



خصوبة التربة والتسميد

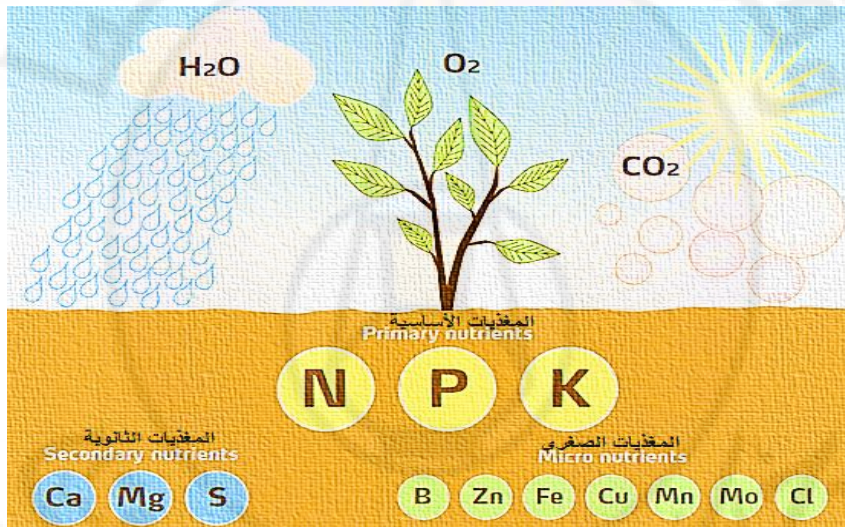


السنة الثالثة



منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة

خصوبة التربة والتسميد



الدكتور

أكرم محمد البلخي
أستاذ في قسم علوم التربة

الدكتور

محمد سعيد الشاطر
أستاذ في قسم علوم التربة

1443 - 1444 هـ
2021 - 2022 م

جامعة دمشق



المحتويات

11	مقدمة
13	الفصل الأول: مفاهيم أساسية في تطور مفهوم خصوبة التربة والتسميد
13	1- مكونات التربة ومصادر الخصب.
13	2- الطور الصلب- الطور السائل- الطور الغازي.
16	3- التبادل الأيوني.
17	4- السعة التبادلية الكاتيونية للتربة.
17	5- نسبة التشبع بالقواعد.
18	6- محلل التربة وعلاقته بخصوبة التربة.
19	7- مفهوم خصوبة التربة وأشكال العناصر المغذية الكبرى والصغرى
23	الفصل الثاني: المادة العضوية وعلاقتها بخصوبة التربة
23	1- مفهوم المادة العضوية.
23	2- مفهوم الدبال.
23	3- مصادر المادة العضوية في التربة.
26	4- العوامل المؤثرة في سرعة تحلل (تفسخ) المادة العضوية.
32	5- أهمية المادة العضوية في تحسين صفات التربة.
35	الفصل الثالث: الآزوت:
35	1- مقدمة.
35	2- دورة الآزوت في التربة.
36	3- مصادر الآزوت وأشكاله في التربة.
37	4- معدنة الآزوت في التربة.
41	5- الآزوت وأعراض نقصه على النبات.
42	6- المستويات الخصوبية للآزوت في التربة والنبات.

42	7- أهم أسمدة الآزوت.
51	الفصل الرابع: الفوسفور.
51	1- مقدمة.
51	2- دورة الفوسفور في التربة.
52	3- مصادر الفوسفور وأشكاله في التربة.
53	4- تثبيت الفوسفور في الترب الكلسية والقلوية والحامضية .
55	5- الفوسفور وأعراض نقصه على النبات.
55	6- المستويات الخصوبية للفوسفور في التربة والنبات.
56	7- أهم أسمدة الفوسفور.
61	الفصل الخامس: البوتاسيوم.
61	1- مقدمة.
61	2- دورة البوتاسيوم في التربة.
62	3- مصادر البوتاسيوم وأشكاله في التربة.
63	4- تثبيت البوتاسيوم في التربة.
64	5- البوتاسيوم وأعراض نقصه على النبات.
65	6- المستويات الخصوبية للبوتاسيوم في التربة والنبات.
65	7- أهم أسمدة البوتاسيوم.
69	الفصل السادس: الكالسيوم والمغنزيوم.
69	1- مقدمة.
70	2- دورة الكالسيوم والمغنزيوم في التربة.
70	3- مصادر الكالسيوم والمغنزيوم وأشكالهما في التربة.
71	4- الكالسيوم واستصلاح التربة.
71	5- الكالسيوم والمغنزيوم وأعراض نقصهما على النبات.
73	6- المستويات الخصوبية للكالسيوم والمغنزيوم في التربة والنبات.

73	7- أهم أسمدة الكالسيوم والمغنسيوم.
75	الفصل السابع: الكبريت.
75	1- مقدمة.
75	2- دورة الكبريت في التربة.
75	3- مصادر الكبريت وأشكاله في التربة.
77	4- الكبريت وأعراض نقصه على النبات.
78	5- المستويات الخصوبية للكبريت في التربة والنبات
78	6- أهم أسمدة الكبريت.
79	الفصل الثامن: الحديد.
79	1- مقدمة.
79	2- دورة الحديد في التربة.
80	3- مصادر الحديد وأشكاله في التربة.
81	4- جاهزية الحديد والعوامل التي تؤثر فيها.
83	5- الحديد وأعراض نقصه على النبات.
84	6- المستويات الخصوبية للحديد في التربة والنبات.
85	7- أهم أسمدة الحديد.
87	الفصل التاسع: المنغنيز.
87	1- مقدمة.
87	2- دورة المنغنيز في التربة.
87	3- مصادر المنغنيز وأشكاله في التربة.
88	4- جاهزية المنغنيز والعوامل التي تؤثر فيها.
90	5- المنغنيز وأعراض نقصه على النبات.
91	6- المستويات الخصوبية للمنغنيز في التربة والنبات.
91	7- أهم أسمدة المنغنيز.

93	الفصل العاشر: الزنك.
93	1- مقدمة.
93	2- دورة الزنك في التربة.
93	3- مصادر الزنك وأشكاله في التربة.
94	4- جاهزية الزنك والعوامل التي تؤثر فيها.
96	5- الزنك وأعراض نقصه على النبات.
97	6- المستويات الخصوبية للزنك في التربة والنبات.
97	7- أهم أسمدة الزنك.
99	الفصل الحادي عشر: النحاس.
99	1- مقدمة.
99	2- دورة النحاس في التربة.
100	3- مصادر النحاس وأشكاله في التربة.
101	4- جاهزية النحاس والعوامل التي تؤثر فيها.
101	5- النحاس وأعراض نقصه على النبات.
103	6- المستويات الخصوبية للنحاس في التربة والنبات.
103	7- أهم أسمدة النحاس.
105	الفصل الثاني عشر: البورون
105	1- مقدمة.
105	2- دورة البورون في التربة.
105	3- مصادر البورون وأشكاله في التربة.
107	4- جاهزية البورون والعوامل التي تؤثر فيها.
108	5- البورون وأعراض نقصه على النبات.
108	6- المستويات الخصوبية للبورون في التربة والنبات.
109	7- أهم أسمدة البورون.

111	الفصل الثالث عشر: الموليبيدوم.
111	1- مقدمة.
111	2- دورة الموليبيدوم في التربة.
112	3- مصادر الموليبيدوم وأشكاله في التربة.
112	4- جاهزية الموليبيدوم والعوامل التي تؤثر فيها
114	5- الموليبيدوم وأعراض نقصه على النبات.
115	6- المستويات الخصبية الموليبيدوم في التربة والنبات.
116	7- أهم أسمدة الموليبيدوم .
119	الفصل الرابع عشر: الكلور.
121	الفصل الخامس عشر: الأسمدة المركبة.
129	الفصل السادس عشر: الأسمدة العضوية.
153	الفصل السابع عشر: الأسمدة النانوية (النانومترية) .
159	الفصل الثامن عشر: الإدارة المتكاملة للمغذيات.
169	الفصل التاسع عشر: تقويم خصوبة التربة.
170	1- طرائق تقويم خصوبة التربة.
175	2- تحديد الاحتياجات السماكية.
181	3- نظم تسميد المزروعات.
189	الملاحق.
197	المصطلحات العلمية.
201	المراجع.



مقدمة:

تعد التربة المهد الأساسي لنمو النبات والتي تقوم عليها عمليات الإنتاج الزراعي، ويتطلب الاستثمار الجيد لهذه التربة وزيادة إنتاجيتها، معرفة متينة وراسخة وعلمية بخصائصها وصفاتها العامة والخصوبية لتأمين متطلبات الحاصلات الزراعية من العناصر المعدنية الغذائية الأساسية والضرورية لنمو وتطور النبات. تؤدي زيادة الإنتاج في وحدة المساحة إلى الاستنزاف الشديد والمستمر للعناصر المغذية للنبات من التربة، وتضعف القدرة الإنتاجية للتربة نتيجة الزراعة، وعدم إمكانية الأرض الذاتية على تأمين متطلبات النبات من العناصر المغذية المعدنية، مما يتطلب رفع خصوبة التربة وتحسين خصائصها، والوصول إلى تقدير الاحتياجات السمادية الفعلية المناسبة لكل تربة ومحصول.

يتضمن هذا المقرر تسعة عشر فصلاً: يتضمن الفصلان الأول والثاني: مفاهيم أساسية في تطور خصوبة التربة والتسميد، وأطوار التربة وسعتها التبادلية، والمادة العضوية وعلاقتها بخصوبة التربة. وتشمل الفصول من الثالث وحتى الرابع عشر العناصر الخصوبية الأساسية: كالأزوت والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت والكالسيوم والمغنسيوم، وكذلك العناصر الصغرى كالحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والبورون والموليبدينم، إضافة للكور. أما الفصل الخامس عشر، فيتضمن الأسمدة المركبة، ويتضمن الفصل السادس عشر: الأسمدة العضوية، والفصل السابع عشر الأسمدة النانوية (النانومترية). ويتضمن الفصل الثامن عشر الإدارة المتكاملة للمغذيات. أما الفصل التاسع عشر فيتضمن تقويم خصوبة التربة. إضافة لذلك فقد احتوى الكتاب على مجموعة من الجداول والأشكال والمخططات التوضيحية، وزود بقائمتين من المصطلحات والمراجع العلمية. أخيراً، نتمنى أن نكون قد وفقنا في إعداد هذا الكتاب.

والله ولي التوفيق

الأستاذ الدكتور محمد سعيد الشاطر الأستاذ الدكتور أكرم محمد البلخي



الفصل الأول

مفاهيم أساسية في تطور مفهوم خصوبة التربة والتسميد

1- مكونات التربة ومصادر الخصب:

تعود خصوبة التربة بالأصل إلى المادة الصخرية والعضوية التي تكونت منها وتتعلق خصوبة التربة بنوع الصخر السائد فيها، فمثلاً الترب التي يسود مكوناتها الكوارتز SiO_2 تكون غالباً رملية فقيرة بالعناصر الغذائية.

تقسم الصخور من حيث منشئها أو طريقة تكوينها إلى ثلاث مجموعات:

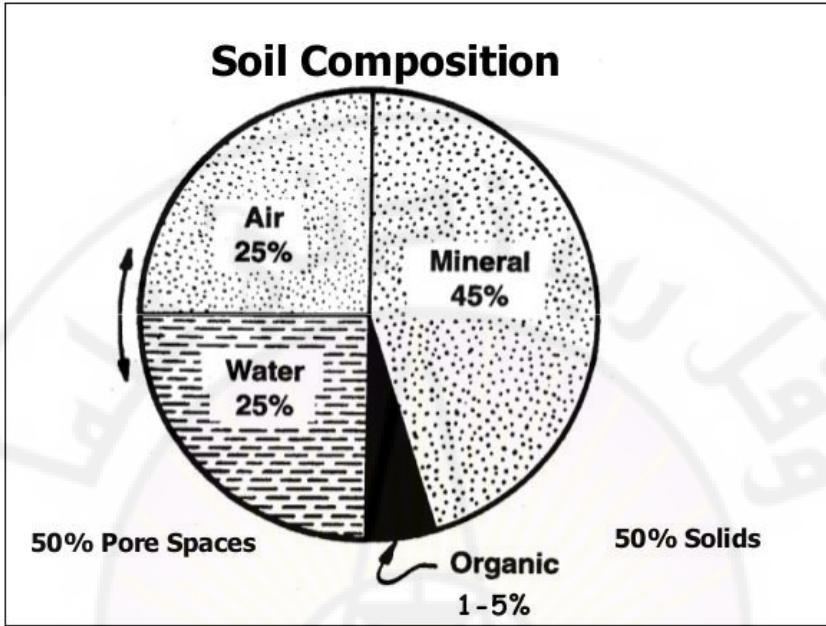
أ- الصخور الاندفاعية **Eruptive rocks** (النارية **Igneous**): تتكون هذه الصخور نتيجة تبرد وتصلب المagma، المتدفقة من باطن الأرض، والمagma عبارة عن صهارة **Melt** (مواد لزجة) مؤلفة من مواد سيليسية، توجد تحت سطح الأرض على درجات حرارة مرتفعة وضغط عالٍ. ومنها الغابرو والبازلت والغرانيت وغيرها.

ب- الصخور الرسوبية **Sedimentary rocks**: تتكون نتيجة تراكم البقايا الصخرية الناتجة من عمليات التجوية، والتي تنقل بواسطة عمليات النقل المختلفة (ماء، رياح وجليديات)، وتتكون أيضاً من ترسب المواد الذائبة في المياه بسبب التبخر، ومنها الحجر الكلسي والحجر الرملي والطين وغيرها.

ج- الصخور المتحولة أو الاستحالية **Metamorphic rocks**: وهي ناتجة عن صخور موجودة أصلاً (اندفاعية ورسوبية ومتحولة)، نتيجة لتغيرات كيميائية أو معدنية أو بنائية (بصورة أساسية في الحالة الصلبة)، وذلك بسبب حدوث تغيرات في الحرارة والضغط والظروف الكيميائية تحت سطح الأرض، ومنها الميكاشيست والغنيس وغيره.

2- الطور الصلب- الطور السائل- الطور الغازي.

تعرف التربة بأنها عبارة عن نظام ثلاثي الأطوار وأحياناً رباعي الأطوار: طور صلب، يشكل 50%، و يتمثل بالجزء المعدني (45%) والعضوي (5%)، وطور سائل، يشكل 25% يتمثل بماء التربة، وطور غازي، يشكل 25% يتمثل بهواء التربة، وطور حيوي (الشكل 1).



الشكل (1) - أطوار التربة

2-1-1-الطور (الجزء) الصلب Solid phase:

2-1-1-1- الجزء المعدني: يشكل هذا الجزء 45% من مكونات التربة، ويتمثل بحبيبات التربة، وتنتج مواده من مكونات (بقايا) الصخر الأصلي كمكونات ثانوية كمعادن الطين أو مواد أولية قاومت عملية التجوية، وتتباين خصائص التربة نتيجة لاختلاف أقطار الحبيبات. تقسم مكونات التربة تبعاً للتوزيع الحجمي لحبيبات الجزء الصلب إلى ما يأتي:

- رمل خشن، تتراوح أقطار حبيباته بين 0.2 و 2 مم.
- رمل ناعم، تتراوح أقطار حبيباته بين 0.02 و 0.2 مم.
- سلت، تتراوح أقطار حبيباته بين 0.002 و 0.02 مم.
- طين، تكون أقطار الحبيبات أقل من 0.002 مم.

2-1-2- الجزء العضوي:

يشكل هذا الجزء حوالي 5% من مكونات التربة، ويتمثل بالبقايا النباتية أو الحيوانية المتحللة جزئياً وغير المتحللة، ويطلق على الجزء المتحلل بشدة والذي قطع شوطاً في

عملية التحلل والتدبيل اسم الدبال Humus. تسهم الأحياء الدقيقة في تحلل المخلفات العضوية للحصول على الطاقة اللازمة لها، وتحول هذه المخلفات إلى معقد عضوي يطلق عليه الدبال، ويرافق تكوين الدبال مواد أخرى مهمة من وجهة تغذية النبات كغاز ثاني أكسيد الكربون والنترات والكبريتات والفوسفات والكالسيوم والمغنيزيوم، ويتبقى عادة اللجنين وبعض أجسام الكائنات الميتة. كقاعدة عامة، تتخفض نسبة المادة العضوية في التربة بازدياد الحرارة، وذلك لسرعة تحلل المواد العضوية وعدم تراكمها.

تؤثر المواد العضوية تأثيراً إيجابياً في التربة من خلال تحسين خصائصها الفيزيائية والكيميائية والخصوبية والحيوية، حيث تؤدي إلى تحسين بناء التربة الرملية مما يسهم في حفظها للماء والمغذيات، و يؤدي تحسين بناء التربة الطينية إلى زيادة نفاذيتها للماء. إضافة لذلك تسهم المادة العضوية في تيسر العناصر المغذية، من خلال خفض pH التربة ولو أنياً في منطقة المحيط الجذري (الريزوسفير)، وتشكيل معقدات (مخليات) مع العناصر المغذية عبر مجموعاتها الوظيفية.

2-2-الطور(الجزء) السائل Liquid phase :

عبارة عن الماء الموجود داخل مسام التربة وحول سطوح الحبيبات ويسمى ماء التربة soil water، وماء التربة يعرف أيضاً بأنه محلول التربة soil solution حيث تذاب فيه الأملاح المختلفة المتواجدة في نظام التربة أو التي تصل إليه عن طريق إضافة الأسمدة أو ماء الري، ويعد محلول التربة مصدراً للعناصر الغذائية التي يحتاجها النبات في أثناء نموه.

2-3-الطور(الجزء) الغازي Gas phase :

يكون نظام التربة باستمرار في حالة توازن مع الهواء الجوي من خلال المسام الموجودة بين حبيبات التربة. ولهذا فإن مسام التربة الخالية من الماء يشغلها الهواء، ويسمى في هذه الحالة هواء التربة soil air، وهواء التربة له تقريباً تركيب الهواء الجوي نفسه مع اختلاف نسب تواجد كل مكون حيث تزداد نسبة ثاني أكسيد الكربون وتقل نسبة الأكسجين.

يختلف حجم الطور الغازي وفقاً لרטوبة التربة أو ماء التربة، وكذلك عمليات الخدمة التي تجرى في التربة، مثل الحراثة والعزيق أو إضافة التسميد العضوي .

2-4- الطور (الجزء) الحيوي Biological phase :

تتواجد في التربة أنواع متعددة من الأحياء، تشمل البكتريا والفطريات والأكتينومايسيت والفيروسات وبعض الديدان كديدان الأرض والخلد وكثيرات الأرجل والحلزونات وبعض الحشرات. وتقوم أحياء التربة بتفكيك المواد العضوية الطبيعية، وتحسين خصوبة التربة بتفكيك أنسجة النباتات والحيوانات فيها، وتحولها إلى معقد عضوي مهم في التربة يسمى الدبال Humus الذي يتكون من نحو 60% كربون و6% من الآزوت، إضافة إلى مركبات فينولية وفوسفاتية عضوية وسكريات معقدة وغيرها. تمزج حيوانات التربة بحركتها الدبال مع التربة، مما يساعد في تحسين خصائص التربة بتفتيت حبيباتها وتهويتها وحركة الماء فيها، وتجعل الدبال المتكون في متناول الأحياء الدقيقة. _

3- التبادل الأيوني.

تعد تفاعلات التبادل الأيوني من أكثر التفاعلات الموجودة في الطبيعة أهمية بعد عملية التمثيل الضوئي لما لها من أهمية في تغذية النبات. وكما هو معروف بأن غذاء النبات عبارة عن مجموعة من العناصر الكيميائية في صورة أيونية، وتؤثر كمية ونوعية هذه الأيونات الموجودة في التربة على إمداد النباتات بحاجتها من الغذاء حيث يكون هذا الغذاء في صورة أيونية، وهذه الأيونات لا توجد في المحلول الأرضي فقط بل توجد أيضاً مدمجة على سطوح الغرويات. وخاصية الادمصاص هذه هي التي تحفظ أيونات العناصر، فلو أن غذاء النبات كان ذائبا في المحلول الأرضي، فإنه سرعان ما يفقد بالغسل، وبالتالي يحرم النبات من الاستفادة منه، ويشمل التبادل الأيوني تبادل كل من الكاتيونات والأيونات، ويُعد تبادل الكاتيونات أكثر أهمية ووضوحاً من تبادل الأنيونات بالنسبة لتغذية النبات. يعد الطين المحدد الرئيس لخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والعامل الأساس في حفظ العناصر المغذية، وتتوقف قدرة التربة على التبادل الأيوني على عوامل عدة::

1- نسبة الطين: تعد التربة الطينية أكثر قدرة على التبادل من التربة الرملية، والأخيرة أكبر من الرملية.

2-نوع معادن الطين:

تعد معادن الطين ذات الشحنات الثابتة أو الدائمة، والتي تشمل معادن من نوع 1:2، ومنها المونتموريللونيت، الفيرميكيولايت والإيلليت، أعلاها قدرة، بينما معادن الطين ذات الشحنة المتغيرة ومنها معادن من نوع 1:1 مثل الكاؤولينيت تكون أقلها.

3 -محتوى التربة من المادة العضوية:

تزداد القدرة على التبادل بزيادة المادة العضوية المتحللة وكمية الدبال المتكونة في التربة.

4- السعة التبادلية الكاتيونية للتربة (CEC) Cation exchange capacity .

تعبّر السعة التبادلية الكاتيونية عن مجموع الكاتيونات المتبادلة في وحدة وزنية معينة من التربة أو المعدن والوحدة المستخدمة عادة للتعبير عن السعة التبادلية الكاتيونية هي الملي مكافئ/100غرام.

تختلف الترب من ناحية قيمة السعة التبادلية الكاتيونية وبشكل عام تتراوح من 10 إلى 50 مليمكافئ /100غرام تربة، وذلك حسب قوام التربة من رملية إلى طينية، وكذلك محتواها من المادة العضوية.

5- نسبة التشبع بالقواعد:

تشمل نسبة التشبع بالقواعد القابلة للتبادل في التربة كلاً من الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم، ونسبة التشبع بالقواعد هي النسبة المئوية من سعة تبادل الأيونات الموجبة المشبعة بهذه الأيونات عند رقم تفاعل 7 أو 8.2. ويمكن إيجاد هذه النسبة باستعمال المعادلة الآتية: نسبة الاشباع = مليمكافئ من القواعد القابلة للتبادل / مجموع الايونات الموجبة المتبادلة $\times 100$.

مثال: اذا كانت تربة تحتوي كالسيوم 6 ملي مكافئ /100 غرام تربة، مغنيسيوم 1 ملي مكافئ / 100 غرام تربة، صوديوم 2 ملي مكافئ /100 غرام تربة، هيدروجين 1 ملي مكافئ /100 غرام تربة، الالمنيوم 1 ملي مكافئ /100 غرام تربة، تربة والبوتاسيوم 2 مليمكافئ/100غرام تربة وبهذا فان سعة تبادل الايونات الموجبة لهذه التربة يساوي

3مليمكافئ لكل 100 غرام.

وبهذا تكون نسبة التشبع بالقواعد = $100 \times (13/2+2+1+6)$

$$84.6 \% = 100 \times (13/11) =$$

اما نسبة التشبع بالهيدروجين أو بأي من الأيونات الأخرى فيمكن إيجادها بتعويض عدد المليمكافئات للهيدروجين أو للأيون الآخر المطلوب بدلاً من مجموع القواعد أعلاه ، وتكون نسبة التشبع بالهيدروجين للمثال المذكور أعلاه : $100 \times (13/1) = 7.6\%$.

6- محلول التربة وعلاقته بخصوبة التربة.

6-1- مفهوم محلول التربة: Soil solution:

يعبر محلول التربة عن ماء التربة وما يحتويه من مواد منحلة.

يختلف محلول التربة في تركيبه من تربة إلى أخرى، وربما يعود هذا الاختلاف إلى الظروف السائدة المتغيرة ونشاط الكائنات الحية وجذور النباتات وعمليات الغسل. وإن الأيونات الموجودة في المحلول ما هي إلا انعكاس للأيونات المدمصة على غرويات التربة.

6-2- العوامل المؤثرة في تركيب محلول التربة:

1- النبات: تمتص جذور النبات الأنيونات والكاتيونات من محلول التربة، كما تتحرر كميات قليلة من أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل والبيكربونات.

2- الصخر الأم: تغني الصخور البازلتية محلول التربة بالقواعد والقواعد الترابية وتجعل تفاعلها قاعدياً، بينما تؤدي الصخور الغرانيتية دوراً في خفض pH التربة، وافقار التربة بالقواعد والقواعد الترابية.

3- الأمطار: تؤدي الأمطار الزائدة إلى غسل القواعد والقواعد الترابية من التربة، ويزداد بالمقابل محتواها من الهيدروجين والألمنيوم والحديد وانخفاض pH التربة.

4- المادة العضوية: تعمل المادة العضوية على تحرير القواعد من فلزاتها عبر أحماضها الهيومية و CO_2 المنطلق أثناء تحللها وتشكيل حمض الكربون، ويمكن أن تهجر هذه القواعد أسفل مقطع التربة مع مياه الصرف.

5- الغرويات: تسهم كل من المادة العضوية وفلزات الطين في ادمصاص الكاتيونات وتحريرها لاحقاً إلى محلول التربة.

6- عوامل أخرى:

- الأملاح الشائعة في النظام الأرضي:

تقسم الأملاح المنتشرة في التربة تبعاً لدرجة ذوبانها وعلاقتها بملوحة التربة إلى قسمين:

1- أملاح سريعة الذوبان: كلور الصوديوم وكلور المغنيزيوم وكلور الكالسيوم وكبريتات الصوديوم وكبريتات المغنيزيوم وكربونات الصوديوم، وهي المسؤولة في الطبيعة عن ملوحة وقلوية التربة.

2- أملاح ضعيفة أو عديمة الذوبان: تشمل أملاح كبريتات الكالسيوم، كربونات المغنيزيوم، وكربونات الكالسيوم قليلة الذوبان حيث تذوب بمعدل 14مغ/لتر.

pH- التربة ودوره في جاهزية العناصر المغذية وإتاحتها للنبات:

يعد pH التربة من أهم العوامل التي تؤثر في جاهزية العناصر المغذية وإتاحتها للنبات، ففي حالة ارتفاع pH فوق 8 يحدث فقد لآزوت التربة بالتطاير على شكل نشادر خاصة في الترب الكلسية والقلوية، كما يحدث تثبيت للفوسفور على فوسفات ثنائية الكالسيوم وفوسفات ثلاثية الكالسيوم، وفي الترب شديدة الحموضة على شكل فوسفات الحديد وفوسفات الألمنيوم، أما بالنسبة للبوتاسيوم، فيقل تثبيت البوتاسيوم عند خفض الـ pH عن 6. وإن أفضل جاهزية وتيسر للبوتاسيوم تكون في مجال pH من 6-8.

بينما تثبت العناصر الصغرى في الترب القلوية على شكل هيدروكسيدات وأكاسيد، بينما يسلك الموليبدنم سلوكاً مغايراً، حيث يكون ميسراً في ظروف التربة القلوية، وغير ميسراً في الترب الحامضية.

7- مفهوم خصوبة التربة وأشكال العناصر المغذية الكبرى والصغرى

تصنيف العناصر المغذية الكبرى والصغرى ووظائفها

Classification of nutrients and their Functions

1- تصنيف العناصر المغذية:

يمكن أن تصنف العناصر المغذية إلى ثلاث مجموعات:

1-1- عناصر كبرى Macronutrients: تشمل:

الآزوت (N) Nitrogen والفوسفور (P) Phosphorus
والبوتاسيوم (K) Potassium.

1-2- عناصر كبرى ثانوية: Secondary Macronutrients: تشمل:

الكالسيوم (Ca) Calcium والمغنيزيوم (Mg) Magnesium والكبريت (S) Sulphur.

1-3- عناصر صغرى Micronutrients: تشمل:

الحديد (Fe) Iron والمغنيز (Mn) Manganese والزنك (Zn) Zinc
والنحاس (Cu) Copper والبورون (B) Boron والموليبدينم (Mo) Molybdenum.
وهناك مراجع تعد الكلور (Cl) Chlorine والكوبالت (Co) Cobalt من العناصر الصغرى.

2- وظائف العناصر المعدنية المغذية في النبات:

تلخص وظائف العناصر السماذية (المغذية) في النبات وأعراض نقصها في الجدول التالي:

الجدول (1)- وظائف العناصر السماذية (المغذية) في النبات وأعراض نقصها

العنصر	وظيفته	أعراض نقصه
N	تركيب البروتينات واليخضور	اصفرار الأوراق القديمة وتكون ذات لون أخضر فاتح أو أخضر مصفر أو أصفر، ويؤدي نقصه إلى انخفاض معدل النمو وتقرم النبات وتساقط الأزهار والثمار.
P	تركيب الفاييتين والأحماض النووية ومركبات الطاقة واستقلاب السكريات وتشكل الثمار	يكون لون الأوراق السفلية أرجوانياً أو برونزياً. وسقوط هذه الأوراق قبل أوانها وتقرم في نمو الجذور والسيقان وقلة في الأزهار وتأخر في تكوين البراعم الورقية وتفتحها.

K	انتقال الكربوهيدرات وتخزينها في الثمار والجذور	اصفرار حواف الأوراق السفلية، ثم تحول لونها إلى بني بما يشبه الاحتراق، ومن ثم يمتد الاصفرار على كامل الورقة لينتقل فيما بعد إلى الأوراق الحديثة.
Ca	تركيب الجدر الخلوية	تشوه الأوراق الحديثة، وتكون صغيرة ولونها الأخضر الداكن غير عادي. تصبح مجعدة وطرية نتيجة انحلال جدر الخلايا ويضعف نمو البرعم الطرفي، مع حدوث تكسير في السويقات الصغيرة . ضعف عام للسيقان.
Mg	تركيب اليخضور	اصفرار الأوراق القديمة بشكل متداخل مع اللون الأخضر للورقة على هيئة شريط، و يحدث التواء لحواف الأوراق إلى أعلى، وعند استمرار النقص تتحول البقع إلى اللون الرمادي ثم إلى اللون البني أو ارجواني.
S	تركيب بعض الأحماض الأمينية والفيتامينات وبناء اليخضور	تتشابه أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص الآزوت، إلا أن أعراض النقص في الكبريت تظهر على الأوراق الحديثة أولاً، وذلك لأنه عنصر غير متحرك (بطيئ) داخل النبات.
Fe	تركيب اليخضور وإنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك بعض أنزيمات التنفس	اصفرار لأوراق الحديثة باللون الأخضر مع بقاء العرق الرئيس أخضر، أما في حالة النقص الشديد فيصبح لون الأوراق أبيض. وفي النجيليات يتجلى نقص الحديد على شكل خطوط موازية للعرق الوسطي.
Mn	تركيب اليخضور وإنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك بعض إنزيمات التنفس	ظهور اصفرار بين عروق الأوراق الحديثة، ثم تنتشر بقع بنية لأنسجة ميتة موزعة على الورقة مع بقاء عروق الورقة خضراء داكنة .

Zn	يساهم في تكوين هرمونات نمو الخلايا	اصفرار بين عروق الأوراق الحديثة، مع بقاء عروق الورقة خضراء داكنة (أى تبدو الورقة مبرقشة كلوحة الشطرنج. وفي اللوزيات والتفاحيات تظهر الأوراق بشكل وريدة.
Cu	تركيب كثير من الإنزيمات وخاصة التنفس	يتحول لون الأوراق الحديثة إلى اللون الأبيض مع صغر حجمها عن الحجم الطبيعي وقصر السلاسل بين العقد، ومن ثم تقزم النبات وتساقط الأزهار.
B	تأثير مهم في الإزهار والثمار وانتقال السكريات	انخفاض تكوين الأزهار وتأخر النضج، و ظهور تعفن القلب الأسود في الشوندر السكري، التقاف الأوراق في البطاطا، والقلب البني في اللفت، والاسمرار في القرنبيط والتبوع الفليني الداخلي في التفاح.
Mo	تشكل العقد الجذرية	تكون أعراض نقص هذا العنصر مشابهة لأعراض نقص الآزوت، خاصة في النباتات البقولية، ويؤثر نقصه على كمية الآزوت المثبتة بوساطة البكتريا. وتصبح الأوراق شاحبة اللون وفي النهاية تذبل.

الفصل الثاني:

المادة العضوية وعلاقتها بخصوبة التربة

1- مفهوم المادة العضوية **organic matter** :

هي عبارة عن البقايا النباتية والحيوانية الموجودة في التربة، مضافاً إليها الكائنات الحية الدقيقة الموجودة، سواء كانت هذه المخلفات متحللة أو مقاومة للتحلل.

2- مفهوم الدبال **Humus** (المواد الهيومية **Humic substances**):

هو الجزء المتبدل المتحول بفعل الأحياء الدقيقة، انطلاقاً من مادة عضوية خام وغالباً ما يتكون من اللغنين والبروتين (40-45% لجنين 30-35% بروتين) وبعض المواد الدهنية، وهو أكثر ثباتاً ومقاومة لفعل الأحياء الدقيقة، ويكون تحلله بطيئاً جداً حيث يقع ما بين 1.5-2.5 %، وتكون المادة العضوية في التربة كميالي :

1- مُخَلَّفَات غير متفسخة (غير متفككة) وتضم المخلفات الطازجة وهذه يمكن تمييز نسجها، وحتى والتعرف على أصلها.

2- مُخَلَّفَات نصف متفسخة (متفككة) تقع وسطاً بين المجموعة الأولى والدبال

3- الدبال **Humus**، وهو المادة العضوية المعقدة والناجمة من عمليات التحلل الأولي والثانوي والتبدل.

3- مصادر المادة العضوية في التربة:

تعد المخلفات النباتية والحيوانية ومخلفات التصنيع العضوية مصادر للمادة العضوية في التربة، ويبين الجدول (6) أنواع المخلفات العضوية و نسبة الـ (C/N) لبعضها.

