفوسفاتي لدى إضافته للترب الكلسية إلى مركبات أقل ذوباناً عند مواقع إضافة السماد، إذ يترسب على صورة فوسفات الكالسيوم الثلاثية .

- بين كل من(Dehghan and Williams.,1967) أن إضافة الفسفور بالقرب من مواقع النبات سيؤدي إلى زيادة كمية الكالسيوم والمغنيسيوم المتوفرة أصلاً في الترب الكلسية، مما يؤدي إلى تقيد حركة الفسفور في تلك الترب.

- من النتائج التي حصل كل من(Abbot and Lingle.,1968) وFilipov (1975) حول تأثير المخلفات العضوية في جاهزية الفسفور المضاف، أن هذه المخلفات منعت ترسيب الفسفور على هيئة فوسفات الحديد والألمنيوم، وزادت من ذوبان الفسفور المضاف.

- أشار كل من(Lewis and Racz.,1969) لدى دراستهما لحركة الفسفور في بعض الترب الكلسية وغير الكلسية في Manitoba، أن محتوى الترب من كربونات الكالسيوم كان له تأثيراً كبيراً على حركة الفسفور، وأن نسبة توزع الفسفور المضاف في المواقع القريبة من النبات كانت أكبر من باقي المواقع في كلا التربتين ، ونسبة هذا التوزع لم ترتبط بتركيب التربة.

- لاحظ كل من(Bell and Black.,1970) أن ظاهرة تثبيت الفسفور في الترب تتأثر بدرجة ال pH، ولعل أنسب درجة pH تربة يكون الفسفور متاحاً عندها هي من (6.5 - 7).

- وجد Saxena (1970) أن زيادة الرطوبة في التربة السلتية الطينية أدت إلى زيادة جاهزية الفسفور .

- بين كل من(Hensler *et al*., 1970) نتيجة تجربة تم إجراؤها على محصول الذرة الصفراء في بيت زجاجي أنه لدى إضافة مخلفات الأبقار والدواجن بمستويات مختلفة، لوحظ زيادة في كل من المادة الجافة وإنتاجية المحصول المزروع ، وعزا ذلك إلى دور المخلفات العضوية في زيادة جاهزية الفسفور عن طريق إذابتها لبعض المركبات المترسبة وبعض المعادن الأولية الحاوية على الفسفور، وكذلك لزيادة وتيرة نشاط الأحياء الدقيقة في التربة .

- وجد كل من(Fox and Kamprath.,1970) أن السعة التبادلية الكاتيونية لجذور النباتات تزيد من إمكانية الاستفادة من الأسمدة الفوسفاتية المضافة وذلك عن طريق امتصاص أيونات الكالسيوم وبالتالي زيادة نشاط أيونات الفوسفات الصالحة للامتصاص من قبل النبات .

- أظهر كل من(Robert and Larsen.,1970) أن انحلالية فوسفات الكالسيوم الثنائية DCP تتأثر مباشرةً برطوبة التربة، وبما أنها المكون الرئيس لفسفور الترب الكلسية فقد تكون ساهمت بشكل أساسي في تغيرات الفسفور فيها .

- أشار Mattingly (1971) وكل من (Hagin and Tucker.,1982) أن التغيرات الكبيرة في تركيز فوسفات الكالسيوم المنحلة في الترب الكلسية يمكن أن تعزى إلى الفروقات في معاملات الانحلالية والثباتية الكيميائية لهذه المركبات، وإلى تفاعلاتها المستمرة والعكوسة في التربة لحين الوصول إلى حالة التوازن الكيميائي، تعزز هذه الآلية عندما تضطرب موازنة فسفور التربة بإضافة السماد إلى الوسط أو تغير محتوى الرطوبة أو نشاط النبات. إن الأشكال الأكثر أهمية والتي تختلف في انحلاليتها وتتحول من شكل ذواب إلى آخر أقل ذوباناً وبالعكس في الترب الكلسية هي :

		سنوات		**أشهر**		**أيام**
APATITE	⇆	OCP	⇆	DCP	⇆	MCP
أباتيت		**فوسفات كالسيوم ثمانية**		**فوسفات كالسيوم ثنائية**		**فوسفات كالسيوم أحادية**

- أشار كل من(Pena and torrent.,1990) أن كربونات الكالسيوم بحجم حبيبات الطين، والتي يطلق عليها اسم الكلس الفعال (active lime) هي المسؤولة عن عملية التثبيت بشكل مباشر، وأن طاقة الربط بين الفوسفات والكالسيت ارتبطت بالمساحة السطحية لكربونات الكالسيوم وليس بكميتها تأكيداً على أهمية حجم الكلس .

- يعتقد كل من(Hergert and Reuss.,1976) أن حركة الفسفور في التربة لاتتجاوز 2 سم من نقطة الإضافة وذلك في الترب الثقيلة والمتوسطة القوام، أما في الترب الخفيفة القوام (الرملية) فتكون أكبر من ذلك بكثير ويمكن أن تصل إلى حوالي 18 سم .

- بين Loneragan (1978) أن نوع المحصول المزروع يمكن أن يؤثر في جاهزية الفسفور في الترب من خلال التباين الملاحظ بين الأنواع النباتية في قدرة جذورها على امتصاص الفسفور من محلول التربة، والنشاط الاستقلابي لهذه الجذور الذي يحول الفسفور إلى أشكال متاحة بالإضافة إلى قدرة النظام الجذري على اختراق كتلة التربة وشغل حجم أكبر منها .

- وجد Barrow (1980)، أن عمليات ادمصاص الفوسفات تسود في الترب ذات التراكيز المنخفضة منه، بينما يلاحظ أن عمليات الترسيب عند التراكيز العالية للفسفور هي السائدة، وهذا يحدث حول حبيبات السماد عند إضافته للترب، كما وجد أن قابلية الترب لادمصاص الفسفور مؤشراً هاماً للتنبؤ بفاعلية الأسمدة الفوسفاتية وأن هذا الادمصاص يتعلق بعدة عوامل كالزمن و معدل الإضافة الأولي للسماد وطبيعة غرويات التربة .

- كما وجد(Sample *et al*., 1980) أنه عند إضافة السماد الفوسفاتي إلى التربة فان محلولها القريب من حبيبات السماد يصبح ذو تركيز عال من الفسفور.

- أظهر Barber (1980) أن الفسفور المتاح يزداد بعد شهرين من نمو النبات، وبما أن النبات في هذه المرحلة في طور البادرة ، فان تأثيره في إتاحة الفسفور يمكن إهماله، أما الفترات اللاحقة من النمو، فان المفرزات والأنزيمات من جذور النبات قد تكون ساعدت في زيادة إتاحة الفسفور

- لاحظ كل من(Sample *et al.*,1980) وBarber (1984) أن 41% من فسفور سماد السوبر فوسفات الثلاثي TSP المضاف إلى الترب الكلسية ، يتحول إلى شكل غير متاح وتزداد هذه النسبة مع الزمن لتصل إلى 82% .

- بين(Tinker,1980) أن منطقة التداخل بين الجذور والتربة أو مايسمى منطقة الريزوسفير، تحدث فيها عمليات فيزيائية وكيميائية وحيوية مهمة تؤثر في إتاحة الفسفور للنبات، حيث تفرز الجذور مواد تزيد من أعداد وفعالية الأحياء المجهرية الماصة والمذيبة للفوسفات بوجه خاص، مما يؤثر بشكل كبير في إتاحة الفسفور وتحولاته في التربة .

- بين(Hooker *et al.*, 1980) أن إتاحة الفسفور ترتبط بشكل أساسي بالمستوى الفوسفاتي المضاف وبالزمن، إضافة إلى التأثير المباشر لخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية خاصة محتواها من الطين والكيميائية مثل أكاسيد الحديد الحرة والسعة التبادلية، حيث يحدث تفاعل سريع بينهما وبين الفسفور المضاف حال ملامسته للتربة. وتبين لهم أن أكاسيد الحديد الحرة هي التي تتحكم في سلوك الفسفور ولها تأثير مسيطر في تفاعلات الفسفور في الترب الكلسية، كما لاحظوا أن كربونات الكالسيوم تلعب دوراً ثانوياً في تثبيت الفسفور وأن وجودها ليس دليلاً قاطعاً على تثبيته وقد يبرز تأثيرها عند تراكيز أعلى من الفسفور وعند فترات أطول من الزراعة، وهذا يحتاج دراسة مستقبلية موسعة .

- أوضح كل من(Freeman and Rowell.,1981) أن سطوح كربونات الكالسيوم تمتز الفسفور وتوفر أيضاً الظروف الملائمة لترسيبه، كما تحتوي الترب القاعدية كميات وافرة من

الكالسيوم المتبادل، حيث يمكن للفسفور الذائب أن يتفاعل مع الكالسيوم الذائب ومع الكالسيوم المدمص على أسطح غرويات الطين ويتحول إلى أشكال غير ذائبة وغير متاحة للنبات (بلبع، 1988) و(الخطيب، 1998) .

- رأى(Meek *et al*., 1982) أن سبب زيادة الفسفور المتاح يعود إلى دور نواتج تحلل مخلفات الدواجن في زيادة ذوبان الفسفور في التربة وزيادة حركته فيها.

- بين كل من (Hagin and Tucker.,1982) أن فوسفات ثمانية الكالسيوم هي الشكل الأكثر وفرة في الترب الكلسية في منطقة البحر المتوسط، وتعتبر مع الفوسفات ثنائية الكالسيوم وأيونات الفسفور الممتزة على سطوح الطين وكربونات الكالسيوم، المكونات الرئيسية للفسفور المتغير. وتعتبر مساهمة الأباتيت بطيئة في هذه التفاعلات بسبب بنيته البللورية الثابتة وانحلاليته المنخفضة .

- بين كل من (Hagin and Tucker.,1982) أن هيدروكسي الأباتيت (HAP) المركب شبه المستقر وقليل الانحلال وفير في التربة غير المسمدة، في حين أن فوسفات ثنائية الكالسسيوم (DCP) وفوسفات ثمانية الكالسيوم (OCP) وفيران في التربة الكلسية المسمدة بالفسفور. وكلا المركبين أكثر انحلالاً وأقل استقراراً من هيدروكسي الأباتيت HAP، كما أن فوسفات أحادية الكالسيوم (MCP) وفيرة أيضاً، وهي المركب الأكثر انحلالاً والأقل استقراراً وتتحول بسرعة (من يوم إلى عدة أيام) إلى ثمانية، ويفترض أن الفوسفات الثنائية تتحول إلى ثمانية في أسابيع، والتحول العكوس بين المركبات (MCP ، DCP ، OCP) يستمر لشهور، بينما يتحول جزء منه إلى أباتيت ببطء شديد خلال سنة .

- بين(Hagin and Tucker.,1982) أنه عند انحلال حبيبات سماد السوبر فوسفات TSP في التربة، يزداد تركيز أيونات الفسفور حول مكان الإضافة مقارنةً بكتلة التربة وينخفض pH

وبشكل عام فان إذابة TSP في الماء يخفض درجة الpH بعد 72 ساعة من الإضافة، وهذا التناقص سيزيد من كمية الفسفور الذائبة من المركبات الأقل انحلالاً، حيث تتفاعل أيونات الفسفور المحررة مع كربونات الكالسيوم المنحلة مكونةً مركبات الفوسفات الأحادية والثنائية الكالسيوم، التي تتفاعل بدورها مع مركبات الفسفور المتحولة لتكون مركبات أكثر انحلالاً مما يؤدي إلى خلل في التوازن بين أشكال الفسفور في محلول التربة وتلك التي في كتلتها، حتى الوصول إلى حالة الاستقرار في غضون عدة أشهر أو أكثر.

- لاحظ كل من (Thomson and Troch.,1982) أن كمية الفسفور المتاح بشكل عام تتناقص بزيادة العمق، ويعود ذلك إلى انخفاض نسبة المادة العضوية مع العمق من جهة وتراكم الفسفور في الطبقات السطحية من التربة وانخفاض انغساله إلى الطبقات السفلية من جهة أخرى

- أشار كل من(Tomar *et al*., 1984) أن المادة العضوية تزيد كمية الفسفور المتاح بتأخير تفاعل الفسفور المضاف مع كل من الحديد والألمنيوم والكالسيوم Ca-p , Al-p , Fe-p أو بتحريره من تلك الأشكال .

- وجد(Ryan *et al*., 1985 b) أن الفسفور المتاح والمستخلص بمحلول بيكربونات الصوديوم من ست ترب كلسية أخذت من لبنان، لم يرتبط بكربونات الكالسيوم أو بالكلس الفعال، بل ارتبط بأكاسيد الحديد.

- أشار Mengel (1985) أن جذور بعض المحاصيل تملك سعة تبادل موجبة (CEC) وهذا سيؤثر في نسبة الأيونات الموجبة إلى السالبة الممتصة من قبل النبات ويؤثر في درجة تفاعل منطقة الجذور التي أشارت البيانات أن تفاعل التربة في هذه المنطقة انخفض بمقدار (1 – 2) وحدة تفاعل عن التربة ككل، فضلاً عن دور المايكوريزا (الخيوط الفطرية) الهام في مساعدة

النبات في الحصول على متطلباته من الفسفور نتيجة زيادة كفاءة الامتصاص أو حتى أحياناً الحصول على الفسفور من مصادر قليلة الذوبان .

- بين بلبع (1988) عدم وجود علاقة ارتباط بين السعة الادمصاصية للفسفور ومحتوى التربة من الطين.

- بين كل من(Solis and Torrent.,1989) لدى دراستهما لأربع وعشرين عينة تربة كلسية Vertisols في جنوب أسبانيا دور أكاسيد الحديد في تحرير الفسفور وتثبيته، وهذا مايجعله قليل الحركة نسبياً . وأشارا أيضاً إلى أن الفسفور المستخلص بطريقة أولسن ارتبط عكسياً مع أكاسيد الحديد الحرة و ومع كمية الطين أيضاً. وأن تأثير أكاسيد الحديد في ادمصاص الفسفور قد انخفض مع الزمن، أما كربونات الكالسيوم فكان لها دوراً ثانوياً في ادمصاص الفسفور.

- كذلك بين (Sharpley and Smith.,1989) أن التناقص في الفسفور المتاح لمجموعة من الترب الكلسية في الولايات المتحدة مع زيادة فترة التحضين من 30 إلى 180 يوم، ارتبط معنوياً بتركيز كربونات الكالسيوم من جهة، وبمحتواها من أكاسيد الحديد والألمنيوم من جهة أخرى .

- أشار (Yin *et al*., 1989) أن الفوسفات في الترب الكلسية تدمص بشكل أو آخر على الأسطح الصلبة للتربة ومنها كربونات الكالسيوم، خاصةً عند التراكيز المنخفضة من الفوسفات المضافة، وتترسب وتتحول إلى مركبات فوسفات الكالسيوم بدرجات مختلفة من التبلور عند التراكيز العالية .

- أشار كل من(Fixen and Grove.,1990) أن أيونات الفسفور المدمصة على الطين والبلورات الأخرى في التربة تشكل مصدر آخر لفسفور محلول التربة، وتعتمد مساهمتها في الفسفور المتاح على حجم سطح التماس وقابلية التبادل مع محلول التربة، والذي يمكن أن يساهم بشكل طفيف في تغيرات الفسفور المتاح .

- أظهر كل من (Jung *et al*., 1990) و(Shnek *et al*., 1991) أن كمية الفسفور المتاح للنبات ترتبط بصفات الجذور (الطول ، القطر ، الانتشار) ومتطلبات الجزء العلوي من النبات للفسفور بالإضافة إلى ارتباطها بصفات التربة (قابليتها للتنظيم PBC ودورها في عملية الانتشار) فضلاً عن مرحلة نمو النبات .

- ذكر كل من (Brar and Cox.,1991) العوامل التي تؤثر في إتاحة الفسفور في الترب والتي تعد عاملاً مثبتاً للفسفور المضاف وهي محتوى الترب من الطين أولاً ثم السعة التبادلية للكاتيونات ومحتوى الترب من كربونات الكالسيوم، ودرجة pH التربة .

- بين (Brar and Cox.,1991) أن التأثير غير الثابت لمحتوى رطوبة التربة على الفسفور المتاح، يمكن أن يعزى إلى الاختلاف في مواعيد الاعتيان، مما يؤدي إلى فترات مختلفة من تفاعلات الفسفور، بالإضافة إلى أن محتوى الرطوبة المقيس أيام الاعتيان والذي يمثل رطوبة التربة عند أخذ العينات بدلاً من رطوبة التربة خلال الفترات الزمنية للاعتيان، لأنه ينتج عن تبخر الماء من التربة خلال الفترة (2 – 3) أيام بين الرية الأخيرة ومواعيد أخذ العينات .

- بين Akinremi (1991) من خلال تجربة تم فيها تقدير الفسفور المتاح في تربة كلسية مزروعة بالقمح، خلال فترات زمنية متزايدة من النمو النباتي، ازدياد الفسفور المتاح من 8 ميكروغرام p/غ تربة قبل التسميد إلى 17 ميكروغرام p/غ تربة بعد 48 ساعة من التسميد الفسفوري، ثم تناقص إلى 6 ميكروغرام p/غ تربة بعد 85 يوماً .

- يعتقد (Matar *et al*., 1992) أن مكونات التربة المحددة لحركة الفسفور فيها، هي كمية الطين وطبيعته، أكاسيد الحديد، pH التربة، كربونات الكالسيوم والمادة العضوية، كما ووجد White (1981) أن معادن الطين النقية تتميز بقابليتها لادمصاص الفسفور.

- بين كل من (Adams and pate.,1992) أن بعض مفرزات وأنزيمات الجذور مثل أنزيم phosphatase، يمكنها أن تزيد من تحرر فسفور التربة وإتاحته في محيطها.

- بين كل من (Ivanove and Shakhdhzakban.,1993) أن الفسفور المتاح يزداد بازدياد الرطوبة في التربة المحضنة عند محتوى رطوبة يتراوح بين (40 – 80 %) .

- بين (Afif *et al*., 1993) لدى تحضين 19 عينة تربة من شمال أفريقيا وغرب آسيا لفترة تراوحت مابين 30 – 240 يوم، وبعد إضافة معدلات مختلفة من الفسفور، تناقص الفسفور المتاح بعد 180 يوم من الإضافة عند المعدلات المنخفضة للفسفور وكان ذلك عائداً لأكاسيد الحديد الموجودة في الترب المدروسة، أما عند المعدلات المرتفعة للفسفور فقد كان التناقص عائداً لمحتوى التربة من كربونات الكالسيوم، عند كل فترات التحضين، ولم يرتبط مع خصائص الترب الأخرى .

- عزى كل من(Campbell *et al*., 1993) وجود كمية من الفسفور المتاح على عمق (0.45 – 0.6) m، في ترب Colorado البنية شرق كندا، في دراسة لتأثير نوع الأسمدة والمحصول المزروع على عمق توزع الفسفور المتاح، إلى دور النباتات وقدرتها على تدوير الفسفور بواسطة جذورها، بالإضافة إلى عملية الرشح خاصة بالنسبة للفسفور العضوي، حيث ترشح الأحماض الفولفية منخفضة الوزن الجزيئي إلى الأعماق تحت السطحية.

- أشار الليفاني(1993) أن إضافة سماد السوبر فوسفات لفترة طويلة إلى الترب الكلسية في المناخات المتوسطية عند معدلات منخفضة بمعدل (إضافة كل ثلاث سنوات) نتج عنه زيادة معنوية في الفسفور المتاح للنبات Olsen – p.

- قدر كل من(Bhuiyan and Sedberry.,1995) امتصاص الفسفور في عشر ترب من أراضي لويزيانا Louisiana إذ أضافا تراكيز مختلفة من الفسفور تراوحت مابين (0 إلى200)

ملغ p/كغ، وحضنت الترب عند درجة حرارة 25 م^0 لمدة تراوحت بين (1 - 14) يوم، وتبين أن تركيز الفسفور عند كل المعدلات الفوسفاتية المضافة قد تناقص مع الزمن .

- كما قدر(Indiativ *et al*., 1995)، دليل إتاحة الفسفور(نسبة الفسفور المتاح إلى الفسفور المضاف) في 20 عينة تربة من منطقة حوض المتوسط جرى تحضينها لفترات ثلاث، حيث تراوحت قيم دليل الإتاحة بعد 16 ساعة حضن بين (0.25 - 0.75)، وبعد 48 ساعة بين (0.19 - 0.56) وبعد 60 يوماً من التحضين تراوحت القيم بين (0.56 -0.17)، كما ارتبط دليل إتاحة الفسفور أيضاً ببعض خصائص الترب المدروسة الكيميائية والفيزيائية .

- قدر كل من(Castro and Torrent.,1995) الفسفور المتاح للنبات في 24 تربة كلسية ابتدائية قليلة التطور Inceptisols وأخرى طينية Vertisols في أسبانيا، ولاحظا اختلافاً بين هذه الترب في درجة امتزازها وترسيبها للفسفور، حيث تناقص تركيز الفسفور المتاح بازدياد فترة التحضين وبازدياد معدلات الفسفور المضافة، وتبين أيضاً أن لأكاسيد الحديد والطين دوراً مهماً في امتصاص الفسفور .

- تشير معظم الدراسات إلى أن حركة الفسفور في التربة تقل عن 2 سم من عمق الإضافة، وذلك في الترب ذات النسيج الناعم والمتوسط (روي وآخرون، 1995).

- بين(Tasdilas *et al*., 1996) لدى دراسته 19 عينة تربة سطحية لترب حمراء في حوض المتوسط في اليونان ، أن ادمصاص الفسفور يتأثر بكل من كمية الطين وطبيعة معادنه بالإضافة لأكاسيد الحديد. كما أظهر (Dimirkou *et al*., 1996)، أن سرعة امتزاز الفسفور المضاف بمعدل 1250 – 13500 ppm إلى تربة تحوي الكاولنيت Kaolinite والهيماتيت Hematit، كانت مرتفعة في البداية ثم انخفضت انخفاضاً تدريجياً مع الزمن.

- بين Fardeau (1996) في تجربة أجريت بهدف معرفة مصير سماد السوبر فوسفات الثلاثي المضاف إلى تربة كلسية حمراء داكنة مزروعة بالقمح، والاعتيان من التربة بمواعيد متتالية،أن الفسفور المتاح تغير بين 13- 20 ميكروغرام p/غ تربة أثناء نمو النبات (بادرة ذات أربع ورقات إلى الحصاد) في الفترة بين (61 – 132) يوم بعد إضافة TSP، واستقرت القيم بين (18 – 20 ميكروغرام P/غ تربة) مدة 42 يوم، ثم تناقصت خلال 29 يوم التالية إلى 13 ميكروغرام P/غ تربة عند الحصاد.

- أجرى كل من (Cavazza and patruno.,1997) دراسة استمرت أربع سنوات بهدف مقارنة وتقدير الفسفور المتاح المقدر بطريقة (olsen)، لأربع ترب مختلفة من ايطاليا، ولتسعة مستويات من السماد الفوسفاتي، فوجدا أن الفسفور المتاح يزداد مباشرة بعد إضافة السماد في مختلف الترب ثم تتناقص كميته تناقصاً تدريجياً إلى النصف بعد أربعة إلى خمسة أشهر من الإضافة .

- وجد(Ravankar *et al*., 1997) أن تثبيت الفسفور في التربة يزداد بازدياد كربونات الكالسيوم، ويمكن فقد الفسفور من سطح التربة عن طريق التعرية، أما الغسيل فانه لايمثل مشكلة بالنسبة لهذا العنصر.

- وصف كل من (Holford and Matlingly.,1997) السعة التنظيمية للفسفور بأنها عبارة عن قدرة التربة على مقاومة التغير في تركيز الفسفور في محلولها عند إضافته إليها أو امتصاصه من قبل النبات، وتعد السعة التنظيمية من أهم خصائص التربة التي تؤثر على سلوك الفسفور المتاح للنبات .

- أظهر كل من Lopes (1989) و(Fan *et al*., 1993) و(Tisdal *et al*.,1997) أن دور الكالسيوم في تثبيت الفسفور واضحاً عن بقية الأيونات الموجبة، والسبب الألفة العالية بين

الكالسيوم والفوسفات خاصة الثنائية السائدة في الترب الكلسية عند درجة حموضة أعلى من 7.2.

- درس كل من (Bahl and Pasricha.,1998) تأثير السماد الأخضر في ادمصاص الفسفور لعشرين عينة تربة سطحية من العمق (0 – 15) سم في الهند، لترب كلسية وحامضية، واستخدما من أجل ذلك معادلتي Langmuir, Freundlich، فلاحظا انخفاض معدل ادمصاص الفسفور مع إضافة السماد الأخضر، وكان معدل الانخفاض أعلى في الترب الكلسية .

- درس كل من (Samadi and Gilkes.,1999) تحول الفسفور المضاف إلى ترب كلسية في جنوب غرب أستراليا وتأثير خصائص هذه الترب في عملية التحول، فوجدا أن التناقص في كمية الفسفور المتاح مع الزمن، قد ازداد بازدياد كل من Poorly Crystalline (FeO) المستخلص بالأوكزالات وأكاسيد الحديد الحرة Free iron oxides (Fio) وكربونات الكالسيوم والسعة التبادلية الكاتيونية (CEC) .

- وجد (Raddly *et al*., 2000)، أن إضافة السماد العضوي إلى الترب الكلسية يمكن أن يزيد كمية الفسفور المتاح في التربة من 49 إلى 116 مغ/كغ.

- بين كل من علي وأحمد (2000) أن تركيز الفسفور المتاح ينخفض مع الزمن بشكل معنوي حيث تتفاعل الفوسفات مع الكالسيوم مما يؤدي إلى تثبيتها، مما يشير إلى أن عملية التثبيت هي المسؤولة عن انخفاض تركيز الفسفور المتاح .

- أورد Hocking (2001) أن النباتات تفرز أحماضاً عضوية مثل حمض الستريك بمعدلات مختلفة حسب نوع النبات، تعمل هذه الأحماض على زيادة إتاحة الفسفور في منطقة الجذور، وتقل هذه الإتاحة بالابتعاد عنها.

- لاحظ الجاسم (2002) أن ادمصاص الفسفور يتناقص مع ازدياد محتوى التربة من الطين .

- بين (Carrie *et al*., 2003) أن خلط المادة العضوية مع التربة تنتج أحماضاً عضوية تؤدي إلى خفض ادمصاص الفسفور في التربة وتزيد توافره فيها .

- وجد (Aulakh *et al*., 2003) أن إضافة السماد الفوسفاتي إلى الترب شبه الجافة ذات القوام سلتي – طيني مدة 25 عام، أدت إلى زيادة في الفسفور المتاح من 63 إلى 436% ، وأن نسبة (21 – 51%) من الفسفور المتاح كان تنتقل جزئياً وبشكل تدريجي بواسطة المحاصيل المزروعة، مع تراكم للفسفور المتبقي في طبقة الحراثة بنسبة (33 – 64%) أو رشحه إلى طبقات التربة الأخفض.

- بين الزبيدي وآخرون(2004) في دراسة لتقييم كفاءة عدد من الأسمدة الفوسفاتية (TSP,MAP,DAP,UP) وبمستويات مختلفة في تربة كلسية، أن سماد فوسفات اليوريا UP يليه فوسفات ثنائي الأمونيوم (DAP) تفوقا على الأسمدة الأخرى. كما بين الموسوي (2004) نتيجة التجارب البيولوجية لمحصول الذرة الصفراء تفوق سماد فوسفات اليوريا (UP).

- بين الجنابي وآخرون (2004) أن فوسفات ثنائي الكالسيوم هو المعدن المتحكم بذوبانية الفوسفات في الترب الكلسية، وبمرور الزمن يتحول إلى ثماني فوسفات الكالسيوم . وأظهر الطوقي (1999) أن عملية التحول السابقة لا تتم بسرعة عالية وتكون أحياناً غير مباشرة، لأن تركيز الفوسفات في المحلول لايصل عادةً إلى المستوى الكافي للترسيب فضلاً أن الادمصاص السريع يخفف تركيز الفوسفات تحت القيمة الحرجة للترسيب.

- يمكن للمادة العضوية أن تؤثر إيجاباً في إتاحة الفسفور في التربة، بسبب النشاط الميكروبيولوجي الذي يساعد على خفض رقم الpH وزيادة ذوبان المركبات الفوسفاتية، كما يمكن للدبال المتشكل في التربة أن يرتبط مع أنيونات الفوسفات عبر جسور كاتيونية من الحديد أو الألمنيوم أو الكالسيوم لتتشكل معقدات دبال– حديد – فوسفات أو دبال – ألمنيوم – فوسفات،

أو دبال – كالسيوم – فوسفات، يمكن أن يستفيد منها النبات بسهولة (عن عودة وشمشم ، 2008).

- بينت أبحاث كل من ترت والمحمود (2008) أن إضافة المخلفات العضوية بصورة سائلة إلى تربة متوسطة القوام، مسمدة بسماد السوبر فوسفات الثلاثي، ومزروعة بالبندورة ، أدت إلى زيادة ذوبان السماد الفوسفاتي بسبب نواتج التحلل وخاصة الأحماض العضوية التي كونت معقدات ثابتة مع الكالسيوم و الألمنيوم والحديد، فقللت بذلك من تثبيت الفسفور على حبيبات التربة .

- أشار Dao (2008) إلى مساهمة العديد من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية في التربة في تنظيم حركة الفسفور في محلولها.

- أشارت النتائج التي حصل عليها كل من سرحان والمعيني (2008) إلى أنه من المفضل زيادة الإضافات السمادية كلما زادت السعة التنظيمية العظمى للفسفور للوصول إلى مستوى ملائم من الفسفور المتاح، وأن الاعتماد على قيم الفسفور المتاح فقط كدليل على حاجة الترب للأسمدة الفوسفاتية لايعطي مؤشراً حقيقياً دون الأخذ بعين الاعتبار قيم السعة التنظيمية العظمى للفسفور في الترب، حيث تعتبر العامل الرئيسي المحدد لكميات الأسمدة الفوسفاتية الواجب إضافتها للوصول إلى تراكيز الفسفور الملائمة لأكفأ نمو وأفضل إنتاج محصولي .

- أشار كل من(Tang and Armstrong., 2008) من خلال دراسة تأثير الإضافات السمادية في درجة pH التربة الكلسية والفسفور المتاح في المناخ المتوسط بعد 65 سنة من الإضافات السمادية أن درجة الpH القلوية لهذه الترب لم تتأثر بالمعدلات السمادية المضافة خلال هذه الفترة، وأن الفسفور المتاح المتضمن (الفسفور المستخلص بطريقة أولسن والفسفور المتبقي) ازداد معنوياً بزيادة معدل الإضافة مع الزمن وبالمقابل فان السعة التنظيمية للفسفور ومعدل امتصاص الفسفور تناقصا معنوياً بزيادة معدلات الإضافة .

- تعمل بعض المركبات العضوية في التربة ذات الشحنة السالبة والتي تسمى الحموض الهيومية Humic Acids أو الأنيونات العضوية باتحادها مع بعض الكاتيونات غير البسيطة مثل $Fe(OH)_2^+$ ، $Al(OH)_2^+$ على تكوين مركبات معقدة تمنع ترسب الفوسفات بأكاسيد الحديد والألمنيوم ، كما تساهم هذه الحموض في تيسر الفوسفات من خلال ربطها للكالسيوم في الترب الكلسية وللحديد والألمنيوم في الترب الحامضية وبالتالي تبقى الفوسفات حرة . وتتحد بعض معادن الطين أحياناً مع هذه الكاتيونات فترسبها وتمنع بذلك ترسيب الفوسفات الأحادية، وهناك بعض الأدلة التي تشير إلى أن إضافة السماد البلدي مع السوبر فوسفات يزيد من قابلية إفادته مقارنة بإضافة السوبر فوسفات وحده (عن أبو نقطة والشاطر،2011).

- وفي بحث عن جزيئات المادة العضوية أكد (Tazisong *et al*., 2007) أن (10- 50 %) من الفسفور العضوي يكون مترافقاً مع جزيئات الحمض غير الذائبة والباقي منه يترافق مع الذائبة، وأن الهيومين لايحتوي فسفور أما الجزيئات الثقيلة من الحموض الهيومية تحتوي على كمية أكبر منه .

الفصل الرابع

مواد وطرائق الدراسة

Materials and Methods of study

4- مواد وطرائق الدراسة :

4-1- مواد الدراسة :

4-1-1- التربة :

تم اختيار قطعة أرض من مزرعة أبي جرش (مدينة دمشق – كلية الزراعة) في الحقل المخصص لقسم علوم التربة، بالاتجاه الجنوبي الغربي، وبمساحة 100 م^2، وهي تربة كلسية نسيجها طيني، مزروعة سابقاً ببعض المحاصيل الزراعية كالبطاطا .

4-1-2- النبات المزروع :

تمت زراعة محصول الذرة الصفراء صنف (غوطة – 82) كمحصول اختبار ولموسمين زراعيين على سطور بأبعاد 50 سم، وفي جور تبعد (25 – 30) سم، وعلى عمق (3) سم، بمعدل ثلاث حبات في كل جورة .

4-2- طرائق الدراسة :

4-2-1- المعاملات الزراعية :

نفذت المعاملات الزراعية التالية لموسمين متتاليين امتد كل منهما ثلاثة أشهر بدءاً من 2011/4/1 :

☆ المعاملة الأولى : (الشاهد) زراعة بدون تسميد فسفوري .

☆ المعاملة الثانية : إضافة المقنن السمادي (الفسفوري) على السطح .

☆ المعاملة الثالثة : إضافة المقنن السمادي (الفسفوري) على عمق 10 سم .

☆ المعاملة الرابعة : إضافة المقنن السمادي (الفسفوري) على عمق 20 سم .

– تم إعداد الأرض للزراعة بحراثتها عدة مرات ثم إضافة السماد البلدي مع أخر فلاحة وتنعيم التربة ثم تسوية سطحها.

– تم تقسيم القطعة التجريبية إلى 16 مسكبة بمسافات فاصلة (75) سم بين المساكب، وبأبعاد (2 x 2) م^2 للمسكبة الواحدة، حيث مثلت المساكب السابقة أربع معاملات، وكررت كل معاملة أربع مرات (أربع مساكب للمعاملة الواحدة) .

– تم تسميد المحصول المزروع بالمقنن المقرر له : 3 م^3 / دونم زبل بلدي، 15 كغ/ دونم سوبر فوسفات ثلاثي (مركز)، 24 كغ/ دونم يوريا 46 %،20 كغ/ دونم سلفات البوتاسيوم 50%، ومايقابله للقطعة التجريبية (1.5 كغ سوبر فوسفات، 2.5 كغ يوريا، 2 كغ يوريا) كما يلي :

- إضافة سلفات البوتاسيوم ونصف كمية اليوريا نثراً قبل الزراعة وبالتساوي على المكررات .
- إضافة النصف المتبقي من اليوريا بعد 50 يوم من الزراعة .
- إضافة سماد السوبر فوسفات الثلاثي بكميات متساوية على الجور، وبالأعماق المقررة ، بحيث يبعد مكان الإضافة عن موقع النبات (5) سم تقريباً .

– تم ري المحصول ريات منتظمة، وإنجاز عمليات الخدمة (عزق، تعشيب، تفريد، مكافحة) بعناية في المراحل الأولى من النمو .

4-2-2- الاعتيان :

4-2-2-1- اعتيان الوصف الأولي :

جمعت العينات بهدف إجراء وصف أولي (بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية) للتربة المدروسة قبل تنفيذ التجربة، بمعدل أربع نقاط اعتيان وعلى الأعماق التالية :(0 – 10) سم ، (10 – 20) سم ، (20 – 30) سم ، (30 – 40) سم ، (40 – 50) سم .فكان إجمالي عدد العينات (20) عينة .

4-2-2-2- اعتيان تقدير الفسفور المتاح :

بعد تقسيم القطعة التجريبية وإضافة الأسمدة وزراعة محصول الاختبار :

▪ أخذت العينات لتقدير الفسفور المتاح بطريقة أولسن وتقدير pH أثناء موسمي النمو النباتي باستخدام المسبارAuger وذلك على الأعماق التالية (0 - 10)،(10- 20)،(20 - 30)، (30 - 40) سم ، للاعتيان الواحد .

▪ كرر كل اعتيان ثلاث مرات من كل مسكبة، حيث بلغ عدد العينات لكل معاملة (48) وللمعاملات كافة (192)، نقلت هذه العينات إلى المخبر، وجففت هوائياً، ثم طحنت ونخلت على منخل أبعاد أقطاره (2) مم، وتم الاحتفاظ بها في علب بلاستيكية لإجراء التحاليل المخبرية التي تخدم أهداف الدراسة .

▪ جرى أخذ العينات السابقة بهدف مراقبة حركة الفسفور المتاح وتغيراته في أزمان محددة من موسم النمو، الزمن صفر (خلال 48 ساعة من الإضافة)، بعد 15 يوماً من الزراعة، بعد 30 يوماً من الزراعة، بعد 45 يوماً من الزراعة، بعد 60 يوماً من الزراعة، بعد 90 يوماً من الزراعة

4-2-3- التحاليل المخبرية :

4-2-3-1- تحاليل الوصف الأولي :

نفذت التحاليل المخبرية التالية على عينات الوصف الأولي قبل التجربة (soltanpour.,*et al* 1996) :

• التحليل الميكانيكي وتحديد نسيج التربة بطريقة الهيدرومتر.

• تعيين الوزن النوعي للتربة (الكثافة الحقيقية) بوساطة دورق مقياس الكثافة pycnometer

• تعيين الوزن الحجمي للتربة (الكثافة الظاهرية) في الحقل بطريقة الاسطوانة

• تعيين المسامية العامة بالطريقة الحسابية .

• تقدير سعة التبادل الكاتيوني CEC باستعمال خلات الصوديوم والطرد المركزي .

• تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة

• تعيين pH التربة بوساطة pH- meter في معلق (1 : 2.5) .

• تقدير الكلس الفعال بطريقة دورينو – غاليه .

• تقدير الفسفور الميسر أو المتاح (Olsen,1954) .

• تعيين نسبة الأملاح الذوابة بواسطة الموصلية الكهربائية EC .

• تعيين الكربونات والبيكربونات الحامضية الذوابة في المستخلص المائي (5:1) .

• تقدير الكالسيوم والمغنيزيوم الذائبين والمتبادلين بطريقة المعايرة بمحلول الفرسينات .

• تعيين الكبريتات بطريقة المعايرة بالفرسينات بوجود دليل الكالسئين في المستخلص المائي (5:1)

• تعيين الصوديوم والبوتاسيوم الذائبين في المستخلص المائي (5:1) والمتبادلين في المستخلص الملحي (20:1) باستخدام جهاز Flamephotometer .

• تقدير الازوت الكلي حسابياً عن طريق المادة العضوية .

4-2-3-2- تقدير الفسفور المتاح :

تم تقدير الفسفور المتاح على شكل P_2O_5 بطريقة أولسن خلال موسمي النمو النباتي للعينات المأخوذة بالطريقة سابقة الذكر، بمعدل مكررين لكل عينة، حيث بلغ عدد العينات الخاضعة للتحليل المخبري (384) عينة في كل زمن اعتيان من الأزمنة الستة المدروسة .