- تركيب المادة العضوية في التربة:

تتركب المادة العضوية من مادة جافة وماء، ويشكل الماء حوالي 75% أو أكثر من تركيب الأنسجة، أما المادة الجافة فتتكون من كربون وأكسجين وهيدروجين وآزوت وعناصر معدنية أخرى. يشكل الكربون تقريباً نصف المادة العضوية وترتبط ذرات الكربون مع العناصر الأخرى مكونة المركبات العضوية الأساسية وهي: الكربوهيدرات والبروتينات واللجنين والشموع والزيوت والدهون وغيرها من المركبات العضوية الأخرى والتي تشكل

5-15% من المادة العضوية في التربة تشمل: الكربوهيدرات: السكريات الذائبة في الماء، وكذلك السليلوز والهيميسليلوز والنشاء والبكتينات واللجنين. بينما تعد البروتينات مواد عضوية آزوتية غير ذائبة بالماء، بينما تذوب الأحماض الأمينية والأميدات بالماء. أما الدهون والزيوت فهي غلسيريدات الأحماض الدهنية لا تذوب إلا في الايثر، إضافة لذلك تحتوي المواد العضوية على مكونات غير عضوية تتمثل بالماء والرماد (يحتوي على عناصر معدنية مختلفة مغذية للنبات). أما المواد الدبالية Humic substances (هيومية وفولفية) فتشكل 80% من المادة العضوية في التربة، وهي مواد مكثفة غير متبلورة وصلت إلى درجة متقدمة من التحلل ولا تحمل أية آثار للتركيب التشريحي للمخلفات سواء كانت من أصل نباتي أو حيواني والتي تكونت منهما.

جدول (2) - أنواع المخلفات العضوية و نسبة الـ (C/N) لبعضها

المخلفات العضوية	كربون / آزوت (C/N)
مخلفات عضوية ذات نسبة C/N بين 1 و 20	
عشب أخضر - بقايا التعشيب	25-9
بقايا خضار	20-12
قش الفستق	20
تبن الفصة	19-15
زيل أبقار أو ماعز	30-11
مخلفات دجاج	15-10
مخلفات عضوية ذات نسبة C/N بين 30 و 500	
بقايا الفواكه	50-20
ورق أشجار جاف -	80-30
قش وتبن	100 - 40
تفل الزيتون	50
قش الشوفان	100 - 50
قصب الذرة	73 - 60
عرانيس الذرة	120 - 60
قش القمح	150-100
نشارة خشب ناعم وخشن	500 - 100
مواد خشبية	600 - 300

التفكك الحيوي للمخلفات العضوية:

تقوم الأحياء الدقيقة بهدف الحصول على الكربون لبناء خلاياها وكطاقة لنشاطها أو تمثيل مكوناتها للحصول على أنسجة ميكروبية جديدة، تحليل المخلفات العضوية، حيث تتفكك أولاً السكريات الذائبة في الماء، يليها النشاء ثم السليلوز فالهيميسليلوز والبروتين ثم اللجنين وهو أبطؤها في التحلل، حيث يتحول إلى غلوكوز والذي يتأكسد إلى أحماض عضوية وهذه تتأكسد بدورها إلى CO_2 وماء.

ويلاحظ بعد فترة التحلل السريع جداً انخفاض معدل التحلل واختفاء الأنسجة النباتية وتكوين مادة معقدة لها صفات جديدة أكثر مقاومة لعمليات التحلل من المواد العضوية الطازجة تميل إلى الثبات وتعرف باسم الدبال Humus. ويبين الشكل (3) مخطط التفكك الحيوي للمخلفات العضوية.

ويمكن تلخيص مراحل تفكك المخلفات العضوية إلى دبال بالمرحل الثلاث التالية:

1- تحلل المخلفات العضوية إلى مركبات بسيطة (غازات عناصر معدنية) ويسمى التحلل الأولي .

2- إعادة تعضي Reorganization (إعادة تركيب المواد والمركبات البسيطة السابقة داخل خلايا الأحياء الدقيقة) ويسمى إعادة التعضي أو التدبيل .

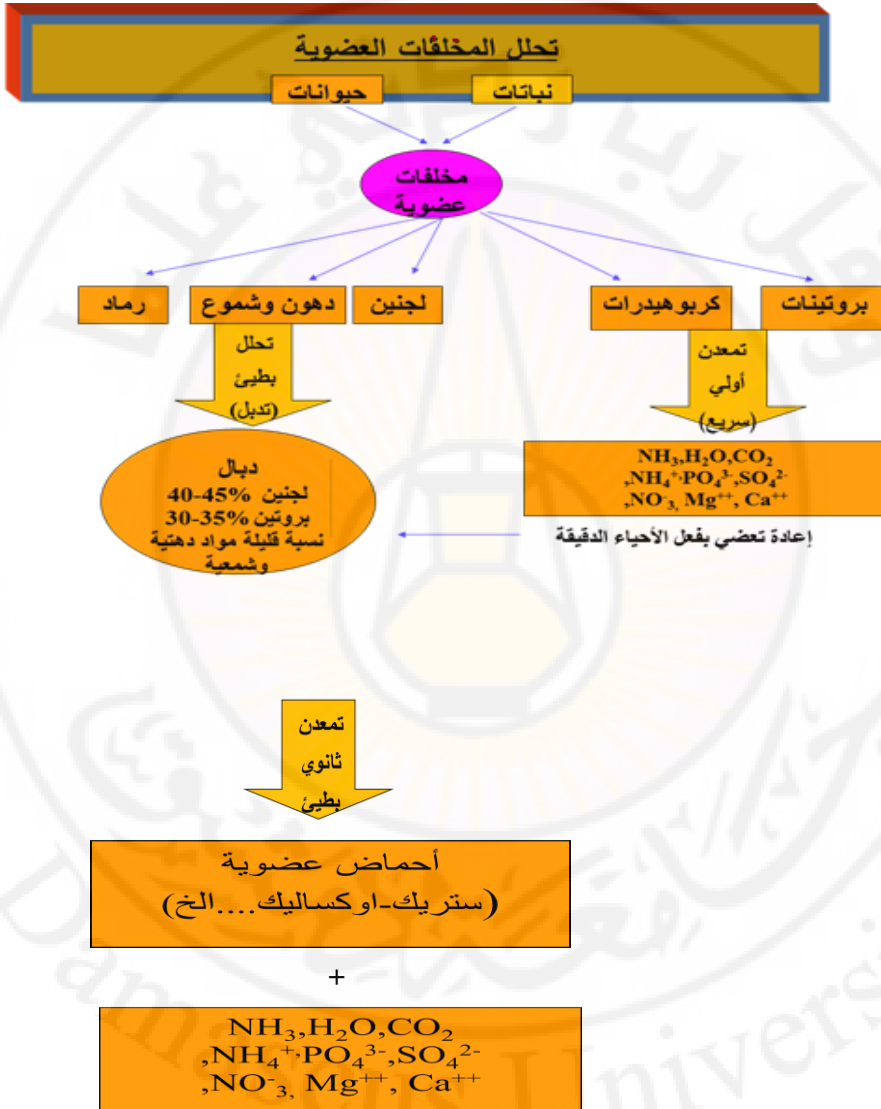
3 - التحلل الثانوي وتكوين الدبال : يتكون الدبال من عمليات التعضي مجدداً لنواتج التحلل الأولي والثانوي ويطلق على هذه العملية التدبيل .

كما يمكن تلخيص عملية تكوين الدبال بالمسارات التالية :

مسار 1: يتمثل في أن اللغنين المتبقي من اللغنين الموجود في التربة والذي لا تستفيد الأحياء الدقيقة منه يتحول هذا اللغنين المتبقي مع الأحماض الأمينية إلى دبال تربة ويسمى Residual humus.

مسار 2 و 3: يتمثل بتحول الفينولات المتعددة Poly phenols (المشتقة من اللغنين النباتي أو تلك المصنعة بواسطة الأحياء الدقيقة) إنزيمياً إلى كينونات والتي يعثرها تكثيف ذاتي أو ترتبط مع الأحماض الأمينية لتكوين البوليمرات ويسمى polymerization humus.

مسار 4 : يتمثل بنظرية تكاثف السكريات الأمينية المتعددة -Sugar Aminecondensation ، حيث يحدث تكاثف للأحماض الأمينية مع السكريات وتكون بوليمرات آزوتية (بروتينية) بنية اللون . ويسمى humus condensation.



ملاحظة تشكل الأحماض العضوية 10% من كمية الدبال

الشكل(3) - مخطط تحليل المخلفات العضوية وتكوين الدبال

4- العوامل المؤثرة في سرعة تحلل (تفسخ) المادة العضوية.

4-1- نوع المخلفات النباتية:

يتكون الدبال في ترب الغابات (الشجرية) بدرجة أقل مقارنة بترب المخلفات العشبية، حيث تتوضع المخلفات الشجرية فوق سطح التربة ويكون التفاعل بين نواتج تحللها الحمضية والقواعد في التربة قليل مما يجعلها قليلة الثبات في التربة، كما أن الحموضة الناتجة تضعف عملية التدبّل، والدبال المتكون من النوع الخشن Mor، بينما تتحلل معظم المخلفات العشبية داخل التربة مما يؤدي إلى تعادل نواتجها الحمضية مع القواعد في التربة وتثبت مما يؤدي إلى تراكمها وتكوين أكبر للدبال.

4-2- المناخ: يكون التمعّن كبيراً في التربة معتدلة الرطوبة وذات الحرارة العالية وشديدة التهوية، وكمية دبال أقل، أما التربة ذات الرطوبة العالية والحرارة المنخفضة فيكون التمعّن فيها أقل، وكمية أكبر من الدبال .

4-3- التركيب الميكانيكي للتربة: تُعد التربة الطينية أكثر قدرة على حفظ الدبال من الرملية.

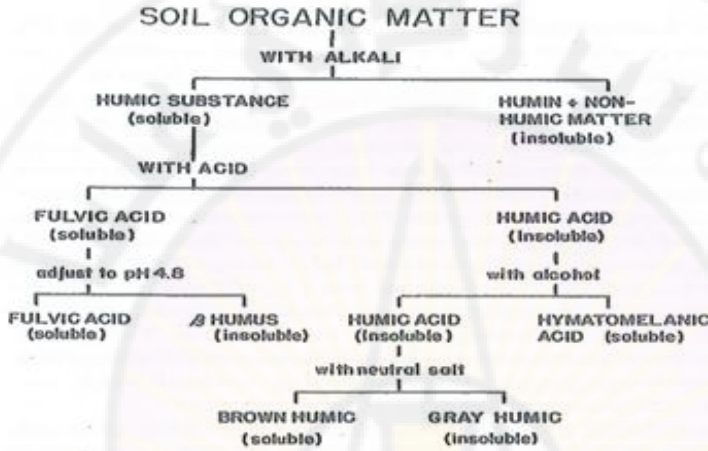
4-4- نوعية الصخور الأم: يكون مخزون الدبال في الترب الغابية المغسولة المتكونة على صخور كلسية أعلى وهذا يعود إلى دور الكالسيوم في تثبيت نواتج التحلل العضوية وحفظها من الغسل.(هيومات الكالسيوم).

4-5- التضاريس: يتكون الدبال في المناطق المنخفضة بشكل أكبر ، حيث تتلقى معدلات رطوبة أكبر، وبالتالي نمو نباتي أكبر أي مخلفات عضوية أكبر. وفي تضاريس الترب المنخفضة المالحة تكون الصورة معكوسة حيث تتكون هيومات القواعد الذائبة التي تفقد عن طريق الغسل.

استخلاص المواد الدبالية من التربة وفصلها:

Extraction and isolation of humic substances from soils

Clay-Ca-Organic matter + NaOH → Clay-Na + Organic matter-Na
(هيومات وفولفات الصوديوم ذائبة)



مخطط استخلاص المواد الدبالية

الحموض الهيومية Humic Acid : عبارة عن مواد عضوية معقدة (معقد لجنو بروتيني مرتبط بالطين) بنية اللون، تحتوي على الكربون بنسبة (50-60)% والآزوت 2-6% ولا تتحلل إلا في القلويات.

الحموض الفولفية Fulvic Acids : عبارة عن مواد عضوية معقدة (أقل احتواءً على اللجنين)، صفراء اللون، تحتوي على الكربون بنسبة (40-50)% والآزوت 2-4%، تتحلل في الماء والحموض المعدنية و القلويات.

الهيومين Humin : عبارة عن الجزء غير المستخلص من المادة العضوية أو الدبال بالمحاليل القلوية وإنما يستخلص بالمعاملة بالقلوي والحمض بالتناوب.

تصنيف الدبال حسب النسبة $C_{HA} : C_{FA}$:

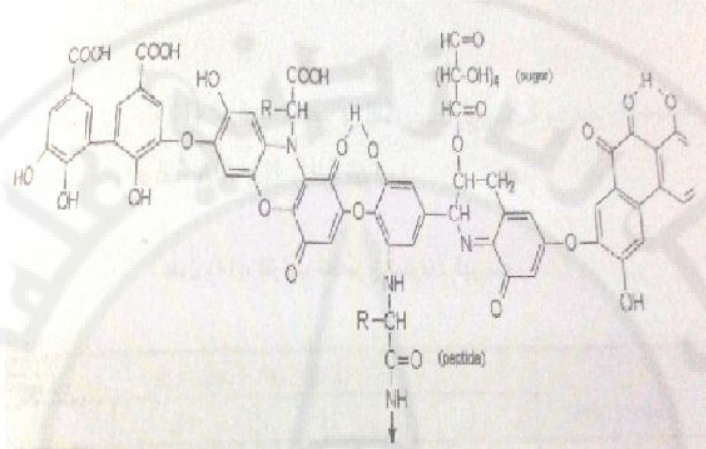
تعد هذه النسبة مؤشراً نوعياً مهماً في دبال التربة، وتعكس ظروف تكوين الدبال وخواص التربة ونوع الغطاء النباتي ويصنف الدبال استناداً إلى النسبة السابقة كالتالي:

1- دبال هيوماتي: ويتجاوز فيه النسبة المذكورة 1.5

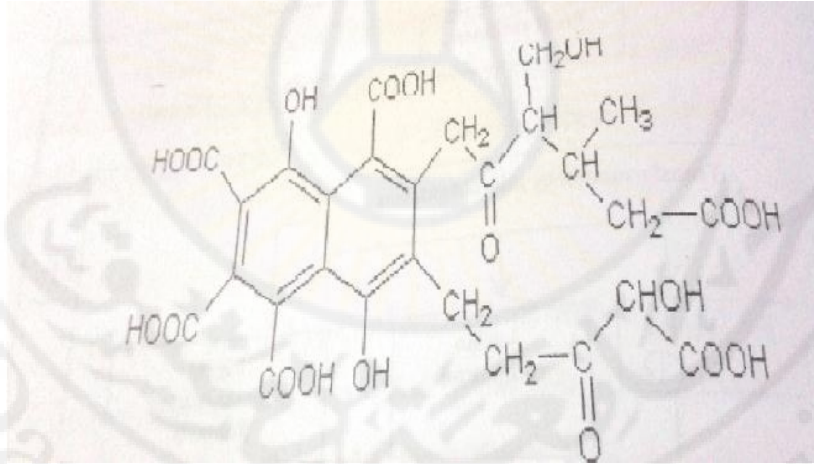
2- دبال هيوماتي فولفاتي: تقع النسبة بين 1.0-1.5

3- دبال فولفاتي- هيوماتي: تقع النسبة بين 0.5-1.0

4- دبال فولفاتي: تقل النسبة من 0.5



نموذج بنية حموض هيومية



نموذج بنية حموض فولفية

يلاحظ أن ترب الغابات (Alifisol, Spodosol, Ultisol) تتميز بمحتوى عالي من FA. تتميز ترب المروج (Grassland) مثال (Mollisol) بمحتوى عالٍ من HA. واعتماداً على ذوبانية المواد الدبالية في الحموض أو القلويات أو الكحول، يمكن فصل

المركبات الدبالية وفقاً للجدول (3)، كما يبين الشكل (4) صفات الحموض الهيومية والفولفية والهيومين :

جدول (3) فصل المركبات الدبالية

المواد الدبالية	القلوي	الحموض	الكحول
Fulvic acid.	ذَوَاب	ذَوَاب	
Humic acid	ذَوَاب	غير ذَوَاب	غير ذَوَاب
Hematomelanic acid	ذَوَاب	غير ذَوَاب	ذَوَاب
Humin	غير ذَوَاب	غير ذَوَاب	غير ذَوَاب

Fulvic acid		Humic acid		Humin
Crenic acid	Aprocenic acid	Brown humic acids	Grey humic acids	-
Light yellow	Yellow brown	Dark brown	Grey black	Black
—————→ increase in degree of polymerization —————→ increase in intensity of colour 1,000 ———→ 300,000+ increase in molecular weight 45% ———→ 62% increase in carbon content 48% ———→ 30% decrease in oxygen content 1400 ———→ 500 decrease in exchange acidity —————→ decrease in the degree of solubility —————→ decrease in carboxyl and hydroxyl groups				

الشكل (4) صفات الحموض الهيومية والفولفية والهيومين
وقد تم التوصل إلى المتوسطين العاميين لتراكيب هذه الاحماض الدبالية

Humic acid (HA) $C_{187}H_{186}O_{89}N_9S$

Fulvic acid (FA) $C_{135}H_{182}O_{95}N_5S_2$

- أهم المجموعات الوظيفية الفعالة في المواد العضوية:

Carboxyl الكربوكسيل $COOH$

Phenol الهيدروكسيل الفينولي OH

Alcohol الهيدروكسيل الكحولي $C - C - OH$

الميتوكسيل $C - NH_2$ أمين $Amin.-OCH_3$

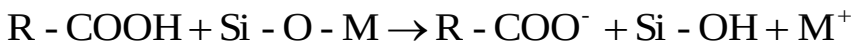
إن وجود هذه المجموعات مهماً في ظهور بعض الصفات المهمة للمركبات العضوية:

- عدد من هذه المجموعات عبارة عن أحماض قوية نسبياً حيث اللوغاريتم السالب لثابت تشرد الحمض pKa تتراوح بين 3.5 و 6، لذلك يمكن اعتبار هذه المجموعات مسؤولة عن جزء مهم من حموضة التربة، أما بالنسبة لمجموعة الفينول فهي أقل حموضة من المجموعات الأخرى، لكن يمكن لها أن تحرر الهيدروجين عند pH 6 - 7 وأكثر.
- تملك المركبات العضوية قوة عالية لتشكل المعقدات والمركبات المخلبية highcomplexing or chelating power نتيجة لوجود هذه المجموعات الفعالة وخاصة COOH- و OH-، وهذه الصفة هامة جداً بالنسبة للتجويه وتحريك بعض العناصر في التربة مثل Al و Fe وكذلك عملية البذرلة.
- تعد المادة العضوية من المركبات المحبة للماء hydrophilic ، بمعنى أنها تميل لإحاطة نفسها بجزيئات الماء، وهذا يعود إلى الصفة القطبية polarcharacter لكل من C = O أو C - OH وكذلك مجموعة H₂O .
- تعمل المادة العضوية في التربة على تنشيط فعالية الكائنات الحية biological activity، يعتمد هذا النشاط مبدئياً على تفاعلات الأكسدة لإنتاج الطاقة اللازمة لعمليات الاستقلاب في الكائنات الحية الموجودة في التربة.

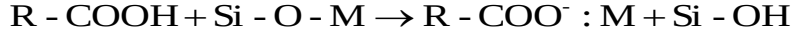
1- سلوك الأحماض العضوية Organic acids:

تتواجد هذه الأحماض إما على شكل مركبات بسيطة أو على شكل غرويات عضوية، ويمكن القول إن عملية تأيين الأحماض العضوية هي التي تحدد درجة pH الوسط (شريطة عدم وجود أحماض قوية في وسط التفاعل)، إضافة إلى ذلك تستطيع هذه الأحماض أن تتفاعل مع الأجزاء المعدنية في التربة، ويمكن لهذا التفاعل أن يتم بطريقتين:

أ- يقوم الحمض العضوي بتحطيم الرابطة بين المعدن والمادة العضوية O-M: لكن دون تشكيل معقدات مع المعدن:



ب- يقوم الحمض العضوي بتحطيم الرابطة ويشكل معقدات مع المعدن



بناءً على ما سبق يلاحظ أنه يتم تحرير المعدن M فقط في الحالة الأولى (أ).

يقوم التفاعل السابق بمعادلة الحموضة الناتجة عن الحمض العضوي، وبعد ذلك تعود الحموضة المتبقية إلى الزائد من R-COOH والصفات الحامضية للمعدن M^+ لذلك فإن pH الوسط يعتمد على وجود هذين المركبين وطالما أن هناك زيادة من R-COOH في التربة، (إما لسبب وجود كمية عالية من المادة العضوية، أو لبطء التفاعل بين المادة العضوية والمعادن القابلة للتجوية بسبب ثباتية هذه المعادن)، فإن pH الوسط يتحدد بالقوة الحامضية لهذه المجموعات.

5- أهمية المادة العضوية والدبال في تحسين صفات التربة.

إن أهم ما يميز الأسمدة العضوية هو تحولها في التربة بفعل الأحياء الدقيقة إلى دبال يعمل بما يتخلف عن شكله ومن ثم تمعدنه السريع والبطيء كصمام أمان يحد من دور الطور المعدني للتربة في تثبيت العديد من العناصر الخصوبية الهامة كالأزوت والفوسفور والبوتاسيوم والعناصر الصغرى Microelements كالحديد وغيره، تثبيطاً غير عكوس ويعود ذلك إلى الدور الحاسم الذي تؤديه الأحياء الدقيقة التي تستوطن التربة، في اعتمادها على هذا الدبال ونواتج تفككه كوقود حيوي يؤمن ديمومة حيوتها ونشاطها في رفع معدل جاهزية هذه العناصر في التربة والحيلولة دون دخولها في مركبات ضعيفة الذوبان وغير متيسرة للنبات النامي، وعلاوة على ما تقدم فإن الدبال: يحسن من قوام التربة حيث يعمل على زيادة تماسك التجمعات الحبيبية للتربة بما يديه من سطح نوعي كبير، مما يزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية. كما يفكك التربة الثقيلة ويحسن نظامها الهوائي والمائي على حدٍ سواء. والدور الأهم في استدامة إنتاجيتها بأقل قدر من المدخلات الزراعية وأكبر تأثير في حفظها وصيانتها من التدهور الذي يمكن أن يعترها نتيجة الزراعات المكثفة عالية الإنتاج.

ويمكن إيجاز دور الدبال بما يلي:

– يمدّ التربة بالعناصر المغذية للنباتات مثل الكالسيوم، الكبريت والفوسفور، الحديد وكثير من العناصر الصغرى.

- تؤثر المواد الدبالية تأثيراً ذا حدين في الصفات الفيزيائية للتربة، فهي تزيد من تماسك بناء التربة وتجمعاتها الحبيبية في الخفيفة منها، كالرملية، كما تحسن من نظامها المائي، وعلى العكس من ذلك فهي تخفف من التماسك الكبير وضعف النفاذية للتربة الثقيلة، كالطينية، وتحسن من نظامها الهوائي.

- يرفع الدبال بشكل ملحوظ درجة النشاط الحيوي في التربة وبخاصة عند بداية كل إضافة للأسمدة العضوية، وما يرافق ذلك من تهيئة للريزوسفير Rhizosphere المحيط الجذري المناسب وتنشيط للعمليات الحيوية فيه، كتثبيت الآزوت الجوي التعايشي Symbiotic واللاتعايشي Non symbiotic، وزيادة المفزرات الجذرية، وحث النشاط الأنزيمي. وهذا ما دعا الكثيرين من علماء التربة لعدّ الدبال بمثابة (خميرة التربة).

- يتصف الدبال بقدرته الكبيرة على تبادل القواعد إذ تصل سعته التبادلية لحوالي (150) ميلي مكافئ و قد تزيد عن (250) ميلي مكافئ / 100 غرام .

- يتكون نتيجة تحلل المادة العضوية في التربة بعض الأحماض العضوية و هذه تعمل على إذابة بعض المركبات الغذائية قليلة الذوبان ليستفيد منها النبات ، كما أنه ينتج عن تحللها انطلاق غاز الفحم الذي يذوب في الماء مكوناً حمض الكربونيك و هذا له أثر كبير في الإذابة. و تبدو هذه الأهمية واضحة في التربة ذات المحتوى الجيري العالي حيث تتحول مركبات الفوسفور القابلة للذوبان في الماء إلى فوسفات ثنائية الكالسيوم ضعيفة الذوبان وثلاثية الكالسيوم عديمة الذوبان في الماء، لكن لدى تحلل المادة العضوية ينتج غاز CO_2 ، والذي بدوره يشكل حمض الكربون فينخفض ال PH ولو أنياً في منطقة المحيط الجذري وبالتالي الحد من تحول الفوسفات الأحادية إلى ثنائية، كما تشكل المادة العضوية أغشية تحيط بحبيبات التربة تمنع تثبيت الفوسفات.

- يسهم الدبال في تحسين الخصائص المائية للتربة، والرملية منها خاصة نظراً لسعته المائية العالية ، وبالتالي يزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

وتسهم المواد العضوية في تيسر الفوسفور والحديد من خلال الآليات التالية:

- تشكل المادة العضوية أغشية عضوية تغلف معادن الطين مما تحد أو تمنع احتجاز الفوسفات.

- يمكن للمادة العضوية من خلال أنيوناتها العضوية السالبة (المجموعات الوظيفية) أن تشكل معقدات مع الحديد (هيومات و فولفات) أكثر إذابة.
- تعمل المادة العضوية من خلال أنيوناتها السالبة (هيومات، سترات، أوكسالات) التي تحوي المجموعات الوظيفية أن تتفاعل مع الكالسيوم وبالتالي تبقى الفوسفات حرة، وكذلك تشكل معقدات فسفور عضوية ذوابة.
- تعمل مجموعة الأمين المذبذبة الشحنة على تشكيل معقد مع الفوسفات يحميها من التفاعل مع الكالسيوم في الترب الكلسية والحديد والألمنيوم في الترب الحامضية.
- تتشكل معقدات عضوية بين الحموض الفولفية والهيومية وأحماض الستريك والطرطريك والساليك والحديد تكون ذائبة وتمنع ترسب الحديد.

الفصل الثالث

الآزوت

Nitrogen

1- مقدمة Introduction

يعد الآزوت أحد أهم العناصر المغذية الكبرى التي يتطلبها النبات، حيث يدخل في تركيب الأحماض الأمينية والبروتينات واليخضور.

2- دورة الآزوت في التربة:

يبين الشكل (5) دورة الآزوت في التربة، وتتلخص دورة الآزوت بالخطوات التالية:

1- يدخل الآزوت إلى التربة بعملية تثبيت الآزوت الجوي N_2 من خلال النباتات البقولية، كما تشكل المخلفات النباتية والحيوانية والأسمدة المعدنية مصدراً آخر لأزوت التربة.

2- يتحول أزوت المخلفات العضوية إلى أحماض أمينية بعملية $Aminization$ ، ثم يتمعدن إلى أمونيوم NH_4^+ (Ammonification) بفعل الأحياء الدقيقة في التربة، وتدعى هذه العملية بالنشطرة أو التمدن Mineralization.

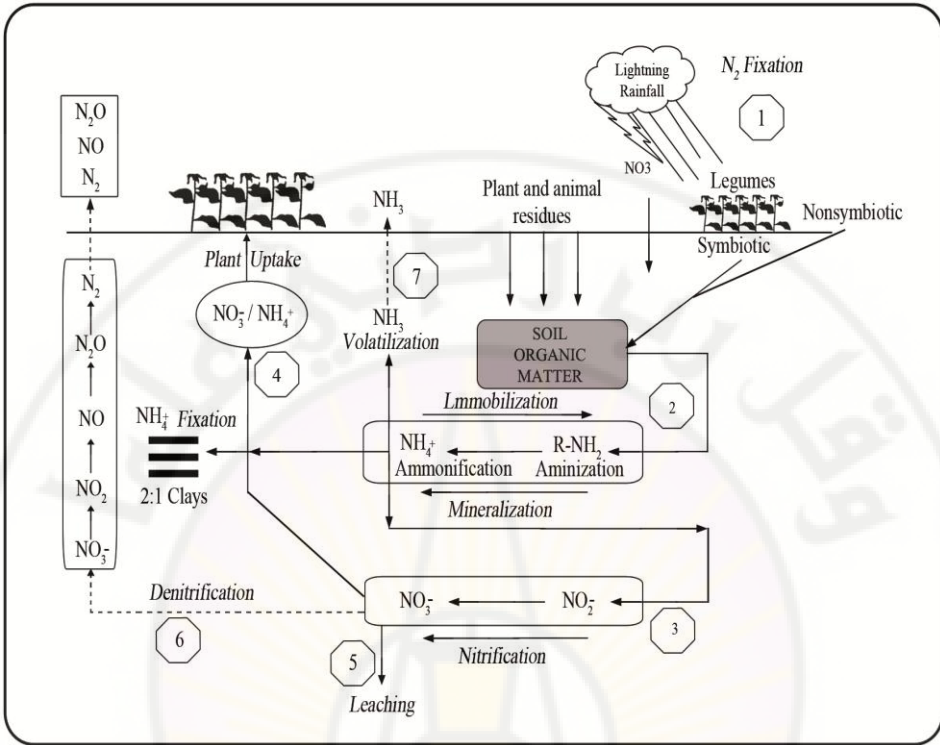
3- يتحول الأمونيوم إلى نترات ثم نترات NO_3^- بفعل بكتريا النتجة وتدعى هذه العملية بالنتجة أو التآزت Nitrification.

4- يمتص النبات كل من الأمونيوم NH_4^+ والنترات NO_3^- لتصنيع البروتينات.

5- يحدث غسل Leaching لجزء من النترات NO_3^- .

6- يتحول جزء من النترات بفعل بكتريا عكس التآزت Denitrification إلى غاز الآزوت N_2 وغازات أكاسيد الآزوت (N_2O و NO) منطلقة إلى الهواء الجوي مكملّة دورة الآزوت.

7- يتحول جزء من الأمونيوم NH_4^+ إلى أمونيا (نشار) NH_3 بفعل عملية التطاير Volatilization.



الشكل (5) دورة الآزوت في التربة

3- مصادر الآزوت وأشكاله في التربة.

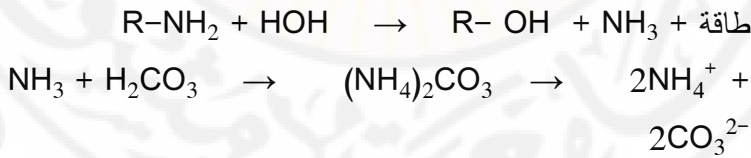
يُعدّ الآزوت من أكثر العناصر أهمية في التغذية النباتية، ويعدّ الآزوت الجوي المصدر الأساسي لأزوت التربة حيث تقوم النباتات البقولية تثبيته بالعقد البكتيرية بينما تثبته الكازورينا والزيزفون وجار الماء . . إلخ ، بمجموعاتها الخضرية، كما تعدّ الأسمدة العضوية والمعدنية المضافة إلى التربة أحد مصادر الآزوت. ويُعدّ الآزوت من أهم العناصر السمادية التي يجب إضافتها للترب الزراعية، ولاسيما أن الصخور والمعادن لا تحتوي على عنصر الآزوت في تركيبها وعلى هذا فإن المصدر الرئيس للآزوت ليس التربة، وإنما الهواء الجوي حيث يشكل الآزوت نحو 78% من حجمه، وتتراوح نسبة الآزوت الكلي في التربة بين 0.01 - 0.5%، ويشكل وسطيا ما نسبته 0.15%، يشكل الآزوت العضوي القسم الأعظم من هذه النسبة 95 - 98%، بينما لا يشكل الآزوت المعدني سوى قسم ضئيل منها 2-5% من الآزوت الكلي)، حيث تحتوي

المادة العضوية في التربة (الدبال) 5 % آزوت، ويتواجد الازوت في التربة على شكل معقدات عضوية (ارتباط اللغنين مع البروتين أو الأمونيوم، أو ارتباط الحموض الأمينية أوالبروتينات مع الطين)، أما الآزوت المعدني فإما أن يكون ذائباً في محلول التربة على شكل نترات أو مدمصاً على سطوح غرويات التربة على شكل أمونيوم، وتمتص النباتات الآزوت المعدني بشكله النتراتي والأمونياكي. ويتصف الشكل النتراتي بقدرته على الحركة في التربة، فهو لا يمتز على غرويات التربة ويبقى ذائباً في محلول التربة فيتحرك بحركة ذلك المحلول ويرشح بسهولة من التربة عند تعرض الترب لمعدلات عالية من الأمطار، بينما يوجد الشكل الأمونياكي ممتزاً على سطوح حبيبات الطين، ويعتمد تركيز النترات والأمونيوم في محلول التربة على النشاط الحيوي ولذا فإنهما يتغيران بتغير الظروف المختلفة مثل الحرارة والرطوبة . . . إلخ.

4- معدنة الآزوت العضوي في التربة.

يتحول الآزوت العضوي بمساعدة الأحياء الدقيقة في التربة إلى آزوت معدني خلال عملية النشدة Ammonification ، ويكون الأمونيوم NH_4^+ هو الناتج النهائي لتحلل المركبات العضوية التي تتأكسد حيويّاً متحوّلة إلى نترات NO_3^- خلال عملية النترجة Nitrification. وتبين المعادلات التالية مرحلتي النشدة والنترجة:

1- النشدة (المعدنة) :



ويكون مصير الأمونيوم الناتج:

الأكسدة إلى نترت ثم نترات بواسطة كائنات دقيقة متخصصة وذلك خلال عملية النترجة (التأزت) Nitrification، أو الامتصاص مباشرة بواسطة النبات علماً بأن النبات يفضل الشكل النتراتي للأزوت عند الامتصاص مقارنة بالشكل الأمونياكي، أو ادمصاصه على السطوح الخارجية لمعادن الطين والمادة العضوية، أو تثبيته على صورة غير ميسرة للنبات وذلك بادمصاصه على السطوح الداخلية لمعادن الطين (تثبيته بين الوحدات

البلورية)، أو يفقد من التربة بالتطاير Volatilization على شكل غاز نشادر وبخاصة في الترب الكلسية والقلوية pH أكبر من 8، وعند الإضافة السطحية والزائدة للأسمدة الأمونياكية للتربة .

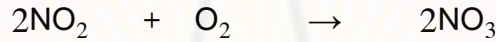
2- النتجة (التأزت): Nitrification:

هي عملية الأكسدة الحيوية (البيولوجية) للأمونيوم الناتج من عملية النشرة أو المضاف في صورة أسمدة إلى نترات، وتتم هذه العملية على مرحلتين:

أكسدة الأمونيوم إلى نترت وتقوم بها بكتريا Nitrosomonas



أكسدة النترت إلى نترات وتقوم بها بكتريا Nitrobacter



ويكون مصير النترات الناتجة:

الامتصاص من قبل النباتات النامية واستخدامها في عملية التمثيل Assimilation، الاستهلاك من قبل الأحياء الدقيقة حيث تدخل في بناء أنسجة ميكروبية جديدة و تتعرض لعملية التثبيت الحيوي للآزوت Immobilization داخل أجسام الأحياء الدقيقة، وتفضل عادة الأحياء الدقيقة تمثيل الآزوت الأمونياكي مقارنة بالآزوت النتراتي، ويتعرض الآزوت النتراتي لل فقد من التربة بالغسل Leaching في أثناء عملية الري إلى مياه الصرف وذلك لعدم قدرته على الإدمصاص على غرويات التربة لأنها تحمل شحنة سالبة، يتعرض أيون النترات في الظروف اللاهوائية إلى عملية إرجاع إلى نترت ثم إلى صورة غازية وهي N_2 , N_2O , NO تنطلق إلى الهواء الجوي مكتملة دورة الآزوت . يطلق عليها عملية عكس التأزت Denitrification.

- تطاير الأمونيا Ammonia Volatilization:

يحدث تطاير للأمونيا (NH_3) لدى إضافة الأسمدة الأمونياكية (سلفات الأمونيوم ونترات الأمونيوم) واليوربا للتربة، وكذلك الناتجة من معدنة الآزوت العضوي في التربة، وعادة يكون فقد بكمية كبيرة في الترب القاعدية والترب الغنية بكربونات الكالسيوم، وتتراوح

كمية الآزوت المفقودة بالتطاير بين (3- 50 %) من الآزوت الأمونيائي واليوريا المضاف وذلك تبعا لقوام التربة والـ PH ومعدل السماد المضاف. وتشكل قابلية أيون الأمونيوم (NH_4^+) لتشكيل روابط الكتروستاتيكية مع معادن الطين والغرويات العضوية عاملا على درجة كبيرة من الأهمية يساعد في التقليل أو الحد من فقد آزوت التربة والسماد بالتطاير على شكل أمونيا. ويعتمد التفاعل الأساسي في هذه العملية على ضم الأمونيا لبروتون ليتشكل كاتيون الأمونيوم الذي يقوم بعملية التبادل مع أحد الكاتيونات الممتازة على الطين و الدبال، أما في الترب الكلسية فتتطاير الأمونيا نتيجة التحلل المائي لكربونات الكالسيوم وتحرر كل من الكالسيوم والهيدروكسيل وتفاعلها مع سلفات الأمونيا وتحرر الأمونيا، وكذلك نتيجة تكون كربونات الأمونيوم والتي تتحلل مائيا وتتطلق الأمونيا، ويوجد العديد من العوامل التي تؤثر على تطاير الأمونيا:

- درجة pH التربة: يزداد تطاير الأمونيا بارتفاع pH التربة عن 7.
- محتوى التربة من الكربونات الكلية: يزداد تطاير الأمونيا عموما في الترب الكلسية، وبخاصة عندما تتم إضافة الأسمدة الأمونياكية واليوريا إلى التربة بطريقة سطحية.
- درجة الحرارة: يزداد تطاير الأمونيا مع ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض مستوى رطوبة التربة.

- سعة التبادل الكاتيوني: يزداد تطاير الأمونيا مع انخفاض السعة التبادلية للتربة، كما هو الحال في الترب الرملية، فكاتيون (NH_4^+) يمكن أن يمتز على الطين والدبال، مما يقلل التطاير.

وبصفة عامه يمكن خفض الكمية المتطايرة للأمونيوم بخلط الأسمدة الأمونياكية أو النشادرية (الأمونيا) مع الطبقة السطحية من التربة الزراعية أو وضعه تحت سطح التربة، ولكن يفضل إضافة الأسمدة النتراتية لمثل هذه الترب.

العوامل المؤثرة في تيسره في التربة:

1- المناخ: يؤثر المناخ في نشاط الأحياء الدقيقة وفي نمو النبات حيث يؤدي نمو الغطاء النباتي وتطور المادة العضوية الناتجة عنه إلى زيادة الآزوت العضوي في التربة.

كما تعمل الحرارة المرتفعة والرطوبة المناسبة على تقليل كمية الآزوت نتيجة تسريع عملية التحلل وبالتالي تقليل كمية المخزون العضوي في التربة .

2- الغطاء النباتي: يؤثر في كمية الآزوت الكلية، فقد وجد أن النسبة المئوية للآزوت في ترب الأعشاب تكون أكبر من ترب الغابات، لأن كمية الدبال المتكونة تحت الغطاء العشبي أكبر مقارنة بالغابي.

3- الاتجاه أو المعرض: تتأثر نسبة الآزوت بالمعرض إذ ترتفع نسبة الآزوت على المعارض الشمالية مقارنة بالجنوبية نظراً لإرتفاع الحرارة وتسريع عمليات التحلل وفقد المخزون العضوي في المعارض الجنوبية .

4- خصائص التربة: تتأثر نسبة الآزوت في التربة بالنسيج والنفاذية والتهوية.

سلوك الآزوت في الترب الكلسية و الحامضية:

يمتص النبات عادة الآزوت على شكل نترات بصورة رئيسة وأمونيوم بصورة ثانوية. يحدث تطاير للأمونيا (NH_3) عند إضافة الأسمدة الأمونياكية (سلفات الأمونيوم ونترات الأمونيوم) أو اليوريا للتربة، وكذلك الناتجة من معدنة الآزوت العضوي في التربة. وعادة يكون الفقد بكمية كبيرة في الترب القاعدية والترب الغنية بكاربونات الكالسيوم نتيجة التحلل المائي لكاربونات الكالسيوم وتحرر كل من الكالسيوم والهيدروكسيل وتفاعلها مع سلفات الأمونيوم وتحرر الأمونيا، وكذلك نتيجة تشكل كربونات الأمونيوم التي تتحلل مائياً وتتطلق الأمونيا.

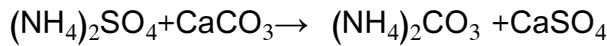
أولاً: يحدث تحلل مائي لكاربونات الكالسيوم



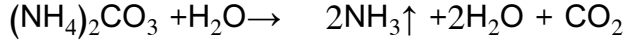
يتحد أيون الكالسيوم وأيون الهيدروكسيل الناتج من الخطوة السابقة مع السماد (سلفات الأمونيوم مثلاً).



أو يحدث تفاعل بين كربونات الكالسيوم مع كبريتات الأمونيوم ويتكون كربونات الأمونيوم.



أو يحدث تحلل لكريونات الأمونيوم.



ينصح بإضافة الأسمدة الأمونياكية أو الأمونيا إلى التربة الكلسية والمائلة للقلوية وذلك لتأثيرها الحامضي وخفض الـ pH ، مما يساهم في تيسر العناصر المغذية ، شريطة ري التربة مباشرة بعد إضافتها أو طمرها بالتربة وذلك للتقليل من التطاير، أما في الترب المائلة للحموضة فينصح بإضافة الأسمدة النتراية بصورة نترات كالسيوم أو مغنسيوم .

5- **الآزوت وأعراض نقصه:** يمتص النبات الآزوت من التربة بصورة معدنية إما على شكل أيون نترات (NO_3^-) أو على شكل أيون أمونيوم (NH_4^+) وتتراوح نسبة الآزوت الكلي في النبات من 1-4%. ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقصه في النبات عندما تنخفض نسبته عن 1.5%. تظهر أعراض نقص الآزوت في كل من الترب الرملية والفقيرة بالمادة العضوية، والآزوت عنصر سريع الحركة لذلك غالباً ما تظهر أعراض نقصه بداية على الأوراق القديمة، وتتجلى هذه الأعراض عموماً باصفرار الأوراق، وانخفاض معدل النمو، وتقزم النبات وتساقط الأزهار والثمار . وتظهر أعراض نقصه على بعض النباتات كما يلي:

البندورة والبطاطا والخيار: تقزم النبات، تلون الأوراق السفلية في البداية بلون أخضر فاتح أو أخضر مصفر ثم يتحول كل النبات إلى اللون الأصفر .

القمح: الأوراق السفلية صفراء، السوق نحيلة مائلة للأحمرار، وتكون الأوراق العلوية خضراء مصفرة، و تقزم النبات.

القطن: تكون الأوراق السفلية ذات لون أخضر مصفر، وتنتشر الأعراض إلى أعلى النبات، وفي حالات النقص الشديد تظهر الساق بشكل قرمزي وتقزم النبات.

أعراض النقص على الأشجار:

التفاح: تكون الأوراق صغيرة وذات صبغات صفراء وحمراء.

الزيتون: تكون الأوراق السفلية صفراء وصغيرة، ويلاحظ ضعف عام، وأزهار متفرقة.

الدراق : تكون الأوراق شاحبة صفراء ويظهر عليها بقع بنية.

6- المستويات الخصوبية للآزوت في التربة والنبات.

تبين الجداول التالية (4-5-6) المستويات الخصوبية للآزوت في التربة والنبات:

جدول (4) مستويات الآزوت المعدني (المتاح) في التربة

المستويات الخصوبية في التربة						Nمعدني N-(NH ₄ +NO ₃) مغ/كغ
زائد	عالي	كاف	متوسط	منخفض	منخفض جداً	
>30	30-20	20-15	15-9.1	9-5	<5	

(FAO,2007)

وحسب Jones (2001): آزوت نتراتى (N-NO₃) في الطبقة المزروعة من التربة بالجزء بالمليون:

منخفض > 10

متوسط 20 - 10

عالي 30 - 20

مرتفع < 30

جدول (5) مستويات الآزوت الكلي في التربة

	منخفض	متوسط	غنية	غنية جداً
%N	0.05-0	0.119-0.06	0.16-0.12	0.16<

(فاو 2007)

جدول (6) مستويات الآزوت في النبات

المستويات الخصوبية في النبات					%N
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
<1.25	1.75-1.25	3.0-1.75	4-3	4	

(FAO,2007)

7- أهم أسمدة الآزوت:

1-الأمونيا:

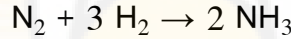
- الأمونيا اللامائية أو الغازية (النشادر) NH₃ : تدخل الأمونيا NH₃ في تصنيع أكثر من 95 % من الأسمدة الآزوتية. وتعد من أغنى المركبات بالآزوت إذ تبلغ نسبة الآزوت

82.3 %، حيث تحقق في التربة على عمق 5-15 سم. يحتاج استعمال الأمونيا في التسميد إلى آلات خاصة تستطيع حقنها إلى العمق المناسب منعاً من فقدها بالتطاير. كما يمكن تسميد الترب الزراعية بالأمونيا عن طريق مياه الري. وبالرغم من سهولة هذه الطريقة إلا أنها لا تخلو من بعض العيوب حيث تؤدي إلى ارتفاع pH المحلول (الماء) مما يؤدي إلى ترسيب الكالسيوم الذي يعمل على سد أنابيب نقل المياه وفوهات خروجها. أضف إلى ذلك تطايرها إلى الجو عند إضافتها إلى الماء بتركيز عالية .

- **الأمونيا السائلة:** تحضر الأمونيا مع الماء من محاليل مائية يطلق عليها اسم الأمونيا السائلة. تحتوي على 20% آزوت، وهي أقل خطراً وأسهل استعمالاً من الامونيا اللامائية، وتحضر هذه المحاليل في المواقع التي ستستعمل فيها هذه المحاليل أو بالقرب منها.

تصنيع الأمونيا بطريقة هابر - بوش Haber-Bosch

هي طريقة صناعية لإنتاج النشادر من الآزوت والهيدروجين، وهي الطريقة الرئيسة في إنتاج الأمونيا :



تجري هذه العملية تحت ضغط جوي كبير يكون ما بين 200 - 250 ضغط جوي وعند درجة حرارة كبيرة أيضاً تصل إلى نحو 550° م، وفي هذه الظروف تتحد ثلاثة أجزاء من الهيدروجين مع جزء وحيد من الآزوت لتكون بذلك النشادر (NH₃) .

2- الأسمدة الأمونياكية (النشادرية):

تحتوي على الآزوت بصورة أمونيوم NH₄⁺:

- سلفات الأمونيوم: (NH₄)₂SO₄ ، 21%.

يطلق عليه تجارياً اسم سلفات الأمونيوم وهو من أقدم الأسمدة الآزوتية وأكثرها انتشاراً.

التصنيع:: يصنع من تفاعل الأمونيا مع حمض الكبريت:



صفاته: سهل الذوبان، نسبة المادة الفعالة 21%، لونه أبيض سكري ، يدمص على معقد الادمصاص، له تأثير حامضي على التربة لذا يستخدم في الترب القلوية، قد يخلط مع سوبر الفوسفات وسلفات البوتاسيوم ولا يخلط مع الجير (كربونات الكالسيوم).

- كلور الأمونيوم: NH_4Cl ، 24%.

يحضر بمعاملة الأمونيوم بحمض كلور الماء وتكون نسبة الآزوت فيه عالية قليلاً تصل إلى 24% ويكون بالكامل على صورة أمونيا. يحضر هذا السماد على صورة حبيبات سهلة النثر وتتميز بقلّة ثمنها، ويعد هذا السماد حامضي التأثير لذلك يفضل إضافته للترب التي تميل إلى القلوية.

3- الأسمدة النتراتية: تحتوي الآزوت بصورة نترات NO_3^- :

- نترات الصوديوم (نترات تشيلي) NaNO_3 : يوجد بصورة صخور وقد يصنع من تفاعل كربونات الكالسيوم مع حمض الآزوت.

- نترات الكالسيوم $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: يصنع من تفاعل حمض الآزوت مع كربونات الكالسيوم:

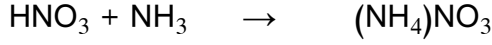


صفاته: نسبة المادة الفعالة 15.5 %، يحتوي 19 % كالسيوم، سهل الذوبان في الماء، له تأثير قلوي على التربة، سريع الغسل، لونه أبيض، محب للماء، مجمع للتربة، يستعمل على المدى الطويل لرفع درجة حموضة التربة ويفضل استخدامه في الترب الحامضية والرملية والحديثة.

4- الأسمدة الأمونياكية النتراتية:

تحتوي على الآزوت بشكل أمونيوم ونترات ويكون نصف الآزوت بهذه الأسمدة بصورة نترات بينما يوجد النصف الآخر على صورة أمونيوم وتشمل: نترات الأمونيوم ، نترات كبريتات الأمونيوم، النتراتشوك، النتروجبس، كالنترو.

- نترات الأمونيوم (35%): تحتوي نترات الأمونيوم النقية على (35%) آزوت، نصفها على صورة نترات والنصف الآخر على صورة أمونيوم، يحضر هذا السماد بتمرير غاز الأمونيوم في حمض الآزوت.



لا يترك هذا السماد أي أثر تراكمي في التربة عند استعماله وذلك لأن النبات يمتص كلا شقيه، وبذلك فإن هذا السماد يعد أكثر الأسمدة azotية مفعولاً نظراً لطبيعة تركيبه وسرعة ذوبانه في الماء. تأثيره حامضي على التربة.

- النتروتشوك (نترات الأمونيوم الجيري 15.5%):

يحضر بخلط نترات الأمونيوم مع الحجر الجيري ويحتوي هذا السماد على (15.5%) أزوت نصفه على صورة نترات والنصف الآخر على صورة أمونيوم.

- النتروجبس (21%):

يحضر بخلط نترات الأمونيوم مع الجبس ولهذا السماد ميزتان هما:

- عدم ميل الأمونيوم للتطاير بفعل كربونات الكالسيوم.

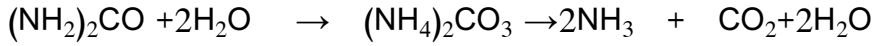
- يحتوي على الجبس الذي يستعمل لمعالجة الترب القلوية.

- الكالنترو (21%):

يحضر هذا السماد بصهر نترات الأمونيوم ثم خلطها بكربونات الكالسيوم ويحتوي هذا السماد على (21%) أزوت نصفها نتراتي ونصفها الآخر أمونيوم، ويشبه النتروتشوك في جميع خواصه وطرائق استعماله.

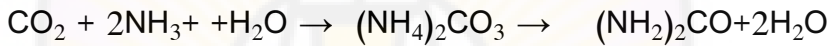
5- الأسمدة الأميدية: يكون معظم الآزوت الموجود فيها على صورة الأميد والأميد عبارة عن مجموعة كربونيل متصلة بمجموعة أمين. وتشمل اليوريا $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ، سيانيد الكالسيوم CaCN_2 .

- اليوريا $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ، 46%: مادة صلبة بيضاء، وتحتوي نحو 46% أزوت. وتتمتع بأقطار تتراوح ما بين 2مم- 4مم، محتوى اليوريت فيه أقل من 1%، ونسبة الرطوبة أقل من 0.5%، محتوى الآزوت حوالي 46.5% و محتوى الفورمالدهيد 0.55% . وتحلل اليوريا مائياً بأنزيم اليورياز Urease عند إضافتها إلى التربة خلال بضعة أيام معطية كربونات الأمونيوم التي تتحلل بدورها لتعطي غاز النشادر وغاز ثاني أكسيد الكربون وفق ما يلي:



كما يمكن أن تتحلله كربونات الأمونيوم. وأن تكون الأمونيوم الذي يمكن أن يدمص على غرويات التربة ويمتص تدريجياً بجذور المزروعات. ونتيجة التحلل المائي لليوريا تفقد كميات كبيرة من الآزوت خاصة عند ترك اليوريا مدة طويلة على سطح التربة. ويمكن منع هذا الفقد بطمر اليوريا في التربة بأية عملية زراعية حيث يدمص الأمونيوم الناتج على غرويات التربة، وبهذه الطريقة يمنع أيضاً فقد الآزوت مع مياه الأمطار ومياه الري الراشحة عبر مقطع التربة. كما أن تحلل اليوريا يكون أبطأ في ترب المناطق الجافة منه في ترب المناطق الرطبة. تستعمل اليوريا في تسميد الترب الزراعية كما أن محاليلها تستعمل مباشرة في تغذية النبات عن طريق رش المجموع الخضري، وإن استعمال اليوريا في الرش على الأوراق أفضل من بقية الأسمدة الآزوتية.

التصنيع : يصنع سماد اليوريا من التفاعل التالي:



6- الأسمدة بطيئة الامداد:

الهدف منها رفع كفاءة استخدام الأسمدة الآزوتية حيث أن معظمها سهل الذوبان ويحدث لها فقد بالغسيل أو بالتطاير أو بعملية عكس التأزت، إضافة إلى حدوث تلوث بيئي بسببها، لذا يضاف هذا النوع من الأسمدة بطيئة الذوبان لإمداد النبات بحاجته من الآزوت طوال فترة النمو.

التصنيع: - تغليف السماد بمادة صعبة الذوبان مثل: اليوريا المغلفة بالكبريت.

- تغليف السماد بمادة مسامية تسمح بدخول الماء.

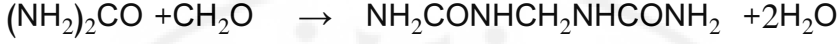
- التغليف بمواد عند انتشار الماء خلالها تعمل على حدوث ضغط مما يؤدي إلى كسر الغلاف.

ومن الأسمدة الآزوتية بطيئة الامداد:

- الميثيلين ثنائي اليوريا: Methylene di urea:

يسمى أيضاً يوريا فورم Urea Form ويتم الحصول على هذا المركب من بلمرة اليوريا والفورمالدهيد ومن هذه العملية يتم الحصول على الميثيلين يوريا المبلمرة بسلاسل تختلف

بالطول والوزن وتتراوح البوليمرات بين الميثيلين ثنائي اليوريا وخماسي الميثيلين سداسي اليوريا. وتبين المعادلة التالية آلية اصطناع الميثيلين ثنائي اليوريا من تفاعل اليوريا مع الفورمالدهيد:



ميثيلين ثنائي يوريا فورمالدهيد يوريا

يتحلل هذا السماد في التربة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وعمليات التحلل المائي، والآزوت الناتج عن هذه العمليات يمد النبات عاجلاً أم آجلاً بالآزوت اللازم.

- اليوريا الكبريتية :

تغلف اليوريا بواسطة الكبريت فيتم الحصول على سماد يحتوي حتى 40% آزوت و 15% كبريت، عند إضافة هذا السماد للتربة يتأكسد إلى كبريتات SO_4^{--} وتتحلل اليوريا ببطء لتتحول بعمليات التحلل المائي والأكسدة الأنزيمية إلى نترات NO_3^-

- أسمدة أخرى بطيئة الامداد:

توجد في الأسواق أسمدة كيميائية بطيئة الامداد تجارية من أهم هذه المركبات:

- بلانتوسان (20- 10- 15- 4 + عناصر مغذية صغرى) يحتوي كل العناصر المغذية الكبرى والصغرى.

- بلانتاكوت - 8 أشهر: 16-10-12-2 +عناصر صغرى. تغلف حبيبات السماد بمواد راتنجية وتستمر الفائدة منه 7-8 أشهر.

- ازولدن 38ن: يحتوي 38% آزوتت ضعيف الذوبان يتكون من ميثيل اليوريا.

- مثبطات النترجة: Nitrification Inhibitor

تضاف مانعات النترجة إلى الأسمدة الأمونياكية ومحاليل الأمونيا بغرض إبطاء الامداد بالآزوت، وتستعمل لهذا الغرض مركبات متعددة، أهمها: 2-Chloro-6-pyridine (trichloromethyl) والمسجل تحت اسم N-Serve يخلط مانع النترجة عادة مع الأسمدة الكيميائية بنسبة تتراوح بين 1 و 2% وزناً . يمكن أن يؤدي هذا المركب إلى تسمم النباتات إذا زاد تركيزه على 5 أو 10 جزء بالمليون ppm . تقلل مثبطات النترجة من فقد الآزوت من التربة بالتطاير أو بالرشح مع مياه الأمطار أو مياه

الري، لأن الآزوت الأمونيائي يتحول ببطء إلى آزوت نتراتى بفعل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة.

7- الأسمدة الآزوتية السائلة:

تحتوي الآزوت بصورة محلول مائي وتقسم إلى قسمين:

-تحتوي نشادر (تضاف إلى ماء الري).

-لا تحوي نشادر إنما تحوي نترات ويوريا (تضاف إلى سطح التربة أو تحتها).

موعد وطرائق إضافة الأسمدة الآزوتية.

- موعد إضافة الأسمدة الآزوتية:

يجب إضافة الآزوت على دفعات متتالية: الأولى وقت الزراعة والباقي يضاف خلال مرحلة استطالة النبات وعند مراحل النمو المعينة.

- طرائق إضافة الأسمدة الآزوتية:

أ- الإضافة نثراً: تنثر الأسمدة الجافة بصورة متجانسة على سطح التربة أو على خندق بطول خط التنقيط كما في محاصيل الخضر أو على خندق حول جذع الشجرة في أشجار الفاكهة.

ب- الإضافة من خلال شبكات الري: تضاف الأسمدة الذائبة فقط مع مياه الري من خلال شبكات الري.

ج- الإضافة مع البذار: تعمل على تحفيز النمو الأولي السريع للبادرات، وتوضع معدلات سمادية قليلة مع البذرة وبما أن الأسمدة تكون ملائمة للبذور يجب مراعاة عدم استخدام معدلات عالية أو مركزة أو ذات تأثير ملحي.

د- الإضافة على خطوط: وضع الأسمدة على شكل شريط طولي على أحد جانبي خط البذور أو على كلا الجانبين، هذه الطريقة تقلل من التماس بين السماد والتربة مما يقلل فرص التثبيت في التربة.

هـ- الإضافة بالتكبيش: يوضع السماد تكبيشاً على بعد من النباتات بمسافة 5-10 سم من قاعدة النباتات وتجرى هذه الطريقة في حال الزراعة على خطوط.

معدل الاضافة: تضاف الأسمدة الآزوتية وفقا لتحليل التربة، وجداول توصية وزارة الزراعة ص(188).

- الأثر المتبقي للأسمدة الآزوتية في التربة:

يبين الجدول (7)- الأثر المتبقي لأهم الأسمدة الآزوتية:

الجدول (7)- الأثر المتبقي لأهم الأسمدة الآزوتية

السماد	الأثر المتبقي
يوريا	حامضي
نترات الأمونيوم	حامضي
سلفات الأمونيوم	حامضي
فوسفات الأمونيوم	حامضي
نترات الكالسيوم	قلوي خفيف (متعادل)
نترات البوتاسيوم	متعادل (خفيف القلوية)
نترات الصوديوم	قلوي
سيناميد الكالسيوم	قلوي
غاز الأمونيا	حامضي
يوريا مغلفة بالكبريت	حامضي للتأكد

ويمكن تقسيم الأسمدة الآزوتية من حيث سرعة التأثير كما يلي: الأسمدة النتراتية< الأسمدة الأمونيائية< اليوريا< الأسمدة بطيئة الذوبان.

معدل الاستفادة والمتبقي من الأسمدة الآزوتية: تتراوح كفاءة استخدام الأسمدة الآزوتية المعدنية المضافة للترب ما بين (50-60)% أما العضوية (30-20)% و 80% للتسميد الورقي أما فيما يخص المتبقي لها ففي السنة الأولى قد يصل إلى 10% ويقل فيما بعد.



الفصل الرابع

الفوسفور

Phosphorus

1- مقدمة Introduction :

يؤدي الفوسفور دوراً مهماً في تركيب الفاييتين والأحماض النووية ومركبات الطاقة ATP، ADP واستقلاب السكريات وتشكل الثمار.

2- دورة الفوسفور في التربة:

يبين الشكل (5) دورة الفوسفور في التربة، وتتلخص دورة الفوسفور بالخطوات التالية:

1- يضاف الفوسفور إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers.

2- يتحول فوسفور المادة العضوية إلى فسفور في محلول التربة على شكل H_2PO_4^- و HPO_4^{2-} بعملية التمعدين Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين Immobilization.

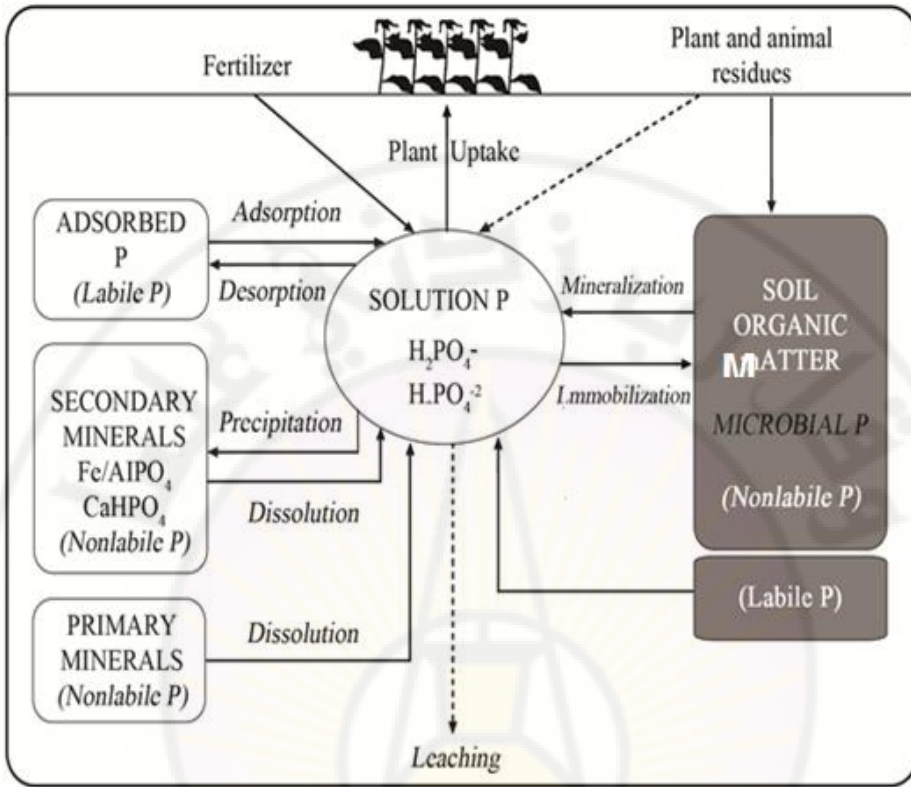
3- يحدث ادمصاص للفوسفور Adsorption على سطوح الأكاسيد وحواف الكاؤولنيت ذات الشحنة الموجبة، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

4- يمتص النبات الفوسفور على شكل H_2PO_4^- و HPO_4^{2-} .

5- تحدث عملية ترسيب Precipitation لـ H_2PO_4^- و HPO_4^{2-} نتيجة تفاعلها مع الحديد والألمنيوم في الترب الحامضية، ومع الكالسيوم في الترب الكلسية (Al, Fe PO_4) و $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$ ، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإذابة Dissolution.

6- يتحرر الفوسفور من الفلزات الأولية Primary minerals بعملية الإذابة Dissolution.

7- يحدث غسل Leaching لجزء من الفوسفور.



الشكل (5) دورة الفوسفور في التربة

3- مصادر الفوسفور وأشكاله في التربة:

يوجد الفوسفور في التربة ضمن مركبات مختلفة ، بعضها معدني (كالأباتيت، وفوسفات الكالسيوم بأنواعها المختلفة أو فوسفات الحديد والألمنيوم) ونسبته بين 25- 95 % من الفوسفور الكلي، وبعضها الآخر عضوي ونسبته 5 - 75 % من الفوسفور الكلي مثل مركب الفاييتين Phytin، الدهون الفوسفورية (الفوسفوليبيدات) والأحماض النووية وغيرها. وإضافة للشكلين الفلزي والعضوي، يمكن أن يتواجد الفوسفور ذائباً في محلول التربة على شكل فوسفات أحادية $H_2PO_4^{-1}$ أو ثنائية HPO_4^{-2} ، أو متبادلاً (مدمصاً) على السطوح المشحونة إيجابياً كخواف طين الكاؤولنيت أو أكاسيد الحديد والألمنيوم نصف الثلاثية، ويمكن للفوسفور أن يدمص على معادن الطين المشحون سلبياً بوجود جسر كاتيوني يلعبه الكالسيوم في الترب الكلسية، بينما يكون الحديد في الترب الحامضية، ويعد الشكل المتبادل قابلاً لإفادة النبات.

4- تثبيت الفوسفور في الترب الكلسية والقلوية والحامضية:

إن الفوسفور القابل لإفادة النبات لا يشكل عادة سوى نسبة بسيطة من محتوى التربة الكلي من الفوسفور. ومن المؤكد أن النبات يمتص الفوسفور على شكل فوسفات أحادية $H_2PO_4^{-1}$ أو ثنائية HPO_4^{-2} . وتختلف فوسفات التربة بمدى قابليتها للإفادة حسب نوع التربة كالتالي:

الترب الكلسية:

تكون المركبات الفوسفاتية في هذه الترب على شكل فوسفات طبيعية وهي عملياً ليست ذوابة إذا كان pH التربة < 6.5 ، ويمكن أن تكون هذه الفوسفات ذات فائدة إذا وجدت في ترب حامضية. وعلى هذا المبدأ تقوم صناعة الأسمدة الفوسفاتية بمعاملة الفوسفات الطبيعية بالحموض الكيميائية H_2SO_4 أو H_3PO_4 .

لذلك فإن إضافة الأسمدة ذات الأثر الحامضي لأزمان طويلة. مثل الأسمدة الأمونياكية إلى تربة كلسية تعمل على تحرير جزء من احتياطي فوسفات التربة. وكذلك الأمر عند إضافة الأسمدة العضوية للتربة (ولا سيما الأسمدة الخضراء) التي تحرر CO_2 ، والحموض العضوية المختلفة عند تحولاتها في التربة بفعل الأحياء الدقيقة.

الترب الحامضية:

يثبت الحديد والألمنيوم أنيونات الفوسفات بشدة في الترب الحامضية وهنا يمكن الإشارة إلى حالتين:

- معادن الطين تتكون من السيليس والحديد والألمنيوم ، وهذان الأخيران يثبتان الفوسفات بشدة تختلف باختلاف pH التربة حيث تصل قوة التثبيت شدتها بين pH (4 - 6) وتتخفض قوة التثبيت كلما ارتفع pH التربة.

- تعمل المادة العضوية في الترب الحامضية على خفض الـ pH الذي ينتج عنه زيادة ذوبان الحديد والألمنيوم التي تعمل على تثبيت أنيونات الفوسفات، بينما تعمل على تحرير احتياطي الفوسفات في الترب الكلسية .

- معدنة الفوسفور في التربة.

يتمعدن الجزء العضوي للفوسفور والمتمثل بالفاتيتين والفوسفوليبيدات والأحماض النووية إلى فوسفور معدني بواسطة عملية المعدنة Mineralization نتيجة نشاط أنواع مختلفة من الكائنات الدقيقة، وتلعب نسبة الكربون إلى الفوسفور (C/P) دوراً مهماً في تمعدن وتحلل الفوسفور، فإذا كانت نسبة C/P أقل من 200 تكون السيادة لعملية المعدنة ويحلل الفوسفور العضوي في التربة بأشكال معدنية ذائبة متاحة للنبات فوسفات أحادية $H_2PO_4^{-1}$ أو ثنائية HPO_4^{-2} ، في حين أن النسبة 300/1 أو أكثر تعني فقد الفوسفور الميسر نتيجة لعملية التثبيت الحيوي Immobilization (تمثيله من قبل الأحياء على شكل عضوي) حيث يستخدم الفوسفور المعدني الناتج عن تفكك المادة العضوية (وحتى المضاف على شكل أسمدة معدنية أو الموجود أصلاً في التربة بأشكال معدنية ذائبة) في بناء أنسجة ميكروبية جديدة. أما عندما تكون النسبة بين 200 و 300 فتكون عمليتا المعدنة والتثبيت الحيوي متساويتين وتسيران جنباً إلى جنب.