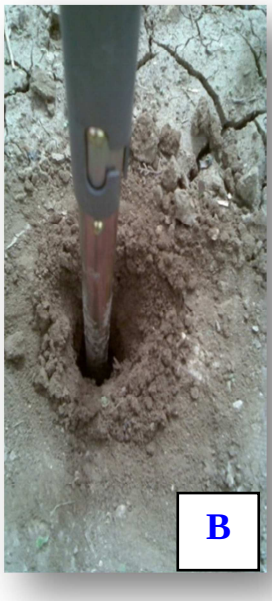
۞ تعتبر طريقة أولسن من الطرائق شائعة الاستعمال في تقدير الفسفور القابل للإفادة في الترب الكلسية للمناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يستخدم في هذه الطريقة محلول بيكربونات الصوديوم (0.5 M, pH = 8.5) لاستخلاص الفسفور المتاح ، وفي خطوة لاحقة يتم إظهار

اللون بوجود مولبيدات الأمونيوم وعامل مرجع (حمض الأسكوربيك 1%) في وسط حمضي، حيث يتشكل معقد أزرق اللون من فسفومولبيدات الأمونيوم المرجعة، وبقياس شدة اللون الأزرق المتشكل باستخدام جهاز المقياس الطيفي spectro photometer ومقارنة القراءة الناتجة بقراءات محاليل قياسية للفسفور.

4-2-4- التحليل الإحصائي :

تم التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية) لحساب المتوسطات ومقارنتها ، وحساب أقل فرق معنوي (LSD) على مستوى معنوية 5% ، حيث تم استخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة.

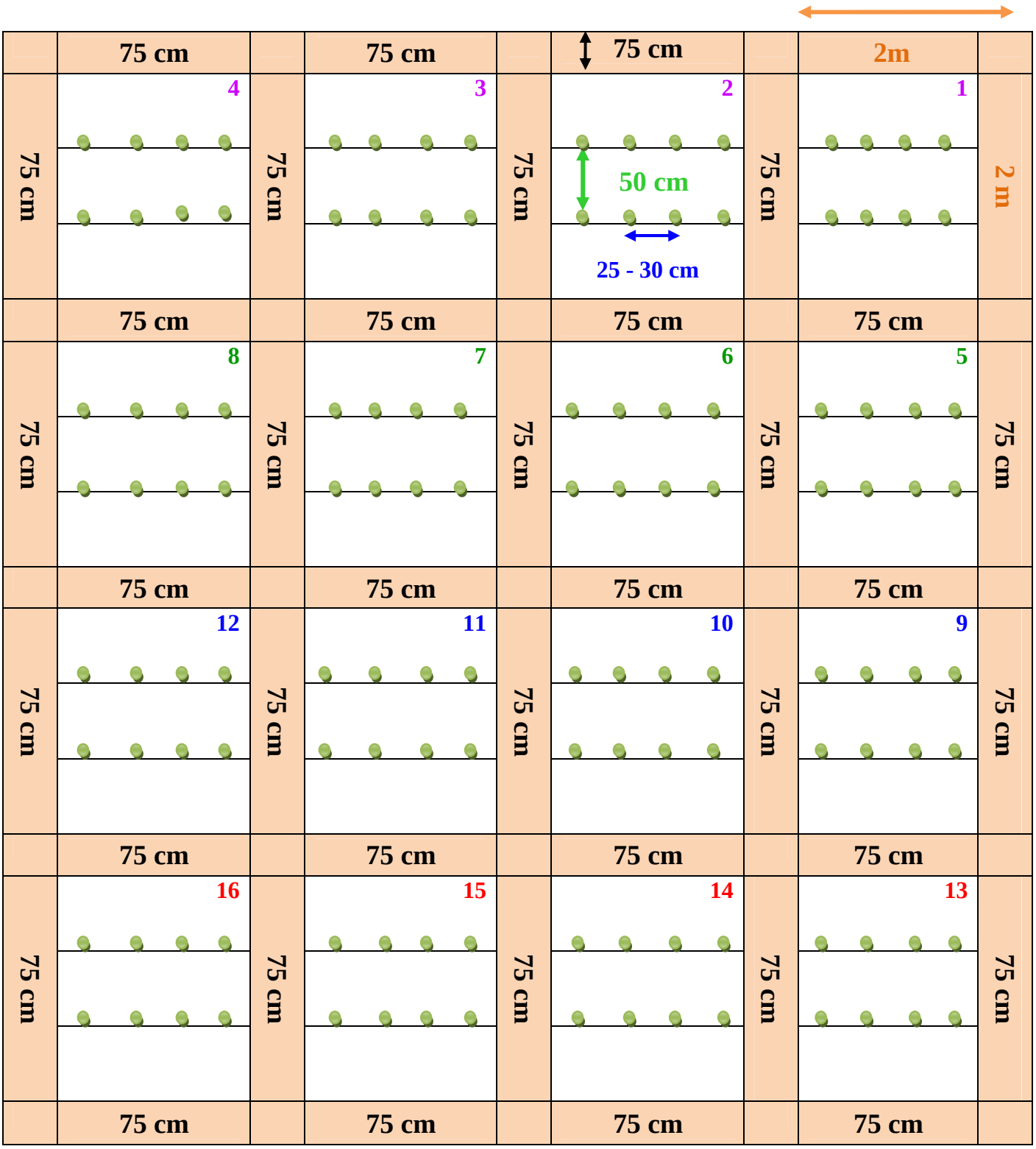








شكل رقم (1) يبين **A** : القطعة التجريبية بعد التقسيم ، **B** :عملية الاعتيان بالمسبار **C**: نبات الذرة الصفراء صنف غوطة – 82 ، **D** : طريقة إضافة السماد



شكل رقم (2) يبين رسم تخطيطي للقطعة التجريبية بعد التقسيم : الأرقام من 1 إلى 4 المساكب التي تمثل معاملة الشاهد (بدون تسميد فسفوري)، الأرقام من 5 إلى 8 المساكب التي تمثل معاملة التسميد السطحي، الأرقام من 9 إلى 12 المساكب التي تمثل معاملة التسميد على عمق 10 cm، الأرقام من 13 إلى 16 المساكب التي تمثل معاملة التسميد على عمق 20 cm ، ● موقع النبات .

الفصل الخامس

النتائج و المناقشة

results and discussions

5- النتائج والمناقشة :

5-1- الخصائص الفيزيائية للتربة المدروسة (قبل الزراعة) :

بينت نتائج التحاليل الفيزيائية الجدول (1) أن التربة المدروسة ووفقاً لمثلث النسيج الأميركي USDA ذات نسيج طيني، وتراوحت قيم الكثافة الظاهرية بين (1.34 - 1.41) غ/سم^3، أما قيم الكثافة الحقيقية فكانت بين (2.50 - 2.53) غ/سم^3، حيث تبين تزايد هذه القيم بازدياد العمق ويعود ذلك إلى اختلاف التركيب الميكانيكي والمعدني للتربة وكذلك اختلاف عمليات الخدمة الزراعية ونسبة المادة العضوية فيها، وبالاعتماد على جدول كاتشينسكي نجد أن المسامية الكلية للعينات المدروسة مقبولة إلى جيدة حيث تراوحت قيمها بين (44- 46.4)% ويعزى ذلك إلى ارتفاع نسبة الطين لأكثر من 40 % .

الجدول (1) الخصائص الفيزيائية للتربة (قبل الزراعة)

عدد العينات	عمق التربة (سم)	الكثافة الحقيقية غ/سم^3	الكثافة الظاهرية غ/سم^3	المسامية %	رمل	سلت	طين	نسيج التربة
					%			
1	10 - 0	2.50	1.35	46.00	23.08	28.84	48.08	طيني
2	20 - 10	2.50	1.37	45.20	23.52	28.63	47.85	طيني
3	30 - 20	2.50	1.39	44.40	24.16	24.88	50.96	طيني
4	40 - 30	2.51	1.40	44.22	25.03	23.74	51.23	طيني
5	50 - 40	2.52	1.41	44.40	25.48	21.64	52.88	طيني
6	10 - 0	2.51	1.38	45.02	36.97	22.74	40.29	طيني
7	20 - 10	2.51	1.38	45.02	36.18	21.56	42.26	طيني
8	30 - 20	2.52	1.39	44.84	35.29	21.33	43.38	طيني
9	40 - 30	2.53	1.39	45.06	34.02	20.96	45.02	طيني
10	50 - 40	2.53	1.40	44.66	34.57	20.77	44.66	طيني
11	10 - 0	2.50	1.39	44.40	28.32	17.44	54.24	طيني
12	20 - 10	2.50	1.39	44.40	29.18	18.57	52.25	طيني
13	30 - 20	2.50	1.40	44.00	29.64	20.13	50.23	طيني
14	40 - 30	2.51	1.40	44.22	30.52	20.96	48.52	طيني
15	50 - 40	2.52	1.40	44.44	31.38	21.43	47.19	طيني
16	10 - 0	2.50	1.34	46.40	30.52	25.33	44.15	طيني
17	20 - 10	2.50	1.34	46.40	30.75	25.04	44.21	طيني
18	30 - 20	2.52	1.36	46.03	29.22	24.52	46.26	طيني
19	40 - 30	2.52	1.39	44.84	29.13	23.93	46.94	طيني
20	50 - 40	2.52	1.39	44.84	28.63	23.79	47.58	طيني

5-2- الخصائص الكيميائية والخصوبية للتربة المدروسة (قبل الزراعة) :

بينت نتائج التحاليل الكيميائية في الجدولين (2) و(3) أن التربة كانت عالية المحتوى من كربونات الكالسيوم حيث تراوحت قيمها بين (40 – 49)% ، وقد رافق ذلك تركيز مرتفع من الكلس الفعال في جميع العينات، أما قيم سعة التبادل الكاتيوني كانت متوسطة، تراوحت بين (20.04- 22.22) ميلمكافئ/100غ تربة. كما لوحظ أن محتوى التربة المدروسة من المادة العضوية تراوح بين (0.92 – 1.85)% . مع انخفاض في تركيزها مع العمق، وهذا يتفق مع ماأورده Thompson (1982) عن تناقص تركيز المادة العضوية بازدياد العمق .أما بالنسبة لتفاعل التربة فكان مائلاً قليلاً إلى القلوية حيث تراوح pH التربة من (7.96- 8.08)، وأن التربة المدروسة كانت غير مالحة مع قيم للموصلية الكهربائية بين (0.146 – 0.200) ميليمو/ سم، و يلاحظ أيضاً وجود تناسب طردي بين الأملاح والعمق وهذا أمر طبيعي بحكم عمليات الغسيل (مياه الري – أمطار). واستناداً إلى جدول تصنيف الترب تبعاً لمحتواها من الكلور نستنتج أن الترب المدروسة خفيفة الملوحة جداً، وأن جميع العينات كانت خالية من الكربونات الذوابة . وبالاعتماد على قيمة الحد الحرج لأيون البيكربونات (1.4) ميلمكافئ / 100غ تربة، نجد أن جميع العينات كانت دون هذا الحد . توضح نتائج التحاليل أيضاً أن كمية الصوديوم الذائب تعتبر مقبولة وكمية البوتاسيوم تتناقص مع العمق . وبالرجوع إلى النتائج المتحصل عليها تبين أن كمية الكالسيوم المتبادل كانت أعلى من باقي الكاتيونات، حيث تراوحت بين (17.5 – 22.45) ميلمكافئ/100غ تربة، أما كمية المغنيزيوم فقد كانت أقل من الكالسيوم، وبالنسبة للصوديوم والبوتاسيوم فكانت كميتهما منخفضة بشكل عام. تم تقدير الكبريتات بالطريقة الحجمية كون هذه الترب تحوي تراكيز قليلة من هذا الأنيون الذي يتركز عادةً في المستخلصات المائية للترب المالحة، كما تم تقدير الآزوت حسابياً وكان متوسط قيم الآزوت أقل من 0.1%، أما فيما

يتعلق بتركيز الفسفور المتاح على شكل P_2O_5، فقد تراوح بين(16.56 – 22.32) ppm ، ويعتبر مستوى هذا التركيز متوسطاً.

الجدول (2) الخصائص الكيميائية للتربة (قبل الزراعة)

عدد العينات	العمق (سم)	$CaCO_3$	الكلس الفعال	CEC Meq\100 g	% O.M
		%			
1	10 - 0	44	17.1	20.04	1.85
2	20 - 10	42	16.3	20.05	1.62
3	30 – 20	42	16.0	20.16	1.39
4	40 – 30	41	15.9	20.22	1.16
5	50 - 40	40	15.5	20.59	0.93
6	10 - 0	47	18.2	21.13	1.85
7	20 - 10	47	18.0	21.08	1.61
8	30 – 20	48	18.6	20.77	1.36
9	40 – 30	48	18.6	20.37	1.12
10	50 - 40	49	19.0	20.59	0.87
11	10 – 0	47	18.0	22.22	1.57
12	20 - 10	47	18.4	22.20	1.42
13	30 – 20	47	18.0	22.17	1.28
14	40 – 30	48	18.7	21.96	1.13
15	50 - 40	48	19.0	20.04	0.98
16	10 – 0	45	17.4	20.38	1.73
17	20 – 10	44	17.0	20.31	1.53
18	30 – 20	44	17.2	20.29	1.33
19	40 – 30	41	15.9	20.13	1.12
20	50 - 40	41	15.5	20.06	0.92

تابع الجدول (2) الخصائص الكيميائية للتربة (قبل الزراعة)

عدد العينات	العمق (سم)	pH معلق (1:2.5)	EC MS\Cm مستخلص (5:1)	الأيونات الذائبة في محلول التربة (ميلمكافئ/ لتر) في المستخلص (5:1)							
				الأنيونات الذائبة				الكاتيونات الذائبة			
				Cl^-	SO_4^{-2}	CO_3^{--}	HCO_3^-	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	K^+
1	10 - 0	8.07	0.155	0.50	1.38	-	0.3	1.50	0.50	0.16	0.03
2	20 - 10	8.07	0.158	0.52	1.30	-	0.3	1.53	0.43	0.16	0.03
3	30 – 20	8.05	0.173	0.55	1.22	-	0.3	1.55	0.35	0.15	0.02
4	40 – 30	8.01	0.186	0.58	1.14	-	0.3	1.58	0.28	0.15	0.02
5	50 - 40	7.99	0.192	0.60	1.06	-	0.3	1.60	0.20	0.14	0.02
6	10 - 0	8.01	0.160	0.70	0.58	-	0.6	1.50	0.30	0.18	0.03
7	20 - 10	8.01	0.172	0.70	0.67	-	0.6	1.50	0.40	0.19	0.03
8	30 – 20	7.99	0.193	0.70	0.75	-	0.5	1.50	0.40	0.19	0.02
9	40 – 30	7.97	0.198	0.60	0.84	-	0.5	1.50	0.50	0.20	0.02
10	50 - 40	7.96	0.200	0.60	0.92	-	0.5	1.50	0.50	0.20	0.02
11	10 - 0	8.03	0.146	0.50	0.84	-	0.2	1.00	0.30	0.19	0.04
12	20 - 10	8.03	0.150	0.50	0.79	-	0.2	1.00	0.30	0.17	0.04
13	30 – 20	8.06	0.178	0.50	0.73	-	0.2	1.00	0.30	0.15	0.04
14	40 – 30	8.06	0.190	0.50	0.68	-	0.2	1.00	0.20	0.12	0.03
15	50 - 40	8.08	0.192	0.50	0.62	-	0.2	1.00	0.20	0.10	0.02
16	10 - 0	8.04	0.158	0.80	1.18	-	0.4	0.60	0.40	0.16	0.04
17	20 - 10	8.02	0.162	0.80	1.15	-	0.4	0.60	0.40	0.16	0.04
18	30 – 20	8.02	0.168	0.70	1.11	-	0.4	0.60	0.40	0.16	0.03
19	40 – 30	7.99	0.179	0.70	1.08	-	0.3	0.60	0.3	0.15	0.03
20	50 - 40	7.98	0.191	0.60	1.04	-	0.3	0.60	0.3	0.15	0.02

الجدول (3) الخصائص الخصوبية للتربة (قبل الزراعة)

عدد العينات	العمق (سم)	الآزوت الكلي %	P_2O_5 Olsen (ppm)	الكاتيونات المتبادلة في محلول التربة (ميلمكافئ/ لتر) في المستخلص الملحي (20:1)			
				Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}
1	10 - 0	0.09	19.03	22.45	3.55	0.21	0.25
2	20 - 10	0.07	18.17	22.29	3.59	0.21	0.25
3	30 – 20	0.06	17.11	22.13	3.63	0.21	0.25
4	40 – 30	0.05	17.02	21.96	3.66	0.21	0.25
5	50 - 40	0.04	16.63	21.80	3.70	0.21	0.25
6	10 - 0	0.092	20.92	20.45	3.35	0.43	0.26
7	20 - 10	0.08	19.07	20.40	3.45	0.43	0.25
8	30 – 20	0.068	18.53	20.35	3.55	0.43	0.25
9	40 – 30	0.055	18.14	20.30	3.65	0.43	0.24
10	50 - 40	0.043	16.56	20.25	3.75	0.43	0.23
11	10 - 0	0.08	20.63	17.50	1.25	0.43	0.26
12	20 - 10	0.07	20.22	17.80	1.52	0.43	0.25
13	30 – 20	0.06	19.02	18.00	1.78	0.43	0.25
14	40 – 30	0.057	18.61	18.30	2.04	0.43	0.24
15	50 - 40	0.049	18.55	18.50	2.30	0.43	0.24
16	10 - 0	0.08	22.32	19.40	3.61	0.35	0.26
17	20 - 10	0.08	21.63	19.00	3.40	0.35	0.26
18	30 – 20	0.07	21.02	18.50	3.19	0.35	0.26
19	40 – 30	0.06	20.67	18.10	2.97	0.35	0.25
20	50 - 40	0.05	18.75	17.60	2.76	0.35	0.25

5-3- تركيز الفسفور المتاح في الزمن صفر (بعد الزراعة مباشرةً) لمختلف المعاملات ولموسمي النمو الأول والثاني :

أظهرت نتائج تقدير الفسفور المتاح في الزمن صفر لمختلف المعاملات وفي موسمي النمو الأول والثاني، جدول (4) و (5) على التوالي، ارتفاع تركيز الفسفور المتاح بشكل عام في جميع المعاملات مقارنة بتركيزه قبل الزراعة، حيث تراوح بين (17.42 - 28.10) ppm في الموسم الأول، وبين (19.24 – 30.52) ppm في الموسم الثاني .