العوامل المؤثرة في تيسر الفوسفور:

- 1- كمية الطين في التربة: تزداد الكمية المثبتة من الفوسفور مع زيادة نسبة الطين. ونظراً لأن السعة التبادلية الكاتيونية لها مرتفعة فتكون كمية الكالسيوم المتبادلة مرتفعة فيحدث الاحتفاظ بالكالسيوم (فوسفات-كالسيوم-طين).
- 2- نوع معدن الطين: الترب الغنية بمعدن الطين 1:1 مثل الكاولينيت تكون قدرتها على تثبيت الفوسفور مرتفعة عن تلك الغنية بمعدن من نوع 1:2 .
- 3- زمن التفاعل: كلما زاد زمن التلامس بين أيونات الفوسفات ومكونات التربة كلما زاد معدل التثبيت وهذا الزمن يختلف من تربة إلى أخرى.
- 4- pH التربة: الشكل الأيوني للفوسفات المفضل لامتصاص الفوسفات من قبل النبات هو $H_2PO_4^{-1}$ والذي يكون سائداً في الترب ذات الـ pH ما بين (6-7).
- 5- درجة الحرارة: يزداد تثبيت الفوسفات بارتفاع درجة الحرارة.
- 6- المادة العضوية: تعد المادة العضوية بحد ذاتها مصدراً للفوسفور في التربة، و تقوم المادة العضوية وما يتفكك عنها من أحماض عضوية وانطلاق CO_2 وتشكيل حمض

5- الفوسفور وأعراض نقصه على النبات.

البدورة والبطايا : تقزم النبات وتلون بعض الأوراق والساق باللون الأرجواني أو البرونزي، سقط الأوراق السفلية.

التفاح والحمضيات والدراق والزيتون : ظهور أوراق صغيرة باهتة مع وجود صبغات أرجوانية وبرونزية.

6- المستويات الخصوية للفسفور في التربة والنبات.

جدول (8) مستويات الفوسفور المتاح في التربة

طريقة أولسن	محلول الاستخلاص	شكل الفوسفور	المستويات الخصوبية في التربة					
			ضعيف جداً	ضعيف	متوسط	كاف	عال	عالي جداً
بيكربونات الصوديوم	P	<3	8-3	11-8	15-11	20-15	25-20	25 >

(FAO,2007)

جدول (9) مستويات الفوسفور في النبات

المستويات الخصوبية في النبات					%p
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
0.15	0.25-0.15	0.5-0.26	0.8-0.5	0.8	

(FAO,2007)

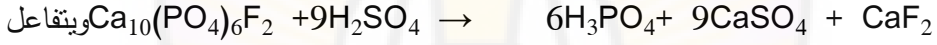
7- أهم أسمدة الفوسفور:

1- سوپر فوسفات أحادي أو بسيط (عادي) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ، (18-20%) :

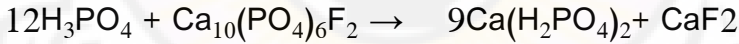
تتراوح نسبة P_2O_5 الذواب بالماء وحمض الستريك في هذا السماد بين 18-20% ، وتتوقف هذه النسبة على محتوى الفوسفات الطبيعية من الفوسفات ثلاثية الكالسيوم.

التصنيع:

يصنع من تفاعل الأباتيت مع حمض الكبريت وينتج الجبس كناتج ثانوي:



حمض الفوسفور (الناتج عن تفاعل الأباتيت مع حمض الكبريت) مع الأباتيت الموجودة في الوسط حسب التالي:



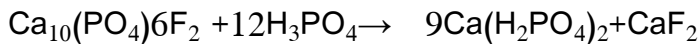
خصائصه : نسبة المادة الفعالة % 18-20 P_2O_5 ، يحتوي على الجبس % 50 ، حبيبات خشنة ، لونه رمادي ، تأثير حامضي خفيف على التربة.

2- سوپر فوسفات مركز (ثلاثي) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ Triple Super Phosphate ، (46-48%) :

يحتوي على فوسفات كالسيوم أحادية ، محتواه من الفوسفور ثلاث أمثال السماد السابق.

التصنيع:

يصنع السوبر فوسفات الثلاثي من تفاعل الأباتيت مع حمض الفوسفور بدلاً من حمض الكبريت:



3- السوبر فوسفات المخصبة SuperPhosphate enrich (25-35% P_2O_5):

ينتج هذا السماد من استبدال حمض الفوسفور بجزء من حمض الكبريت المستعمل في صناعة السوبر فوسفات العادي (البسيط) حيث يتم الحصول على سوبر فوسفات عادية مخصبة تحتوي كمية من P_2O_5 تتراوح ما بين 25-35%. تتوقف كمية P_2O_5 في هذا السماد على نسبة حمض الفوسفور إلى حمض الكبريت المضافة للتفاعل مع خام الفوسفات الطبيعي.

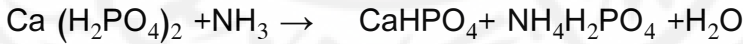
يعود انتشار هذا السماد إلى:

أ- ارتفاع تركيز P_2O_5 مقارنة بالسوبر فوسفات العادي.

ب- احتواء السماد على نسبة جيدة من سلفات الكالسيوم تزيد على 9.7% ، وتعد سلفات الكالسيوم مهمة للترب الفقيرة بالكالسيوم والكبريت.

4- سوبر فوسفات أمونياكي:

يعد هذا السماد سماداً مزدوجاً للفوسفور والآزوت ويصنع بمعاملة السوبر فوسفات العادي والسوبر فوسفات الثلاثي بالأمونيا اللامائية NH_3 أو بمحلول آزوتي كي تمتص الفوسفات في آخر مراحل تصنيعها الأمونيوم ويتعدل ما فيها من حموضة حرة. لكن زيادة كمية الأمونياك المضافة تعمل على تدني الفوسفات لتعطي أشكالاً فوسفاتية ضعيفة الذوبان، وفق التفاعل التالي:



أحادي الكالسيوم

ثنائي الكالسيوم

(ذواب)

(ضعيف الذوبان)

- فوسفات أحادية الأمونيوم (Mono Ammonical Phosphate (MAP): NH_4 H_2PO_4)

يعد هذا السماد غنياً بالفوسفور وفقيراً بالآزوت 0-62-12، يستعمل هذا السماد كمادة أولية في صناعة الأسمدة المركبة.

- فوسفات ثنائية الأمونيوم: Di Ammonical Phosphate(DAP):
 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

تبلغ نسبة كل من الفوسفور والازوت في هذا السماد P_2O_5 54% و N% 21 ،
5- نيترو فوسفات:

يحضر بمعاملة الفوسفات الخام (الأباتيت) بحمض الآزوت ويحتوي على فسفور وآزوت ويضاف له أحياناً أملاح البوتاسيوم. تحتاج صناعة هذا السماد إلى عناية أكبر وعموماً يعادل مفعولها مفعول السوبر فوسفات.

6- الصخر الفوسفاتي الطبيعي (الأباتيت):

صخر رسوبي عضوي ،نسبة المادة الفعالة 7-17 %، مسحوق صلب ، لونه رمادي ،تأثيره قلوي على التربة، يضاف نثراً قبل الزراعة في الترب الحامضية. ويمكن ان يضاف مطحوناً مع السماد العضوي خاصة في الزراعة العضوية.

موعد وطرائق إضافة الأسمدة الفوسفاتية:

- موعد إضافة الأسمدة الفوسفاتية:

يجب أن يضاف الجزء الأكبر من السماد الفوسفاتي للترب الكلسية قبل الزراعة مباشرة، ويعود ذلك لتحول الفوسفور من صورة ذائبة إلى صور أقل ذوبان في التربة. وعموماً يكون الموعد المناسب لإضافة السماد الفوسفاتي قبل الزراعة ومع الفلاحة الأخيرة مع طمرها بعمق يقرب من عمق الجذور نظراً لبطء حركة الفوسفور في كافة أنواع الترب عدا الرملية التي تضاف إليها الأسمدة الفوسفاتية بعد الزراعة نظراً لحركة الفوسفور فيها مع الماء، كما يفضل إضافة 20% من المقنن السمادي الفوسفاتي في مرحلة ما قبل الازهار إما نثراً أو رشاً على الأوراق .

- طرائق إضافة الأسمدة الفوسفاتية:

يفضل إضافة الأسمدة الفوسفاتية تكميلاً على خطوط، وفي الترب الكلسية ذات القدرة العالية على تثبيت الفوسفور، يجب أن يضاف السماد الفوسفاتي في خطوط في أقرب وقت قبل عملية الزراعة لكي يعطي أكثر النتائج فاعلية ولإعطاء الفرصة للنباتات

للحصول على أقصى حد ممكن من الفوسفور. كما يمكن إضافة جزء من المقنن السمادي الفوسفاتي رشاً عن طريق الأوراق خاصة في الترب الكلسية والجبسية.

- معدل الإضافة:

تضاف الأسمدة الفوسفاتية وفقاً لتحليل التربة، وجداول توصية وزارة الزراعة صفحة(188).

الأثر المتبقي للأسمدة الفوسفاتية في التربة:

يبين الجدول (10) - الأثر المتبقي لأهم الأسمدة الفوسفاتية:

الجدول (10) - الأثر المتبقي لأهم الأسمدة الفوسفاتية

السماد	الأثر المتبقي
سوبر فوسفات	حامضي
فوسفات الأمونيوم الأحادية والثنائية	حامضي
حمض الفوسفور	حامضي

5- طرائق تحسين فعالية (كفاءة) الأسمدة الفوسفاتية:

تعتبر فعالية الأسمدة الفوسفاتية عن درجة إذابتها، ويمكن ترتيبها حسب الفعالية إلى:

الأسمدة الفوسفاتية السائلة (حمض الفوسفور) < سوبر فوسفات < الفوسفات ثنائية الكالسيوم < الصخر الفوسفاتي. وتتراوح كفاءة الأسمدة الفوسفاتية بين 15-30% بسبب التثبيت الذي يحدث في التربة. وتعدّ هذه النسبة منخفضة نظراً لظروف التثبيت التي تحدث بالتربة (مثال): بفرض أن احتياج النبات 40 كغ P_2O_5 ، كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي 30%

الحل: كل 100 كغ سماد فوسفاتي يستفاد منها 30 كغ

40 س = 12 كغ

ومنه حتى تكون الاستفادة كاملة 100% $12/40 \times 40 = 133$ كغ P_2O_5 ،

أو: $100 = 30/40 \times 133$ كغ P_2O_5 ، أي لابد من إضافته 133 كغ P_2O_5 حتي يحصل النبات في النهاية علي احتياجاته الفعليه، كما ينبغي الأخذ في الاعتبار موعد الإضافة وطريقة الإضافة لأنهما يؤثران في كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي.

يجب أن تضاف الاسمدة الفوسفاتية (الذائبة في الماء) تكبشاً أو في جور بجوار النبات ولا تضاف نثراً، وبذلك يقلل من سطح التلامس مع التربة، ومن ثمّ نقل من التثبيت وإذا كانت طبيعة المحصول تحتاج للإضافة نثراً إذا لابد من زيادة الكمية في هذه الحالة حتى نعوض الجزء المثبت.



الفصل الخامس

البوتاسيوم

● مقدمة Introduction :

يعد البوتاسيوم من العناصر الأساسية الكبرى المهمة جداً بالنسبة للنبات، وتحتوي معظم الترب على نسبة مرتفعة منه يمكن أن تصل إلى نحو 2%، ويوجد هذا العنصر في بعض المعادن الأولية من أهمها الميكا والفلسبار.

يوجد البوتاسيوم في النبات على هيئة مركبات غير عضوية ذائبة، ولكنه يتحد بالأحماض العضوية، يلعب دوراً مهماً في عملية نقل الكربوهيدرات وتركيزها في الثمار، كما أنه ينشط الأنزيمات، وينظم محتويات الخلية من الماء. ومن المحتمل أن تظهر أعراض نقص هذا العنصر على النباتات إذا انخفض تركيزه في التربة عن 100 ppm.

2- دورة البوتاسيوم في التربة: يبين الشكل (6) دورة البوتاسيوم في التربة، وتتلخص دورة البوتاسيوم بالخطوات التالية:

1- يدخل البوتاسيوم إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers.

2- يتحول بوتاسيوم المادة العضوية إلى بوتاسيوم ذائب في محلول التربة على شكل K^+ بعملية التمعدن Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين Immobilization.

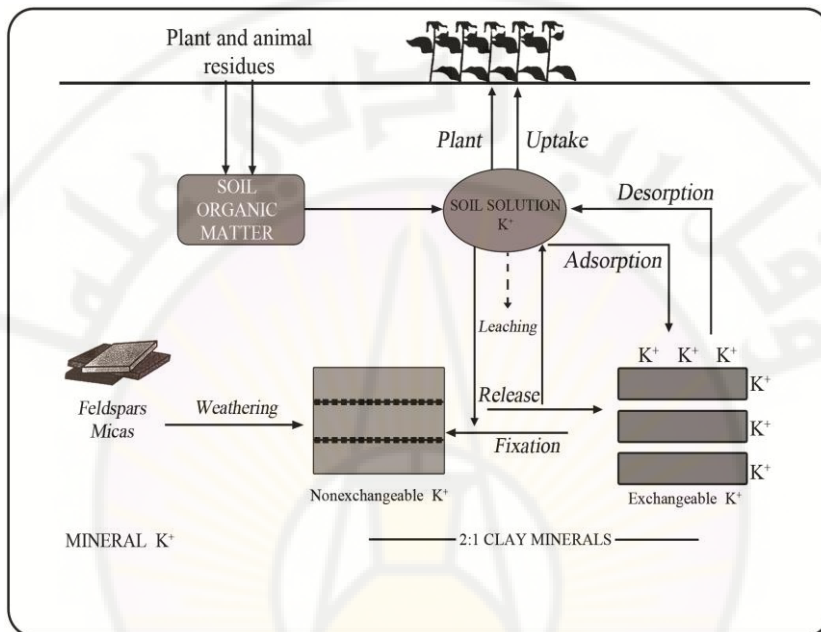
3- يحدث ادمصاص للبوتاسيوم Adsorption على سطوح التربة ذات الشحنة السالبة، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

4- يمتص النبات البوتاسيوم على شكل K^+ .

5- يتحرر البوتاسيوم من الفلدسبارات والميكا بعملية التجوية Weathering، فيكون على هيئة بوتاسيوم غير متبادل K^+ - Non exchangeable (تثبيت Fixation على السطوح الداخلية للطين)، لكن قابلاً للإفادة ببطء يتحول إلى شكل قابل للتبادل

Exchangeable (مدمصاً على السطوح الخارجية وقابلاً للإفادة) وشكل ذائب يمكن للنبات أن يمتصه.

6- يحدث غسل Leaching لجزء من البوتاسيوم.



الشكل (6) دورة البوتاسيوم في التربة

3-مصادر البوتاسيوم وأشكاله في التربة.

يعد الإلآيت من أهم مصادر البوتاسيوم في التربة وتحتوي هذه المعادن نحو 90-95% من بوتاسيوم التربة ، وهو غير صالح لإفادة النبات نسبياً حيث يتحرر البوتاسيوم منها ببطء نتيجة عمليات التجوية. يشكل البوتاسيوم القابل للإفادة مباشرة في التربة نحو 1-2% من الكمية الكلية حيث يوجد في التربة إما بشكل ذائب (Soluble k^+) أو متبادل (Exchangeable k^+) ويمثل هذان الشكلان المصدر الأساسي لتغذية النبات، وهما متوازنان معاً في التربة، ويتواجد الشكل الذائب في محلول التربة، بينما يكون البوتاسيوم المتبادل مدمصاً على السطوح الخارجية لمعادن الطين، أما البوتاسيوم غير المتبادل (المثبت) Non exchangeable Fixed-K: فيكون ممتزاً (مثبتاً) على السطوح الداخلية والجانبية لمعادن الطين.

4- معدنة البوتاسيوم في التربة:

لا يدخل البوتاسيوم في بناء المادة العضوية، بل يكون متربطاً بها ، ويتحول هذا البوتاسيوم العضوي إلى بوتاسيوم ذائب في محلول التربة على شكل K^+ بعملية التمعدن Mineralization نتيجة نشاط الأحياء الدقيقة، وتوجد عوامل عدة تؤثر في تيسر البوتاسيوم للنبات تتمثل بـ:

1- كمية معدن الطين ونوعيته في التربة:

تزداد الكمية المثبتة من البوتاسيوم مع زيادة نسبة الطين، كما أن احتواء التربة على معادن الطين من نوع 1:2 وخاصة الإليت يؤدي إلى زيادة في التثبيت وتحويل البوتاسيوم إلى شكل غير جاهز للنبات.

2- السعة التبادلية الكاتيونية للتربة (Cation Exchange Capacity (CEC):

يزداد تثبيت البوتاسيوم في التربة بزيادة سعتها التبادلية.

3- المادة العضوية Organic Matter:

تساهم المادة العضوية بزيادة تيسر البوتاسيوم ومن ثم زيادة النمو والإنتاج .

4- نسبة الكالسيوم إلى البوتاسيوم K/Ca:

إن زيادة هذه النسبة تؤدي إلى عدم توازن بين الكالسيوم والبوتاسيوم الأمر الذي ينعكس سلباً في امتصاص البوتاسيوم. ومن ثم يزداد تثبيت البوتاسيوم في التربة.

5- زمن التفاعل: يزداد تثبيت البوتاسيوم في التربة مع مرور الوقت.

6- pH التربة: يقل تثبيت البوتاسيوم عند خفض الـ pH عن 6. وإن أفضل جاهزية

وتيسر للبوتاسيوم تكون في مجال pH من 6-8.

7- درجة الحرارة: يزداد تثبيت البوتاسيوم بارتفاع درجة الحرارة والتجفيف

8- السعة التبادلية الكاتيونية للجذور (R-CEC) Root Cation Exchange

Capacity:

يتمثل ذلك بقدرة الجذور على تبادل الأيونات الموجبة بآلية مشابهة لتبادل الأيونات في التربة، وتقدر هذه المقدرة بـ (20-60) ميليمكافئ/100 غرام جذور جافة، وتختلف باختلاف نوع النبات، حيث تتميز النباتات ذات الفلقة الواحدة (النجيليات) بـ RCEC أقل

ولها القدرة على أخذ الأشكال الأيونية الأحادية بسهولة أكثر من النباتات ذوات الفلقتين (البقوليات) ذات الـ RCEC المرتفعة والتي تستطيع أخذ الأيونات الثنائية كالسيوم والمغنسيوم بسهولة أكثر من الأيونات الأحادية كالسيوم، وهذا يعني أن النباتات النجيلية تستطيع أخذ البوتاسيوم الذائب والبوتاسيوم المتبادل (المتحرر من الشكل المثبت) بسهولة لا تمتاز بها النباتات البقولية التي تستطيع أخذ البوتاسيوم الميسر (الذائب والمتبادل). ويمكن أن يستنتج من ذلك أن الإضافة الزائدة من البوتاسيوم للتربة لا تؤدي إلى استجابة للنجيليات بينما قد تتحقق الاستجابة في حالة النباتات البقولية.

5- البوتاسيوم وأعراض نقصه على النبات:

يمتص النبات البوتاسيوم على شكل K^+ ، وتبلغ نسبة البوتاسيوم في النبات بين 1 و 3%، ولا يتم تمثيل البوتاسيوم في أي مركب عضوي داخل النبات بل يبقى على شكل أيوني داخل النبات. تظهر أعراض نقصه في الترب الرملية والمغسولة والترب الحامضية المستصلحة بالكس، ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقصه في النبات عندما تنخفض نسبته عن 1.5%، تتجلى أعراض نقصه بالمظاهر التالية:

- اصفرار في الأوراق عند الحواف وباتجاه الداخل.
- التقاف الأوراق على شكل ميزاب.
- يتحول لون الأوراق الأصفر إلى أسمر أو بني محروق.
- يسبق الاحتراق عادة لون أرجواني غامق تسبقه بلزمة لخلايا الأوراق.
- حجم الأوراق يبقى صغيراً.
- إذا كان النقص قليلاً تنخفض الإنتاجية الكمية والنوعية للمحصول.
- تموت الأوراق في حالات النقص الشديد وخاصة في منتصف الأفرع.
- يلاحظ ضعف تكوين البراعم الثمرية في الأشجار المثمرة.
- تكون مواصفات الثمار الناتجة بشكل عام غير جيدة.

6- المستويات الخصوبية للبوتاسيوم في التربة والنبات.

جدول (11) مستويات البوتاسيوم في التربة

K ₂ O مغ/كغ	المستويات الخصوبية في التربة				
	منخفض جدا	منخفض	متوسط	عالي high	عالي جدا Very high
75	150-75	250-150	400-250	500-400	>500
			الكمية المستنزفة	الكمية المستنزفة	لا داع

PRIMARY PLANT NUTRIENTS, Allan Fulton et al, 2010

وحسب دليل استخدام الأسمدة في الشرق الأدنى (ثيور وزملاؤه، 2007).

85-0 170-85 300-170 500-300 500<

الأسمدة في الشرق الأدنى (ثيور وزملاؤه، 2007). وبنفس الترتيب السابق للمستويات المذكورة في الجدول السابق.

جدول (12) مستويات البوتاسيوم في النبات 1 - 3 % مادة جافة.

المستويات الخصوبية في النبات					K %
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
<1.0	1.5-1.0	3.0-1.5	5-3	5	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

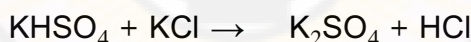
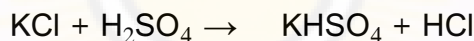
7- أهم أسمدة البوتاسيوم.

1-1- كلوريد البوتاسيوم: (KCl ، 63%K₂O):

هو مركب كيميائي صيغته KCl يكون عديم الرائحة في حالته النقية. بلوراته بيضاء أو عديمة اللون زجاجية. يتوافر مركب كلوريد البوتاسيوم طبيعياً في معدن السيلفيت Sylvite. كما يوجد أيضاً في معدن الكارناليت (ملح مضاعف من كلوريد البوتاسيوم وكلوريد المغنسيوم : 6H₂O . MgCl₂ . KCl: يعد سماد كلوريد البوتاسيوم من أكثر الأسمدة البوتاسية المستعملة تجارياً لأن تصنيعه لا يحتاج إلى طاقة كبيرة

مقارنة بالطاقة اللازمة لتصنيع سلفات البوتاسيوم أو نترات البوتاسيوم، ويحتوي على نسبة عالية من البوتاسيوم 63% K₂O، كما أن ذوبانه بالماء يصل إلى 35%، ومع الانتشار الواسع لهذا السماد يبقى وجود الكلور به غير مرغوب في الكثير من الحالات خاصة بالنسبة للعائلة الباذنجانية Solonaceae، أضف إلى ذلك فالكور Cl⁻ ينتقل بسرعة إلى داخل النبات مما يؤدي إلى ضعف إنتاج محصول البطاطا وتدني صفات الاحتراق في أوراق التبغ وانخفاض إنتاج المحاصيل الليلية ونسبة السكر في العنب، يصنع هذا السماد باستخلاص كلوريد الصوديوم الموجود في ترسبات السلفيت.

2- سلفات البوتاسيوم (K₂SO₄، 50-54% K₂O): يستعمل هذا السماد عادة في الزراعات التي تتأثر من زيادة تركيز الكلور في التربة، ويعد سماداً مكلفاً إذا ما قورن بسماد كلوريد البوتاسيوم، وتحتوي سلفات البوتاسيوم (50-54% K₂O). وتصنع سلفات البوتاسيوم بهذه الطريقة من مفاعلة كلوريد البوتاسيوم مع حمض الكبريت على مرحلتين: يتم في الأولى التفاعل بين حمض الكبريت وكلوريد البوتاسيوم وتتشكل سلفات البوتاسيوم الحامضية، وفي المرحلة الثانية تتفاعل سلفات البوتاسيوم الحامضية مع كلوريد البوتاسيوم وتتشكل سلفات البوتاسيوم وفق التفاعلات التالية:



3- نترات البوتاسيوم (KNO₃، 46% K₂O): يستعمل هذا السماد في التربة والمحاصيل التي يتأثر نموها بوجود الكلور Cl⁻، ويعد سماد نترات البوتاسيوم من أكثر الأسمدة البوتاسية ثمناً، ويحتوي على 46% K₂O و 14% N. ويصنع نترات البوتاسيوم حسب طريقة ساوث ويست Southwest من مفاعلة كلوريد البوتاسيوم مع حمض الآزوت (65%) وفق التفاعل التالي:



نتروجيل كلوريد

- موعد وطرائق إضافة الأسمدة البوتاسية:

يضاف السماد البوتاسي مع قلبه بالتربة (قرب منطقة الجذور) عادة قبل أو أثناء الزراعة وهذا أكثر فاعلية من الإضافة على السطح، أما إضافة البوتاسيوم لاستدامة نمو محاصيل الأعلاف فيمكن إضافته في أي وقت تقريباً، كما يمكن إضافة هذا العنصر لأشجار الفاكهة من خلال نظام الري في مراحل مبكرة من الاستثمار لتحسين جودة الثمار. وفي حالة التربة خفيفة القوام الفقيرة بالبوتاسيوم يفضل تجزئة السماد البوتاسي (أي إضافة على دفعات) حيث يضاف ثلثا الكمية في فصلي الخريف ويضاف الثلث الباقي في الربيع.

- معدل الإضافة: تضاف الأسمدة البوتاسية وفقاً لتحليل التربة، وجداول توصية وزارة الزراعة ص(188).

- الأثر المتبقي للأسمدة البوتاسية في التربة:

يبين الجدول (13د3)- الأثر المتبقي لأهم الأسمدة البوتاسية:

الجدول (13)- الأثر المتبقي لأهم الأسمدة البوتاسية

السماد	الأثر المتبقي
سلفات البوتاسيوم	حامضي خفيف
كلوريد البوتاسيوم	متعادل
نترات البوتاسيوم	متعادل

- طرائق تحسين فعالية (كفاءة) الأسمدة البوتاسية:

تقدر كفاءة امتصاص النباتات للبوتاسيوم بـ (50-60)%. تعد التربة الحامضية فقيرة بالقواعد والقواعد الترابية ومنها البوتاسيوم، بينما يسود البوتاسيوم في التربة القلوية، كما تحتفظ التربة الطينية بالبوتاسيوم من خلال ادمصاصه على سطوحها، وإذا كان محتواها من البوتاسيوم مرتفعاً، فنادراً ما تضاف الأسمدة البوتاسية إلا في حاله المحاصيل التي تحتاجه بكميات كبيرة مثل البطاطا والشوندر السكري. وعموماً، يعد تأثير pH التربة محدوداً بالنسبة للأسمدة البوتاسية، حيث يمكن أن يكون لها تأثير حامضي أو متعادل

عندما تضاف كأملح لحموض قوية مثل سلفات البوتاسيوم أو نترات الأمونيوم، ولكن غير ملموس. وتعد بادرات النباتات أقل حساسية للبوتاسيوم كما هو الحال بالنسبة للأزوت والفوسفات فإن طريقة إضافتها سواء كانت نثراً أم بطريقة التلقيح أو التكبش أم بالخطوط تعطي النتيجة ذاتها تقريباً ما عدا في الترب الفقيرة فتفضل طريقة النثر لرفع درجة الخصوبة.



الفصل السادس

الكالسيوم والمغنزيوم

1- مقدمة Introduction :

يسهم الكالسيوم في استصلاح الترب القلوية والقلوية المالحة والحامضية ويؤدي دوراً في عملية التبادل الكاتيوني في التربة، ويعد هذا العنصر أساسياً في تغذية النبات، حيث يسهم في تركيب الجدر الخلوية وتنشيط الأنزيمات، كما يعد ضرورياً في الانقسام الخلوي، أما المغنزيوم فيساهم في تركيب اليخضور. وعلى ذلك يعد المغنزيوم مهماً لإتمام عملية التمثيل الضوئي، ومنشطاً لعدد من الأنظمة الإنزيمية الخاصة باستقلاب الكربوهيدرات، وتمثيل الأحماض النووية، كما يعمل على تعزيز امتصاص وانتقال الفوسفات ويساعد في حركة السكريات داخل النبات. كذلك وجد أنه في حالة نقص المغنزيوم يقل تمثيل البروتينات مما يعيق النمو في النبات.

2- دورة الكالسيوم والمغنزيوم في التربة: يبين الشكل (7) دورة الكالسيوم والمغنزيوم في التربة، وتتلخص دورة الكالسيوم والمغنزيوم بالخطوات التالية:

1- يدخل الكالسيوم والمغنزيوم إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers، والفلزات والصخور.

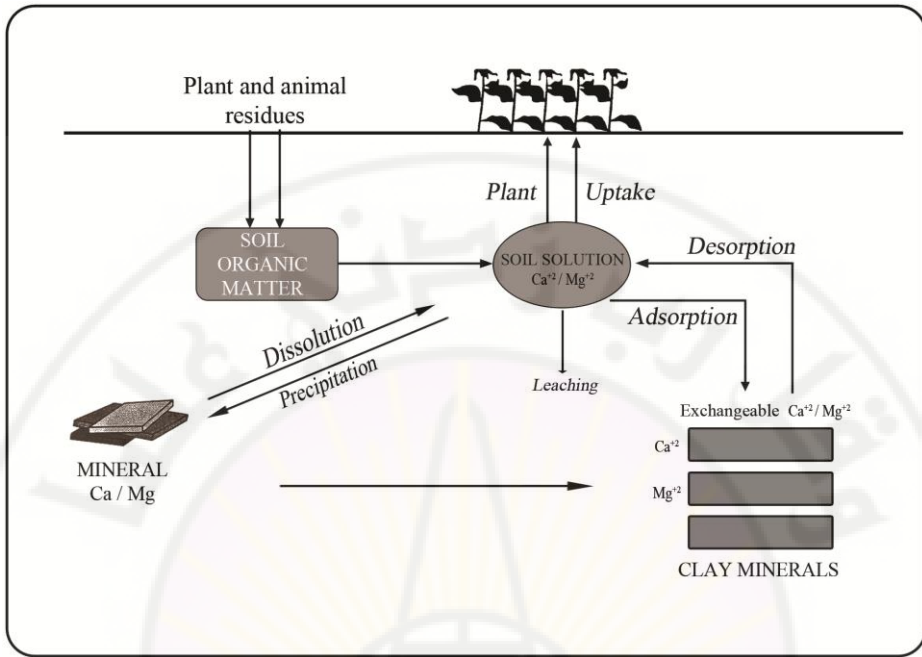
2- يتحول كالسيوم ومغنزيوم المادة العضوية إلى كالسيوم ومغنزيوم ذائب في محلول التربة على شكل Ca^{+2} و Mg^{+2} بعملية التمدن Mineralization، بينما تسهم عملية الإزاحة Desorption للشكل المتبادل Exchangeable وعملية الإذابة Dissolution بتزويد محلول التربة بهذين العنصرين.

3- يحدث ادمصاص Adsorption للكالسيوم والمغنزيوم على سطوح التربة ذات الشحنة السالبة، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

4- يمتص النبات الكالسيوم والمغنزيوم على شكل Ca^{+2} و Mg^{+2} .

5- يتحرر كل من الكالسيوم والمغنزيوم من الفلزات (كالسيت، دولوميت) بعملية الإذابة Dissolution.

6- يحدث غسل Leaching لجزء من Ca^{+2} و Mg^{+2} .



الشكل (7) دورة الكالسيوم والمغنيزيوم في التربة

3- مصادر الكالسيوم والمغنيزيوم وأشكالهما في التربة.

يوجد الكالسيوم والمغنيزيوم في التربة بأشكال مختلفة : منها المترسب على صورة مركبات قليلة الذوبان في الماء مثل كربونات الكالسيوم CaCO_3 وكربونات المغنيزيوم MgCO_3 والجبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، والشكل الممتز على سطوح غرويات التربة ثم الذائب الناتج عن تأين الأملاح المختلفة القابلة للذوبان بسرعة في الماء كأملح الكلوريدات والبيكربونات لهذين العنصرين. وتنتشر أيونات الكالسيوم والمغنيزيوم في معظم ترب المناطق الجافة ونصف الجافة، وتعد التراكيز الأقل من 10 ملليمكافئ / لتر بالنسبة للكالسيوم و 5 ملليمكافئ/لتر بالنسبة للمغنيزيوم في مستخلصات العجينة المشبعة للتربة تراكيز عادية وملائمة لنمو معظم المزروعات.

4- الكالسيوم واستصلاح التربة: تستعمل مركبات الكالسيوم ككربونات الكالسيوم والجبس في استصلاح الترب الحامضية والقلوية على التوالي، حيث يعمل الكالسيوم على التبادل على سطح معقد الادمصاص مع الهيدروجين المدمص فيرفع من pH الترب الحامضية، كما يحدث غسل للكالسيوم وفقد في هذه التربة نتيجة إحلال الهيدروجين محل

الكالسيوم على مواقع التبادل. ، أما في التربة القلوية فيتبادل الكالسيوم مع الصوديوم ويخفض pH هذه التربة ويحسن من صفاتها الفيزيائية كالنفذية.

سلوك العنصر في التربة الكلسية والحامضية :

تعود إعاقة امتصاص النبات لعنصر المغنيزيوم إلى ارتفاع تركيز شوارد الكالسيوم مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقص عنصر المغنيزيوم على النبات وأيضا نلاحظ في التربة الحامضية أن النباتات تعاني من نقص عنصر المغنيزيوم وذلك بسبب غسله بفعل الأمطار وإحلال الهيدروجين محلة على معقد الامصاص ومن الضروري ألا تزيد نسبة الكالسيوم إلى المغنيزيوم عن 4، فمن المتوقع أن يتحرك المغنيزيوم في التربة إلى الأسفل أسرع من حركة الكالسيوم لذلك فإن نسبة الكالسيوم إلى المغنيزيوم في الطبقة السطحية من التربة الحامضية أعلى بكثير مما هي عليه في الطبقات تحت السطحية.

5- الكالسيوم والمغنيزيوم وأعراض نقصهما على النبات:

يمتص النبات الكالسيوم بصورة معدنية على شكل أيوني Ca^{+2} وتبلغ نسبة الكالسيوم الكلي (Total -Ca) في النبات بين 1 و 3%. كما يمتص النبات المغنيزيوم بصورة معدنية على شكل أيوني Mg^{+2} وتبلغ نسبة المغنيزيوم في النبات 0.5%.

يعد الكالسيوم من العناصر غير المتحركة immobile داخل النبات حيث تعاني الأوراق الحديثة نقصا في هذا العنصر. وعموماً قلما تظهر أعراض نقص الكالسيوم على النباتات النامية في الحقل وخاصة في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة، بينما تظهر أعراض النقص في التربة الحامضية. ويمكن إيجاز أهم الأعراض كما يلي:

تكون الأوراق الحديثة مشوهة وصغيرة ولونها الأخضر الداكن غير عادي وتصبح مجعدة ويحدث لها التقاف إلى أسفل وتظهر الحواف متموجة وغير منتظمة، ويحدث أن تصبح الأوراق طرية نتيجة انحلال جدر الخلايا ويقف نمو البرعم الطرفي، مع حدوث تكسير في السويقات الصغيرة. كذلك يحدث ضعف عام للسيقان.

تظهر نقاط جافة على البراعم الطرفية ويحدث تساقط للأزهار.

يسبب نقص الكالسيوم ظهور مرض البقعة الفلينية Bitter pit (النقرة المرة) على سطوح ثمار التفاح والذي يتميز بظهور بقع بنية صغيرة غائرة ومنتشرة على كافة سطح الثمرة.

أما ثمار البندورة فتصاب بمرض يسمى عفن الطرف الزهري Blossom -end rot حيث تتعفن قاعدة الزهرة نتيجة تحلل الأنسجة الخلوية فيها، أما بالنسبة لأعراض نقص المغنزيوم فتظهر على الأوراق القديمة كون المغنزيوم عنصراً متحركاً وتتجلى باصفرار متداخل مع اللون الأخضر للورقة على هيئة شريط، ومع تقدم الإصابة يحدث أن تجف الأنسجة وتموت. وأهم ما يميز هذه الأعراض ظهورها أولاً على طرف (قمة) الورقة ثم تنتشر على حواف وبين عروق الأوراق. قد يحدث التواء الحواف الأوراق إلى أعلى، وعند استمرار النقص تتحول البقع إلى اللون الرمادي ثم إلى اللون البني وتسقط الأوراق قبل موعدها. في بعض النباتات تظهر الأعراض على صور عدة منها الاصفرار على هيئة بقع بين العروق وظهور لون برتقالي خفيف وأيضاً في صورة لون أحمر أرجواني.

6- المستويات الخصوية للكالسيوم والمغنزيوم في التربة والنبات.

جدول (14) مستويات الكالسيوم في التربة

المستويات الخصوية في التربة					Ca مغ/كغ (متبادل)
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
<500	500-1200	2000-1200	2000-3500	>3500	

FAO,2007

جدول (15) مستويات الكالسيوم في النبات: 1 - 3% مادة جافة.

المستويات الخصوية في النبات					Ca %
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

جدول (16) مستويات المغنيزيوم في التربة:

المستويات الخصوبية في التربة					Mg
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	مغ/كغ (متبادل)
<85	180-85	300-180	500-300	>500	

FAO,2007

جدول (17) مستويات المغنيزيوم في النبات: وسطياً 0.5 % مادة جافة.

المستويات الخصوبية في النبات					Mg
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	%
<0.1	0.15 - 0.1	0.5- 0.15	1.0 - 0.5	1.0	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

7- أهم أسمدة الكالسيوم والمغنيزيوم.

الجدول (18) بعض أسمدة الكالسيوم والمغنيزيوم والكبريت

العنصر	السماذ	% للعنصر في السماذ	الذوبان
S	سلفات الكالسيوم (جيبس)	18	صعب الذوبان
	تريل سوبر فوسفات (حبيبات) $Ca(H_2PO_4)_2$	14	متوسط الذوبان
	كبريت خام	100-90	صعب الذوبان
Ca	نترات كالسيوم $Ca(NO_3)_2$	24	سهل الذوبان
	كلوريد كالسيوم $CaCl_2$	36	سهل الذوبان
	كربونات كالسيوم (كالسيت) $CaCO_3$	40	صعب الذوبان
	سوبر فوسفات عادي	17	ضعيف الذوبان

		$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	
صعب الذوبان	23	الجبس الزراعي $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
صعب الذوبان	22	الدولوميت $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	
بطيء الذوبان	10	سلفات المغنسيوم $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg
صعب الذوبان	13	دولوميت $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	

الفصل السابع

الكبريت

1- مقدمة Introduction :

يعد الكبريت من العناصر الكبرى التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة، حيث يوجد في التربة والنبات والجو، ويؤدي دوراً مهماً في تركيب بعض الأحماض الأمينية، والفيتامينات، وبناء اليخضور، ويسود الكبريت في ترب المناخات الجافة وشبه الجافة ويغسل في ترب المناخات الرطبة وشبه الرطبة، ونادراً ما تظهر حالات نقصه على النباتات نتيجة لوصول الكبريت إلى التربة بطريقة غير مباشرة مع كثير من الأسمدة مثل: السوبر فوسفات، وكبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم كذلك في صورة بعض المبيدات الفطرية الكبريتية كزهر الكبريت والكبريت الميكروني.

2- دورة الكبريت في التربة: يبين الشكل (8) دورة الكبريت في التربة وتتلخص دورة الكبريت بالخطوات التالية:

1- يدخل الكبريت إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers، وكذلك من الجو على شكل أمطار حامضية كبريتية .

2- يتحول كبريت المادة العضوية إلى كبريت ذائب في محلول التربة على شكل SO_4^{2-} بعملية التمدن Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين S^{2-} Immobilization.

3- يحدث ادمصاص للكبريت Adsorption على سطوح الأكاسيد وحواف الكاؤولنيت ذات الشحنة الموجبة، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

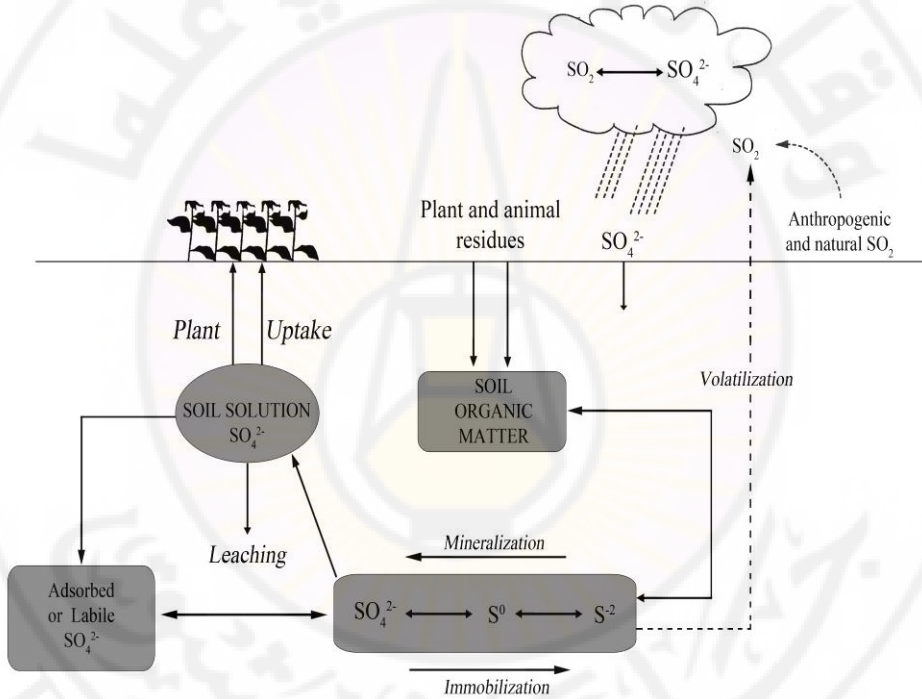
4- يمتص النبات الكبريت على شكل SO_4^{2-} .

5- يتحول جزء من الكبريت إلى غاز SO_2 بفعل عملية التطاير Volatilization.

6- يحدث غسل Leaching لجزء من الكبريت.

3- مصادر الكبريت وأشكاله في التربة: يعد البيريت FeS_2 الشكل الفلزي للكبريت ، بينما تعد المادة العضوية الاحتياطي الرئيس للكبريت العضوي في التربة وخاصة في

المناطق الرطبة حيث يتواجد مرتبطاً مع ذرات الكربون في مادة البروتين ونجد أن نسبة الكربون إلى الكبريت في المادة العضوية تقدر بحوالي 100 إلى 1. أما الكبريت المدمص فيكون مدمصاً على سطوح بعض معادن الطين وأكاسيد الحديد والالمنيوم ، بينما يوجد شكلاً آخر من الكبريت ذائباً في محلول التربة على شكل كبريتات SO_4^{2-} وتختلف كمية الكبريت في محلول التربة وذلك بالمناطق الرطبة وشبه الرطبة ذات الهطولات العالية حيث يتم فقد الكبريت بعملية الغسل.



الشكل (8) دورة الكبريت في التربة

4- معدنة الكبريت في التربة.

يعد الكبريت العضوي شكلاً غير ميسر للنبات. وتبلغ نسبة الكبريت العضوي 0.5% في دبال التربة. ويتحلل المادة العضوية وحدث عملية المعدنة للكبريت يتحول إلى كبريت الهيدروجين H_2S ، ثم إلى كبريتات SO_4^{2-} ، ومن ثم يصبح قابلاً لإفادة النبات. وعملية معدنة الكبريت مثلها مثل عملية معدنة الازوت تتوقف على نسبة الكربون إلى الكبريت

C/S ratio في المادة العضوية بالتربة، حيث وجد أن عملية المعدنة تسود إذا كانت هذه النسبة أقل من 200، بينما إذا زادت عن 400 يحدث تمثيل (تسكين) Immobilization للكبريت الذائب في محلول التربة داخل أجسام الأحياء الدقيقة والقائمة بعملية التحلل، في حين تتساوى عملية المعدنة للكبريت مع عملية التمثيل للعنصر نفسه إذا انحصرت نسبة الكربون إلى الكبريت ما بين 200 و 400. ويمكن توضيح عملية المعدنة هذه بأن الكبريت يوجد في المركبات العضوية في صورة مجموعة السلفاهايدريل SH-، وعملية المعدنة ينفرد الكبريت في صورة H₂S، وتحت الظروف الهوائية سرعان ما يتأكسد إلى الكبريتات SO₄⁻²، بينما تحت الظروف اللاهوائية يتأكسد H₂S إلى الكبريت العنصري (S) بوساطة بكتريا ذاتية التغذية الكيميائية Chemotrophic Sulphur bacteria مثل Biggiatoa, Thiobacillus، وتحت الظروف الهوائية تقوم البكتريا نفسها بأكسدة الكبريت العنصري (S) إلى حمض الكبريت H₂SO₄، كما يمكن أيضاً للكبريت العنصري (S) أن يتأكسد بوساطة البكتريا ذاتية التغذية الكيميائية مثل Thiobacillus.

5- الكبريت وأعراض نقصه على النبات.

يمتص النبات الكبريت على شكل أيوني SO₄⁻² من التربة وأحياناً على شكل SO₂ من الجو عبر الثغور الورقية، لكن سرعان ما ترجع إلى مجموعة السلفاهايدريل SH- لتكوين المركبات العضوية المختلفة وأهمها الأحماض الأمينية ومن ثم البروتينات، وتبلغ نسبة الكبريت الكلي في النبات بين 0.2 و 0.5%، وهي مقاربة لنسبة الفوسفور في النبات. أما بالنسبة لأعراض نقص الكبريت، فنادرًا ما تظهر في ترب المناطق الجافة، حيث يضاف بشكل غير مباشر مع كثير من الاسمدة كالسوبرفوسفات وكبريتات البوتاسيوم، وعدم تعرضه للغسل. ويمكن التمييز بين أعراض نقص الكبريت وأعراض نقص الآزوت من موضع ظهور الأعراض على الأوراق، حيث تظهر أعراض نقص الكبريت على الأوراق الحديثة أولاً، وذلك لأنه عنصر غير متحرك (بطيء) داخل النبات، بينما تظهر أعراض نقص الآزوت على الأوراق القديمة (السفلية). يمكن استخدام نسبة الآزوت إلى الكبريت (N/S) في النبات كدليل على مستوى التغذية بالكبريت. فعادة تتراوح هذه النسبة (30/1) و (40/1)، بينما تصبح عند نقص الكبريت في حدود (70/1-80) نتيجة

لتجمع النترات والأميدات (عودة وشمشم، 2008). تتجلى أعراض نقص الكبريت باصفرار الأوراق الحديثة مع بقاء الأوراق السفلية خضراء.

المستويات الخصوبية الكبريت في التربة والنبات:

جدول (19) مستويات الكبريت في التربة:

المستويات الخصوبية في التربة					S مغ/كغ (على شكل S)
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
<3	6-3	10-6	15-10	>15	

FAO(2007)

جدول (20) مستويات الكبريت في النبات: 0.2 - 0.5% مادة جافة.

المستويات الخصوبية في النبات					S %
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
<0.1	0.15 - 0.1	0.4-0.15	0.8 - 0.4	0.8	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

7- أهم أسمدة الكبريت.

كبريتات الكالسيوم (الجبس) : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

السوبر فوسفات العادي : حيث يحتوي على 11 % كبريت.

كبريتات الامونيوم : حيث يحتوي على 24% كبريت.

نترات وكبريتات الامونيوم حيث يحتوي على 11% كبريت.

كبريتات البوتاسيوم والمغنيزيوم : حيث يحتوي على 22% كبريت.

الامونيا السائلة مع الكبريت : ويمكن ان يحتوي من 10 الى 14% كبريت.

الفصل الثامن

الحديد

1- مقدمة.

يعد الحديد من العناصر الصغرى Micronutrients، والتي تعدّ من العناصر الأساسية لنمو النبات وتطوره وهذه العناصر إضافة للحديد هي المنغنيز والزنك والنحاس والبورون و الموليبدنم والكلور. يحتاج النبات إلى هذه العناصر عدا الكلور بكميات قليلة جداً لا تتعدّى 1/4 جزء بالمليون، فإذا ما وصلت (2) جزء بالمليون فسوف تؤدي إلى ضرر للنبات (Jones, 1982)، أما بالنسبة للكلور فقد وجد بكميات أعلى من الفوسفور والكبريت في النباتات ولكن كون النبات لا يحتاج منه إلا كميات قليلة جداً لذا عد من العناصر الصغرى. يكمن الدور الرئيس لهذه العناصر في تركيب اليخضور (الكلوروفيل) وتركيب وتنشيط الأنزيمات، كما يؤدي بعضها دوراً في عمليات الأكسدة والإرجاع، والحديد يعد عنصراً مهماً للنبات، حيث يسهم في تركيب اليخضور، وإنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك في بعض إنزيمات التنفس.

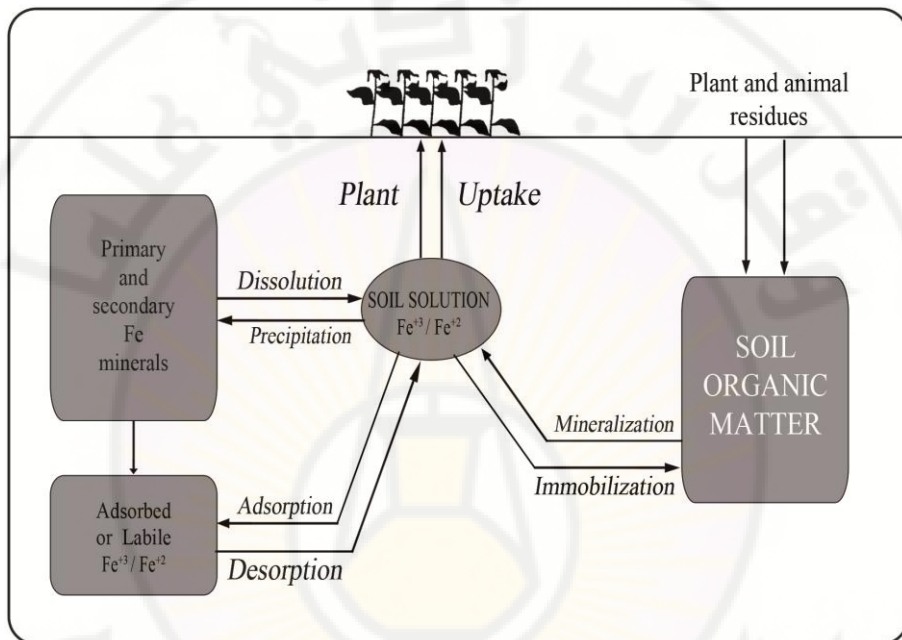
2- دورة الحديد في التربة:

يبين الشكل (9) دورة الحديد في التربة، وتتلخص دورة الحديد بالخطوات التالية:

- 1- يدخل الحديد إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers، وتحرره من الفلزات.
- 2- يتحول حديد المادة العضوية إلى حديد ذائب في محلول التربة على شكل Fe^{+2} ، (وأحياناً يمكن أن تتواجد أيونات الحديد الثلاثي Fe^{+3} في المحلول)، بعملية التمعدين Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين Immobilization.
- 3- يحدث ادمصاص للحديد Adsorption على سطوح فلزات الطين ذات الشحنة السالبة، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.
- 4- يمتص النبات الحديد على شكل Fe^{+2} وأحياناً على شكل Fe^{+3} .

5- يتحرر الحديد من الفلزات والصخور عن طريق عملية الإذابة Dissolution ويترسب بعملية معاكسة Precipitation على شكل أكاسيد أو هيدروكسيدات الحديد، وبشكل قلزي (أولفين).

6- يحدث غسل Leaching لجزء من الحديد.



الشكل (9) دورة الحديد في التربة

3- مصادر الحديد وأشكاله في التربة.

يعود مصدر الحديد المعدني في الترب الزراعية إلى معادن (فلزات) التربة ومنها الأوليفين $(Mg, Fe)_2SiO_4$ والسيدريت $FeCO_3$ والهيماتيت Fe_2O_3الخ) و يشكل الجزء الأكبر من محتوى التربة الكلي من الحديد، بينما يكون الحديد المتبادل Exchangeable مدمصاً على سطوح غرويات التربة سواء المعدنية منها أم العضوية، ويشكل جزءاً قليلاً من محتوى التربة الكلي من الحديد. تكون أيونات الحديدي (Fe^{+2}) المتبادلة في حالة توازن مع كل الشكل الذائب للحديد ومعقدات الحديدي غير المستقرة وبيكربونات الحديدي التي يمكن أن توجد بتراكيز عالية نسبياً في محلول التربة سيئة التهوية، كما يحتوي محلول التربة كمية غير كافية من الحديد الذواب Soluble (ppm 0.1-0.01) لا تسد

حاجة المحاصيل المختلفة والنامية. يوجد الحديد الميسر (الذائب) في محلول التربة إما على هيئة صورة معدنية مثل Fe^{+2} ، Fe^{+3} ، $[Fe(OH)_2]^+$ أو على صورة معقدات عضوية ميسرة (ذاتية) للنبات مثل Fe- organic complexes (معقدات الحديد العضوية).

4- جاهزية الحديد والعوامل التي تؤثر عليها.

يتوقف ظهور أعراض نقص الحديد على النباتات على كمية الميسرة والتي تتحكم فيها عوامل عدة يمكن إيجازها بما يلي:

1- الـ pH: تعتمد درجة ذوبان الحديد بدرجة كبيرة على pH الوسط، لدرجة أنه يحدث انخفاضاً في تركيز الحديد الذائب قدره 1000 ضعف مع كل زيادة في pH التربة قدرها وحدة واحدة. ومن الواضح أن تيسر الحديد للنبات يقل بدرجة كبيرة مع ارتفاع الـ pH. وعلى ذلك يكون نقص الحديد الميسر في الترب الكلسية في الغالب نتيجة ارتفاع رقم الـ pH لها حيث يصبح أيون الحديد الثلاثي هو السائد ويتأكسد الحديد الثنائي ويطرسب على صورة ماءات $Fe(OH)_3$. ويمكن التقليل من شدة هذا النقص بخفض الـ pH بإضافة المركبات ذات التأثير الحامضي كالكبريت وكذلك إضافة المواد العضوية. وعلى العكس من ذلك في الترب شديدة الحموضة يمكن أن يوجد أيون الحديد الثنائي بتركيز مرتفع قد يصل إلى حد السمية للنباتات النامية في تلك الترب.

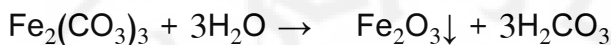
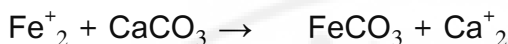
2- المادة العضوية: يزداد الحديد الميسر للنبات بوجود المادة العضوية حيث يوجد بصورة مركبات مخيلية ميسرة (ذائبة) في محلول التربة حتى ولو كان pH التربة مرتفعاً، وعلى ذلك يمكن القول: إن الترب الفقيرة في محتواها من المادة العضوية قد تعاني من نقص الحديد الصالح للنبات.

3- قوام التربة: الترب الرملية التي تحتوي أصلاً على كمية قليلة من الحديد الكلي، يتوقع أن تكون كمية الحديد الميسر بها قليلة، ومن ثم تعاني النباتات النامية فيها من نقص الحديد.

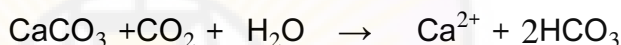
4- تأثير كربونات الكالسيوم: تؤثر كربونات الكالسيوم في رفع pH التربة والذي

يؤثر سلباً في تيسر الحديد، كما تلعب كربونات الكالسيوم والمنغنيزيوم دوراً مهماً

في الحد من ذوبان الحديد، حيث تؤدي زيادة كمية كربونات الكالسيوم على تحول الحديد الثنائي الذائب إلى صورة غير ذائبة $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ وأكسيد الحديد وهيدروكسيد الحديد ويتضح ذلك من المعادلات الآتية:



وعلى ذلك فوجود الكربونات في التربة يشجع نقص الحديد الميسر للنبات ومن ثم ظهور الاصفرار على النباتات النامية فيها. وهناك تفسير آخر لظهور الاصفرار على النباتات النامية في الترب الكلسية وهو أن السبب يرجع إلى عرقلة أيون البيكربونات HCO_3^- لامتصاص أيون الحديد وانتقاله داخل النبات، ويعد أيون البيكربونات ناتجاً طبيعياً من عملية التحلل المائي لكربونات الكالسيوم كما في المعادلة التالية:



و قد فسر Mangle and Kirkby، 1987، تأثير أيون البيكربونات على امتصاص الحديد بوساطة النبات، بأن امتصاص هذا الأيون يؤدي إلى رفع pH

خلايا الجذور (في الفراغات الحرة Free space) وأنسجة الأوراق، وهذا يؤدي إلى ترسب الحديد داخل النبات (الجذور) ومن ثم تقل حركته مما يؤدي إلى ظهور الاصفرار على النموات الحديثة. وهنا يجب الإشارة إلى أن الاصفرار ليس ناتجاً من نقص الحديد الميسر بالتربة، بل نتيجة تأثير الكربونات وهو ما يعرف Lime induced iron chlorosis، ويمكن التقليل من ظاهرة الاصفرار Chlorosis الناتج من نقص الحديد الميسر للنبات في التربة الكلسية بمراعاة ما يلي:

- عدم زيادة الرطوبة الأرضية أكثر من اللازم تجنباً لحدوث عملية التحلل المائي.
- يمكن الإقلال من تأثير أيون OH^- الناتج من التحلل المائي للكربونات بزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون CO_2 في هواء التربة.
- يمكن إضافة بعض المركبات ذات التأثير الحامضي مثل الكبريت لهذه الترب.

يتبين نتيجة لقلة ذوبان $Fe(OH)_3$ ، فإن أكسدة الحديد يؤدي إلى ترسيبه وعدم حركته. إن ذوبان الحديد وانتقاله في هذه الظروف ممكن فقط عن طريق ربطه بمركبات أخرى مثل المركبات العضوية.

- محتوى التربة من الرطوبة: يؤدي ارتفاع رطوبة التربة الزراعية إلى انخفاض التهوية، مما يؤثر على النمو النباتي فيصبح ضعيفاً في الترب الكلسية. ويشذ عن ذلك الترب المزروعة بالأرز والمغمورة بالماء باستمرار حيث يحدث إرجاع للحديد ويصبح في صورة حديد ثنائي ذائب وصالح للنبات ومن ثم لا تعاني معظم نباتات الأرز من نقص الحديد. وعلى ذلك في الترب الكلسية يجب الحذر من ارتفاع المحتوى الرطوبي بها وذلك بتجنب الري الزائد حيث لوحظ ظهور الاصفرار على النباتات النامية تحت هذه الظروف نتيجة حدوث التحلل المائي لكاربونات الكالسيوم.

- تأثير التضاد بين الأيونات Antagonistic ions : وجد أن زيادة الفوسفور الذائب في التربة يقلل من امتصاص الحديد (كما في حالة تأثير الفوسفور على الزنك) ويعتقد بأن الفوسفات تساعد على ترسب الحديد في وسط النمو وتجعله في صورة غير صالحة للامتصاص بواسطة النبات، وهناك رأي آخر يقول: إن تأثير زيادة الفوسفات على ظهور الاصفرار الناتج عن نقص الحديد يرجع إلى زيادة نسبة الفوسفور إلى الحديد (P/Fe) داخل النبات وأيضاً التأثير ذاته وجد مع زيادة Mn, Cu, Zn, Mo في وسط النمو حيث تحدث تداخلاً أو تضاداً مع امتصاص الحديد بواسطة النبات، وقد أشارت بعض الأبحاث أن زيادة مستوى التسميد الآزوتي بصفة عامة يزيد النمو الخضري ومن ثم المادة الجافة مما يسبب خفض تركيز الحديد في النبات.

-درجة الحرارة: ينخفض معدل نمو النبات مع انخفاض درجة الحرارة ، وأيضاً يقل معدل معدنة المادة العضوية والتي تساهم بجزء أساسي في كمية الحديد الميسر نتيجة لقلة نشاط الكائنات الدقيقة ويمكن ظهور الاصفرار الناتج عن نقص الحديد الميسر.

5- الحديد وأعراض نقصه على النبات:

يمتص النبات الحديد في معظمه بصورة معدنية على شكل أيون حديد ثنائي Fe^{+2} ، وجزء قليل منه على شكل شيلات، وتبلغ نسبة الحديد الكلي ($Total-Fe$) في النبات بين (50

و 300ppm مادة جافة، وتشير الدراسات إلى أن تركيز الحديد في الحمضيات يعد كافياً إذا بلغ (130) ppm. يحتاج النبات الحديد القابل للإفادة بكميات قليلة لا تتجاوز (0.5) ميكروغرام Fe/غرام تربة، وتعدّ هذه الكمية صغيرة جداً إذا ما قورنت بمحتوى التربة الكلي من هذا العنصر الذي يقدر بـ (20000) ميكروغرام/غرام تربة، مما يعني أن مشكلة الحديد في التربة ليست مشكلة كمية، وإنما مشكلة جاهزية (تيسر). يوجد الحديد في معظم النباتات وتتصف محاصيل الخضار الورقية بغناها بالحديد، وتحتوى الأوراق القديمة على الكمية العظمى من الحديد مقارنة بالأوراق الحديثة نظراً لكون هذا العنصر غير متحرك Immobile في النبات. يعد الحديد عنصراً مهماً للنبات، حيث يسهم في تركيب اليخضور، وإنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك في بعض أنزيمات التنفس. تظهر أعراض نقص الحديد في الترب الكلسية والقلوية والمغسولة والترب الحامضية المستصلحة بإضافة المصلحات الكلسية مثل كربونات الكالسيوم، ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقصه في النبات عندما ينخفض تركيزه فيه عن 50 مغ/كغ مادة جافة. يعد الحديد عنصراً غير متحرك لذلك غالباً ما تظهر أعراض نقصه بداية على الأوراق الحديثة حيث تتجلى الأعراض في البداية بتلون الأوراق باللون الأخضر الفاتح، ومع استمرار النقص واستفحاله يتلون نصل الورقة باللون الأصفر بينما تبقى العروق خضراء اللون. أما في حالة النقص الشديد فيصبح لون الأوراق أبيض. وفي النجيليات يتجلى نقص الحديد على شكل خطوط موازية للعرق الوسطي.

6- المستويات الخصوبية للحديد في التربة والنبات:

جدول (21) مستويات الحديد الميسر في التربة:

المستويات الخصوبية في التربة			Fe مغ/كغ
زائد	كاف	منخفض	
>4.5	4.5-2.5	<2.5	

FAO,2007

جدول (22) مستويات الحديد في النبات: 50 - 300ppm مادة جافة.

المستويات الخصوبية في النبات					Fe مغ/كغ
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
<15	20-15	250-20	500 - 250	500	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

7- أهم أسمدة الحديد:

يبين الجدول (23) أهم أسمدة الحديد:

الجدول (23) - أهم أسمدة الحديد ومعدل وطريقة الإضافة

السماذ	الرمز الكيميائي	نسبة الحديد %	معدل وطريقة الإضافة
كبريتات الحديدي	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20	يضاف رشاً Folior ويمعدل 0.5 - 1 كغ
شيلات	Fe-EDTA	10	500/Fe لتر / هـ
الحديد	Fe-EDTA	12-9	تعاد عند الضرورة

أهم المركبات الشيلاتية التي تربط هذه العناصر:

1- EDTA إيتيلين ثنائي أمين رباعي حمض الخل .

2- EDDHA: إيتيلين ثنائي أمين ثنائي هيدروكسيل فينيل حمض الخل .

3- DTPA: ثنائي إيتيلين ثلاثي أمين رباعي حمض الخل .



الفصل التاسع

المنغنيز

1- مقدمة:

يشابه المنغنيز الحديد في دوره في تغذية النبات حيث يسهم في تركيب اليخضور، وإنزيمات الأكسدة والإرجاع وأيضاً في بعض أنزيمات التنفس.

2- دورة المنغنيز في التربة: يبين الشكل (10) دورة المنغنيز في التربة، وتتلخص دورة المنغنيز بالخطوات التالية:

1- يدخل المنغنيز إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers، وتحرره من الفلزات.

2- يتحول منغنيز المادة العضوية إلى منغنيز ذائب في محلول التربة على صورة Mn^{+2} ، بعملية التمعدين Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين Immobilization.

3- يحدث ادمصاص للمنغنيز Adsorption على سطوح فلزات الطين ذات الشحنة السالبة، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

4- يمتص النبات المنغنيز على شكل Mn^{+2} .

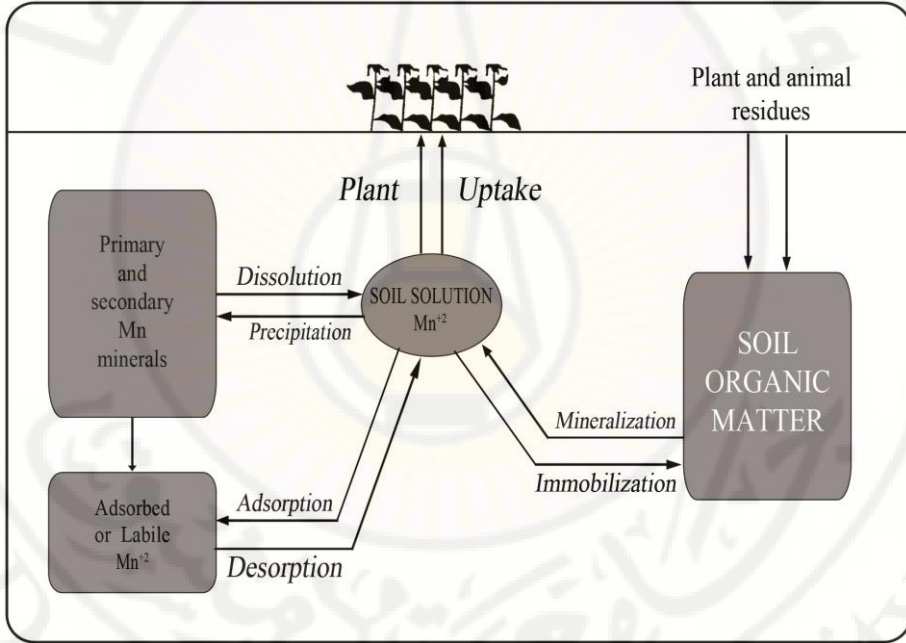
5- يتحرر المنغنيز من الفلزات والصخور عن طريق عملية الإذابة Dissolution وبترسب بعملية معاكسة Precipitation على شكل أكاسيد ثلاثية أو رباعية وبصورة فلزات (بيرولوسيت ومنغنيت).

6- يحدث غسل Leaching لجزء من المنغنيز.

3- مصادر المنغنيز وأشكاله في التربة.

يعود مصدر المنغنيز المعدني (الفلزي) في الترب الزراعية إلى معادن (فلزات) التربة البيرولوسيت (MnO_2) Pyrolusite، المنغنيت $MnO(OH)$ Manganite البرونيت Mn_2O_3 الخ. ويشكل الجزء الأكبر من محتوى التربة الكلي من المنغنيز. كما يوجد المنغنيز المتبادل Exchangeable-Mn مدمصاً على سطوح غرويات التربة سواء المعدنية منها أم العضوية، ويشكل جزءاً قليلاً من المنغنيز الكلي في التربة. يزداد محتوى

التربة من المنغنيز المتبادل مع انخفاض pH التربة، وقد يصل إلى أكثر من (1000) مغ/كغ في الترب شديدة الحموضة، بينما ينخفض هذا المحتوى مع ارتفاع pH حيث يتأكسد إلى Mn^{+4} ويطرسب على شكل MnO_2 . ويمكن أن ينخفض تركيز المنغنيز المتبادل في الترب القلوية ليصل إلى (0,1) مغ/كغ، ويوجد المنغنيز الذائب في محلول التربة Soluble-Mn ويعد هذا الشكل الأكثر أهمية للنبات حيث يكون Mn^{+2} ذائِباً في محلول التربة. ويوجد هذا الشكل من المنغنيز في حالة توازن مع المنغنيز المتبادل من جهة، كما يمكن للمنغنيز أن يرتبط بالمادة العضوية عن طريق المجموعات الوظيفية بشكل مذبلي.