قد يعزى ذلك وفي غياب دور النبات في هذه المرحلة، إلى استعمال سماد المزرعة (الزبل البلدي) الذي يقلل من تثبيت الفسفور بواسطة معادن الطين وكربونات الكالسيوم، ويزيد إتاحته وهذا يتفق مع ما أشار إليه Nelson (1961) وكل من (EL-Baruni and Olsen.,1979) وأبو نقطة والشاطر(2011)، كما لوحظ أيضاً وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين المعاملات كافة مقارنة بالشاهد، وهذا يعود إلى إضافة السماد الفوسفاتي الذي يؤدي إلى زيادة مباشرة في كمية الفسفور المتاح وفقاً لما أشار إليه كل من(Cavazza and Patruno.,1997). ولدى مقارنة المعاملات المضاف إليها سماد السوبر فوسفات فيما بينها، لوحظ تفوق معاملة التسميد السطحي مع عمق الاعتيان (0 – 10) سم على جميع المعاملات، حيث بلغ تركيز الفسفور المتاح فيها (28.10) ppm في الموسم الأول و(30.52) ppm في الموسم الثاني . وبالمقابل كان أقل تركيز للفسفور المتاح عند العمق (30 – 40) سم في معاملة التسميد الفسفوري على عمق (10) سم، حيث بلغ (21.54) ppm في الموسم الأول و (23.68) ppm في الموسم الثاني . ويمكن إرجاء ذلك إلى مجموعة من العوامل، منها إذابة السماد الفوسفاتي خلال 48 ساعة من الإضافة وتركزه على السطح بما يتفق إلى حد ما مع ما أشار إليه كل من (Lewis and Racz.,1969) و Akinremi (1991) . بالإضافة إلى انخفاض نسبة المادة

العضوية مع العمق، والتي تلعب دوراً هاماً في إتاحة الفسفور وقلة ادمصاصه، وهذا يتفق مع كل من (Thompson and Trock.,1982) و(Matar *et al*,1992)، وانخفاض نسبة الطين وكربونات الكالسيوم (ذات التأثير المحدد لحركة الفسفور في التربة) على السطح مقارنةً بالطبقات تحت السطحية ، وفقاً لما أشار إليه كل من (Brar and Cox.,1991)، روي وآخرون (1995) والبشيشي وشريف (1998) .

الجدول (4) تركيز الفسفور المتاح في الزمن صفر (بعد الزراعة مباشرةً) في مختلف المعاملات ولموسم النمو الأول

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	20.63 h
	20 - 10	19.12 i
	30 – 20	17.87 j
	40 - 30	17.42 j
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	28.10 a
	20 - 10	25.13 c
	30 – 20	24.17 cd
	40 - 30	22.68 ef
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	24.75 c
	20 - 10	26.33 b
	30 – 20	23.61 e
	40 - 30	21.54 gh
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	22.53 fg
	20 - 10	24.67 c
	30 – 20	26.78 b
	40 - 30	24.12 cd
LSD %5		1.05

الجدول (5) تركيز الفسفور المتاح في الزمن صفر (بعد الزراعة مباشرةً)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الثاني

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	22.15 h
	20 - 10	21.41 h
	30 – 20	19.63 i
	40 - 30	19.24 d
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	30.52 a
	20 - 10	27.14 cd
	30 – 20	26.34 de
	40 - 30	24.81 f
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	26.33 de
	20 - 10	28.18 bc
	30 – 20	25.34 ef
	40 - 30	23.68 g
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	24.62 fg
	20 - 10	26.44 d
	30 – 20	28.34 b
	40 - 30	26.80 d
LSD %5		1.08

5-4- تركيز الفسفور المتاح بعد 15 يوم من الزراعة في مختلف المعاملات ولموسمي النمو الأول والثاني .

بينت نتائج تقدير الفسفور المتاح بعد 15 يوماً من الزراعة في الموسم الأول جدول (6) والموسم الثاني جدول (7) أن هناك ارتفاعاً في تركيز الفسفور المتاح بشكل عام في جميع المعاملات، حيث تراوح بين (16.84- 31.22) ppm في الموسم الأول، وبين (17.94-33.63) ppm في الموسم الثاني، وربما يعزى ذلك في هذه المرحلة إلى سيادة أيونات الفوسفات الأحادية الأكثر ذوباناً والثنائية الأقل ذوباناً عند مدى معين من pH يتراوح بين (4 – 9) حسب (روي وآخرون ،1995)، وأن المركبات سابقة الذكر وفي حال خلل التوازن الكيميائي chemical balance لفسفور التربة نتيجة إضافة السماد أو تغير محتوى الرطوبة أو نشاط النبات، تبدأ تفاعلاتها العكوسة متحولة وبشكل تدريجي إلى أشكال أقل ذوباناً، حيث تتحول فوسفات الكالسيوم الأحادية الذوابة أولاً، وفي غضون أيام إلى فوسفات ثنائية الكالسيوم قليلة الذوبان، وتحتاج الأخيرة إلى عدة أسابيع لتتحول إلى فوسفات ثمانية الكالسيوم صعبة الذوبان، وهذا مابينه كل من (Hagin and Tucker.,1982؛ Matar and Brown.,1989) كما يمكن تفسير ارتفاع تركيز الفسفور المتاح بزيادة رطوبة التربة نتيجة تلاحق عمليات الري خاصة في المرحلة الأولى من النمو النباتي مما يؤدي إلى زيادة تحرر الفسفور من التربة والسماد المضاف وهذا يتفق مع (Invove and Shakhdhza.,1993) وقد يكون التفسير هو زيادة إنتاج الأحماض من المادة العضوية المخلوطة مع التربة والتي تعمل على خفض ادمصاص الفسفور وتوافره فيها (Carrie *et al.*, 2003). يلاحظ أيضاً وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين المعاملات المضاف إليها الفوسفات مقارنة بالشاهد الذي أخذ تركيز الفسفور فيه بالتناقص في هذه المرحلة ولدى مقارنة المعاملات المضاف إليها السماد فيما بينها ، لوحظ تفوق معاملة التسميد السطحي

عند الاعتيان على عمق (0 – 10) سم على جميع المعاملات الباقية، حيث بلغ تركيز الفسفور فيها (31.22) ppm في الموسم الأول و (33.63) ppm في الموسم الثاني، يأتي ثانياً في الزيادة، العمق (10 – 20) سم في معاملة التسميد على عمق 10سم والعمق (20 – 30) سم في معاملة التسميد على عمق 20 سم، فكان تركيز الفسفور المتاح فيهما (29.15) ppm و(28.86) ppm على التوالي، وكان الاتجاه ذاته في زيادة التركيز في الموسم الثاني للعمق (10 – 20) سم وفي معاملة التسميد على عمق 10 سم، حيث بلغ التركيز عنده (32.14) ppm . وربما يعزى ذلك إلى زيادة تركيز الفسفور في المحلول القريب من موقع إضافة السماد الفوسفاتي والقريب جداً من توضع البذور، وهذا يتفق مع كل من (Jacob *et al*.,1949) و (Sample *et al*.,1980)، في حين يخالف ماجاء به كل من (Dehghan and Williams.,1967)،بأن إضافة الفسفور بالقرب من موقع النبات سيؤدي إلى زيادة كمية الكالسيوم والمغنيسيوم المتوفرة أصلاً في الترب الكلسية، وبالتالي إعاقة حركة الفسفور فيها وقلة إتاحته. وبالمقابل بلغ أقل تركيز للفسفور المتاح في معاملة التسميد على عمق 10 سم وعمق الاعتيان (30 – 40) سم حيث بلغ (23.37) ppm في الموسم الأول و(24.89) ppm في الموسم الثاني، وقد يعود ذلك إلى التناسب العكسي بين الفسفور المتاح وكمية الطين التي تزداد مع العمق حسب ماجاء به كل من (Solis and Torrent.,1989)، ويختلف مع ما أشار إليه كل من بلبع (1988) و (Jackman *et al*.,1997) و الجاسم (2002)، عن عدم وجود علاقة ارتباط بين السعة الادمصاصية للفسفور ومحتوى التربة من الطين، وأن ادمصاص الفوسفات على سطوح الطين قليل الاحتمال في حال الpH المرتفع لأن الغرويات تكون ذات شحنة سالبة عند درجة حموضة تزيد عن 7، وقد يكون السبب في تناقص كمية الفسفور المتاح مع العمق، تزايد نسبة كربونات الكالسيوم والكلس الفعال فضلاً عن كمية الطين وطبيعته، والتي تعتبر من

مكونات التربة المحددة لحركة الفسفور فيها وتحركه ببطء خاصة في الترب الكلسية منها، وهذا ما أورده كل من (Halford and Mattingly.,1975) و (Yin *et al* .,1989) و (pena and Torrent.,1990) و (Matar *et al*.,1992) . في حين أشار (Hooker *et al*.,1980) مخالفاً إلى حد ما ورد سابقاً إلى عدم ارتباط كربونات الكالسيوم والكلس الفعال بالفسفور المتاح في الترب الكلسية وتحكم أكاسيد الحديد الحرة بذلك بشكل أساسي.

الجدول (6) تركيز الفسفور المتاح (بعد 15 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الأول

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	20.24 g
	20 - 10	18.37 h
	30 – 20	17.20 i
	40 - 30	16.84 i
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	31.22 a
	20 - 10	28.35 b
	30 – 20	25.92 cd
	40 - 30	24.67 e
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	26.23 c
	20 - 10	29.15 b
	30 – 20	25.04 de
	40 - 30	23.37 f
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	23.44 f
	20 - 10	26.61 c
	30 – 20	28.86 b
	40 - 30	26.30 c
LSD %5		1.05

الجدول (7) تركيز الفسفور المتاح (بعد 15 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الثاني

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	21.87 i
	20 - 10	20.34 j
	30 – 20	19.72 j
	40 - 30	17.94 k
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	33.63 a
	20 - 10	30.54 c
	30 – 20	27.66 de
	40 - 30	26.32 fg
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	28.12 de
	20 - 10	32.14 b
	30 – 20	27.25 ef
	40 - 30	24.89 h
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	25.31 gh
	20 - 10	27.75 de
	30 – 20	30.18 c
	40 - 30	28.44 d
LSD %5		1.04

5-5- تركيز الفسفور المتاح بعد (30) يوم من الزراعة وبعد (45) منها، في مختلف المعاملات ولموسمي النمو الأول والثاني .

بينت نتائج تقدير الفسفور المتاح بعد 30 يوماً من الزراعة، ثم بعد 45 يوماً منها، للموسم الأول في الجدولين (8) و(9) على التوالي، وكذلك الجدولين (10) و (11) للزمنين السابقين على التوالي وللموسم الثاني، بدء انخفاض تركيز الفسفور المتاح بشكل عام في جميع المعاملات وعلى كافة الأعماق المدروسة، ويمكن إرجاء ذلك إلى مجموعة من العوامل أهمها انخفاض تركيز الكالسيوم الذائب مع الزمن وما يرافق ذلك من ارتفاع في كميات الفسفور المثبت وقلة إتاحته إلى حد ما، وهذا ما أشار إليه علي وأحمد (2000)، بالإضافة إلى دور كربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد والألمنيوم في تناقص الفسفور المتاح في الترب الكلسية بمرور الزمن، وهذا يتفق مع ما أورده كل من (Sharpley and Smith.,1989) وقد يكون لتشكل الفوسفات ثمانية الكالسيوم OCP في هذه المرحلة حيث تحولت الفوسفات أحادية الكالسيوم الذوابة MCP وثنائية الكالسيوم DCP الأقل ذوباناً إلى ثمانية صعبة الذوبان دوراً في تناقص الفسفور المتاح، سيما وأن التحول السابق يستغرق عادةً بضعة أشهر (Hagin and Tucker.,1982) . وقد تكون هذه المرحلة من النمو سبباً في تناقص الفسفور المتاح، حيث يمتص النبات فيها معظم الفسفور من الأسمدة المضافة بسرعة وبمعدلات عالية، ثم تتناقص مساهمة الأسمدة مع الزمن في عملية الامتصاص مقابل دور التربة متوسطة المحتوى أصلاً من الفسفور المتاح. وهذا يتفق مع ما أشار إليه كل من (Woltz *et al.*,1949). ويمكن أن يكون لتعاقب عمليتي التجفيف والترطيب خلال هذه الفترة دوراً في زيادة تثبيت الفسفور وبالتالي قلة إتاحته للنبات .كما نلاحظ من الجداول أيضاً وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين المعاملات كافة مقارنةً بالشاهد الذي استمر تركيز الفسفور المتاح فيه بالتناقص. ولدى مقارنة المعاملات المضاف إليها

السماد فيما بينها، لوحظ تفوق معاملة التسميد السطحي مع العمق (0 - 10) سم في زمني الاعتيان للموسم الأول ، حيث كان تركيز الفسفور فيها (28.92) ppm و(26.82) ppm على التوالي . ثم تتالت زيادة تركيز الفسفور المتاح إلى أعماق توضع السماد في المعاملات الباقية، [العمق (10 – 20) سم في معاملة التسميد على عمق 10 سم ، حيث بلغ التركيز (27.78) ppm و(25.41) ppm لزمني الاعتيان على التوالي] و[العمق (20 – 30) سم في معاملة التسميد على عمق 20 سم وبفارق بسيط، حيث بلغ التركيز (27.89) ppm و(24.77) ppm لزمني الاعتيان على التوالي] وفي الموسم ذاته، وتكررت الملاحظة نفسها في زمني الاعتيان للموسم الثاني، ويمكن تفسير ذلك ومع ضآلة الدور الذي تلعبه جذور نباتات التجربة (الذرة الصفراء التابعة تصنيفياً إلى النجيليات ذات الجذور متوسطة العمق) في هذه المرحلة في امتصاص الفسفور، إلا أن توضع السماد الفسفوري في المعاملات السابقة في أماكن قريبة من انتشارها أو عندها تماماً، قد يؤدي إلى زيادة تحرر الفسفور من السماد وإتاحته في منطقة انتشار الجذور بتأثير بعض مفرزات وأنزيمات الجذور مثل أنزيم phosphatase، وهذا يتفق مع كل من (Adams and pate.,1992) وهنا يمكن القول أيضاً أن الانتشار البطيء للفسفور في التربة يقلل من ضياعه بالانغسال أو بالترسيب على سطح التربة مع الماء الصاعد، ولكن لايمكن إغفال دور عمليات الخدمة الزراعية من عزق وتعشيب والتي ازدادت وتيرتها في هذه المرحلة من النمو، في تهوية التربة وزيادة نشاط الأحياء فيها والتي تساعد بدورها في تحرر الفسفور وتحركه ولو بشكل بسيط إلى أعماق تبتعد قليلاً عن أماكن وضع السماد .وبالمقابل كان أقل تركيز للفسفور المتاح في زمني الاعتيان ولموسمي النمو، في العمق (30 – 40) سم في معاملة التسميد على عمق 10سم، حيث بلغ تركيز الفسفور (21.14) ppm و (19.34) ppm لزمني الاعتيان على التوالي وللموسم الأول، في حين بلغ التركيز (23.18) ppm و(20.84) ppm

لزمني الاعتيان على التوالي وللموسم الثاني، و يمكن أن يعزى ذلك إلى تناقص كمية المادة العضوية مع ازدياد العمق، بالرغم من الدور الذي تقوم به في زيادة نصف عمر الفسفور المتاح، وفقاً لما أشار إليه Haynes (1985) وضعف حركة الفسفور بشكل عام مع زيادة نسبة كربونات الكالسيوم وهذا يتفق مع (Ravankar *et al.*,1997)، ويخالف ماأشار إليه كل من (Halford and mattingly.,1975)، بأن طاقة الربط بين الفوسفات والكالسيت تتعلق بالمساحة السطحية للكالسيت وليس بكميته، خاصة في سماد السوبر فوسفات الذي يتبع تصنيفياً مجموعة الفوسفات الأحادية الذوابة في الماء وهي الأكثر إتاحة للنبات، ولكن إفادته لاتتوقف على درجة ذوبانه فقط ، إنما على طبيعة التربة، مكوناتها، المناخ السائد وشكل السماد. وبما أن الشكل المستعمل في الدراسة حبيبي، فإن سطوح تماسه مع جزيئات الكالسيت تكون أقل مقارنة بالشكل المسحوقي .

الجدول (8) تركيز الفسفور المتاح (بعد 30 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الأول

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	18.10 g
	20 - 10	16.72 h
	30 – 20	15.88 hi
	40 - 30	15.31 i
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	28.92 a
	20 - 10	26.81 c
	30 – 20	22.74 e
	40 - 30	21.62 ef
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	24.52 d
	20 - 10	27.78 bc
	30 – 20	23.86 d
	40 - 30	21.14 f
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	21.83 ef
	20 - 10	24.26 d
	30 – 20	27.89 ab
	40 - 30	24.18 d
%5 LSD		1.05

الجدول (9) تركيز الفسفور المتاح (بعد 45 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الأول

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد (بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	17.56 h
	20 - 10	16.91 h
	30 – 20	15.73 i
	40 - 30	14.24 j
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	26.82 a
	20 - 10	23.33 c
	30 – 20	21.55 ef
	40 - 30	21.19 f
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	22.63 cd
	20 - 10	25.41 b
	30 – 20	21.67 def
	40 - 30	19.34 g
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	19.56 g
	20 - 10	22.24 de
	30 – 20	24.77 b
	40 - 30	21.33 ef
%5 LSD		1.05

الجدول (10) تركيز الفسفور المتاح (بعد 30 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الثاني

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	20.34 f
	20 - 10	18.52 g
	30 – 20	17.14 h
	40 - 30	16.36 h
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	30.48 a
	20 - 10	28.35 c
	30 – 20	24.17 e
	40 - 30	23.56 e
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	26.73 d
	20 - 10	29.31 bc
	30 – 20	24.66 e
	40 - 30	23.18 e
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	23.71 e
	20 - 10	26.34 d
	30 – 20	29.64 ab
	40 - 30	26.12 d
%5 LSD		1.05

الجدول (11) تركيز الفسفور المتاح (بعد 45 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم الثاني

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	18.94 h
	20 - 10	18.23 hi
	30 – 20	17.31 ij
	40 - 30	16.37 j
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	28.92 a
	20 - 10	25.14 c
	30 – 20	23.61 d
	40 - 30	22.40 ef
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	24.74 c
	20 - 10	27.56 b
	30 – 20	23.16 de
	40 - 30	20.84 g
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	21.39 fg
	20 - 10	24.12 cd
	30 – 20	26.70 b
	40 - 30	23.42 de
%5 LSD		1.05

5-6- تركيز الفسفور المتاح بعد (60) يوم من الزراعة وبعد (90) يوم منها، في مختلف المعاملات ولموسمي النمو الأول والثاني :

بينت نتائج تقدير الفسفور المتاح بعد 60 يوماً من الزراعة ثم بعد 90 يوم منها، للموسم الأول في الجدولين (12) و(13) على التوالي، وكذلك الجدولين (14) و (15) لزمني الاعتيان السابقين وللموسم الثاني، تناقص تركيز الفسفور المتاح بشكل عام إلى النصف تقريباً، بعد ثلاثة أشهر من الزراعة (عند الحصاد)، حيث تراوح بين (12.77 – 23.73) ppm بعد 60 يوم من الزراعة، وبين (10.93 – 19.66) ppm بعد 90 يوم من الزراعة للموسم الأول .أما في الموسم الثاني فقد تراوح التركيز بين (14.22 – 25.68) ppm بعد 60 يوم من الزراعة، وبين (12.60 – 21.76) ppm بعد 90 يوم من الزراعة . ويعزى ذلك إلى زيادة تثبيت أيونات الفوسفات إلى حد ما مع الزمن وتحولها إلى أشكال أقل ذوباناً وإتاحة للنبات، بفعل عوامل عدة أشير إليها سابقاً وهذا يتفق مع ما أشار إليه Akinremi (1991)، عن زيادة في الفسفور المتاح إلى الضعف بعد التسميد ب 48 ساعة، ثم تناقصه إلى النصف تقريباً بعد 85 يوم من الإضافة .ويتفق أيضاً مع نتائج دراسة استمرت أربع سنوات لكل من (Cavazza and Patruno.,1997) حيث وجدا أن الفسفور المتاح يزداد مباشرةً بعد إضافة السماد ، ثم تتناقص كميته تدريجياً إلى النصف بعد أربعة إلى خمسة أشهر من الإضافة في كافة العينات المدروسة.

وتلعب هذه المرحلة من النمو النباتي (الإزهار وتكوين الثمار) دوراً هاماً في تناقص الفسفور المتاح بسبب امتصاصه بكميات كبيرة من قبل النبات ، وقد يكون لإضافة الدفعة الثانية من السماد الازوتي (اليوريا) بعد 50 يوماً من الزراعة ، دوراً في زيادة الاستجابة للتسميد الفوسفاتي من خلال تشجيعه على النمو الخضري الذي يحتاج المزيد من الفسفور لمسايرة النموات الجديدة المتشكلة وهذا ماأشار إليه كل من(Finn and Mack.,1964) . ويلاحظ أيضاً من الجداول

السابقة وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين المعاملات كافة مقارنة بالشاهد، الذي استمر تركيز الفسفور المتاح فيه بالتناقص، ولدى مقارنة المعاملات المضاف إليها السماد فيما بينها، لوحظ تفوق معاملة التسميد السطحي مع العمق (0 – 10) سم في زمني الاعتيان ولموسمي النمو الأول والثاني ، حيث بلغ تركيز الفسفور المتاح فيها (23.73) ppm بعد 60 يوماً من الزراعة و(19.66) ppm بعد 90 يوماً من الزراعة للموسم الأول . في حين بلغ تركيز الفسفور المتاح في الموسم الثاني ، في المعاملة ذاتها وعلى العمق ذاته (25.68) ppm بعد 60 يوماً من الزراعة و (21.76) ppm بعد 90 يوم من الزراعة . ثم تدرجت الزيادة في تركيز الفسفور المتاح وبفارق بسيط جداً إلى أعماق توضع السماد في المعاملات الباقية، حيث بلغت تراكيز الفسفور المتاح في الموسم الأول [(23.62) ppm على العمق (10 – 20) سم في معاملة التسميد على عمق 10 سم] و [(22.51) ppm على العمق (20 – 30) سم في معاملة التسميد على عمق 20 سم]،بعد 60 يوماً من الزراعة، وفي الموسم ذاته، كانت التراكيز[(18.76) ppm على العمق (10 – 20) سم في معاملة التسميد على عمق 10 سم] و[(18.92) ppm على العمق (20 – 30) سم في معاملة التسميد على عمق 20 سم]، بعد 90 يوم من الزراعة ، أما في الموسم الثاني فقد بلغت تراكيز الفسفور المتاح [(25.80) ppm على العمق (10 – 20) سم لمعاملة التسميد على عمق 10 سم] و[(24.53) ppm على العمق (20 – 30) سم لمعاملة التسميد على عمق 20 سم] لزمن الاعتيان الأول، أما في زمن الاعتيان الثاني، بلغت التراكيز [(20.79) ppm على العمق (10 – 20) سم لمعاملة التسميد على عمق 10 سم] و [(20.46) ppm على العمق (20 – 30) سم لمعاملة التسميد على عمق 20 سم] . يمكن تفسير كل ماسبق بالاعتماد على عدد من التفسيرات منها زيادة تركيز

محلول التربة من الفسفور المتاح في الأماكن القريبة من توضع السماد بشكل عام، حيث تذوب هذه الأسمدة في تربة قد تكون رطوبتها بلغت السعة الحقلية ، فيتحرر الفسفور ويتحرك بعيداً عن مواقع الإضافة (Dehghan *et al*.,1967). بالإضافة إلى ماأشار

(Hagin and Tucker.,1982) بأنه عند انحلال حبيبات سماد السوبر فوسفات في التربة، يزداد تركيز أيونات الفوسفات حول هذه الحبيبات مقارنةً بكتلة التربة، وأن هذا الإنحلال يخفض درجة الpH مما يزيد في كمية الفسفور الذائب من المركبات الأقل انحلالاً. ولكن في فترة لاحقة تتفاعل الفوسفات المتحررة مع مكونات التربة الملاصقة للسماد الفوسفاتي، حيث تشكل مع الكالسيوم والمغنيزيوم في الترب الكلسية مركبات فوسفاتية صعبة الذوبان. بالإضافة إلى دور النبات في هذه المرحلة متمثلاً بفاعلية النظام الجذري العميق نسبياً (27 - 40) سم، من خلال امتصاص أيونات الكالسيوم، وبالتالي زيادة نشاط وإتاحة أيونات الفوسفات الصالحة للامتصاص من قبل النبات، حيث أن منطقة التداخل بين الجذور والتربة، تحدث فيها عمليات فيزيائية وكيميائية وحيوية، ناتجة عن إفراز الجذور لمواد تزيد من أعداد وفاعلية الأحياء المجهرية عامة والمذيبة للفوسفات على وجه الخصوص، مما يؤثر في إتاحة الفسفور وتحولاته في التربة، وهذا يتفق مع كل من Tinker (1980) و (Shnek *et al*.,1991) و (Jung *et al*.,1990) .كما لايمكن إغفال دور المادة العضوية في زيادة ذوبان السماد الفوسفاتي ، خاصةً في مواقع توضع السماد والقريبة منها، وذلك بواسطة نواتج تحللها، خاصةً الأحماض العضوية Chiang (1977) بالمقابل يلاحظ من الجداول أيضاً أن أقل تركيز للفسفور المتاح كان عند العمق من (30 – 40) سم في معاملة التسميد السطحي في زمني الاعتيان (60 و 90 يوماً) ولموسمي النمو النباتي، وكانت قيم هذه التراكيز على التوالي (16.53) ppm و (12.13) ppm في الموسم الأول و (18.54) ppm و(13.63) ppm في الموسم الثاني .

ويعود ذلك إلى عدة أسباب أهمها: بعد العمق السابق (30 – 40) سم عن موضع إضافة السماد سطحياً، وتأثره بنفس الوقت بالعوامل المثبتة للفسفور، من نقص في كمية المادة العضوية وارتفاع نسبة الطين وكربونات الكالسيوم التي تزداد مع العمق، بالإضافة إلى قلة التهوية وضعف تأثير المفرزات الجذرية في نشاط الأحياء ويزيد عن ذلك بطء حركة الفسفور في الترب بشكل عام والتي تقل عن (2) سم من عمق الإضافة في الترب ذات النسيج الناعم والمتوسط (روي وآخرون ، 1995) .

الجدول (12) تركيز الفسفور المتاح (بعد 60 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الأول

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	16.85 f
	20 - 10	15.13 g
	30 – 20	13.69 h
	40 - 30	12.77 h
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	23.73 a
	20 - 10	20.97 b
	30 – 20	19.34 cd
	40 - 30	16.53 f
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	20.36 bc
	20 - 10	23.62 a
	30 – 20	20.15 bc
	40 - 30	17.44 ef
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	17.40 de
	20 - 10	20.48 bc
	30 – 20	22.51 a
	40 - 30	19.45 c
LSD 5 %		1.20

الجدول (13) تركيز الفسفور المتاح (بعد 90 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الأول

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	13.87 d
	20 - 10	12.56 ef
	30 – 20	12.29 f
	40 - 30	10.93 g
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	19.66 a
	20 - 10	16.59 b
	30 – 20	15.32 c
	40 - 30	12.13 f
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	15.87 bc
	20 - 10	18.76 a
	30 – 20	16.32 bc
	40 - 30	13.57 de
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	14.23 d
	20 - 10	16.34 bc
	30 – 20	18.92 a
	40 - 30	15.89 bc
% 5 LSD		1.05

الجدول (14) تركيز الفسفور المتاح (بعد 60 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الثاني

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	18.53 fg
	20 - 10	17.64 g
	30 – 20	15.66 h
	40 - 30	14.22 i
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	25.68 a
	20 - 10	22.86 c
	30 – 20	21.32 e
	40 - 30	18.54 fg
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	22.17 cde
	20 - 10	25.80 a
	30 – 20	22.76 cd
	40 - 30	19.50 f
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	18.97 f
	20 - 10	22.60 cd
	30 – 20	24.53 b
	40 - 30	21.77 de
LSD 5 %		1.06

الجدول (15) تركيز الفسفور المتاح (بعد 90 يوم من الزراعة)

في مختلف المعاملات ولموسم النمو الثاني

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	15.61 ef
	20 - 10	14.79 f
	30 – 20	13.28 g
	40 - 30	12.60 g
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	21.76 a
	20 - 10	18.31 c
	30 – 20	17.22 d
	40 - 30	13.63 g
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	18.44 c
	20 - 10	20.79 ab
	30 – 20	18.93 c
	40 - 30	15.72 ef
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	15.94 e
	20 - 10	18.21 cd
	30 – 20	20.46 b
	40 - 30	17.23 d
LSD 5 %		1.04

5-7- تركيز الفسفور المتاح لمختلف المعاملات في نهاية موسمي النمو الأول والثاني :

أظهرت نتائج تقدير الفسفور المتاح للتربة المدروسة في المعاملات السمادية المختلفة وفي نهاية الموسمين الزراعيين الأول والثاني، جدول (16) و(17) على التوالي أن هناك فروقاً معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين المعاملات كافة مقارنةً بالشاهد من حيث تركيز الفسفور المتاح، ولدى مقارنة المعاملات المضاف إليها السماد فيما بينها، لوحظ تفوق معاملتي التسميد السطحي عند عمق الاعتيان (0 – 10) سم، ومعاملة التسميد على عمق 10 سم، عند عمق الاعتيان (10 – 20) سم على باقي المعاملات، حيث بلغ فيهما تركيز الفسفور المتاح[(26.41) ppm و(25.18) ppm على التوالي للموسم الأول]و[(28.50) ppm و(27.30) ppm على التوالي للموسم الثاني] وتبعهما مباشرةً في الموسمين وبفارق بسيط معاملة التسميد على عمق (20) سم وعمق الاعتيان (20 – 30) سم ، فكان التركيز عندها (24.96) ppm و (26.65) ppm في الموسمين الأول والثاني على التوالي . بالمقابل كان أقل تركيز للفسفور المتاح وفي الموسمين في معاملة التسميد على عمق (10) سم، وعمق الاعتيان (30 – 40) سم ، حيث بلغ (19.40) ppm في الموسم الأول و (21.45) ppm في الموسم الثاني . نستنتج مما سبق أن إتاحة الفسفور بشكل عام تناقصت خلال موسمي النمو وهذا يرتبط بالزمن اللازم لتحول الأشكال الأكثر ذوباناً من فوسفات الكالسيوم إلى الأقل ذوباناً منها ، والذي يستغرق (2 – 3) سنوات (Robert and Larsen.,1970).

وإن عملية التحول السابقة كما ذكرنا لاتتم بسرعة عالية وتكون أحياناً غير مباشرة، لأن تركيز الفسفور في المحلول لايصل عادةً إلى المستوى العالي الكافي للترسيب وهذا ما جاء به الطوقي (1999) و الجنابي وآخرون (2004). علاوة على أن سماد السوبر فوسفات المضاف إلى

الترب الكلسية وحسب ما أشار إليه كل من (Sample *et al*., 1980) وBarber (1984)، يتحول نصفه تقريباً إلى فسفور غير متاح ، وتزداد هذه النسبة مع الزمن لتصل إلى 82%.

وفيما يتعلق بدرجة الpH تراوحت بين (8.01 – 8.13) في الموسم الأول وبين (8.02 – 8.14) في الموسم الثاني، ولاتزال هذه الدرجة من الpH تقع في مجال إتاحة الفسفور للنبات ولكن بالحدود الدنيا وفقاً لما ذكره Burd (1948) من خلال منحني للفسفور المتاح بالارتباط مع الpH في الترب الكلسية ، أن الإتاحة تكون في حدودها الدنيا عند pH يتراوح بين (7.6 – 8.5) ومن الملاحظ أيضاً أن التراكيز الأعلى للفسفور المتاح كانت على أعماق تبعد تقريباً وبصورة متجانسة نوعاً ما بضع سنتمترات عن مواقع الإضافة، وتعتبر الإضافات السمادية المركزة حول مواقع الإنبات في المعاملات المدروسة، اللاعب الأساسي في إتاحة الفسفور في هذه الحالة وفقاً لما أشار إليه كل من (Jacob *et al*.,1949) و(Krantz *et al*.,1949) بأن إضافة الأسمدة الفوسفاتية قبل الإنبات في أماكن تتركز قرب البذور، تزيد تركيز الفسفور المتاح وتسهل انتشاره مع الزمن على أعماق تبعد قليلاً عن مواقع الإضافة ويزداد بالتالي معدل الامتصاص والنمو عند النبات. إلا أن التداخل الايجابي للعوامل المؤثرة في تثبيت الفسفور خلال موسم النمو (من زيادة في المادة العضوية ونقصان نسبي في نسبة الطين وكربونات الكالسيوم في الطبقات السطحية من التربة ، بالإضافة إلى دور النبات في إعادة الفسفور الممتص إلى هذه الطبقة وعدم رشحه إلى الطبقات السفلية، وبالتالي تواجده بنسبة عالية على السطح) مع ما سبق ذكره عن أهمية موضع إضافة المقنن السمادي يجعل التركيز الأعلى للفسفور المتاح يظهر عند العمق من (0 – 10) سم في معاملة التسميد السطحي والعمق من (10 – 20) سم في معاملة التسميد على عمق 10سم . أما إتاحة الفسفور بتراكيز ذات فروق معنوية بسيطة مقارنةً بالمعاملات المتفوقة عند العمق (20 – 30) سم ، يمكن تفسيرها بدور النظام الجذري في قدرته

على اختراق كتلة التربة وشغل حجم أكبر منها، والنشاط الاستقلابي لهذه الجذور الذي يؤثر(مع نواتج تحلل السماد البلدي مع الزمن) في جاهزية الفسفور وتحوله إلى أشكال متاحة، إضافة إلى دور التوضع السمادي سابق الذكر. وهذا يتفق مع ما أورده Loneragan (1978) ويمكن الإشارة هنا إلى الفسفور الموجود في الطبقات السفلية من التربة والمتحرر من المعادن والصخور عند تجويتها في هذه الظروف من النمو . والشيء الذي لايمكن إغفاله في هذه الحالة كمؤثر سلبي نسبياً في إتاحة الفسفور وانتشاره عند هذا العمق مقارنةً بالأعماق السطحية، نوع المصدر السمادي المضاف إلى الترب الطينية إلى جانب عامل الزمن الذي يقلل من انتشار الفسفور حسب ماذكره (Villani *et al*., 1998) .

الجدول (16) تركيز الفسفور المتاح لمختلف المعاملات

في نـهاية الموسم الأول

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	17.88 hi
	20 - 10	16.47 ij
	30 – 20	15.44 j
	40 - 30	14.59 j
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	26.41 a
	20 - 10	23.53 bc
	30 – 20	21.46 def
	40 - 30	19.80 fg
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	22.39 cd
	20 - 10	25.18 ab
	30 – 20	21.78 cde
	40 - 30	19.40 gh
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	19.96 efg
	20 - 10	22.43 cd
	30 – 20	24.96 ab
	40 - 30	21.88 cd
%5 LSD		1.89

الجدول (17) تركيز الفسفور المتاح لمختلف المعاملات

في نهاية الموسم الثاني

المعاملة	العمق (سم)	P_2O_5 المتاح (ppm)
الشاهد(بدون تسميد فسفوري)	10 – 0	19.57 gh
	20 - 10	18.49 hi
	30 – 20	17.09 ij
	40 - 30	16.12 j
تسميد فسفوري سطحي	10 – 0	28.50 a
	20 - 10	25.39 bc
	30 – 20	23.38 de
	40 - 30	21.54 ef
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	10 – 0	24.42 cd
	20 - 10	27.30 a
	30 – 20	23.60 cd
	40 - 30	21.45 fg
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	10 – 0	21.59 ef
	20 - 10	24.23 cd
	30 – 20	26.65 ab
	40 - 30	23.95 cd
%5 LSD		1.90

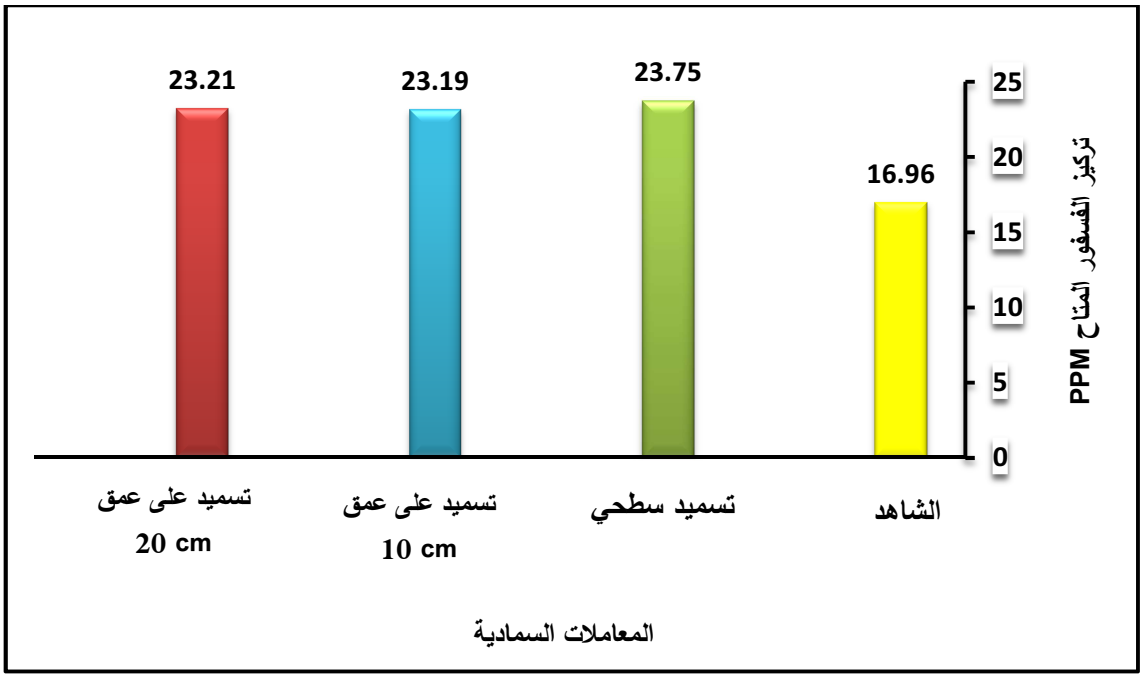
5-8- متوسط تركيز الفسفور المتاح في المعاملات السمادية المختلفة لكافة الأعماق وأزمنة الاعتيان و لموسمي النمو النباتي :

بينت نتائج متوسط تركيز الفسفور المتاح في المعاملات السمادية المختلفة للأعماق الأربعة معاً وأزمنة الاعتيان كافة و لموسمي النمو النباتي ، الجدول (8) والمخطط (1) وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05، بين جميع المعاملات مقارنة بالشاهد، وهذا يعود منطقياً إلى إضافة السماد الفوسفاتي في المعاملات كافة عدا الشاهد، ومن جهة أخرى يلاحظ عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات الأخرى فيما بينها، مع تفوق لمعاملة التسميد السطحي التي بلغ تركيز الفسفور المتاح فيها (23.75) ppm، مقارنةً بمعاملتي التسميد على عمق 10 سم، وعلى عمق 20 سم، حيث بلغ تركيز الفسفور في كل منهما (23.19) ppm و (23.21) ppm على التوالي . يمكن تفسير ذلك في غياب تأثير عامل العمق كون التراكيز المبينة في الجدول أعلاه هي متوسطات لتركيز الفسفور المتاح في الأعماق المدروسة معاً(0 - 40) سم ولكل معاملة على حده، وكذلك غياب عامل الزمن والفصل، كون التراكيز السابقة أيضاً هي متوسطات لأزمنة الاعتيان الستة المدروسة ولموسمي النمو النباتي. ببقاء التأثير الوحيد لموقع وكمية الإضافة، بما أنه تم إضافة سماد السوبر فوسفات بكميات متساوية وعلى بعد متساوي من مكان الإنبات أدى ذلك إلى تساوي تقريبي في تركيز الفسفور في محلول التربة القريب من موقع الإضافة، وبالتالي عدم ظهور فروق معنوية بين المعاملات المضاف إليها السماد، أما تفوق معاملة الإضافة السطحية، فربما يعزى إلى تداخل عوامل خاصة بعمق هذه الإضافة، مؤثرةً في زيادة إتاحة الفسفور، من ارتفاع نسبة المادة العضوية ، قلة كمية الكلس ونسبة الطين. كما أن تبعية معاملة التسميد على عمق 10 سم لمعاملة التسميد السطحي من حيث تركيز الفسفور المتاح والذي بلغ (23.19) ppm، ربما تعود إلى بروز دور جذور النباتات في مرحلة ما من النمو النباتي .