الشكل (10) دورة المنغنيز في الترب

4- جاهزية المنغنيز والعوامل التي تؤثر عليها:

يتوقف ظهور أعراض نقص المنغنيز على النباتات على الكمية الميسرة والتي تتحكم فيها عوامل عدة يمكن إيجازها في ما يلي:

-درجة pH:

يؤدي ارتفاع pH التربة إلى خفض الكمية الميسرة من المنغنيز إلى الدرجة التي لا تسمح

بإمداد النباتات النامية في التربة بهذا العنصر حيث يتأكسد المزيد من المنغنيز الثنائي تحت هذه الظروف، ويتضح ذلك جلياً في الترب الكلسية حيث محتوى تلك الترب من المنغنيز الكلي كبير، ولكن الكمية الميسرة منه قليلة جداً وذلك يرجع إلى ارتفاع pH هذه الترب حيث لوحظ انخفاض تركيز المنغنيز الذائب بمقدار (100) مرة لكل ارتفاع في pH التربة مقداره درجة واحدة، وعلى ذلك فمن المفيد استخدام الأسمدة ذات التأثير الحامضي والتي تزيد من المنغنيز الميسر نتيجة لخفضها pH التربة، كما يوجد تأثير آخر لـ pH التربة، حيث يؤثر في نشاط الكائنات الدقيقة والتي لها دور مهم في عمليتي الأكسدة والإرجاع حيث وجد أن هذه الكائنات تقوم بعملية الأكسدة عند قيم من pH حول (7) ويتحول Mn^{+2} إلى الشكل الثلاثي Mn^{+3} ، والشكل الرباعي Mn^{+4} غير الميسرة للنبات، وعلى العكس من ذلك في الترب الحامضية حيث يزداد تيسر المنغنيز إلى الدرجة التي قد يصبح معها تركيزه في محلول التربة ساماً مما يسبب مشكلات للنباتات النامية في تلك الترب.

- المادة العضوية:

تعمل المادة العضوية على خفض pH التربة، ومع تحلل المادة العضوية تتحرر بعض الأحماض العضوية والتي تعمل كمركب مخلي يرتبط مع المنغنيز ويجعله في شكل قابل لإفادة النبات.

- قوام التربة:

يكون محتوى الترب الرملية من المنغنيز الكلي قليلاً على نحو عام، وعلى ذلك يكون من المتوقع أن يكون المنغنيز الميسر بهذه الترب قليلاً أيضاً.

-محتوى التربة من الرطوبة:

يعد المنغنيز من العناصر المتعددة التكافؤ مثل الحديد، لذا فإن ظروف التهوية تؤدي دوراً أساسياً في تحديد الكمية الميسرة من هذا العنصر (Mn^{+2}). وعلى ذلك يتبين أنه تحت ظروف التهوية السيئة ونقص الأكسجين تزداد كمية Mn^{+2} نتيجة حدوث عملية الإرجاع لأشكال عالية التكافؤ من المنغنيز، وعلى ذلك فالنباتات المائية ومن أمثلتها الأرز قد لا تعاني من نقص المنغنيز لزيادة ذوبانه تحت هذه الظروف، كما أنه في بعض المناطق

يحدث في وقت واحد زيادة في كل من الكمية الميسرة نتيجة لظروف الإرجاع، والكمية المفقودة من هذا الشكل نتيجة لعملية الغسل، كما في المناطق الرطبة الممطرة.
-تأثير الأيونات المغذية الأخرى:

وجد ان هناك بعض الأيونات التي تؤثر سلباً في المنغنيز الممتص بواسطة النبات أي هناك ما يعرف باسم ظاهرة التضاد Antagonism بين المنغنيز وهذه الأيونات، ومن الأمثلة الواضحة في هذا المجال التضاد مع أيون الحديد، حيث أن المستوى المرتفع من الحديد الميسر في التربة يؤدي إلى ظهور أعراض نقص المنغنيز على النبات، ولقد أثبتت الدراسات بأن أقصى درجة لنمو النبات تحدث عندما تكون نسبة الحديد: المنغنيز Fe: Mn ratio في وسط النمو تتحصر بين (1.5-2.5). ففي حالة ارتفاع النسبة عن (2.5) تؤدي إلى ظهور أعراض نقص المنغنيز على النبات، بينما بانخفاض هذه النسبة عن (1.5) تظهر أعراض السمية لهذا العنصر.
-العوامل المناخية:

تظهر أعراض نقص المنغنيز على النباتات النامية في المناخ الجاف، وبالمقابل فإن زيادة شدة الضوء تزيد من المنغنيز الممتص.

5- المنغنيز وأعراض نقصه على النبات:

يمتص النبات المنغنيز في معظمه بصورة معدنية على شكل أيون منغنيز ثنائي Mn^{+2} ، وقسماً قليلاً منه على شكل شيلات. ويبلغ تركيز المنغنيز الكلي (Total-Mn) في النبات بين (20 و 300) مغ/كغ مادة جافة، بينما تظهر أعراض نقص المنغنيز عند انخفاض التركيز عن (20) مغ/كغ، بينما تظهر أعراض السمية على النبات شديد التحمل إذا زاد التركيز عن (300) مغ/كغ، ويشذ عن ذلك نبات الأرز، حيث وجد أن هذا النبات شديد التحمل لزيادة المنغنيز في وسط النمو حتى إذا وصل التركيز إلى (2500) مغ/كغ. تبدأ ظهور أعراض نقص المنغنيز أولاً على الأوراق حديثة النمو عند انخفاض تركيز المنغنيز في النبات عن (20) مغ/كغ. ويمكن ذكر الظروف المشجعة على ظهور هذه الأعراض والتي تتمثل في: انخفاض محتوى التربة من المنغنيز الميسر والمستخلص بمحلول DTPA عن (2) مغ/كغ، وفي الترب القلوية والمائلة للقلوية، وتتجلى هذه

الأعراض: بظهور اصفرار بين عروق الأوراق الحديثة، ثم تنتشر بقع بنية لأنسجة ميتة موزعة على الورقة مع بقاء عروق الورقة خضراء داكنة (أي تبدو الورقة مبقعة كلوحة شطرنج). تظهر منطقة ذات لون رمادي عند قاعدة الأوراق الصغيرة ثم تتحول إلى لون مصفر وفي النهاية تتحول إلى اللون البرتقالي المصفر. أما سمية المنغنيز فتظهر في الترب شديدة الحموضة، وبعد إضافة كميات كبيرة من مركبات المنغنيز سهلة الذوبان، إلا أنه نادراً ما تظهر سمية المنغنيز في ظروف الترب الكلسية والقلوية. تتجلى أعراض السمية بظهور بقع صفراء اللون على الأوراق القديمة للنبات ثم تتحول إلى بقع بنية سوداء اللون محاطة بهالة صفراء باهتة.

6- المستويات الخصوبية للمنغنيز في التربة والنبات:

جدول (24) مستويات المنغنيز في التربة:

المستويات الخصوبية في التربة			Mn مغ/كغ
منخفض	كاف	زائد	
<2	4-2	>4	

FAO,2007

جدول (25) مستويات المنغنيز في النبات: 20 - 300 مغ/كغ مادة جافة.

المستويات الخصوبية في النبات					Mn مغ/كغ
منخفض	متوسط	كاف	غني	غني جداً	
<10	15-10	100-15	250 - 100	250	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

7- أهم أسمدة المنغنيز:

يبين الجدول (26) أهم أسمدة المنغنيز ومعدل الإضافة وطريقة الإضافة .

جدول (26) أهم أسمدة المنغنيز ومعدل الإضافة وطريقتها

معدل الإضافة وطريقتها كغ/Mn هـ			نسبة المنغنيز %	الرمز الكيميائي	السما
رشاً Folior	تكبشاً Banded	نثراً Broadcast			
0.3-0.1	10-2	40-15	28	MnSO ₄ ·4H ₂ O	كبريتات المنغنيز
0.5-0.2	-	-	12	Mn-EDTA	شيلات المنغنيز

الفصل العاشر

الزنك

1- مقدمة:

يسهم الزنك في تكوين هرمونات نمو الخلايا، والأنزيمات وبعض الأحماض الأمينية. كما له دور في تمثيل الكربوهيدرات وتصنيع البروتينات.

2- دورة الزنك في التربة: يبين الشكل (11) دورة الزنك في التربة، وتتلخص دورة الزنك بالخطوات التالية:

1- يدخل الزنك إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers، وتحرره من الفلزات.

2- يتحول زنك المادة العضوية إلى زنك ذائب في محلول التربة على شكل Zn^{+2} بعملية التمعن Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين Immobilization.

3- يحدث ادمصاص للزنك Adsorption على سطوح فلزات الطين ذات الشحنة السالبة، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

4- يمتص النبات الزنك على شكل Zn^{+2} .

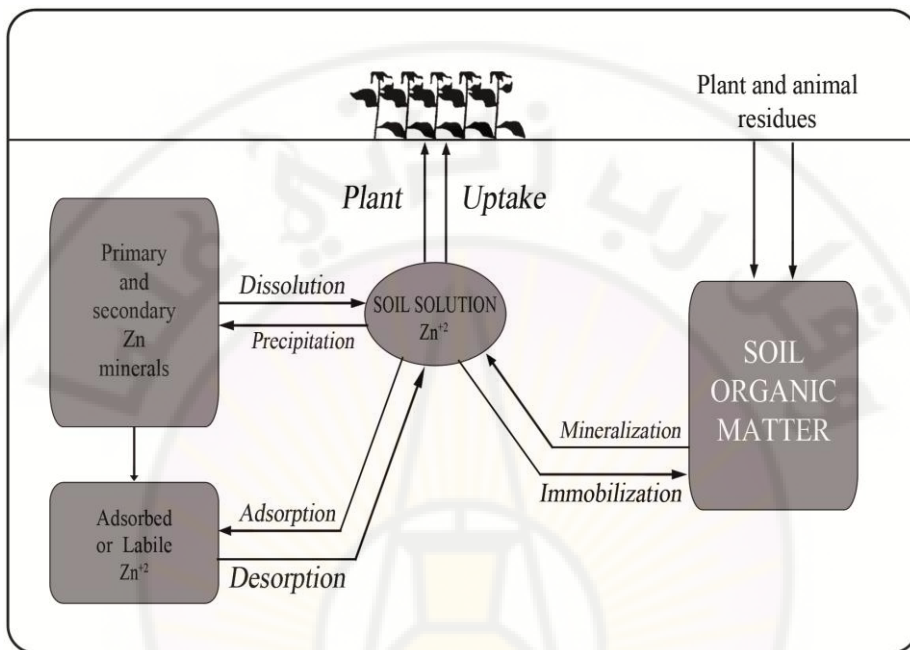
5- يتحرر الزنك من الفلزات والصخور عن طريق عملية الإذابة Dissolution ويترسب بعملية معاكسة Precipitation على شكل هيدروكسيد الزنك أو كربونات الزنك أو بشكل فلزات تحوي الزنك (أوجيت، بيوتيت).

6- يحدث غسل Leaching لجزء من الزنك.

3- مصادر الزنك وأشكاله في التربة:

يعود مصدر الزنك المعدني في الترب الزراعية إلى بعض المعادن مثل: الأوجيت Augite، الهورنبلند Hornblende، والبيوتيت Biotite، ويوجد أيضاً على شكل أملاح مثل: سفاليريت Sphalarite (ZnS)، الزنكيت Zincite (ZnO)، يوجد الزنك المتبادل مدمصاً على سطوح غرويات التربة سواء المعدنية منها أم العضوية، تقدر كمية هذا الشكل من الزنك بـ (0.1-2) مغ/كغ، كما يوجد الزنك على شكل معقدات عضوية

Organic Complexes-Zn، حيث يرتبط مع الأحماض العضوية وبشكل معقدات عضوية ذائبة مع الأحماض الأمينية والفولفية،



الشكل (11) دورة الزنك في التربة

وأخرى معقدات غير ذائبة مع الأحماض الهيومية، إضافة لذلك يوجد الزنك ذائباً في محلول التربة Soluble-Zn، ويعد هذا الشكل الأكثر أهمية للنبات حيث يكون Zn^{+2} ذائباً في محلول التربة، ويوجد هذا الشكل من الزنك في حالة توازن مع الشكل المتبادل حيث يشكلان الزنك الميسر للنبات .

2- جاهزية الزنك والعوامل التي تؤثر عليها.

تؤثر عوامل عدة في سلوك ودرجة تيسر الزنك الذائب في التربة وتشمل:

1- رقم الـ pH:

يزداد تيسر الزنك بانخفاض الـ pH ، ويتضح ذلك في الترب الحامضية. وعلى العكس من ذلك يلاحظ في الترب القلوية انخفاض كمية الزنك الميسرة حيث وجد أن تركيز الزنك يقل 100 مرة مع كل وحدة زيادة في قيمة الـ pH ، ويعزى ظهور أعراض نقص الزنك على النباتات النامية في الترب الكلسية إلى هذا السبب بصورة أساسية. إن إضافة

الكلس للترب الحامضية يرفع الـ pH ، ومن ثم يقلل من تيسر هذا العنصر، بينما الاستخدام المستمر للأسمدة ذات التأثير الحامضي مثل كبريتات الأمونيوم يؤدي إلى خفض الـ pH ، ومن ثم زيادة تيسر الزنك. وفي بعض الترب الحامضية يزداد التيسر لدرجة وصول التركيز لدرجة السمية. وعموماً وجد أن أفضل pH تربة يكون عند الزنك ميسراً هو في مدى من (5.5-6.5).

2- المادة العضوية:

تشكل المركبات الدبالية مع الزنك مركبات مخلبية تزيد من تيسره للنبات، ويلاحظ أن إضافة المادة العضوية للترب القلوية والكلسية يزيد من تيسر الزنك بها سواءً بطريقة مباشرة أم غير مباشرة عن طريق خفض pH التربة.

3- كربونات الكالسيوم:

تؤثر كربونات الكالسيوم على رفع pH التربة فيترسب الزنك على شكل ماءات الزنك $Zn(OH)_2$ ، كما يحدث تفاعل بين الكربونات والزنك وخاصة في حالة وجود كربونات المغنيزيوم (المغنيزيت $MgCO_3$ والدولوميت $CaMg(CO_3)_2$) وذلك بإحلال الزنك محل المغنيزيوم الموجود بهذه المركبات. وكذلك: حدوث ادمصاص للزنك على سطوح كربونات الكالسيوم، ومن ثم تقل الكمية الميسرة.

4- قوام التربة:

تعد الترب الخفيفة خشنة القوام ذات قدرة قليلة على الاحتفاظ بالزنك، وعلى ذلك فإن الترب الرملية يعاني النبات النامي فيها من نقص الزنك، بينما تعمل التربة الطينية على الاحتفاظ بالزنك من خلال ادمصاصه على سطوحها.

5- مستوى الفوسفات في التربة:

يؤدي التركيز المرتفع من الفوسفات الذائبة، سواء الموجودة أصلاً في التربة Native Phosphorus أم الناتجة عن التسميد الزائد بالفوسفات إلى نقص الزنك من خلال الآليات التالية:

أولاً: ترسيب الزنك في صورة فوسفات الزنك $Zn_3(PO_4)_2$

ثانياً: قدرة الفوسفور على زيادة النمو النباتي تفوق كثيراً قدرة الزنك وهذا بالطبع يؤدي إلى انخفاض تركيز الزنك في النبات وخاصة في القمم النامية، كنتيجة لتأثير التخفيف .Dilution effect

ثالثاً: حدوث اضطراب حيوي داخل النبات لعدم حدوث التوازن المطلوب بين العنصرين داخل النبات، أي أن الفوسفور يشجع على ظهور أعراض نقص الزنك بسبب عدم التوازن بين نسبة الفوسفور إلى الزنك P/Zn وهذا نتيجة اختلاف معدل حركة الزنك والفوسفور من الجذر إلى القمة. (الفوسفور متحرك داخل النبات بينما الزنك غير متحرك)

رابعاً: فسر بعض الباحثين السبب أنه يرجع إلى تكوين معقدات بين الزنك والبروتين داخل المجموع الجذري وأن الفوسفور يشجع على تكوين هذه المعقدات.

خامساً: حدوث إعاقة لامتصاص الزنك نتيجة لزيادة تركيز الكالسيوم في محلول التربة مع إضافة الأسمدة الفوسفاتية.

1- الأسمدة الآزوتية الزائدة: تؤدي الإضافة الزائدة للأسمدة الآزوتية إلى نقص الزنك الميسر للنبات، وهناك تفسيرات عدة منها:
أولاً: ظاهرة التخفيف.

ثانياً: اتحاد الزنك مع النترات وتكوين نترات الزنك وهو مركب عالٍ في درجة ذوبانه في الماء، ومن ثم يتحرك مع مياه الصرف ويحدث غسل للزنك من منطقة نمو الجذور، ومن جهة أخرى فإن نترات الزنك المتكونة تكون مصدراً لإمداد النبات بالزنك الميسر، ثالثاً: قابلية النبات لتثبيت الزنك في المجموع الجذري وذلك عن طريق تكوين معقدات مع البروتينات بصورة غير متحركة Immobile Zn-protein complexes، ومن ثم تنقيد حركة الزنك داخل النبات وتظهر الأعراض على النموات الحديثة ، وتجدر الإشارة أن الأسمدة الآزوتية ذات التأثير الحامضي تزيد من تيسر الزنك وذلك نتيجة لخفض ال PH والعكس مع الأسمدة قاعدية التأثير.

5- الزنك وأعراض نقصه على النبات.

يمتص النبات الزنك على شكل أيون زنك ثنائي Zn^{+2} ، وكذلك على شكل شيلات. ويبلغ تركيز الزنك الكلي (Total-Zn) في النبات بين 20-80 مغ /كغ مادة جافة. تظهر أعراض نقص الزنك عند انخفاض التركيز عن 20 جزءاً في المليون. بينما تظهر أعراض السمية على النبات إذا زاد التركيز عن 80 جزءاً في المليون. يلاحظ ارتفاع محتوى الجذور من الزنك مقارنة بالأعضاء النباتية الأخرى. وتتجلى أعراض نقص الزنك بشكل عام كما يلي :

اصفرار بين عروق الأوراق الحديثة، ثم ظهور بقع بنية الأنسجة ميتة منتشرة على الورقة مع بقاء عروق الورقة خضراء داكنة (أي تبدو الورقة مبقعة (مبرقشة) كلوحة الشطرنج). تظهر منطقة ذات لون رمادي عند قاعدة الأوراق الصغيرة ثم يتحول إلى لون مصفر وفي النهاية يتحول إلى اللون البرتقالي المصفر، وفي بعض المحاصيل يمكن ظهور بقع بنية تشبه الصدأ، ويمكن ظهور أوراق صغيرة الحجم على قمة الساق (حدوث مايعرف بظاهرة التورد)، كما يمكن أن يصبح النبات متقزماً نتيجة لصغر طول السلاميات بالساق.

6- المستويات الخصوبية للزنك في التربة والنبات:

جدول (27) مستويات الزنك الميسر في التربة:

المستويات الخصوبية في التربة			Zn مغ/كغ
زائد	كاف	منخفض	
>1	1-0.5	<0.5	

FAO,2007

جدول (28) مستويات الزنك في النبات: 20 - 80 مغ/كغ مادة جافة.

المستويات الخصوبية في النبات					Zn مغ/كغ
غني جداً	غني	كاف	متوسط	منخفض	
150	150-70	70-15	15-10	<10	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

2- أهم أسمدة الزنك.

يبين الجدول (29) أهم أسمدة الزنك

الجدول (29) - أهم أسمدة الزنك ومعدل الإضافة وطريقتها

السماذ	الرمز الكيميائي	نسبة الزنك %	معدل الإضافة وطريقتها (كغ/zn/هـ)		
			نثراً	تكميلاً	رشاً
			Broadcast	Banded	Folior
كبريتات الزنك	ZnSO ₄	40	10-4	2-1	0.5 كغ Zn/100 لتر/هـ
شيلات الزنك	Zn-EDTA	14	-	-	

سمية الزنك:

تظهر سمية الزنك في الترب شديدة الحموضة، وبعد إضافة كميات كبيرة من مركبات الزنك سهلة الذوبان، إلا أنه نادراً ما تظهر سمية الزنك في ظروف الترب الكلسية والقلوية. وتتباين النباتات في درجات تحملها لزيادة الزنك، لوحظ أن نبات الذرة الصفراء يتحمل تراكيز زائدة من الزنك بمئات المرات عن التركيز الطبيعي وغالباً ما تكون أعراض السمية بالزنك مشابهة لما هي عليه في المنغنيز والتي تتمثل باصفرار الأوراق القديمة مع بقاء العروق خضراء مدة طويلة يعقبه ظهور بقع ميتة بلون بني، وقد يترافق ذلك باحترق حواف الأوراق.

الفصل الحادي عشر

النحاس

1- مقدمة:

يسهم النحاس في تركيب كثير من الأنزيمات وخاصة التنفس، ومن العناصر اللازمة للعديد من البروتينات، كذلك وجد أن النحاس يؤثر في تبادل الكربوهيدرات والبروتينات ويزيد من مقاومة النبات ضد الأمراض الفطرية.

2- دورة النحاس في التربة: يبين الشكل (12) دورة النحاس في التربة وتتلخص دورة النحاس بالخطوات التالية:

1- يدخل النحاس إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers، وتحرره من الفلزات.

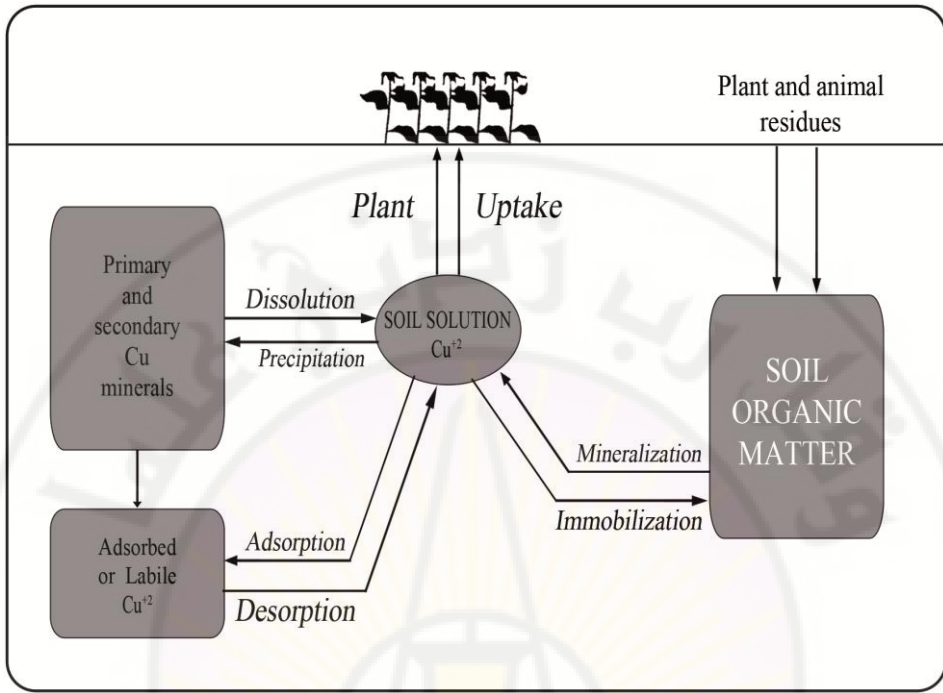
2- يتحول نحاس المادة العضوية إلى نحاس ذائب في محلول التربة على شكل Cu^{+2} ، بعملية التمعدين Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين Immobilization.

3- يحدث ادمصاص للنحاس Adsorption على سطوح فلزات الطين ذات الشحنة السالبة، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

4- يمتص النبات النحاس على شكل Cu^{+2} .

5- يتحرر النحاس من الفلزات والصخور عن طريق عملية الإذابة Dissolution ويطرسب بعملية معاكسة Precipitation على شكل هيدروكسيد النحاس أو كربونات النحاس أو بشكل فلزات تحوي النحاس (الكوبيريت).

6- يحدث غسل Leaching لجزء من النحاس.



الشكل (12) دورة النحاس في التربة

3- مصادر النحاس وأشكاله في التربة:

يعود مصدر النحاس المعدني (الفلزي) في الترب الزراعية إلى معادن (فلزات) التربة ومنها معادن كبريتيدية Suphides، وأهم هذه المعادن هو كالكوبيريت Chalcopyrite CuFeS_2 حيث يعد المصدر الأساسي للنحاس. وكذلك إلى معادن الأكاسيد والكربونات النحاسية ومنها كوبريت Cuprite (Cu_2O) ، وملاكييت Malchite (CuCO_3) . يوجد النحاس المتبادل Exchangeable-Cu مدمصاً على سطوح الغرويات المعدنية (معادن الطين)، على شكل Cu^{+2} أو CuOH^- ويعد هذا الشكل ميسراً للنبات نسبياً، كما يوجد على شكل معقدات عضوية Organic Complexes-Cu، حيث يرتبط النحاس مع المركبات العضوية من خلال المجموعات الوظيفية الأكسجينية، الكربوكسيل والهيدروكسيل الفينولي أو الكحولي مكوناً معقدات ثابتة Copper-Organic matter complexes. وأشارت بعض الأبحاث إلى أن ارتباط النحاس مع الأحماض العضوية يكون مركبات غير ذائبة في حالة الأحماض الهيومية ولكنها قد تكون ذائبة في حالة

الأحماض الفولفية، ومن المتوقع أن النباتات النامية في الترب العضوية ستعاني من نقص النحاس، إضافة لذلك يوجد النحاس ذائباً في محلول التربة Soluble-Cu.

4- جاهزية النحاس والعوامل التي تؤثر فيها:

تؤثر عوامل عدة على تيسر النحاس أهمها:

1- pH التربة: تقل كمية النحاس الميسرة للنبات بارتفاع الـ PH عن 7 حيث يترسب على شكل ماءات $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ، بينما يزداد تيسره مع انخفاض الـ PH عن 6، وفي الترب شديدة الحموضة (PH أقل من 4.5) نجد أن الكمية الميسرة للنبات تقل مرة أخرى ويرجع ذلك إلى:

يمكن أن يتحد النحاس الذائب مع سيليكات الألومنيوم، الفوسفات أو أيونات أخرى ذائبة ليتحول إلى مركبات ضعيفة أو عديمة الذوبان، كما أن زيادة الكمية الممتصة من الأيونات الأخرى في الترب الحامضية يقلل أو يعوق امتصاص النحاس.

2- المادة العضوية: يعد النحاس من أكثر العناصر الصغرى ارتباطاً مع المادة العضوية، وهذا يفسر سبب ظهور أعراض نقص النحاس على النباتات النامية في الترب العضوية، ويرجع ذلك لقوة ارتباطه بالمركبات العضوية.

3- قوام التربة: تعاني النباتات النامية في الترب الرملية من نقص النحاس وذلك لقلة الكمية الميسرة. تدمص الكمية الذائبة من هذا العنصر على سطوح التربة ذات القوام الناعم والتي تتميز بسعة تبادلية كاتيونية مرتفعة.

4- كربونات الكالسيوم: ترفع زيادة كربونات الكالسيوم في التربة من قيمة pH التربة ومن ثم يكون تأثيرها غير المباشر في نقص الكمية الميسرة من النحاس، حيث يكون الـ pH في حدود 8 وعند هذا الـ pH يحدث تفاعل بين النحاس وكربونات الكالسيوم وتكون كربونات النحاس القلوية $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ غير الذائبة.

5- النحاس وأعراض نقصه على النبات:

يمتص النبات النحاس في معظمه بصورة معدنية على شكل أيون نحاس ثنائي Cu^{2+} ، وقسم قليل منه على شكل شيلات، ويبلغ تركيز النحاس الكلي (Total-Cu) في النبات بين 5 و 20 مغ/كغ مادة جافة. ويحتاج النبات النحاس الميسر بكميات قليلة.

تتوقف حركة النحاس في النبات على مدى توافر هذا العنصر في وسط النمو، ويسلك النحاس مسلك العناصر المتحركة داخل النبات في حالة الإمداد الكافي ويشابه العناصر غير المتحركة في حالة النقص، ومن ثم يتركز النحاس في الأوراق الحديثة، مقارنة بالأوراق القديمة في حالة توافر العنصر في وسط النمو، بينما في حالة النقص تحتوى الأوراق الحديثة على تركيز أقل منه في الأوراق القديمة.

يعد النحاس عنصراً مهماً للنبات، حيث يدخل في تركيب كثير من الأنزيمات وخاصة التنفس، ومن العناصر اللازمة للعديد من البروتينات، كذلك وجد أن النحاس يؤثر على تبادل الكربوهيدرات والبروتينات ويزيد من مقاومة النبات ضد الأمراض الفطرية. تظهر أعراض نقص النحاس في التربة الكلسية والقلوية والمغسولة والتربة الحامضية المستصلحة بإضافة الكلس والتربة العضوية الغنية بالحموض الهيومية و تظهر أعراض نقصه في النبات عندما ينخفض تركيزه عن 2 مغ Cu/كغ مادة جافة. تتجلى الأعراض عموماً بتحول لون الأوراق الحديثة إلى اللون الأبيض مع صغر حجمها عن الحجم الطبيعي وقصر السلاسل بين العقد، ومن ثم تقزم النبات وتساقط الأزهار، ومن أهم الأعراض:

- الذرة Maize: يظهر على الأوراق الحديثة بقع خضراء فاتحة متبادلة مع بقع خضراء غامقة ويدعى هذا المرض بالبقع البيضاء Points Blanches.
- الحمضيات Citrus: موت قمم الأفرع بعد اصفرار حواف الأوراق أو احتراقها (مرض الموت التراجعي Die-Back). إضافة إلى ظهور جيوب صمغية على الساق وبجانب البراعم وعلى قشرة الثمرة ، وبقع ملونة على القلف وأطراف الأغصان.
- التفاح Apple: موت قمم الافرع بعد اصفرار حواف الأوراق أو احتراقها (مرض الموت التراجعي Die-Back).

6- المستويات الخصوبية للنحاس في التربة والنبات.

جدول (30) مستويات النحاس الميسر في التربة

المستويات الخصوبية في التربة			Cu مغ/كغ
منخفض	كاف	زائد	
<0.5	1.5-0.5	>1.5	

FAO,2007

جدول (31) مستويات النحاس في النبات: 5 - 20 مغ/كغ مادة جافة.

المستويات الخصوبية في النبات					Cu مغ/كغ
منخفض	متوسط	كاف	غنية	غنية جداً	
<3	4.5-3	25-4.5	50-25	50	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

7- أهم أسمدة النحاس.

يبين الجدول (32) الجدول أهم أسمدة النحاس ومعدل الإضافة وطريقته .

الجدول (32) - أهم أسمدة النحاس ومعدل الإضافة وطريقته

السماذ	الرمز الكيميائي	نسبة النحاس %	معدل الإضافة وطريقته كغ/Cu/هـ		
			نثراً Broadcast	تكبيشاً Banded	رشاً Folior
كبريتات النحاس	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25	12-3	2-1	0.13 كغ/Cu/100 لتر/هـ
شيلات النحاس	Cu-EDTA	13	2.5-0.8	2-0.5	0.10 كغ/Cu/100 لتر/هـ

سمية النحاس: تظهر سمية النحاس في الترب شديدة الحموضة، وبعد إضافة كميات كبيرة من مركبات النحاس سهلة الذوبان، إلا أنه نادراً ما تظهر سمية النحاس في ظروف الترب الكلسية والقلوية. تتجلى أعراض السمية باصفرار الأوراق المشابه لأعراض نقص

الحديد. يعتقد أنه يوجد تضاد بين النحاس والحديد، ولذلك لمعالجة سمية النحاس يضاف الحديد للنبات على شكل شيلات. أشارت دراسات مختلفة إلى أن تجاوز محتوى الأوراق 20 مغ Cu/كغ مادة جافة يؤدي إلى السمية.



الفصل الثاني عشر

البورون

1- مقدمة:

يسهم البورون في تغذية النبات من خلال دوره في الإزهار والثمار وانتقال السكريات، كما يساهم في زيادة نشاط عديد من الإنزيمات، وانقسام الخلايا وتمثيل البروتين والأحماض النووية، ويعدّ البورون من العناصر غير المتحركة، لذلك تظهر أعراض نقصه أولاً على الأوراق حديثة النمو.

2- دورة البورون في التربة: يبين الشكل (13) دورة البورون في التربة، وتتلخص دورة البورون بالخطوات التالية:

1- يدخل البورون إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers، وتحرره من الفلزات.

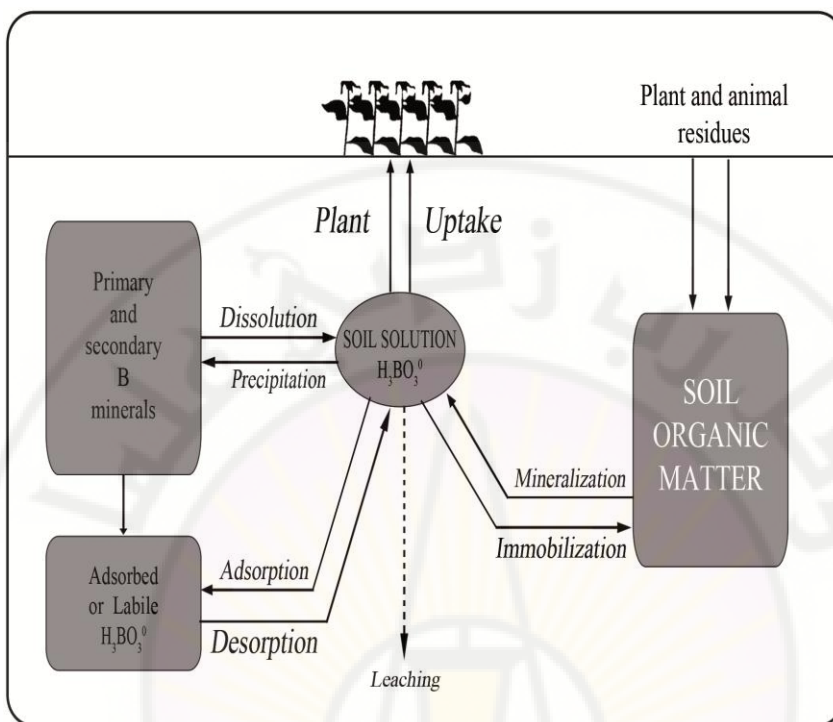
2- يتحول بورون المادة العضوية إلى بورون ذائب في محلول التربة على شكل H_3BO_3 ، بعملية التمعّن Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين Immobilization.