الجدول (18) متوسط تركيز الفسفور المتاح في المعاملات السمادية المختلفة

لكافة الأعماق وأزمنة الاعتيان ولموسمي النمو النباتي

المعاملة	متوسط Olsen - p_2o_5 (ppm)
الشاهد (بدون تسميد فسفوري)	16.96 b
تسميد فسفوري سطحي	23.75 a
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	23.19 a
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	23.21 a
% 5 LSD	**0.79**



مخطط (1) متوسط تركيز الفسفور المتاح في المعاملات السمادية المختلفة

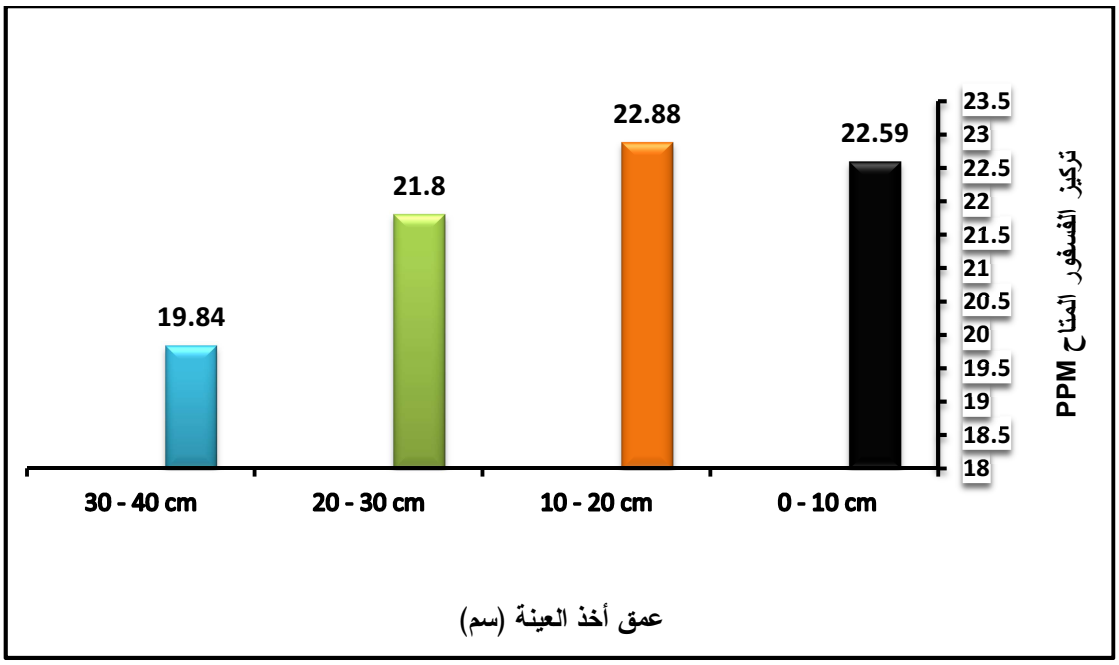
5-9- متوسط تركيز الفسفور المتاح في الأعماق المختلفة لكافة المعاملات السمادية وأزمنة الاعتيان و لموسمي النمو النباتي :

أظهرت نتائج متوسط تركيز الفسفور المتاح في الأعماق المختلفة، لجميع المعاملات المدروسة ولموسمي النمو النباتي معاً في الجدول (19) والمخطط (2)، تفوق العمقين من(0 - 10) ومن (10- 20) سم حيث أظهرا فروقاً معنوية مقارنةً بالعمقين من (20 – 30) سم ومن (30- 40) سم، وكان أفضلها عمق الاعتيان (10 – 20) سم حيث بلغ تركيز الفسفور المتاح (22.88) ppm، وتبعه مباشرةً العمق من (0 – 10) سم بفارق بسيط ، حيث بلغ التركيز (22.59) ppm ثم العمق من (20 – 30) سم حيث كان التركيز (21.80) ppm في حين كان أقل تركيز للفسفور المتاح هو (19.84) ppm عند عمق الاعتيان (30 – 40) سم . وربما يعزى ذلك إلى أن الأعماق التي أظهرت تفوقاً في تركيز الفسفور المتاح تنحصر في المجال (0 – 30) سم، وهو بالنسبة لأغلب المحاصيل ومنها نبات الاختبار نجيلي الفصيلة، يعتبر منطقة الجذور، التي تتميز في ظروف الدراسة بوجود الفسفور في متناول الجذور، بالإضافة إلى احتوائها على مفرزات الجذور من الأيونات السالبة العضوية، التي تلعب دوراً هاماً في التقليل من ادمصاص الفوسفات من خلال دورها في مشاركة المواقع (site sharing)، أو عمل مخلبيات مع الحديد والألمنيوم والكالسيوم ، مما يقلل من اتحادها مع الفوسفات تاركةً الأخيرة حرة ومتاحة للنبات، وهذا ما عبر عنه (Halford and Mattingly., 1975) ،كما يعتبر العمق السابق (0 – 30) سم،المسيطر في تركيز الفسفور المتاح، هو عمق الحراثة زراعياً، وهذا العمق وفي تلك الظروف من الدراسة من إضافة للسماد الفسفوري على أعماق تدخل ضمن مجاله، وتتالي موسمين للنمو، مع ارتفاع تدريجي للحرارة والرطوبة خلال الموسمين يتميز بحركة للفسفور المضاف سمادياً عدة سنتمترات بعيداً عن مواقع الإضافة، وإتاحته للنبات، وهذا يتفق إلى حد ما مع ماأشار إليه

(Hergert and Reuss., 1976) و(Aulakh *et al*., 2003) بأن الفسفور المتاح يزداد بعد فترة طويلة من إضافة السماد الفوسفاتي إلى الترب شبه الجافة ذات القوام السلتي – طيني،كما ينتقل جزئياً وبشكل تدريجي بواسطة المحاصيل المزروعة بنسبة (21 – 51 %)، مع تراكم للفسفور المتبقي في طبقة الحراثة بنسبة (33 – 64 %) أو رشحه إلى طبقات التربة الأقل عمقاً، بالإضافة إلى وجود المادة العضوية المسببة للنشاط الميكروبيولوجي الذي يعمل بدوره على خفض الpH وزيادة ذوبانية المركبات الفوسفاتية،علاوةً على ارتباط الدبال المتشكل في التربة مع أنيونات الفوسفات عبر جسور كاتيونية من الحديد والألمنيوم والكالسيوم، لتتشكل معقدات مثل(دبال – كالسيوم – فوسفات)،(فوسفات هيومات الكالسيوم) يمكن أن يستفيد منها النبات بسهولة خاصة وأنها ترشح إلى أعماق أبعد عن مواقع التوضع السمادي، نتيجة انخفاض وزنها الجزيئي (عن عودة وشمشم، 2008) .

الجدول (19) متوسط تركيز الفسفور المتاح على الأعماق المختلفةً لكافة المعاملات السمادية وأزمنة الاعتيان و لموسمي النمو النباتي

عمق أخذ العينات	متوسط P_2O_5 - Olsen (ppm)
0 – 10 سم	**22.59** **ab**
10 – 20 سم	**22.88** **a**
20 – 30 سم	**21.80** **b**
30 – 40 سم	**19.84** **c**
LSD 5 %	**0.94**



مخطط (2) متوسط تركيز الفسفور المتاح على أعماق الاعتيان المختلفة

5-10- متوسط تركيز الفسفور المتاح في أزمنة الاعتيان المختلفة، لكافة الأعماق والمعاملات السمادية المدروسة ولموسمي النمو النباتي :

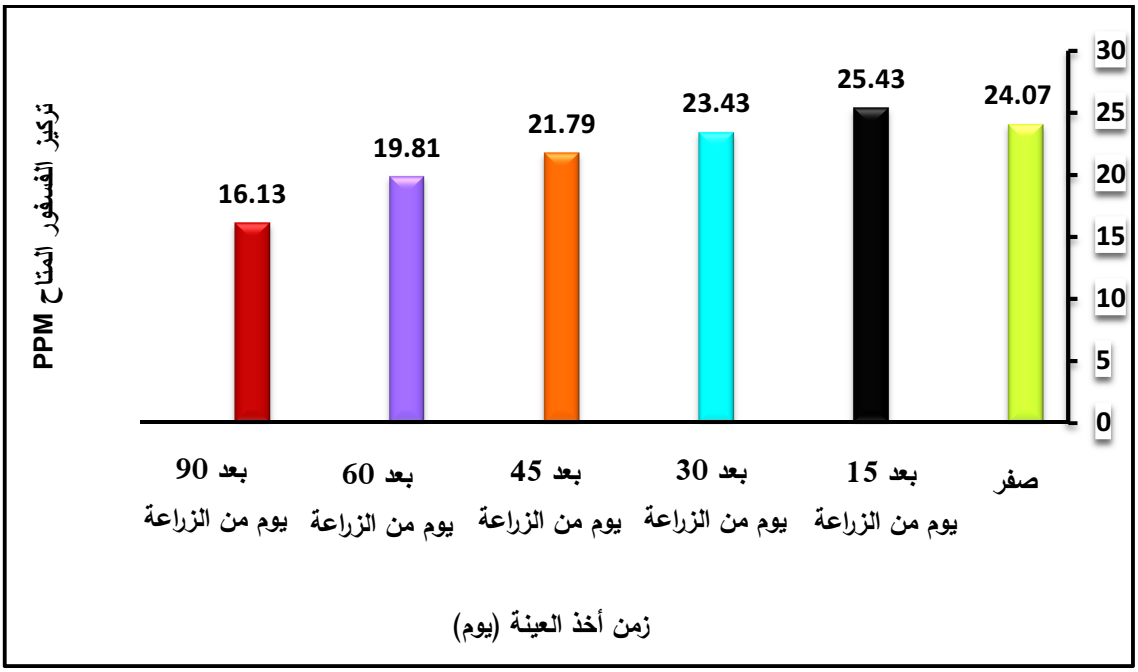
بينت نتائج متوسط تركيز الفسفور المتاح في أزمنة الاعتيان المختلفة، الجدول (20) والمخطط (3)، أن هناك فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين الأزمنة المختلفة، مع تفوق لزمن الاعتيان (بعد 15 يوم من الزراعة) في تركيز الفسفور المتاح، الذي بلغ عنده (25.43) ppm ويتبعه مباشرةً زمني الاعتيان (الزمن صفر ثم الزمن بعد 30 يوم من الزراعة)، حيث بلغت التراكيز (24.07) ppm و (23.43) ppm على التوالي. ومع تهميش دور اختلاف المعاملات السمادية وعمق الاعتيان، حيث كانت التراكيز المبينة في الجدول هي متوسطات لتركيز الفسفور المتاح للمعاملات و الأعماق الأربعة معاً ولموسمي النمو النباتي في أزمنة الاعتيان المختلفة. يمكن تفسير ذلك وفقاً لعدة احتمالات منها: إن عملية التسميد وتغير المحتوى الرطوبي للتربة

نتيجة عمليات الري ودرجة الحرارة المتوسطة في الشهر الأول من النمو النباتي، تؤدي إلى دخول فوسفات الكالسيوم المنحلة في التربة في تفاعلات عكوسة تهدف إلى العودة إلى حالة التوازن متحولة من شكل ذائب إلى آخر أقل ذوباناً، وهذا التحول يحتاج فترة تزيد عن 30 يوم . في حين تسيطر في هذه الفترة الأشكال الذوابة والمتاحة للنبات، والتي تتأثر انحلاليتها بشكل مباشر برطوبة التربة، وهذا ما ذكره كل من (Robert and Larsen., 1970) و(Hagin and Tucker., 1982).كما أن سماد السوبر فوسفات الحبيبي المضاف يكون في المرحلة الأولى من الذوبانية، حيث سطح التماس مع كربونات الكالسيوم ومعادن الطين قليل، وبالتالي احتمالية الادمصاص والتثبيت للفسفور المتحرر والتي تزداد مع الزمن تكون قليلة، وهذا يتفق مع ما أشار إليه كل من Barrow (1980) (Fixen and Grove.,1990) . وفي غياب دور الامتصاص الجذري للنبات في هذه المرحلة (الإنبات)، يكون الفسفور الذائب في محلول التربة متاحاً وبكميات أعلى من المراحل اللاحقة . بالمقابل نلاحظ من الجدول السابق أيضاً، أن أقل تركيز للفسفور المتاح كان (بعد 90 يوم من الزراعة) أي عند الحصاد، حيث بلغ التركيز (16.13) ppm وهذا أمر طبيعي نتيجة تعرض الفوسفات للادمصاص والتثبيت مع الزمن، والتحول إلى أشكال أقل إذابة وإتاحة للنبات الذي يستهلك في هذه المرحلة كميات كبيرة من فسفور التربة، فتقل إتاحته في محلولها . وتجدر الإشارة هنا إلى أن ارتفاع درجة الحرارة في نهاية الموسم وتوقف عملية الري قبل الحصاد بفترة عشرة أيام تقريباً ، يؤدي إلى انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة، فتقل إذابة الفوسفات ويزداد تثبيتها . ومن المهم ذكره هو أن التأثير غير الثابت لمحتوى رطوبة التربة في إتاحة الفسفور يعزى إلى الاختلاف في أخذ العينات، مما يؤدي إلى فترات مختلفة من تفاعلات الفسفور، بالإضافة إلى أن محتوى رطوبة التربة في أيام أخذ العينات يمثل رطوبتها عندها بدلًا من محتواها الرطوبي خلال الفترات الزمنية للاعتيان، وخاصةً تبخر الماء

خال فترة (2 – 3) أيام بين الرية الأخيرة وموعد أخذ العينات، وهذا مابينه كل من (Brar and Cox., 1991).

الجدول (20) متوسط تركيز الفسفور المتاح في أزمنة الاعتيان المختلفة لكافة الأعماق والمعاملات السمادية ولموسمي النمو النباتي

زمن أخذ العينات	متوسط (ppm) Olsen - p_2o_5
الزمن صفر(بعد الزراعة مباشرةً)	**24.07** ^{b}
بعد 15 يوم من الزراعة	**25.43** ^{a}
بعد 30 يوم من الزراعة	**23.43** ^{b}
بعد 45 يوم من الزراعة	**21.79** ^{c}
بعد 60 يوم من الزراعة	**19.81** ^{d}
بعد 90 يوم من الزراعة	**16.13** ^{e}
% 5 LSD	**0.91**



مخطط (3) متوسط تركيز الفسفور المتاح لأزمنة الاعتيان المختلفة

5-11- متوسط تركيز الفسفور المتاح في كل موسم للنمو النباتي :

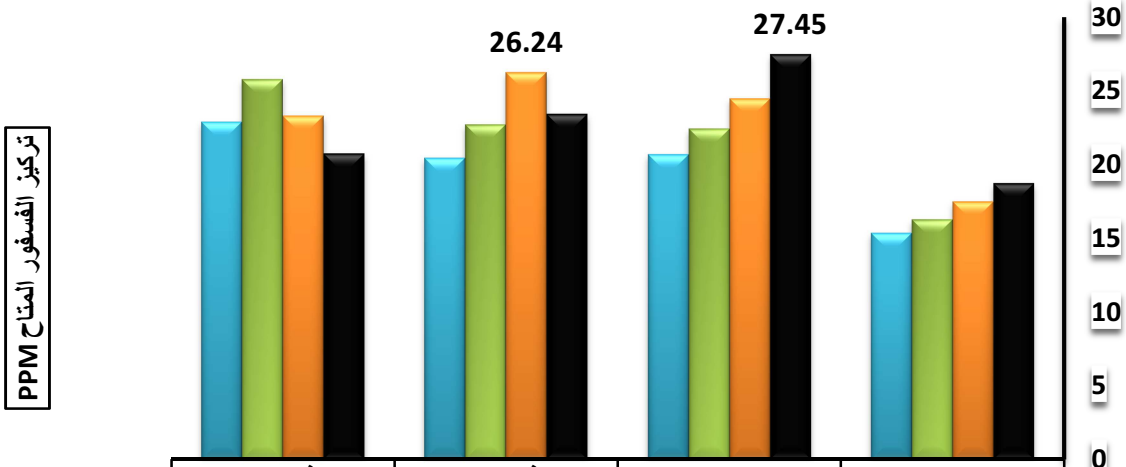
بينت نتائج متوسط تركيز الفسفور المتاح في كل موسم للأعماق وأزمنة الاعتيان والمعاملات السمادية معاً، الجدول (21) أن هناك فرق معنوي بين الموسمين عند مستوى دلالة 0.05 مع تفوق للموسم الثاني الذي كان تركيز الفسفور المتاح فيه (22.71) ppm على الموسم الأول الذي كان التركيز فيه (20.85) ppm ويمكن تفسير ذلك بتعاقب إضافة السماد الفوسفاتي في نفس الموقع مما يؤدي إلى وجود للفسفور المتبقي خاصة في طبقة الحراثة، وهذا يتفق مع ما أشار إليه الليفاني (1993)، بأن إضافة سماد السوبر فوسفات لفترة طويلة إلى الترب الكلسية في المناخات المتوسطية، عند معدلات منخفضة من السماد، نتج عنه زيادة معنوية في الفسفور المتاح، كما يمكن أن يؤدي اختلاط بقايا المحصول في الموسم الأول (باعتباره سماد أخضر) أثناء فلاحة القطعة التجريبية تمهيداً للموسم الثاني، إلى زيادة كمية المادة العضوية، وبالتالي انخفاض معدل ادمصاص الفسفور، وزيادة كمية المتاح منه في محلول التربة، بما يتفق مع ما جاء به كل من (Bahl and Pasricha., 1998)، ويضاف إلى ما سبق إمكانية تشكل معقدات الدبال مع الزمن، التي تمنع بدورها تثبيت الفوسفات على سطوح الطين، وتزيد من ذوبانيتها وإتاحتها للنبات (Sen Gupta,1964) .

الجدول (21) متوسط تركيز الفسفور المتاح في كل موسم للنمو النباتي لكافة المعاملات والأعماق وأزمنة الاعتيان

موسم النمو النباتي	متوسط (ppm) Olsen - p_2o_5
الموسم الأول	**20.85** ^{b}
الموسم الثاني	**22.71** ^{a}
% 5 LSD	**0.67**

5-12- دراسة العلاقة بين عمق وضع السماد وعمق الاعتيان من حيث تركيز الفسفور المتاح :

بينت نتائج تقدير الفسفور المتاح في الأعماق الأربعة المدروسة، لكل معاملة من المعاملات السمادية، المخطط (4) وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين المعاملات كافة مقارنة بالشاهد، ولدى مقارنة المعاملات المضاف إليها السماد فيما بينها، تبين تفوق العمق (0 – 10) سم في معاملة التسميد السطحي على باقي المعاملات، حيث بلغ تركيز الفسفور المتاح (27.45) ppm .وتبعه مباشرةً وبفارق بسيط عمق الاعتيان من (10 – 20) سم في معاملة التسميد على عمق 10 سم حيث بلغ التركيز (26.24) ppm . يمكن تفسير ما سبق بأن موقع إضافة سماد السوبر فوسفات لايعتبر المؤثر الوحيد المسؤول عن زيادة الإتاحة عند هذا العمق، بالرغم من دوره في زيادة تركيز المحلول القريب من مكان الإضافة، ويؤكد ذلك الفرق المعنوي في تركيز الفسفور المتاح على عمق (20 – 30) سم في معاملة التسميد على عمق 20 سم، والذي بلغ (25.80) ppm، مقارنةً بالمعاملتين السابقتين. لذا تبرز هنا خصوصية الأعماق التي تفوق فيها تركيز الفسفور المتاح بأنها منطقة انتشار الجذور التي تلعب بالإضافة لعملية الرشح دور هام في انتشار الفسفور وزيادة ذوبانيته وبالتالي إتاحته (حسب نوع المحصول) بسبب المفرزات الجذرية ونشاط الأحياء في هذه المنطقة. لدرجة قد يتواجد فيها الفسفور المتاح على عمق يتراوح بين (0.45 – 0.6) m حسب دراسة لكل من (Campbell *et al*., 1993) .



	تسميد فسفوري على عمق ٢٠ سم	تسميد فسفوري على عمق ١٠ سم	تسميد فسفوري سطحي	الشاهد
0 - 10 cm	20.77	23.41	27.45 a	18.72
10 - 20 cm	23.33	26.24 ab	24.46	17.48
20 - 30 cm	25.8 e	22.69	22.42	16.27
30 - 40 cm	22.91	20.43	20.67	15.35

مخطط (4) متوسط تركيز الفسفور المتاح في الأعماق والمعاملات السمادية المختلفة في موسمي النمو

5-13- دراسة العلاقة بين زمن الاعتيان وكل من عمق إضافة السماد وعمق أخذ العينات :

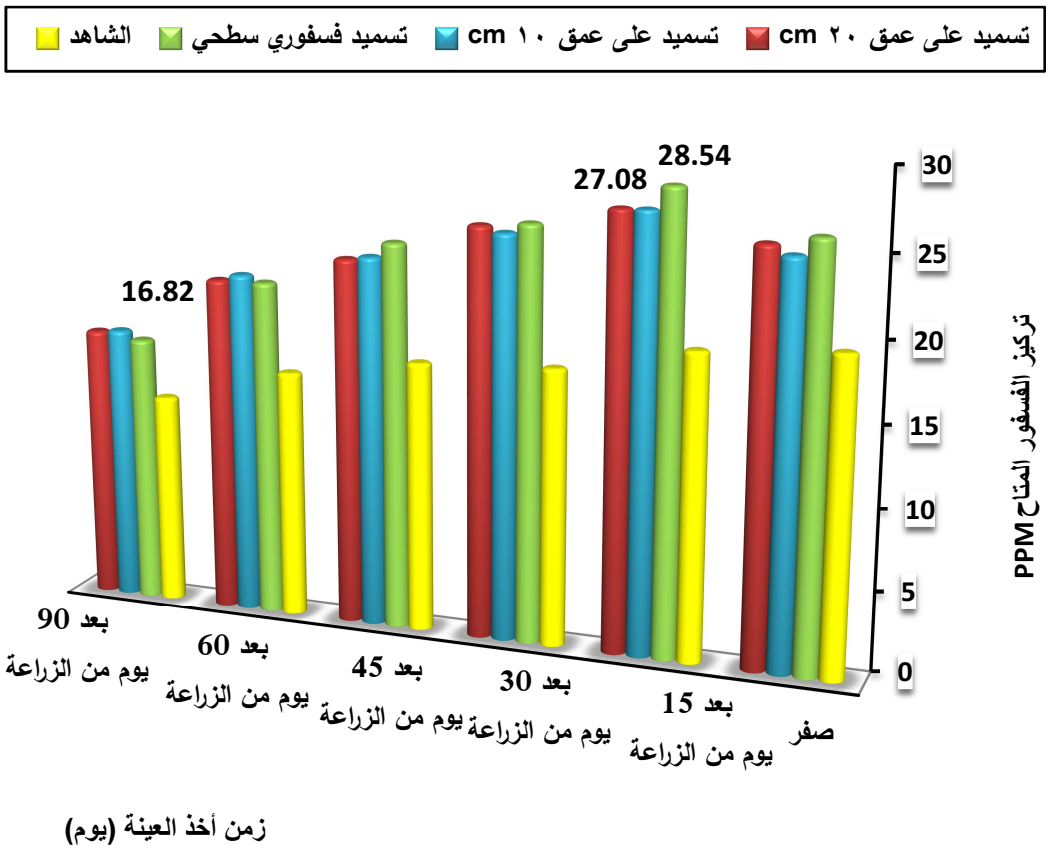
بينت نتائج تقدير الفسفور المتاح في المعاملات السمادية وأزمنة الاعتيان المختلفة للأعماق الأربعة معاً ولموسمي النمو النباتي، الجدول (22) والمخطط (5) وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين المعاملات المختلفة مقارنةً بالشاهد، ولدى مقارنة المعاملات فيما بينها تبين تفوق زمن الاعتيان (بعد 15 يوم من الزراعة) في معاملة التسميد الفسفوري السطحي على باقي المعاملات، حيث بلغ تركيز الفسفور المتاح فيه (28.54) ppm، وتبعه مباشرةً بنفس زمن الاعتيان وبفارق معنوي بسيط، التركيز (27.08) ppm في معاملة التسميد الفسفوري على عمق 10 سم، في حين كان أقل تركيز للفسفور المتاح في الزمن (بعد 90 يوم من الزراعة) في معاملة التسميد السطحي، حيث بلغ التركيز (16.82) ppm . كما أظهرت أيضاً نتائج تقدير الفسفور المتاح في أعماق وأزمنة الاعتيان المختلفة، للمعاملات السمادية الأربعة معاً، ولموسمي

النمو النباتي، الجدول (23) والمخطط (6) وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05 بين أعماق الاعتيان المختلفة، مع تفوق لتركيز الفسفور المتاح عند العمق (10 – 20) سم، وزمن الاعتيان (بعد 15 يوم من الزراعة)، حيث بلغ (26.66) ppm، وتبعه مباشرةً في تركيز الفسفور وبفارق بسيط، العمق (0 – 10) سم عند زمن الاعتيان نفسه، حيث بلغ (26.21) ppm. في حين كان أقل تركيز للفسفور المتاح في العمق من (30 – 40) سم وزمن الاعتيان (بعد 90 يوم من الزراعة)، حيث بلغت قيمته (13.96) ppm .

بناءً على ماسبق من ملاحظات في الجدولين نجد أن الفسفور يكون أكثر إتاحة عند عمق الاعتيان (0 – 20) سم في معاملة التسميد على عمق 10 سم وزمن الاعتيان (بعد 15 يوم من الزراعة) .

الجدول (22) متوسط تركيز الفسفور المتاح في المعاملات و أزمنة الاعتيان المختلفة خلال موسمي النمو النباتي

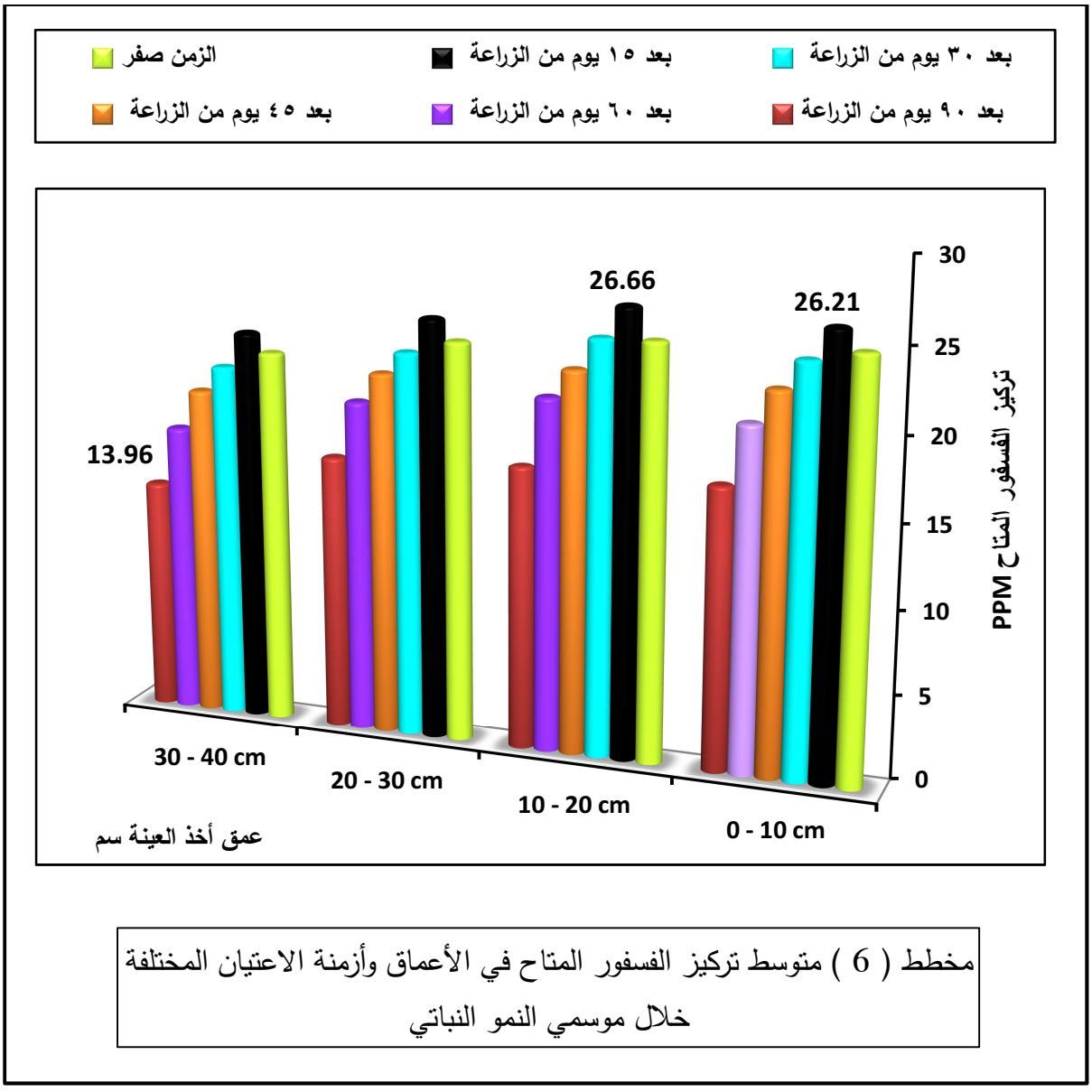
المعاملات	زمن أخذ العينة (يوم)	متوسط (ppm) Olsen - p_2o_5
الشاهد (بدون تسميد فسفوري)	بعد الزراعة مباشرةً	19.66 h
	بعد 15 يوم من الزراعة	19.07 h
	بعد 30 يوم من الزراعة	17.30 i
	بعد 45 يوم من الزراعة	16.91 i
	بعد 60 يوم من الزراعة	15.56 j
	بعد 90 يوم من الزراعة	13.24 k
تسميد فسفوري سطحي	بعد الزراعة مباشرةً	26.11 bc
	بعد 15 يوم من الزراعة	28.54 a
	بعد 30 يوم من الزراعة	25.80 c
	بعد 45 يوم من الزراعة	24.12 de
	بعد 60 يوم من الزراعة	21.12 g
	بعد 90 يوم من الزراعة	16.82 i
تسميد فسفوري على عمق 10 سم	بعد الزراعة مباشرةً	24.97 cd
	بعد 15 يوم من الزراعة	27.08 b
	بعد 30 يوم من الزراعة	25.15 cd
	بعد 45 يوم من الزراعة	23.17 ef
	بعد 60 يوم من الزراعة	21.48 g
	بعد 90 يوم من الزراعة	17.30 i
تسميد فسفوري على عمق 20 سم	بعد الزراعة مباشرةً	25.54 c
	بعد 15 يوم من الزراعة	27.05 b
	بعد 30 يوم من الزراعة	25.50 c
	بعد 45 يوم من الزراعة	22.94 f
	بعد 60 يوم من الزراعة	21.07 g
	بعد 90 يوم من الزراعة	17.15 i
% 5 LSD		**1.15**



مخطط (5) متوسط تركيز الفسفور المتاح في المعاملات وأزمنة الاعتيان المختلفة خلال موسم النمو النباتي

الجدول (23) متوسط تركيز الفسفور المتاح في الأعماق وأزمنة الاعتيان المختلفة خلال موسمي النمو النباتي

عمق أخذ العينات	زمن أخذ العينة (يوم)	متوسط p_2o_5 - Olsen (ppm)
0 – 10 سم	بعد الزراعة مباشرةً	24.95 abc
	بعد 15 يوم من الزراعة	26.21 ab
	بعد 30 يوم من الزراعة	24.33 cde
	بعد 45 يوم من الزراعة	22.57 fgh
	بعد 60 يوم من الزراعة	20.56 ij
	بعد 90 يوم من الزراعة	16.92 k
10 – 20 سم	بعد الزراعة مباشرةً	24.80 bcd
	بعد 15 يوم من الزراعة	26.66 a
	بعد 30 يوم من الزراعة	24.76 bcd
	بعد 45 يوم من الزراعة	22.87 efgh
	بعد 60 يوم من الزراعة	21.14 hij
	بعد 90 يوم من الزراعة	17.04 k
20 – 30 سم	بعد الزراعة مباشرةً	23.99 cdef
	بعد 15 يوم من الزراعة	25.23 abc
	بعد 30 يوم من الزراعة	23.15 defg
	بعد 45 يوم من الزراعة	21.81 ghi
	بعد 60 يوم من الزراعة	20.0 j
	بعد 90 يوم من الزراعة	16.59 k
30 – 40 سم	بعد الزراعة مباشرةً	22.54 fgh
	بعد 15 يوم من الزراعة	23.64 cdef
	بعد 30 يوم من الزراعة	21.49 ghij
	بعد 45 يوم من الزراعة	19.8 j
	بعد 60 يوم من الزراعة	17.53 k
	بعد 90 يوم من الزراعة	13.96 i
% 5 LSD		**1.75**



مخطط (6) متوسط تركيز الفسفور المتاح في الأعماق وأزمنة الاعتيان المختلفة خلال موسمي النمو النباتي

الفصل السادس

الاستنتاجات

conclusions

6- الاستنتاجات :

انطلاقاً من النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة، يمكن وضع الاستنتاجات التالية ؟

1. أدت إضافة سماد السوبر فوسفات قبل الزراعة وعلى أعماق مختلفة (تسميد سطحي، على عمق 10 سم، على عمق 20 سم)، إلى زيادة تركيز الفسفور المتاح خلال 48 ساعة من الإضافة في جميع أعماق الاعتيان المدروسة، واستمرار هذا التزايد بعد 15 يوم من الزراعة .

2. لوحظ بدء تناقص تركيز الفسفور المتاح بعد 30 يوماً من الزراعة في جميع المعاملات وفي جميع أعماق الاعتيان المدروسة، واستمرار هذا التناقص بمعدل ثابت تقريباً خلال أزمنة الاعتيان حتى بلغ النصف (بعد 90 يوم من الزراعة) مقارنةً بالزمن صفر(بعد الزراعة مباشرةً) .

3. حققت إضافة السماد الفوسفاتي على أعماق الدراسة، زيادة في تركيز الفسفور المتاح في مواقع تبعد عن أماكن الإضافة مسافات متساوية تقريباً، أي عند أعماق الاعتيان (0 – 10) سم (10 – 20) سم، (20 – 30) سم، مع تفوق العمقين الأوليين مقابل الثالث كما لوحظ تناقص في تركيز الفسفور المتاح بازدياد العمق والابتعاد عن مواقع توضع حبيبات السماد .

4. تبين تفوق عمق الحراثة (0 – 20) سم والذي يمكن اعتباره منطقة انتشار الجذور في تركيز الفسفور المتاح، وذلك في معاملتي التسميد السطحي وعلى عمق 10 سم .

5. لوحظ أن أفضل زمن خلال موسم النمو يكون فيه تركيز الفسفور متاحاً بشكل أكبر للنبات هو بعد الزراعة مباشرة وبعد 15 يوم منها .

6. وجد أن الفسفور كان أكثر إتاحة عند عمق الاعتيان (0 – 20) سم، في معاملة التسميد على عمق 10 سم، وزمن الاعتيان بعد 15 يوم من الزراعة .

الفصل السابع

المقترحات

proposals

7- المقترحات :

انطلاقاً من النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث، يمكن وضع المقترحات التالية :

1. إضافة السماد الفوسفاتي في مواقع قريبة من النبات، وقبل الزارعة أو وقت الإنبات مما قد يؤدي إلى التخفيف من سرعة التثبيت .

2. إضافة السماد الفوسفاتي في منطقة الجذور، بعمق (0 – 20) سم أو بعمق الحراثة حسب نوع المحصول المزروع وطبيعة مجموعه الجذري، مما قد يزيد من إتاحة الفسفور للنبات مقارنة بالإضافة السطحية نثراً .

3. إجراء المزيد من الأبحاث حول موضوع إتاحة الفسفور باستخدام محاصيل اقتصادية أخرى وأنواع أخرى من السماد الفوسفاتي .

4. توسيع الدراسة لتشمل تداخل عوامل أخرى مختلفة مؤثرة في إتاحة الفسفور للنبات مثل (المعدل السمادي المضاف ، تأثير أنواع أخرى من المادة العضوية ..) .

الفصل الثامن

المراجع

References

8- المراجع :

8-1- المراجع العربية :

1. أبو نقطة، فلاح والشاطر، محمد سعيد (2011) . خصوبة التربة والتسميد، الجزء النظري، كلية الزراعة، مطبوعات جامعة دمشق، 371 ص.

2. البشيشي، طلعت وشريف، محمد (1998) .أساسيات في تغذية النبات، دار النشر للجامعات، جمهورية مصر العربية.

3. الجاسم، فاطمة (2002). تأثير خصائص الترب ومعدلات الفسفور في استجابة محصول القمح للتسميد الفوسفاتي لبعض الترب السورية، جامعة حلب، رسالة دكتوراه.

4. الجنابي، إيمان عبد المهدي والزبيدي، أحمد حيدر وموفق ، سعيد نعوم (2004). دراسة حجز الفوسفات من مصادر سمادية مختلفة في تربة كلسية . مجلة العلوم الزراعية العراقية . المجلد(35) العدد(3): 7 – 12.

5. الخطيب، السيد أحمد.(1998) الكيمياء البيئية للأراضي، جامعة الإسكندرية، منشأة المعارف بالإسكندرية، 454 ص.

6. الزبيدي، أحمد حيدر و الجنابي، إيمان عبد المهدي وموفق، سعيد نعوم (2004). دراسة كفاءة الأسمدة الفوسفاتية في تربة كلسية باستعمال المركبات الكيميائية. مجلة العلوم الزراعية العراقية. المجلد(35).

7. الطوقي، أحمد علي عبد الله (1999). سلوكية الفسفور في بعض الترب اليمنية .أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد .

8. الكردي، فؤاد؛ ديب، بديع. (1982) كيمياء الأراضي وخصوبتها، القسم النظري، منشورات جامعة دمشق، 523 ص.

9. الليفاني، سعيد اسماعيل (1993) . دراسة السلوك الفيزيوكيميائي لسمادي الأورثوفوسفات والسوبر فوسفات . أطروحة دكتوراه – كلية الزراعة – جامعة بغداد.

10. الموسوي، أحمد نجم (2004). تأثير بعض أنواع الأسمدة الفوسفاتية ومستوياتها وتجزئة إضافتها في جاهزية الفسفور في التربة وحاصل الذرة الصفراء، رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة دمشق.