3- يحدث ادمصاص للبورون Adsorption على سطوح أكاسيد الحديد والألمنيوم موجبة الشحنة وأطراف الكاؤولنيت، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

4- يمتص النبات البورون على شكل H_3BO_3 .

5- يتحرر البورون من الفلزات والصخور عن طريق عملية الإذابة Dissolution وبترسب بعملية معاكسة Precipitation على شكل بورات الكالسيوم في الترب الكلسية، وعلى شكل فلزات كما في التورمالين $(NaMg_3Al_6B_3Si_6O_{27}(OH,F)_4)$.

6- يحدث غسل Leaching لجزء من البورون.



الشكل (13) دورة البورون في التربة

3- مصادر البورون وأشكاله في التربة:

يعود مصدر البورون المعدني في الترب الزراعية إلى بعض المعادن، مثل: التورمالين $\text{NaMg}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH},\text{F})_4$ الذي يعد المصدر الأساسي للبورون في التربة، كما يوجد البورون المتبادل (الدمص) Exchangeable-B مدمصاً على سطوح غرويات التربة التي تحمل شحنة موجبة سواء كان على هيئة أيون بورات $\{\text{B}(\text{OH})_4\}^-$ في الترب القلوية أو على هيئة حمض البوريك H_3BO_3 في الترب منخفضة الـ pH ويحدث الانمصاص على الحواف المكسورة لمعادن سيليكات الألمنيوم أو على الأكاسيد السداسية الحرة مثل هيدروكسيدات الألمنيوم والحديد، كما يوجد البورون على شكل معقدات عضوية $\text{Organic Complexes-B}$ يعتقد أن البورون يمكن أن يرتبط مع المجموعات الوظيفية الفعالة للحموض الهيومية والفولفية بوجود جسر كاتيوني أو بالتبادل مع مجموعة الهيدروكسيل، إضافة لذلك يوجد البورون ذائباً في محلول التربة الذي يعد من أهم الصور من حيث درجة صلاحيتها للنبات، ويوجد البورون أساساً

على صورة حمض البوريك H_3BO_3 وهذا الحمض غير قابل للتأين في الظروف الطبيعية لـ pH التربة الزراعية ولذلك يكون عرضة للفقد من التربة عن طريق عملية الغسيل، بينما تحت ظروف التربة القلوية ومع ارتفاع الـ pH يتحد حمض البوريك مع الماء ويتكون أنيون البورات $\{B(OH)_4\}^-$ والتي يمكن أن يدمص على المواقع الموجبة الشحنة أو يتبادل مع مجموعة الهيدروكسيل OH^- على سطوح غرويات التربة.

4- جاهزية البورون والعوامل التي تؤثر عليها:

الـ pH

وجد أن البورون الذائب يزداد مع ارتفاع الـ pH من 4.7 إلى 6.7 بينما تقل الكمية الميسرة بارتفاع الرقم عن ذلك.

- المادة العضوية:

يرتبط البورون بالمادة العضوية عن طريق المجاميع الفعالة مثل المجاميع الكربوكسيلية والهيدروكسيلية بوجود جسر كاتيوني .

- تأثير قوام التربة:

تقل بصفة عامة كمية البورون الميسر للنبات في التربة خفيفة القوام سريعة النفاذية، مقارنة بالتربة ناعمة القوام .

- رطوبة التربة:

تزداد الكمية المثبتة من البورون مع جفاف التربة، ومع زيادة الرطوبة يزداد معدل حركة البورون الذائب إلى سطح الجذور ومن ثم يزداد تيسره وانتشاره.

- تأثير العناصر الأخرى:

يؤدي ارتفاع محتوى محلول التربة من الكالسيوم والبوتاسيوم في التربة الكلسية والقلوية وفي التربة الحامضية المستصلحة بإضافة كميات كبيرة من المركبات الكلسية إلى خفض تيسر البورون، ويعتقد أن هناك تداخلاً وظيفياً بين البورون والكالسيوم في النبات، إذ يتطلب النبات كميات أكبر من البورون عندما يكون مستوى تغذيته بالكالسيوم مرتفعاً. تعد نسبة الكالسيوم إلى البورون Ca/B في النبات أساساً لحالة نقص البورون، وبشكل عام يؤدي ارتفاع النسبة عن (800/1) إلى ظهور أعراض النقص على النبات.

5- البورون وأعراض نقصه على النبات.

يمتص النبات البورون على شكل حمض البوريك H_3BO_3 حيث يسود هذا الشكل في الأوساط الحامضية وكذلك على شكل $\{B(OH)_4\}^-$ حيث يسود هذا الشكل في الأوساط القلوي. يبلغ تركيز البورون الكلي (Total-B) في النبات بين 20 و 40 مغ/كغ مادة جافة ، على الرغم من أن احتياجات النباتات المختلفة من البورون قليلة جداً إلا أن هناك مدى واسعاً بين النباتات في الكميات المطلوبة من هذا العنصر، فقد دلت بعض نتائج المزارع المائية والمزارع الرملية بأن نباتات البندورة والجزر يمكن أن تنمو بصورة طبيعية جداً في وجود البورون بتركيز منخفض جداً يصل إلى أقل من واحد جزء في المليون، بينما قد يصل تركيز هذا العنصر في هذه المزارع من 10 إلى 15 جزء في المليون لكي تنمو نباتات أخرى مثل الشوندر السكري نمواً طبيعياً.

يعدّ البورون من العناصر غير المتحركة، لذلك تظهر أعراض نقصه أولاً على الأوراق حديثة النمو، وتعدّ نباتات الشوندر السكري والقطن والقرنبيط والتفاح من النباتات عالية الحساسية لنقص البورون، بينما تعدّ الكرمة والبطاطا والجزر من النباتات ذات الحساسية المتوسطة لنقص البورون.

ينتج عن نقص البورون: نعفن القلب الأسود الجذر Heart Rot في الشوندر السكري، التقاف الأوراق في البطاطا، والقلب البني في اللفت، والاسمرار في القرنبيط والتفاح الفليني الداخلي في التفاح Internal Cork Apples، كذلك نتيجة لتأثير البورون على تمثيل البروتين فإن نقص البورون يؤدي إلى عدم تكوين البروتين ومن ثم عدم تكوين الأزهار وتأخر النضج ، كذلك يعرقل تكوين السنابل وتتلون الأوراق الحديثة بلون أخضر مزرق داكن وتمتاز بزيادة سمكها وعدم انتظامها، كما يتأثر أيضاً نمو وتطور الجذور حيث تبدو متقزمة وسميكة ويوجد تبرقش (بقع) في قمتها .

6- المستويات الخصوبية للبورون في التربة والنبات.

جدول (33) مستويات البورون الميسر في التربة

B مغ/كغ	المستويات الخصوبية في التربة		
	منخفض	كاف	زائد
	<1	2-1	>2

FAO,2007

جدول (34) مستويات البورون في النبات: 20 - 40 مغ/كغ مادة جافة.

B مغ/كغ	المستويات الخصوبية في النبات				
	منخفض	متوسط	كاف	غنية	غنية جداً
	3	5-3	25-5	75-25	75

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

7- أهم أسمدة البورون.

لجدول (35) - أهم أسمدة البورون ومعدل الإضافة وطريقتها

السماذ	الرمز الكيميائي	نسبة البورون %	معدل الإضافة وطريقتها كغ/B رشاً Folior
البوراكس (تترابورات الصوديوم) Sodium tetraborate	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11	0.5-1 كغ/B/100 لتر/هـ
حامض البوريك	H_3BO_3	17	

سمية البورون:

تعد الحدود الفاصلة بين التراكيز الملائمة والتراكيز التي تؤدي إلى السمية بالبورون قريبة جداً، وإن زيادة تركيزه في التربة زداد امتصاصه في النبات ومن ثم ظهور أعراض السمية والتي تتمثل في احتراق قمم الأوراق وظهور اللون الأصفر الباهت والذي ينتشر بين العروق الجانبية متجهاً على العروق الوسطى.



الفصل الثالث عشر

الموليبدينم

1- مقدمة:

يسهم الموليبدينم في تشكيل العقد الجذرية وعملية التثبيت الحيوي للآزوت من خلال دخوله في تركيب إنزيم الآزوتاز Nitrogenase ، وتمثيل النترات حيث يدخل في تركيب إنزيم إرجاع النترات Nitrate reduction الذي يقوم بإرجاع النترات (NO_3^-) إلى نترت (NO_2) ولذلك يلاحظ تراكم النترات في الأنسجة النباتية عندما يعاني النبات من نقص الموليبدينم كما يساهم الموليبدينم في اصطناع حمض الاسكوربيك.

2- دورة الموليبدينم في التربة: يبين الشكل (14) دورة الموليبدينم في التربة، وتتلخص دورة الموليبدينم بالخطوات التالية:

1- يدخل الموليبدينم إلى التربة من خلال المخلفات النباتية والحيوانية Plant and animal residues والأسمدة المعدنية Fertilizers، وتحرره من الفلزات.

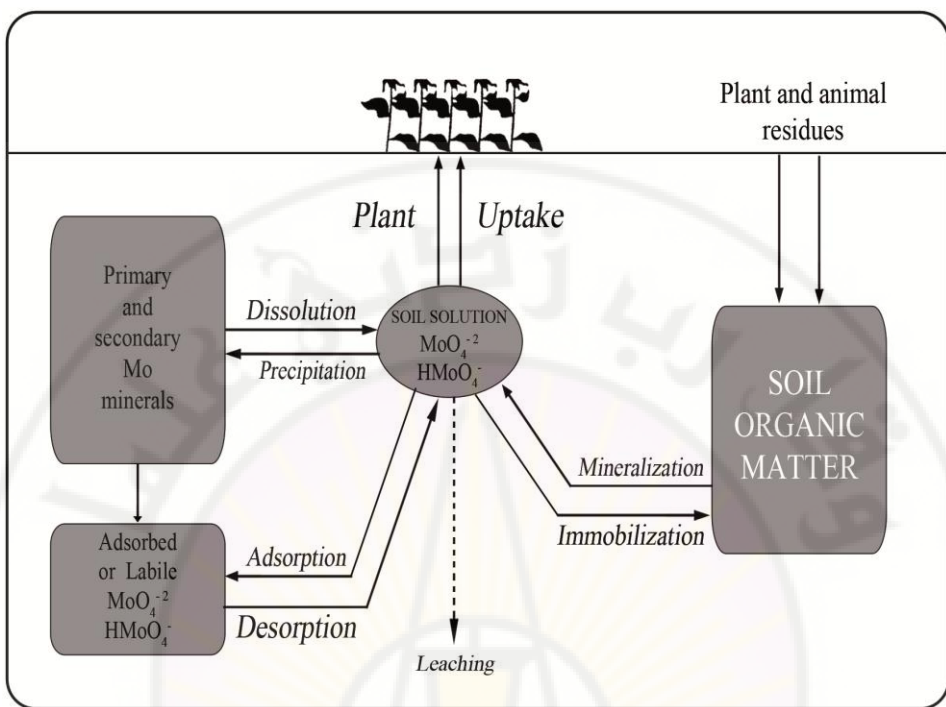
2- يتحول موليبدينم المادة العضوية إلى موليبدينم ذائب في محلول التربة، على شكل موليبديات ثنائية MoO_4^{2-} وموليبديات أحادية HMoO_4^- ، بعملية التمعدين Mineralization، بينما تدعى العملية المعاكسة بالتسكين Immobilization.

3- يحدث ادمصاص للموليبدينم Adsorption على سطوح أكاسيد الحديد والألمنيوم موجبة الشحنة وأطراف الكاؤولنيت، بينما تدعى العملية المعاكسة بالإزاحة Desorption.

4- يمتص النبات الموليبدينم على شكل أيون موليبديات ثنائية MoO_4^{2-} بشكل رئيس وأيضاً على شكل أيون موليبديات أحادية HMoO_4^- .

5- يتحرر الموليبدينم من الفلزات والصخور عن طريق عملية الإذابة Dissolution ويطرسب بعملية معاكسة Precipitation على شكل موليبديات الكالسيوم و موليبديات الحديد، وعلى شكل فلزات كما في الموليبدينيت (MoS_2).

6- يحدث غسل Leaching لجزء من الموليبدينم.



الشكل (14) دورة الموليبدينم في التربة

3- مصادر الموليبدينم وأشكاله في التربة:

يعود مصدر الموليبدينم المعدني في الترب الزراعية إلى بعض المعادن مثل: الموليبدنيت (MoS_2) وموليبدات الكالسيوم (CaMoO_4) ، كما يوجد الموليبدينم المتبادل مدمصاً على سطوح غرويات التربة التي تحمل شحنة موجبة سواء كان على شكل أيون موليبدات MoO_4^{2-} أو موليبدات حامضية HMoO_4^- أو على الطين بالتبادل مع OH^- أو بوجود جسر كاتيوني، وتزداد الكمية المثبتة من الموليبدات مع انخفاض درجة الـ pH، وتتشابه آلية ادمصاص الموليبدات مع آلية ادمصاص الفوسفات، إلا أن الموليبدات تأتي في المرحلة الثانية بعد الفوسفات من شدة الادمصاص، وكذلك يوجد الموليبدينم على شكل معقدات عضوية $\text{Mo-Organic Complexs}$ ، إضافة لذلك يكون الموليبدينم ذائباً في محلول التربة، ويوجد

الموليبدينم أساساً على شكل موليبدات ثنائية MoO_4^{2-} أو موليبدات أحادية HMoO_4^- وحمض الموليبدينم H_2MoO_4 ، إلا أن تركيز كل من الموليبدات الثنائية MoO_4^{2-}

والمولبيدات الأحادية HMoO_4^- ، يزداد مع ارتفاع الـ pH، حيث يكون محتوى الترب الحامضية من الموليبدنم الذائب أخفض من محتوى الترب القلوية، وتعد كمية الموليبدنم في محلول التربة قليلة جداً لا تتجاوز PPb4 (جزء بالليون).

4- جاهزية الموليبدنم والعوامل التي تؤثر فيها.

تؤثر عوامل عدة على سلوك ودرجة تيسر الموليبدنم الذائب في التربة، وتشمل:

- الـ pH:

يزداد تيسر الموليبدنم مع زيادة pH التربة، ومن ثم يزداد تيسره في الترب القلوية عنه في الترب الحامضية، ويمكن تفسير ذلك بأنه يمكن أن يحدث تبادل أنيوني في الترب القلوية بين أنيون الموليبدات المدمص وأنيون الهيدروكسيل الذائب في محلول التربة، بينما في الترب الحامضية يحدث ادمصاص له على سطوح غرويات التربة وخاصة الأكاسيد.

- المادة العضوية:

تشكل المادة العضوية مع الموليبدنم معقدات Mo-OM Complexs تسهم في الحد من تثبيت الموليبدنم وتحوله إلى صورة غير ميسرة للنبات مؤقتاً ويصبح مجدداً ميسراً للنبات بعد تحلل المادة العضوية بفعل الأحياء الدقيقة في التربة.

- تأثير قوام التربة:

تعاني التربة الرملية من نقص الموليبدنم، وذلك لسهولة فقدته من محلول التربة ونظراً لعدم وجود سطوح ادمصاص لهذه التربة، والعكس صحيح في الترب الطينية - كربونات الكالسيوم :

تؤدي كربونات الكالسيوم دوراً مهماً في تيسر الموليبدنم للنبات وخاصةً في الترب الحامضية، ويفسر ذلك بتأثير كربونات الكالسيوم على رفع pH التربة مما يزيد من تحرر الموليبدنم المدمص على سطوح الغرويات إلى المحلول.

- التداخل بين الأيونات المغذية الأخرى:

يعد وجود الفوسفات الذائبة في محلول التربة عاملاً مشجعاً على ذوبان الموليبدات وامتصاصها في النبات، وأحياناً ترتبط سمية الموليبدنم للنبات بزيادة كميات الفوسفات

الذائبة في محلول التربة ، والعكس، وفي حالة زيادة الكبريتات الذائبة في محلول التربة يحدث إعاقة لادمصاص الموليبدات بواسطة النبات، ويفسر ذلك بحدوث تنافس بين أنيون الكبريتات SO_4^{-2} وأنيون الموليبدات MoO_4^{-2} على مواقع الادمصاص على سطوح الجذور خلال عملية الامتصاص.

وهناك أيضاً ظاهرة التضاد Antagonism بين الموليبدنم والنحاس، حيث إن الزيادة من النحاس الميسر يؤدي إلى خفض الكمية الممتصة من الموليبدنم بواسطة النبات، وأمكن معالجة السمية الناشئة عن الموليبدنم بإضافة النحاس إلى التربة، وأخيراً فإن الزيادة من أكسيد الحديد Fe_2O_3 تسبب نقصاً في الموليبدنم الميسر للنبات.

- رطوبة التربة:

يزداد الموليبدنم الميسر للنبات في التربة بزيادة رطوبة تلك التربة.

5- الموليبدنم وأعراض نقصه على النبات :

يتمص النبات الموليبدنم الذائب من محلول التربة على شكل أيون موليبدات ثنائية (MoO_4^{2-}) بشكل رئيس وأيضاً على شكل أيون موليبدات أحادية $(HMoO_4^-)$. ويبلغ تركيز الموليبدنم الكلي (Total-Mo) في النبات وسطياً بين (0.1 و 2) مغ/كغ مادة جافة، وعلى الرغم من أن احتياجات النباتات المختلفة من الموليبدنم قليلة جداً أقل من واحد جزء في المليون ومنها الفصة (0.34)، الشعير (>0.3)، الفول (0.4) والبندورة (0.68)، وهناك نباتات يكون تركيز الموليبدنم مرتفعاً في أوراقها ومنها القطن (113 جزء في المليون)، إلا أن هناك مدى واسعاً بين النباتات في الكميات المطلوبة من هذا العنصر لها، فيمكن أن يتجاوز تركيز الموليبدنم في أوراق القطن (113مغ/كغ).

يدخل الموليبدنم في صميم عمليات استقلاب الآزوت N - metabolism داخل النبات لذا تكون أعراض نقصه مشابهة لأعراض نقص الآزوت، وهذا التشابه مع أعراض نقص الآزوت يكون واضحاً في النباتات البقولية، فنقص الموليبدنم يؤثر في كمية الآزوت المثبتة بواسطة البكتريا الموجودة في العقد الجذرية بجانب تأثيره في عملية إرجاع النترات داخل النبات ، وكذلك يؤدي نقصه إلى إعاقة النمو الطبيعي للنبات، وتصبح الأوراق شاحبة اللون وفي النهاية تنبل، وتتجلى أعراض نقصه بـ:

الخس: تتلون الأوراق بالأصفر مع تورمات خفيفة وتجعدات ظاهرة.

العائلة الصليبية (القرنبيط) Caulflower Or Broccoli : ظهور مرض الذيل السوطي "Whip tail" حيث ينمكش نصل الورقة ولا يبقى منها إلا العرق الرئيس بشكل عار يشبه الذيل الهزاز وتظهر الأعراض بوضوح على نبات القرنبيط في التواء الأوراق ضد عقارب الساعة Counter clockwiss ونمو غير طبيعي لعروق الأوراق ويعجز النبات عن تكوين رؤوس القرنبيط.

النجليات (القمح) Wheat : تأخر في النضج وظهور سنابل بيضاء فارغة.

الحمضيات: ظهور بقع صفراء كبيرة على الأوراق السفلية (مرض البقع الصفراء "Yellow spot") حيث تظهر على أوراق الحمضيات في أوائل الصيف مناطق ذات مظهر مائي وتأخذ شكل بقع مستديرة أو متطاولة صفراء.

6- المستويات الخصوبية الموليبدنم في التربة والنبات.

جدول (36) مستويات الموليبدنم المتاح في التربة:

المستويات الخصوبية في التربة			Mo مغ/كغ
زائد	كاف	منخفض	
>0.3	0.3-0.05	<0.05	

FAO,2007

جدول (37) مستويات الموليبدنم في النبات: (0.1 و 5) مغ / كغ مادة جافة.

المستويات الخصوبية في النبات					Mo مغ/كغ
منخفض	متوسط	كاف	غنية	غنية جداً	
<0.01	0.02-0.01	5.0-0.03	10-5	10	

Source: Manitoba Provincial Soil Testing Laboratory, 1987

7- أهم أسمدة الموليبدينم.

يبين الجدول (38) أهم أسمدة الموليبدينم ومعدل الإضافة وطريقتها .

الجدول (38) - أهم أسمدة الموليبدينم ومعدل الإضافة وطريقتها

السماذ	الرمز الكيميائي	نسبة الموليبدينم %	معدل الإضافة وطريقتها كغ/Mo هـ	
			نثراً Broadcast	رشاً Folior
مولبيدات الأمونيوم	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	54	0.07 - 0.2 كغ/Mo هـ لمحاصيل	0.3 كغ/Mo لتر
مولبيدات الصوديوم	NaMoO ₄ ·2H ₂ O	39	العلف والبقوليات 0.4 كغ	أو رش البذور قبل الزراعة بمعدل: 0.05 - 0.1 كغ
ثالث أكسيد الموليبدينم	MoO ₃	66	Mo هـ للقرنبيط والملفوف	Mo هـ

جدول (39) التراكيز المتوقعة للعناصر المغذية في التربة (مغ/كغ)

مستوى التركيز	الطريقة	منخفض جداً	منخفض	متوسط	عالي	عالي جداً
N-NO ₃	كلداهل	0-5	5-10	10-20	20-30	<30
كلسيوم متبادل	أسيئات أمونيوم	0-500	500-1200	1200-2500	2500-3500	<3500
فوسفور متاح P ₂ O ₅	أولسن	0-7	7-15	15-30	30-50	<50
بوتاسيوم متاح	أسيئات أمونيوم	0-85	85-170	170-300	300-500	<500
مغنزيوم	أسيئات أمونيوم	0-85	85-200	200-300	300-500	<500

	300<	300-0	-	-	-	صوديوم
10<	10-6	6-4	4-2	2-0	DTPA	حديد
10<	10-5	5-2	2-0.5	0.5-0	DTPA	منغنيز
6<	6-4	4-1.5	-0.5 1.5	0.5-0	DTPA	زنك
3<	3-0.8	-0.3 0.8	-0.1 0.3	0.1-0	DTPA	نحاس
4<	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0	ماء ساخن	بورون
10-5<	5-2	2-0.1	0.1-0	-	أسيئات أمونيوم	مولبيدينم
50<	50-35	35-20	20-10	10-0	مستخل ص بالماء	كبريت
25<	25-15	15-5	5-0	-	التعادل بالحم ض	كربونات كلسيوم%
10< مخاطر عالية جداً	10-8 مخاطر عالية	8-6 مخاطر متوسطة	6-4 مخاطر قليلة	4-0 لا مخاطر	مستخل ص مائي	ملوحة التربة dS/m

(ثيور وزملاؤه، 2007)

سمية المولبيدينم :

تستجيب النباتات المعاملة للمعاملة بالمولبيدينم إذا كان تركيزه داخل النبات أقل من 0.1 جزء في المليون (وهو حدود النقص داخل النبات)، ويمكن للنباتات أن تتحمل التركيز المرتفع من هذا العنصر، ولكن زيادة التركيز في نباتات العلف عن 15 جزء في المليون يؤدي إلى حدوث مشاكل صحية عند الحيوانات التي تتغذى على تلك الأعلاف ويسبب ظهور مرض يسمى "Molybdenosis" أو Teat disease ويمكن تجنب هذا المرض بإضافة مركبات النحاس للتربة أو إلى المحاصيل المعدة علفاً للحيوانات.

يشير دليل دليل استخدام الأسمدة في الشرق الأدنى (ثيور وزملاؤه، 2007)

إلى تقييم للعناصر موضحة بالجدول (39):



الفصل الرابع عشر

الكلور

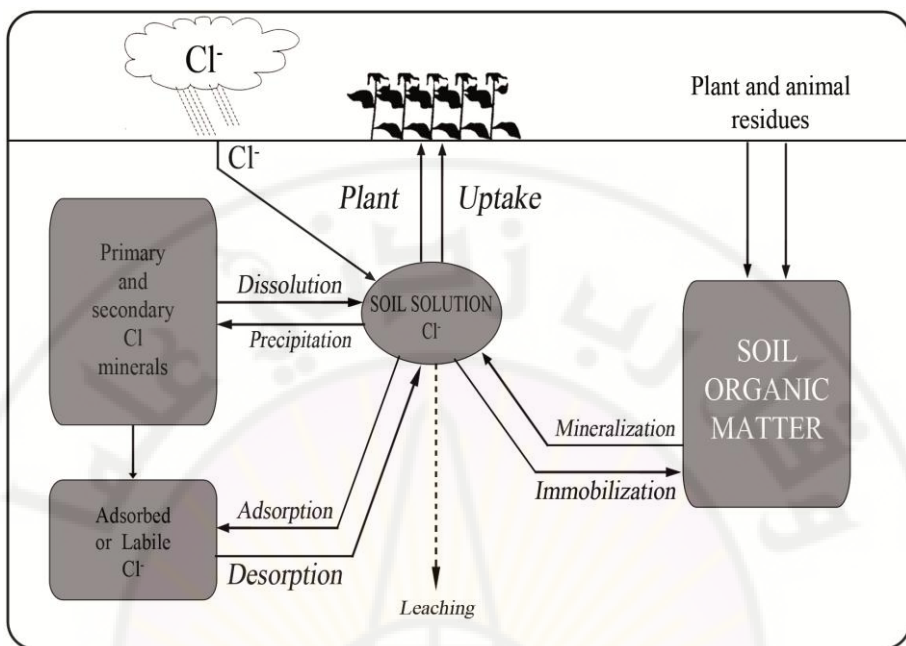
يحتاج النبات إلى الكلور بكميات قليلة، الذي يدخل إلى النبات على شكل Cl^- ، ويتركز في نسيج النبات. رغم أن دور الكلور وضرورته معروفة منذ عام 1954 لكن دوره الفيزيولوجي ووظائفه الخاصة في الاستقلاب غير معروفة حتى الآن بصورة كاملة. أوضح عدد من العلماء مثل بيتربورسكي، كوزنيتسوف (1974) بروكوشف (1985) أن النباتات مثل الملفوف، الشوندر، الجزر، الخس، البندورة لا يمكن أن تنمو عند عدم توفر الكلور بشكل كافٍ، مع العلم أن الحد الأدنى لهذا العنصر بالنسبة لهذه النباتات مختلف.

يؤثر الكلور مع الشوارد الأخرى إيجابياً على تمييه الأنسجة وإنتاج بروتوبلازما الخلايا. ينشط الكلور الإنزيم المشرف على عملية الفتوليز (تفكيك الماء) في عملية التركيب الضوئي.

أثبتت بعض تجارب الزراعات المائية ظهور تبقعات في النباتات عند غياب عنصر الكلور، أما عملياً فيلاحظ تعرض النبات للضرر عند زيادة نسبة الكلور وليس عند نقصه خاصة في ظروف الجفاف.

تتفاوت النباتات بدرجة تحملها للكلور، فالنباتات غير المحبة للكلور هي: الفاصولياء، البندورة، البطاطا، وتتأثر الأشجار المثمرة و الكرمة سلبياً بدرجة أقل عند زيادة الكلور، وإذا كان التأثير السلبي للكلور في الأشجار المثمرة يظهر عند زيادة تركيزه بصورة كبيرة، فإن التأثير السلبي له يظهر على بعض الشجيرات والفريز حتى عندما يكون تركيزه منخفضاً جداً.

إن إضافة الأسمدة الحاوية على الكلور في المناطق الجافة يمكن أن يؤدي إلى رفع تركيزه في المحلول الأرضي إلى الحد الذي يؤدي إلى ضرر النبات بشكل كبير. ويبين الشكل (15) دورة الكلور في التربة وهي تشابه إلى حد كبير دورة البورون من حيث عمليات التمدن والتسكين والادمصاص والازاحة والترسيب والإذابة والغسل:



الشكل (15) دورة الكلور في التربة

الفصل الخامس عشر

الأسمدة المركبة

Compound Fertilizers

1- تعريف الأسمدة المركبة:

هي الأسمدة التي تحتوي على أكثر من عنصر سمادي من العناصر السمادية الثلاثة NPK، كفسفات الأمونيوم، بينما السماد البسيط هو الذي يحوي عنصراً سمادياً واحداً ككترات الأمونيوم أو كلوريد البوتاسيوم.

2- الصيغة السمادية للسماد المركب:

يعبر عنها بأرقام صحيحة كل رقم منها يمثل نسبته في 100 كغ سماد مركب، حيث يدل الرقم الأول من اليسار على الآزوت والثاني على الفوسفور والثالث على البوتاسيوم. مثال: 12-12-15 أي يحتوي هذا السماد المركب على: 12% N و 12% P_2O_5 و 15% K_2O .

3- النسبة السمادية:

عبارة عن نسبة العناصر في السماد المركب منسوبة إلى الآزوت حيث يأخذ الآزوت القيمة (1) واحد. مثال سماد مركب صيغته: 18-18-18 فالتوازن 1-1-1، 12-12-6 فالتوازن 1-2-1.

4- أنواع الأسمدة المركبة:

4-1- أسمدة مركبة ناتجة عن خلط الأسمدة البسيطة ميكانيكياً:

تحضر من خلط سمادين أو أكثر من الأسمدة البسيطة منها ما هو ثنائي آزوتي فوسفاتي أو آزوتي بوتاسي أو فوسفاتي بوتاسي أو ثلاثي NPK.

4-2- أسمدة مركبة معقدة ناتجة عن التفاعلات الكيميائية:

تصنع بإذابة المواد الأولية بحمض أو مذيب معين أو ماء، وأهم المواد الأولية التي تدخل في صناعة الأسمدة المركبة: أ- الأسمدة النترائية. ب- كلوريد البوتاسيوم. ج- فوسفات الأمونيوم. د- فوسفات الأمونيوم أو السوبر فوسفات الثلاثي. هـ- الأمونيا NH_3 . و-

حمض الكبريت لمعادلة الأمونيا ونشر الحرارة اللازمة لعمليات التحجب والتجفيف و
التغليف والتقسية .

4-3- أسمدة مركبة سائلة:

تتكون من محاليل سمادية تحتوي على عنصرين أو ثلاثة عناصر مثلاً: NP أو NPK.
4-3-1- تركيز (عيارية) الأسمدة السائلة: تمثل نسبة العناصر السمادية في السماد
السائل المركب وتحسب كما في الأسمدة الصلبة على أساس 100 غ من السائل، ويمكن
الإشارة إلى التركيز على أساس نسبة مئوية في 100 مل من السماد السائل.
إن الفرق في حساب التركيز على أساس الوزن أو الحجم يعتمد على كثافة المحلول .
تتراوح كثافة المحاليل السمادية بين 1.2 و 1.4 غ/سم³.

مثال:	الكثافة	الوزن 100 غ	الحجم 100 مل
1.2	×	6.6 - 6.6 - 13.1	8-8-16

ملاحظة: يمكن زيادة تراكيز الأسمدة السائلة باستعمال حمض البولي فوسفوريك لرفع
تركيز الفوسفور.

4-3-2- أسمدة سائلة معلقة: حيث تبقى هذه الأسمدة على شكل معلق غير مترسبة
وذلك باستعمال بعض انواع الغضار مثل النترانيت أو البنتونيت بنسبة 1-2 %.

4-3-3- ميزات الأسمدة السائلة: تتصف بسهولة الاستعمال، قلة الجهد اللازم
لإضافتها والاقتصاد في العبوات وتوزيعها على الأرض، ويمكن إضافتها مع المبيدات
بمياه الري.

4-3-4- عيوبها: يمكن أن تتبلور مكونات السماد السائل في مجال حراري بين الصفر
و 25م° وذلك حسب تركيب السماد وتركيزه.

- طريقة حساب كمية الأسمدة البسيطة لتحضير أسمدة مركبة سائلة في الحقل
مباشرة:

مثال:

تحضير 100 لتر سماد مركب سائل يحتوي على الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم 8-8-8-

والنسبة السمادية 1:1:1. في خزان أو برميل حجمه 100 لتر أو 0.1 م³ من الأسمدة التالية: نترات أمونيوم 33%- حمض الفوسفور تركيز 60% -هيدركسيد البوتاسيوم.

حساب الكميات:

1- حساب كمية نترات الأمونيوم 33%:

كل 100 لتر خلطة تحوي 8 كغ N و 8 كغ P₂O₅ و 8 كغ K₂O.
كمية نترات الأمونيوم =

كل 100 كغ نترات أمونيوم تحوي 33 كغ N
س 8

س = 24.2 كغ نترات أمونيوم.

2- حساب حمض الفوسفور التجاري 60%:



س = 11.4 كغ حمض فوسفور نقي.

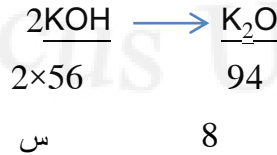
كل 100 كغ حمض فوسفور تجاري تحوي 60 كغ فوسفور نقي

كل ص، حمض تجاري 11.4

ومنه ص = 60/11.4 × 100 = 18.4 كغ حمض فوسفور تجاري.

بافتراض أن كثافة الحمض 1.7 غ/سم³ فالكمية السابقة تعادل 1.7/18.4 = 10.82 لتر.

3- حساب كمية هيدروكسيد البوتاسيوم:



س = 9.53 كغ هيدروكسيد بوتاسيوم.