11. بلبع، عبد المنعم (1988). خصوبة الترب والتسميد ، دار المطبوعات الجديدة ، جمهورية مصر العربية ، 642 ص.

12. ترت، محمد و المحمود، فاطمة (2008) . تحديد الطرائق المناسبة لإضافة المخلفات العضوية في زيادة جاهزية الفسفور لنبات البندورة في سهل الغاب ، مجلة جامعة تشرين ، المجلد 30 ، العدد 1.

13. روي، هنتر و لاري س ل ، دوناهو (1995). الأسمدة ومحسنات التربة، جامعة المختار، البيضاء . (مترجم) .

14. سرحان، ابراهيم خليل؛ المعيني و عبد المجيد تركي (2008). تأثير محتوى التربة من الفسفور الجاهز والسعة التنظيمية للفسفور على الاحتياجات السمادية الفوسفاتية لبعض الترب الكلسية وتحت الظروف الديمية، مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية ، المجلد 8، العدد 1.

15. علي، نور الدين شوقي و نزار يحيى نزهت ، أحمد (2000) ب . تأثير مصدر السماد الفوسفاتي ومستواه في فسفور التربة الجاهز ونمو النبات ومحتواه من الفسفور. مجلة العلوم الزراعية العراقية المجلد (31) العدد (2): 41 – 54.

16. عودة، محمود و شمشم، سمير (2008) خصوبة التربة وتغذية النبات، منشورات جامعة البعث، التعليم المفتوح، 161ص .

8-2- المراجع الإنجليزية :

1-Abbot, J.L., and Lingle, J.C.1968.Effect of soil temperature on the availability of phosphorus in animal manures, Soil Sci, 1968, 105:145-152.
2 -Adams, M.A. and Pate, J.S.1992.Availability of inorganic and organic forms of phosphorus to lupines (Lupinus spp).plant soil.145,107 – 113
3 - Afif, E., Matar, A and Torrent, J.1993.Availability of phosphate applied to calcareous soil of West Asia and North Africa. Soil.Sci.Soc.Am.J.V.57 (3) P.756-760.
4 - Akinremi, O.O.1991.phosphate and accompanying cation transport in acalcareous cation exchange resin system. Soil Sci.Soc.Am.J.55,959 – 964.
5 - Bahl, G.S.and Pasricha, N.S.1998.Efficiency of p-utilization by pigeon pea and wheat grown in a rotation. Nutr.Cycl. Agroecosyst. V.51 (31) P.225 – 229.
6 - Barber, S . A . 1980.Soil plant interaction in the phosphate nutrition of plant.In the role of phosphorus in agriculture.Eds.FE.Khasaweneh.
7 -Barber, S.A.1984.Soil nutrient bioavailability.pp.9-51.John Wiley and Sons.New York
8 - Barrow, N.J.1980.Evaluation and utilization of residual phosphorus fractions in soil. Pages 333 – 359. In the role of phosphorus in Agriculture (khas wneh, F.E., Sample, E.C., and Kamprath, E.J., Eds). American society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
9 -Beaton, J.D.,Charlton, T.L.and spier, R.1963.Identification of soil fertilizer products in a calcareous Saskatchewan soil by infra-red absorption analysis. Nature.(197):1329 – 1330.
10 - Bell, L.C.and Black, C.A.1970.Transformation of dibasic calcium phosphate dehydrate and octacalcium phosphate in slightly acid and alkaline soils. Soil science society of America proceedings 34:583 – 587.
11- Bhuiyan, L.R.; Sedberry, J.E.1995.Phosphorus sorption characteristies of selected soil of Louisiana. Commun. Soil. Sci.plant.anal.V.26 (718) p.1059 – 1072.
12- Bolan N.S. *et al* 1985,Describing the effect of time on sorption of phosphate by iron and aluminum hydroxides.J. Soil. Sci 36: 187 – 197.
13 - Brar,S.P.S.and Cox,F.R.1991.Phosphorus sorption and availability indices as effected by properties of calcareous soils. V.22(11\12)P.1225 – 1241.
14 - Burd, J. S.1948.chemistry of the phosphate ion in soil systems. Soil Sci.65:227 – 248.
15 - Castro,B.;Torrent,J.1995.Phosphate availability in calcareous Vertisols and Inceptisols in relation to fertilizer. Type and soil properties. Fertil.Res.V.40(2)p.109 – 119.
16 - Carrie, A . M., Laboski and john and A.Lamb.2003.Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. Soil science society of America journal.2003,67:544 – 554.
17- Campbell, G.P. Lafond, V.O. Biederbeck, and winkleman, G.E.1993.Influence of legumes and fertilization on deep distribution of available phosphorus (olsen – p) in soil. Can.J.Soil Sci.(73):555 – 565

18 - Cavazza, L.;Patruno,A.1997.Type of phosphorus fertilizer.III.Effects on available phosphorus content in different soils.Rivista di Agronomia. Vol.31,No.2,pp.347 – 360.
19 - Chiang, C .T.1977.Effect of humic acid,fulvic acid,and nitrohumic acid on soil metabolism and solubility of phosphorus carrier.1973,Abstract in soils and fertilizers.1977,40:565(5622).
20 - Dao,T.H.2008.Determination of phosphorus retention and fluxin soil,pp.65 – 70. In kovar, J.and pierzinski,G.(eds) Methods of p Analysis for soils,sediments,Residuals,and water.
21 -Dehghan, M. and Williams, B.C.1967.Phosphorus movement in New Mexico soils.Agron.Abstr.Annu.Meet.Amer.Soc.Agron.p.102.
22 - Dimirkou,A.;Ioannou,A.;Papadopoulos,p.1996.Kineties of phosphorus sorption by hematite and Kaolinite. Hematite(k-h) system. Commun Soil.Sci.plant.Anal.V.27(5\8)P.1071 – 1090.
23 - EL-baruni,B.and Olsen,S.R.Effect of manure on solubility of phosphorus in calcareous soil. Soil.Sci 1979,128:219-225.
24 -Fan, M.X., Mackenzie, A.F.and Malloran, I.P.C.1993.Phosphorus sorption as influenced by added urea in two Eastern Canadian Soils Soil.Sci.Soc.Am.J.57:1218 – 1222.
25-Fardeau, J . C . 1996.Dynamics of phosphate in soils.an isotopic out look.Fert.Res.45.91-100.
26 - Filipov, H.1975.Chnes in the phosphorus status of aleached smonitza after four year of fertilizer, and yard manure applications.1975.Abstract in soils and fertilizers 1976,39:4(44).
27 - Finn B. J. and A.R. Mock 1964:Differention response of orchordgrass varicties to N and P under controlled soil temperature and moisture conditions soil scr.soc.Am. proc 28: 782 – 785.
28 -Fixen, P.E. and Grove, J.H.1990. Testing soil for phosphorus.In soil testing and plant analysis.3d edn.,pp.141 – 180.Soil Sci.Soc.Am.Madison,WI
29 - Fox,R.L.;Kamprath,E.L.1970.Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soil. Soil science of America proceedings,34,902 – 906.
30- Freeman, J.S.,Rowell.D.L.1981.The adsorption and precipitation of phosphate on calcite.Journal of soil science 32:75 – 84.
31 -Hagin, J . and Tucker, B . 1982 .fertilization of dry land and irrigated soils.pp.75-90,springer-verlag , NewYork.
32 -Halford, I.C.R. and Mattingly, G.E.G.1975.The high and low energy phosphate absorbing surfaces in calcareous soils J.Soil Sci.26,407 – 417 .
33- Haynes R.J. and R.S. swift 1985: Effect of liming and air – drying on the adsorption of phosphate by some acid soils J. soil. sci 36: 513 – 521.
34 - Hocking, P.J.2001.Organic acids exuded from roots in phosphorus uptake and aluminum tolerance of plants in acid soils. In advances in agronomy.Ed.D.L sparks .pp 63 – 79.Academic press,New Yo

35 - Hemwall, J.B.,1967.The fixation of phosphorus in soils Adv in Agron.9:95.
36- Hensler,R.F.,Olsen,R.J.and Atteo,O.J.1970.Effect of soil pH and application rate of dairy cattle manure on yield and recovery of twelve plant nutrients by corn.Agron.1970., J. 62:828 – 830.
37 -Hergert, W. L. and D. E. Reuss, 1976: phosphorus valtalization from surface application in the field and laboratory.Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.43: 359 – 363.
38- Hooker, M. L., Peterson, G. A.; Sander,D. H. and Daigger, L. A. 1980.Phosphate fractions in calcareous soils as altered by time and amounts of added phosphate Soil. Sci. Am.J.44:269 – 277.
39 - Holford, I. C. R; Mattingly, D.E.G. 1997: b the high and low phosphate adsorbing surfaces soils. JOURNAL OF SOIL SCIENCE 26:407 – 414.
40- Indiativ,R.;Izza,C.;Figliolia,A.;Felici,B.;Coppala,E.;Buondonno, A.1995.Aphosphate availability index(F)for optimizing a soil.Sci.plant.anal.V.26(15\16)P.2667 – 2682.
41 -Ivanove, A . L. and Shakhdhzakban, M. 1993.Inactivation and mobilization of phosphate in soils.Eurasian Soil.Sci.(Translated) 25.37-45.
42 - Jackman, J. M.; Jones, R. C.; Yost, R. S.; Babcock, C. J. 1997. Rletveld estimates of mineral percentages to predict phosphate sorption by selected Hawaiian soils. Sci. Soc. Am. J.V.61 (2)P.618 – 625.
43 - Jacob, K.D.,Ward,F.N.,Magness,R.M.,and whttaker,C.W.1949.Report on phosphoric acid in fertilizers: comparison of neutral ammonium citrate and tow per cent citric acid solutions as solvents for basic slag. J.Assoc.Offic.Agre.Chemists 32:202 – 228.
44 - Jasem EL-Mahmoud,F.A.1991.Effect of change in soil moisture content on the phosphate fertilizer use and its relation to lentil crop productivity. MSC thesis. Faculty of Agriculture University of Aleppo,Syria.(Arabic).
45-Jung, K.A.,Asher, C.J.,Edwards, D.G.and Meyer, D.1990.Influence of phosphate status on phosphate uptake kinetics of maize(Zea Mays) and soy bean (Glyine Max). plant & soil. 124:175 – 182.
46- Krantz, B.A., Nelson, W.L., Welch, C.D., and Hall, N.S.1949.Acomparsion of phosphorus utilization by crops. Soil Sci.68:171 – 177.
47 - Larsen,S.1967.Soil phosphorus. Adv.Agron.19:151 – 210.
48 - Lewis, G.C., Baker, G.O., and Snyder, R.S.1950.Phosphate fixation in calcareous soils. Soil Sci.69:55 – 62.

49 -Lewis, E.T., Racz, G.J. 1969.Phosphorus movement in some calcareous and noncalcareous Manitoba soils,can.J.Soil.Sci.Vol.(49):305 – 312.
50 - Loneragan,J.F.1978.The physiology of plant tolerance to low phosphorus availability.p.329 – 342.In G.A.Jung(ed) crop tolerance to suboptima land conditions. ASA.Spec. Pub.32.ASA.Madison,W.I.

51-Lopes camelo, L.G.DE.1989.Phosphorus sorption indices & theirv relation with soil properties soils & fertilizers Abst.54(6):6458.

52 - Matar,A.E.and Brown,S.C.1989.Effect of rate and method of phosphate placement on productivity of durum wheat in a Mediterranean climate.II,root distribution and P-dynamics.Fertlizer research 20:83 – 88.
53 - Matar,A.;Torrent,J.and Ryan,J.1992.Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in dryland Mediterranean zone.Adv.Soil.Sci.18:18 – 146.
54 -Mattingly, G.E.G.1971.Residual value of phosphate fertilizers on neutral and calcareous soils.technical bulletin 20.pp 1-15.Ministry of Agriculture and Food. London.GB.
55- Meek,B,.Graham,L.;and Donovan,T.1982.Long – term effects of manure on soil nitrogen,phosphorus,potassium,sodium,organic matter and water in filtration rate.Soil.Sci.Soc.Amer.J.46:1014 – 1019.
56 -Mengel, K.1985.Dynamic and availability of major nutrient in soils. In Stewart, B.A.(Ed). Advances in Soil Sci.Vol.2.springer-veriag,N.Y.
57- Mengel,K.and Kirkby,E.A.1987.Principles of plant Nutrition.4th Edition.International Potash Institute.Bern,Switzerland.
58- Neller, J.R., and comar, C.L.1947. Factors affecting fixation of phosphorus in soils as determined with radioactive phosphorus. Soil Sci.64:379 – 387.
59- Nelson,K.O.1961.The uptake of phosphorus and mixing of superphosphate with FYM.1961 Abstract in soil and fertilizers.1962,25:157 (1127).
60 - Olsen, S.R.1952b. The measurement of phosphorus on the surface of soil particles and its relationship to plant available phosphorus. Proceedings of a conference on "The use of isotopes in plant and animal research" Kanas State College, Manhattan, Kansas.
61 - Olsen,S.R.,Watanabe,F.S.1957.Methods to determine a phosphorus-adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. Soil. Sci.Soc.Amer,proc.21:144 pages.
62- Olsen,S.R.,Watanabe,F.S.and Dean,L.A.1954.Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate.USDA circ.939.U.S.Gov.Print.Office,Washington,DC.
63- Pena, F. and Torrent, J.1990.Predicting phosphate sorption in soils of Mediterranean region.fertilizer research,23(3):173 – 179.
64- Paratt .P.F.; And M. J. Garber.1964. Correlations of phosphorus availability by chemical test with inorganic phosphorus fractions.
65- Posnar,A.S.1955.(G)A discussion of a derectapatite series. IUPAC colloquium,V erlag – Chemic, Weinheim,Germany.207 – 212.
66- Raddly,D.D.,A.S.Rao and T.R.Rupa.2000.Effect of continues use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic phosphorus in vertisol bioresorce. Techno 2000,1.75:113 – 118.
67 - Ravankar,H.N.;Padgilwar and M.R.;Deshmukh,P.W.1997. Effect of lime content in soil on N losses and P fixation in Vertisols. PKV Research Journal,vol.21,No.2,pp.242 – 243.
68 -Robert, M.E.and Larsen, S.1970.The stability of dicalcium phosphate dehydrate in soil.J.Soil Sci.21,353 – 358.

69 - Ryan,J.,H.M.Hasan,M.Baasiri and H.S.Tabbara.1985b. Availability and transformation of applied phosphorus in calcareous Lebanese soil.Soil.Sci.Soc.Am.J.49:1215 – 1220.
70 - Samadi,A.;Gilkes,R.J.1999. Phosphorus transformation and their relationships with calcareous soil properties of southern western Australia.Soil.Sci.Soc.Am.J.V.63(4) P. 809 – 815.
71- Sample,E.C.,Soper,R.J.and Racz,G.L.1980.Reactions of phosphate fertilizers in soils. P.263 – 310. In F.E. Khasawneh et,al. (ed) The role of phosphorus in agriculture.ASA,CSSA,and SSSA,Madison,Wl.
72 – Saxena, M. C. studies on the availability of soil and fertilizer phosphate as affected by moisture and fertilizer supply. Agrochemical 1970. 14:516 – 423.
73- Sen Gupta,M.B.1964.Effect of manuring on clay-humus complex and its in fluence on crop yield and phosphate status calcareous soil.J.Indian Soc.Soil.Sci.1964,12:165 – 167.
74- Sharpley,A.N.&Smith,S.J.1989 Distribution of phosphorus forms in virgin and cultivated soils . Soil Sci. Soc.Am.J.47:581 – 586.
75 - Shnek, M.,Shaviv, A.and Rovina, I.1991.The effect of soil phosphate sorption kinetics on parameter used for modeling phosphorus uptake.Soil Sci.151:333 – 342.
76 - Soils,P.;Torrent,J.1989.Phosphate fractions in calcareous Vertisols and Inceptisols of spain.Soil.Sci.Soc.Am.J.V.53(2) P.462 – 466.
77– Soltanpour, P. N., C. W. Johnson, S. M. workman, J. B. Jone, Jr., and R. O. Miller. 1996.Methods of soil analysis, part 3-chemical methods, SSSA Book.
78– Stanberry, C. O., H. R. Convers. J. R. Haise and O. J. Kelly. Effect of moisture and phosphate variableson alfalfa high production on the Yuma Mesa. Soil Sci.Soc. Am.Proc.1955.19:303 – 310.
79 - Struther,P.H.;Sieling,D.H.1950.Effect of organic anions on phosphate percipittion by iron and aluminium as influenced by pH.Soil.Sci.69:205 – 213.
80- Szymanski,S.1962.Further investigation on the nature of complexes of phosphate with humic acid and their importance in the phosphorus nutrition of plants.1962. Abstract in soil and fertilizer.1964,27:460 (3252).
81 -Tang, D.T.VU.C., Armstron, A.D.2008.Changes and availability of phosphor fractions following 65 years of phosphor application to acalcareous soil in a mediterranean climate.
82 - Tazisong,I.A.,Senwo,Z.N.;Taylor,R.W.;and He,Z.2007.Soil science society of America annual meeting.
83 - Tasdilas, C. D., Samaras, V., Dimoyiannis, D.1996.Phosphorus sorption by red Mediterranean soil from Greece. Commun Soil. Sci. Plant.Anal. V., 27(9\10) p.2279-2293.
84 - Thompson, C. Troch , F. 1973: Soils and soil fertility. Tata Macgrwhill pb, New Delhi.
85 - Tisdal, C. D.; Samaras, V.; Dimoyiannis, D. (1993): Phosphorus sorption by red Mediterranean soils from Greece. Commun Soil. Sci. 2279 – 2293.

86-Tisdal, S.L.,Nelson, W.L.& Beaton, J.D. & Havlin, J.L.1997.Soil fertility &fertilizers.printice Hall of India.
87 -Tinker, P.B.1980.Root- soil interaction in crop plants. In Tinker, P.B.(Ed) Soils & Agric., Black well SC pub., Oxford, London.
88 -Tomar, N.K.,Khanna, S.S. and Gupta, A.F.1984.transformatiom of mixtures of Missouri rock phoaphate and TSP in calcareous soil applied after incubation with organic matter.Haryana Agriculture University Journal Research . XIV.324-333.
89- Villani,E.M.A.;Barros,N.F.;Novais,R.F.;Comerford,N.B.;Costa,L.M. J.C.L.;Alvarez,V.H.1998.Phosphorus diffusive flux as affected by phosphate source and incubation time.Soil.Sci.Soc.Am.J.V.62.(4) P.1057 – 1061.
90- White,R.E.1981.Retention and release of phosphate by soil and soil constituents.Pages 71 – 114. In soils and agriculture;Critical reports on applied chemistry (Tinker,P.B.,ed.) Halstead press, New York,USA.
91 - Woltz, W.G.,Hall, N.S., and colwell, W.E.1949. Utilization of phosphorus by tobacco. Soil Sci.68:121 – 128.
92-Yin, J.L. Cao, C.Y.and Shi, R.H.1989.Fixation of phosphorus by calcium carbonate in calcareous soils.Acta pedological scinica(1989) 26(2) 131 – 138(ch).soils and fertilizers Abst.(1991) 54(1):76.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Agriculture
Department of Soil Science

The movement of phosphorous in calcareous soils during the vegetative growth

This thesis is submitted to Damascus University in partial filament to obtain a Ms.C in Soil Science

by

Manal Zouhair AL-Hafez

Supervised by

Dr. Akrm al-Balkhi
Soil Science Department
Damascus University

Prof. Dr. Hasan Habib
Soil Science Department
Damascus University