إذاً: 100 لتر سماد سائل تحوي 24.2 كغ نترات أمونيوم + 18.4 كغ سوبر فوسفات + 9.53 كغ هيدركسيد البوتاسيوم

5- أهم الأسمدة المركبة:

أ- أسمدة أزوتية فوسفاتية NP:

1- الأموفوس الأحادي (فوسفات إحادية الأمونيوم MAP) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$: تحتوي على 11-12 % أزوت و 46-60 % P_2O_5 .

2- الأموفوس الثنائي (فوسفات ثنائية الأمونيوم DAP) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$: تحتوي على 21 % أزوت و 53 % P_2O_5 .

3- فوسفات أمونيوم مخصبة بالآزوت: يتم بحقن الآزوت خلال مراحل تصنيع فوسفات الأمونيوم.

4- السوبر فوسفات العادي المنشدر: عبارة عن سوبر فوسفات مضاف له الامونيا أو نترات الأمونيوم: 0-16-9.

5- النتروفوسفات: ينتج عن معاملة الفوسفات الطبيعية (الأباتيت) بحمض الآزوت، ويتم معادلة الناتج بالأمونيا، ويجري تركيزه بنترات الأمونيوم: مثال الصيغة: 0-20-20.

ب- أسمدة أزوتية سائلة NP:

اليوريا - نترات الأمونيوم - سلفات الأمونيوم، أما الفوسفور فمصدره فوسفات الأمونيوم. وأهم صيغها: محلول 0-8-16 كثافته 1.2 يصبح 0-9.5-19.

ج- أسمدة أزوتية بوتاسية NK:

أهمها سماد نترات البوتاسيوم وهو سماد مفضل لأنه لا يترك أثراً متبقياً ضاراً في التربة يحتوي 13% K_2O و 44 % N. يمكن استخدام هذه الأسمدة رشاً على الأوراق.

د - أسمدة فوسفاتية بوتاسية PK: تصنع غالباً بمزج الأسمدة الفوسفاتية مع البوتاسية، وأهمها:

فوسفات طبيعية ناعمة مع كلوريد البوتاسيوم، سوبر فوسفات عادي أو ثلاثي TSP وكلوريد البوتاسيوم، فوسفات ثنائية الكالسيوم مع كلوريد البوتاسيوم، حمض الفوسفور مع كلوريد البوتاسيوم.

هـ - أسمدة آزوتية فوسفاتية بوتاسية (ثلاثية). NPK.

6- تقييم الأسمدة المركبة واختيارها: تعتبر عدد الوحدات السمادية الموجودة في 100 كغ من أي سماد مركب مؤشراً على قيمة وثن هذا السماد.

- الأمور الواجب مراعاتها عند شراء الأسمدة المركبة:

1- تركيز العناصر السمادية (عيارية): يقصد مجموع نسب العناصر NPK في 100 كغ من السماد المركب. (أسمدة ذات تراكيز منخفضة = سعر أقل).

2- توازن العناصر السمادية في السماد المركب: عند شراء الأسمدة المركبة يجب معرفة عدد الوحدات السمادية: أي مجموع N و P_2O_5 و K_2O في السماد المركب. فمثلاً سماد يحتوي 30 وحدة سمادية هذا يعني أن هذه الوحدات يمكن أن تتوزع بنسب مختلفة : 10-10-10 أ و 5-15-10 أو 5-10-15 وبالتالي الاختلاف في نسب هذه العناصر سينعكس على السعر على الرغم من أن مجموع الوحدات ثابت (30).

3- الصور التي توجد عليها العناصر السمادية في السماد المركب:

بما أن الأسمدة الآزوتية والبوتاسية ذوابة فإن الفوسفور P_2O_5 القابل للذوبان في الماء هو العامل الأهم في تقويم جودة السماد المركب. مثلاً: P_2O_5 في السوبر فوسفات المركز أكثر ذوباناً وأعلى سعراً من الفوسفات الطبيعية (الأباتيت).

7- الخلطة السمادية:

تعبّر عن خلط أو مزج أسمدة بسيطة مع بعضها لتشكيل سماد مركب في حال عدم توفر أسمدة مركبة في الأسواق.

ملاحظة: عند تحضير الخلطة وقبل حساب كمية الأسمدة البسيطة الواجب إضافتها للخلطة لا بد من تحديد المعادلة السمادية للعناصر السمادية الثلاثة: $P_2O_5 - K_2O - N$.

ويمكن حساب كمية السماد البسيط الواجب إضافتها لتحقيق التركيز أو النسبة المطلوبة من كل عنصر بالعلاقة التالية:

$$س = أ \times ب / ج$$

حيث أن:

س: كمية السماد البسيط الواجب إضافتها للخلطة.

أ: كمية أو وزن الخلطة (كغ).

ب: نسبة العنصر في معادلة الخلطة السمادية.

ج: نسبة العنصر في السماد البسيط.

مثال:

يراد تحضير خلطة سمادية وزنها 1 طنا تحتوي العناصر السمادية بالنسب التالية: 16-

12-8 من الأسمدة التالية: سلفات الأمونيوم 21 % وتربل (ثلاثي) سوبر فوسفات 45

% وكلوريد البوتاسيوم 60% والمطلوب احسب كمية الأسمدة الواجب خلطها؟

كمية سلفات الأمونيوم = $21 / 8 \times 1000 = 381$ كغ.

كمية التربل سوبر فوسفات = $45 / 12 \times 1000 = 267$ كغ.

كمية كلوريد البوتاسيوم = $60 / 16 \times 1000 = 267$ كغ .

المجموع = $381 + 267 + 267 = 915$ كغ

وبكمل الوزن إلى طن واحد بمواد مألوفة كالكلس أو الرمل أو السماد البلدي.

مثال 2: في حال أحد العناصر مشترك بين سمادين:

يراد تحضير خلطة سمادية وزنها 1 طنا تحتوي العناصر السمادية بالنسب التالية: 12-

10-15 من الأسمدة التالية:

نترات الأمونيوم 0-0-33

فوسفات الأمونيوم 0-48-11

سلفات البوتاسيوم 0-0-50

والمطلوب احسب كمية الأسمدة الواجب خلطها؟

فوسفات الأمونيوم = $48 / 10 \times 1000 = 208.3$ كغ فوسفات أمونيوم لتأمين P_2O_5 .

ولكن هذه الكمية تضيف آزوت

كل 100 كغ فوسفات تضيف 11 كغ N

208.3 س ، س = 22.9 كغ N . وهذه تقابل 69.39

كغ نترات أمونيوم إضافية .

كمية نترات الأمونيوم = $1000 \times 15 / 33 = 454.54$ كغ.

كمية نترات الأمونيوم الصافية = $454.54 - 69.39 = 385.15$ كغ

كمية سلفات البوتاسيوم = $1000 \times 12 / 50 = 240$ كغ .

المجموع = $385.15 + 208.3 + 240 = 833.45$ كغ

ويكمل الوزن إلى طن واحد بمواد مالئة كالكلس أو الرمل أو السماد البلدي.

ملاحظة: يوجد طريقة ثانية لحساب كمية نترات الأمونيوم تعتمد على كمية الآزوت الكلية التي يجب تأمينها في 1000 كغ خلطة وهي 150 كغ N. ومنه $150 - 22.9 =$

127.1 كغ N ومنه كمية نترات الأمونيوم = $100 \times 127.1 / 33 = 385.15$ كغ

ملاحظة: في حال كان وزن الخلطة 2 طن يوضع وزن الخلطة 2000 كغ بدلاً من 1000 كغ في المعادلة وهيمثل (أ).

8- ميزات خلط الأسمدة الكيميائية:

1- يوفر السماد المركب العناصر الغذائية بنسب معينة وفقاً للحاجة الفعلية.

2- يوفر السماد المركب المال والجهد اللازمين لتوزيع الأسمدة البسيطة.

3- يفضل استعمال الأسمدة المركبة السائلة عند التسميد عن طريق الري على التسميد بالأسمدة البسيطة.

4- تحسن الأسمدة المركبة الخصائص الفيزيائية للأسمدة البسيطة وتعديل حموضتها أو قلويتها عند خلطها بها.

9- مساوئ خلط الأسمدة الكيميائية:

1- يضطر المزارع عند استعمال الأسمدة المركبة إلى إضافة السماد في موعد قد لا يتفق مع موعد إضافة أحد الأسمدة البسيطة الموجودة في السماد المركب.

2- لا يمكن خلط كثير من الأسمدة البسيطة معاً بسبب الفقد الحاصل أحياناً في مكونات السماد أو لحصول تفاعلات جانبية تغير من الطبيعة الكيميائية للسماد.

10- النقاط الواجب مراعاتها لدى خلط الأسمدة البسيطة:

1- لا يجوز خلط الأسمدة النشادرية (الأمونياكية) مع الأسمدة التي تحتوي الكالسيوم، وذلك للفقد الذي يحصل للأمونيا على شكل غاز، فلا تخطط مثلاً سلفات الأمونيوم أو

نترات الامونيوم أو السماد البلدي بالكلس المطفأ Ca(OH)_2 أو الحجر الكلسي أو سياناميد الجير.

2- لا يجوز خلط أسمدة فوسفاتية ذوابة (فوسفات أمونيوم أو سوپر فوسفات) مع أسمدة تحتوي على كالسيوم ذواب (كلس أو سياناميد الجير)، لأن الكالسيوم يعمل على تحول الفوسفات الذوابة إلى أشكال غير قابلة للذوبان.

3- لا يجوز خلط أسمدة ينتج عن خلطها تحرر حموض تتلف العبوات السمادية ويفقد قسماً من العناصر ، فخلط السوبر فوسفات مثلاً بنترات الكالسيوم أو نترات الصوديوم يسبب تحرر حمض الازوت.

4- لا يجوز خلط أسمدة شرهة للرطوبة بأسمدة أخرى لتكوينها كتلاً صلبة بعد عملية الخلط، مثل الأسمدة النتراتية واليوريا، ويمكن خلط هذه الأسمدة قبل عملية التسميد مباشرة.

الفصل السادس عشر

الأسمدة العضوية

Organic Fertilizers

أولاً: الأسمدة العضوية الطبيعية:

1- السماد البلدي Farm manure:

يتكون من الفضلات الصلبة والمفرزات السائلة لحيوانات المزرعة والممزوجة مع «الفرشة» المستعملة في مرقد الحيوانات أو أرضيات حظائر الدواجن. وتختلف مكوناته حسب النوع الحيواني والعمر ونظام التغذية ونوع الفرشة المستعملة. ويعد زبل الدواجن (الدجاج والحمام) هو الأفضل من حيث محتوياته من العناصر السمادية. الجدول (54) 1-1- طريقة إنتاج السماد البلدي خارج الإسطبل هوائياً بشكل أكوام: تعتمد هذه الطريقة في تحضير السماد البلدي على الخطوات التالية:

أ- يتم اختيار مكان مناسب محمي من التيارات الهوائية والمسيلات المائية.

ب- وضع المخلفات على خطوط (طريقة المصفوفات) وبشكل أكوام .

ج- تقلب الكومة السمادية كل اسبوعين بآلية البوك (تركس صغير) بهدف تجانسها وتهويتها وترطب بالماء.

د- يضاف الجبس بكمية 1% للتقليل من فقد الآزوت، حيث ترتبط الكبريتات مع الأمونيا وتشكل كبريتات الأمونيوم. كما أن إضافة الصخر الفوسفاتي من شأنه زيادة معدل ذوبان الفوسفور فيه.

1-2- آلية تخمر السماد البلدي:

يبدأ التخمر بتغيرات سريعة بفعل البكتريا الهوائية ويرافقها انتشار كميات كبيرة من الحرارة، وفقد كميات كبيرة من السللولز مع انخفاض نسبة الهيمسليللوز (نصف السيللولز) hemi-cellulose واستقرار اللغنين (الخشبين) lignin، وارتفاع نسبة العناصر المعدنية، ويعود ذلك إلى الفقد في الوزن الكلي لكومة السماد على صورة ثاني أكسيد الكربون CO₂. وتحول الأجزاء الليلية في أثناء عملية التخمر إلى كتلة من المواد الدبالية

بنية أو سوداء اللون، وتحرر أيضاً العناصر المعدنية الداخلة في تركيب المادة العضوية بفعل عمليات التحلل والهدم، فتصبح ميسرة للنبات.

1-3- مواصفات الزيل الطازج والمتخمّر:

يتصف الزيل المتخمّر بأنه أغنى بالمواد الغذائية من الزيل الطازج، ويعود ذلك إلى التركيز الناتج من انكماش الكتلة السمادية، وتكون كمية الفوسفور القابل للذوبان في السماد البلدي المتخمّر أكبر منها في السماد البلدي الطازج عندما تتوافر الشروط الملائمة لتحضيره، أما البوتاسيوم فإن كميته لا تتغير عند توفير شروط جيدة في التحضير، كما تفقد كميات لا بأس بها من العناصر المغذية الموجودة في الزيل عند تحضيره، وخاصة عنصر الآزوت، ويفضل استعمال الزيل المتخمّر على غير المتخمّر في التسميد العضوي.

1-4- الكميات المستعملة في التسميد:

تختلف كمية الزيل المضافة سنوياً، بحسب نوع التربة والزراعة والهدف من الإضافة، فإذا كان الهدف من إضافة السماد الحفاظ على مستوى معين للمادة العضوية في التربة، فإن إضافة 20 طن/هكتار على مدى سنتين تكفي للحفاظ على سوية مقبولة للمادة العضوية فيها.

2- سماد البيوغاز Biogas manre:

يمكن تعريف سماد البيوغاز بأنه عبارة عن منتج عضوي ناتج عن تخمير لاهوائي للمخلفات العضوية النباتية والحيوانية ضمن مخمرات خاصة هندية وصينية. الجدول (54).

2-1- مراحل التخمّر اللاهوائي:

تتألف المعالجة اللاهوائية للمخلفات العضوية من مراحل ثلاث، حيث تتفكك في المرحلة الأولى المواد الأساسية (سليولوز — دهون — بروتين) إذ تقوم البكتريا المحللة للسليولوز بتبسيط السلسلة المتفرعة الطويلة للسليولوز وتحولها لجزيئات سكر مضاعفة (مزدوجة) ثم لجزيئات أحادية وبالمطريقة نفسها تقوم أنواع أخرى من البكتريا بتحويل المواد المعقدة لمواد قابلة للذوبان، وفي المرحلة الثانية يتم تحول المواد القابلة للذوبان

لحموض عضوية وخصوصا لحمض الخل وحمض اللبن ثم تبدأ المرحلة الثالثة والتي تتمو خلالها البكتريا الميثانية التي تحول الحموض لغاز الميثان وثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى.

2-2- العوامل المؤثرة في التخمير اللاهوائي للمخلفات العضوية وإنتاج الغاز الحيوي.

تتأثر هذه العملية بعوامل عدة منها ما يتعلق بالمخلفات العضوية وأنواعها، و على وجه الخصوص نسبة الكربون إلى الآزوت C/N وأفضل نسبة (20-30)، وكذلك درجة الحرارة داخل المخمر وأفضل درجة حرارة تتراوح بين 35-37 درجة مئوية. كما تحتاج بكتيريا الميثان إلى درجة حموضة متعادلة، إضافة لتقليب المخلفات من وقت لآخر، وتتأثر هذه العملية بزمان التخمير وهو متوسط عدد الأيام التي يقضيها المحلول داخل المخمر، و زمان البقاء الملائم تحكمه عوامل كثيرة كظروف التشغيل التي تمثل درجة الحرارة، طبيعة المادة العضوية، سهولة تخمرها، نوع المخمر المستخدم. وعادة ما يكون زمن البقاء في المخمر الهندي حوالي (40) يوماً بالنسبة لتخمير مخلفات الماشية.

- المخمر الهندي:

يتألف هذا المخمر من أجزاء عدة رئيسة هي:

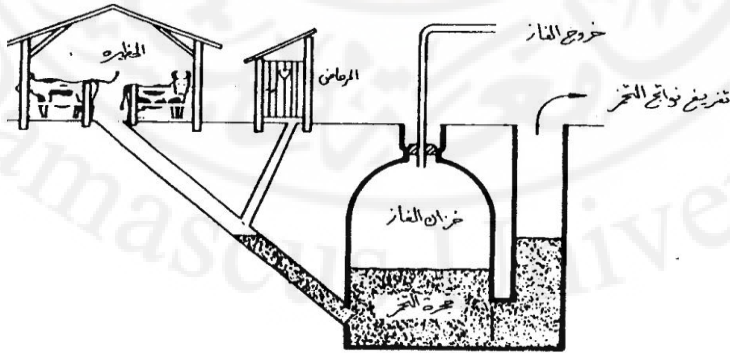
- حوض الدخول أو التغذية، خزان تجمع المخلفات، حوض الخروج ، خزان تجمع الغاز الموصول بشبكة أنابيب لجره إلى أماكن الاستخدام.

1- طريقة إنشائه :

يشاد المخمر تحت الأرض بشكل أسطواني مع حاجز بيتوني في الوسط، يخترقه زند معدني مُصمت ينزلق ضمن أنبوب مفرغ في وسط قبة معدنية حافظة، يمكن لها أن ترتفع أو تنخفض تبعاً لارتفاع ضغط الغاز أو انخفاضه تحتها، ويزود المخمر بحوضين فوق سطح الأرض، يؤلف الأول، مدخلاً للمادة الأولية التي ستُخمر، وحجرة لخلطها مع الماء، أما الحوض الثاني فيكون في مستوى أخفض من الأول، ويؤلف مخرج المادة العضوية المتخمرة المتخلقة عن عملية التخمير اللاهوائية، ويتصل الحوضان بجسم المخمر بواسطة أنبوب قطره 15.24 سم يوضع بشكل مائل. الشكل (15) .

2- طريقة التشغيل:

في بداية التشغيل، تجري تعبئة المخمر جزئياً أو كلياً بمواد عضوية سبق تخميرها لاهوائياً (مخمر آخر)، وفي حال عدم توافر مثل هذه المواد، يجري خلط المواد العضوية بالماء بنسب تختلف تبعاً لطبيعة المخلفات المراد تخميرها، وبشكل تؤلف فيه المادة الجافة الكلية التي ستخمر ما بين 10 و 20% من الحجم الكلي لحجرة التخمير. ويبدأ تحرير البيوغاز بعد حوالي 15 يوماً، وتبدأ الحافظة (القبة) المعدنية العائمة بالارتفاع التدريجي، ويتوقف الزمن اللازم لبداية الارتفاع، ومعدله (أي معدل تحرير البيوغاز) على درجة حرارة التخمير والمناخ السائد. فإذا كان الطقس السائد دافئاً، فقد تبلغ الكمية المضافة من ركيزة التخمير يومياً عبر حوض الدخول، حجماً مقداره 30/1 من حجم المخمر، وفي حالة انخفاض درجة الحرارة (الجو البارد) فإن الإضافة اليومية يمكن أن تنخفض إلى 50/1 من حجم حجرة التخمير. يتدفق الغاز من القبة المعدنية الحافظة للغاز، عبر فتحة متصلة بأنبوب خارجي وشبكة توصيل خاصة لنقل الغاز إلى مواقع الاستعمال، كما تخرج المادة العضوية المتخمرة عبر أنبوب الخروج لتستقبل صاعدة إلى حوض الخروج الأدنى مستوى من حوض الدخول، وبمعدل يوازي معدل تغذية حوض التخمير بالمادة الأولية (الركيزة). ويبين الجدول (40) بعض المؤشرات في عملية إنتاج الغاز الحيوي.



الشكل (15)- مخمر من النموذج الهندي

الجدول (40) بعض المؤشرات في عملية إنتاج الغاز الحيوي

درجات الحرارة المناسبة للهضم	20-35 درجة مئوية
فترة البقاء للمواد العضوية في جسم الهاضم	20 - 100 يوم حسب نوع المخلفات العضوية
احتواء الغاز الحيوي من الطاقة	$6kWh/m^{3gas} = 0.6 L \text{ diesel fuel}$
إنتاج الغاز الحيوي	0.3 - 0.5 م ³ غاز/م ³ من حجم الهاضم في اليوم
تنتج بقرة واحدة	9 - 15 كغم روث/ اليوم = 0.4 م ³ غاز/اليوم
احتياج الطبخ من الغاز الحيوي	0.1 - 0.3 م ³ / شخص في اليوم
احتياج لمبة واحدة	0.1 - 0.15 م ³ / ساعة
مولد الكهرباء (المحرك)	$0.6m^{3gas} / 1 kWh$

وللتأكد من التزود المستمر بالغاز الحيوي يجب أن يغذى الهاضم يوميا وبصورة مستمرة بالمواد العضوية في شكل السيولة بواسطة خطها بالماء قبل إدخالها إلى جسم الهاضم من حوض الإدخال. من المفضل أن يكون حوض الإدخال متصلا مباشرة بحظيرة الأغنام، بالأبقار أو الدواجن أو مكان تجميع المخلفات العضوية.

فمثلاً: هاضم بحجم 8 - 10 متر مكعب يستطيع إنتاج (1.5 - 2) متر مكعب من الغاز الحيوي و (100 - 200) لتر من السماد الطبيعي المهضوم المعالج في اليوم من روث (3-5) رؤوس من الماشية. بهذه الكمية من الغاز الحيوي تستطيع عائلة مكونة من (6 - 8) أشخاص أن تطبخ وجبتين من الطعام أو ثلاثاً في اليوم.

- مواصفات سماد البيوغاز المتخلف عن التخمر اللاهوائي لروث الماشية:

يتميز هذا المحلول (معلق السماد) بمايلي:

يكون قليل الرائحة، لا يجذب الحشرات والذباب والبعوض، خالٍ من الميكروبات والطفيليات المرضية، خالٍ من بذور الأعشاب. نسبة المادة الجافة فيه 10%.

3- سماد الدواجن :

يطلق على هذا السماد (سماد الكتكوت)، ويتكون عادة من مخلفات الدواجن (الزرق) سواء أكانت هذه المخلفات من الدجاج البياض أم التسمين (الفروج) وكذلك ما يتساقط من علف على فرشة الدواجن ويختلط مع الزرق، وغالباً ما تتكون هذه الفرشة من تبن القمح أو تبن البقوليات أو نشارة الخشب. يتخلف يومياً من الزرق عن كل طائر حوالي 5% من وزنه الحي أي (0.08 كغ) . يتميز سماد الدواجن بغناه بالآزوت والفوسفور، ويبين الجدول (41) الصفات الكيميائية والخصوبية لأهم الأسمدة العضوية:

الجدول (41) الصفات الكيميائية والخصوبية لأهم الأسمدة العضوية															
Cu	Zn	Mn	Fe	Na	Mg	Ca	K	P	N	C/N	مادة عضوية %	EC ديسيس منس/م	pH معلق 10:1	% للرطوبة	السماذ
مغ/كغ				%						C/N	مادة عضوية %	EC ديسيس منس/م	pH معلق 10:1	% للرطوبة	السماذ
31	108	250	3906	0.4	0.6	4.2	1.1	0.7	2	14	70	3.5	7.9	-15 25	ماشية (أبقار)
20	120	256	2080	0.3	0.6	2.4	2	1.2	1.5	20	60	4.6	7.7	-15 20	أغنام
39	110	300	4100	0.4	0.5	3.8	1.1	0.6	2	13	72	1.2	8.0	20	بيوغاز (جاف) (أبقار)
2	200	58	52 مغ/ 100 ل	-	-	-	0.0 8	0.02	0.3 ع/ 100 مل	-	5	3.25	8.2	92	بيوغاز (سائل)
59	475	481	2844	0.2	2.2	3.5	2	1.8	2.9	12	65	2.5	8.8	-15 25	دواجن

608	800	361	2720	0.4	0.5	2	0.6	0.2	1.4	17	40	3.7	8.1	15	كومبوس ت قمامة مدن
14	34	72	128	1.1	0.5	2.3	2.8	0.8	1.8	24	80	1.1	6.7	10	تفل زيتون مخمر
Cu		Zn	Mn	Fe	Na	Mg	Ca	K	P	N	فينولات متعددة	الزيت	pH 10: 1	المادة الجا فة	ماء جفت
مغ/لتر											غ/لتر			%	
4.7-1.1		-1.6 6.5	9-2	-16 86	-38 336	-90 336	-58 408	1500 - 5000	157 - 900	-154 1106	-0.2 11	-0.12 1.5	4.7	5	

4- حمأة مياه الصرف الصحي:

4-1- تعريف حمأة الصرف الصحي: عبارة عن الوحل الناتج عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحي، وتعد من الأسمدة الطبيعية الصناعية غير التقليدية.

- تداول حمأة الصرف الصحي:

يجب مراعاة ما يلي لتداول الحمأة خارج محطات الصرف بطريقة سليمة بيئياً:

- لا تضاف الحمأة إلى التربة التي تتجمع فيها المياه الجوفية على عمق أقل من 1.5 متر من سطح التربة.

- لا تضاف الحمأة إلى التربة المزروعة بالخضراوات التي يتم تناولها بدون طبخ كمكونات السلطة أو عند زراعة الأubصال والدرنات أو الفاكهة التي تلامس التربة مثل الفريز).

- لا تضاف الحمأة إلى التربة التي تدخل ضمن الدورة الزراعية.
 - لا تضاف الحمأة إلى التربة المخصصة للزراعات الرعوية أو لإنتاج الأعلاف.
 - لا يجوز إلقاء الحمأة في المجاري المائية أو المصارف.
 - يجب ألا تقل المسافة بين أماكن تجميع الحمأة عن:
- أ - 10 أمتار من حدود الأرض.

ب - 150 متراً من آبار الشرب والمستشفيات والمدارس...إلخ.

ج - 15 متراً عن الآبار المخصصة لغير الاستعمال الآدمي.

د - 15 متراً من حدود الطرق.

هـ - 30 متراً من حدود (المجاري المائية، الأنهار، القنوات والبحيرات والتجمعات المائية وحدود فيضان الأنهار...إلخ)

- لا تستخدم الحمأة للأغراض الزراعية عندما يصل العدد الاحتمالي لخلايا الكوليفورم البرازي إلى 1000 خلية لكل غرام من الحمأة الجافة، ويكون العدد الاحتمالي

للسلمونيلا أكبر من 3 خلية لكل 100 مل عند تركيز 4 % مادة صلبة على أساس الوزن الجاف.

- لا تستخدم الحمأة عندما تصل بويضات الاسكاريس إلى بويضة واحدة لكل 100 مل من الحمأة عند تركيز 5 % مادة صلبة على أساس الوزن الجاف، ولا يسمح بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان.

4-5- قواعد استخدام الحمأة:

يبنى استخدام الحمأة بناءً على اعتبارات خاصة تتعلق بنوعيتها، ونوعية التربة والمحصول المراد زراعته، ومن هنا يجب التفكير بحدود التراكم المسموح من المعادن الثقيلة والمضافة إلى التربة الزراعية وأيضاً كمية الحمأة المضافة على أساس الوزن الجاف لمختلف الاستخدامات طبقاً لمعايير دولية تراعي ما يلي:

- 1 - معدل الإضافة السنوي من الحمأة المعالجة.
- 2 - حدود التراكم المسموح به من المعادن الثقيلة المضافة إلى التربة الزراعية.
- 3- تركيز المعادن الثقيلة الملوثة المقاسة في التربة.
- 4 - تركيز المعادن الثقيلة في الحمأة المستخدمة.
- 5 - المحصول الواجب زراعته ودرجة تحملة لكل عنصر .
- 6 - الغاية الأساسية للاستخدام الأمثل للتربة ولفترة زمنية طويلة والذي يحدد ذلك مدى احتواء الحمأة على المعادن الثقيلة وبالتالي يجب حساب الفترات الزمنية لإضافة الحمأة إلى تربة ما.

وقد راعت المواصفة القياسية السورية رقم 2665 لعام 2002 القواعد والأسس الضرورية للاستخدام الآمن للحمأة وفي حال احتواء الحمأة على معادن ثقيلة أو كائنات ممرضة تزيد عن المعايير المتبعة فإنه يجب التخلص من هذه الحمأة بالطرائق الآمنة ويتم ذلك بالردم الصحي للحمأة المخالفة عن المعايير المتبعة باتباع المواصفات الفنية المعروفة أو ترميدها بمحارق آمنة على أن يكون الغاز الناتج نظيفاً.

4-6- القيمة السمادية للحمأة:

يبين الجدول (42) الصفات الكيميائية والخصوبة للحمأة.

4-7- معدلات إضافة الحمأة: تختلف كمية الحمأة المضافة باختلاف مجموعة عوامل مثل احتوائها على العناصر الملوثة، اختلاف قوام التربة أو باختلاف طبيعة الاستخدام... إلخ.

الجدول (42) الصفات الكيميائية والخصوبة للحمأة :

Na	Mg	Ca	K	P	N	C/N	مادة عضوية %	EC ديسي سمنس م/	pH معلق 10:1	% للرطوبة
%										
0.2	0.5	2.7	0.5	2.0	2.8	12	40	3.4	6.5	15

Cr	Pb	Ni	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
Ppm							
1500	840	220	85	168	1088	150	9351

(الشاطر، 1998)

5- السماد الأخضر: يتم الحصول عليه بعملية قلب المحصول في التربة وهو ما زال أخضراً وقبل الوصول إلى مرحلة الإزهار حيث تتحلل النباتات في التربة بسرعة بهدف زيادة كمية الآزوت فيها و المحافظة على مستوى معين من المادة العضوية. وتعود أهمية التسميد الأخضر إلى الفوائد التالية:

يمد التسميد الأخضر التربة بالمادة العضوية ويرفع من كمية الآزوت في التربة، وبشكل عام تقدر كمية الآزوت التي ينتجها السماد الأخضر عند استعمال نباتات بقولية بحوالي 240 كغ/هكتار، وتختلف هذه الكمية حسب نوع النبات. كما يزيد قابلية الإفادة من العناصر المعدنية، إذ أن ما تمتصه الجذور النباتية من مركبات فسفورية وبوتاسية يعود إلى التربة بصورة أكثر قابلية لإفادة النبات، كما أن نواتج تحلل النباتات من الأحماض العضوية تساهم في تحرير كميات كبيرة من الكالسيوم والفوسفور

والبوتاسيوم والمغنزيوم. إضافة لذلك يحفظ التسميد الأخضر العناصر المغذية من الفقد: يقلل السماد الأخضر من فقد العناصر الغذائية من التربة (النترات).

يسهم السماد الأخضر في تحسين صفات التربة، حيث تشكل المادة الجافة حوالي 15 % من الوزن الغض للنبات وأن الوزن الغض في المتوسط يتراوح بين 15 إلى 25 طناً للهكتار وأن المادة الجافة تشكل حوالي 3-5 طناً للهكتار حيث تتحلل في التربة بفعل الأحياء الدقيقة وتتطلق العناصر المغذية بالإضافة إلى تكون الدبال الذي يحسن من صفات التربة. يحتوي واحد طن من الكتلة الخضراء (الفصة) على 25-30 كغ من الآزوت، واعتماداً على كمية الآزوت فإن طناً واحداً من الأسمدة الخضراء يعادل طناً واحداً من الأسمدة العضوية تقريباً .

الشروط الواجب مراعاتها في السماد الأخضر:

1 - يجب ألا تترك هذه المحاصيل حتى مرحلة تشكل البذور بل يكتفى بنموها حتى طور الإزهار حيث تكون قد جمعت أكبر قدر من الآزوت.

2 - لا بد أن تمر فترة مناسبة بعد طمر السماد الأخضر لزراعة المحصول التالي حتى تتحلل نباتات السماد الأخضر.

الظروف التي يستعمل فيها السماد الأخضر: يستعمل السماد الأخضر في ترب المناطق الرطبة والترب المروية، ويرتّب محصول السماد الأخضر بين محاصيل الدورة الزراعية بحيث لا يتداخل مع المحاصيل الرئيسية المراد زراعتها. وأهم المحاصيل البقولية التي تستعمل كسماد أخضر:

1 - محاصيل بقولية شتوية: الفول، الترمس، البازلاء.

2 - محاصيل بقولية صيفية: البرسيم الحجازي (الفصة) ، اللوبياء، الفاصولياء.

وينصح باستعمال خلطة من بذور النباتات البقولية التالية: بيقية بازلاء فول بمعدل 200 إلى 250 كغ/هكتار، وهذه الخلطة تناسب الترب الكلسية وتعطي كتلة من المواد العضوية لا تقل عن 40 طناً /هكتار، ويمكن استعمال نباتات العائلة الصليبية (اللفت والخردل) كأسمدة خضراء حيث تمد التربة بكميات جيدة من المادة العضوية وتمتاز بسرعة نمو نباتاتها.

متى يتم قلب محصول السماد الأخضر في التربة:

تقلب الأسمدة الخضراء عندما تكون غضة وخضراء حيث يساعد ذلك في سرعة تحليلها وخاصة في الترب الخشنة القوام، فإذا كانت التربة ستزرع مباشرة فمن الأجدر قلب محصول السماد الأخضر مسبقاً وقبل أن تصبح التربة جافة وينبغي عدم السماح للنباتات المزروعة كسماد أخضر بالنمو حتى النضج وخاصة عند استعمال محاصيل غير بقولية، حيث أن قلب هذه النباتات الناضجة وذات نسبة C/N كبيرة يؤدي إلى نقص في أزوت التربة نتيجة لاستهلاكه من قبل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة وبذلك يصبح عنصر الآزوت محجوزاً في أجسام هذه الكائنات لفترة طويلة فلا يفيد المحصول التالي، ولهذا كلما قلبت النباتات المستعملة كسماد أخضر في مرحلة مبكرة من النمو كلما زاد محتواها من الآزوت وانخفضت نسبة C/N وقل محتواها من السيللوز والليجنين، وهذه المدة لا تقل عن 1.5 شهراً من زراعة المحصول التالي (إذا كان محصولاً شتوياً) .

الطريقة المثلى في قلب محصول السماد الأخضر:

- 1 - تضع النباتات قبل قلبها في التربة باتجاه خط الحراثة.
- 2 - تحرث التربة بالاتجاه التي اتخذته النباتات المضطجعة، ثم تتبع هذه العملية بحراثة متعامدة.
- 3 - ينعم سطح التربة باستعمال الفراطة.
- 4 - يمكن طمر السماد الأخضر بحراثة سطحية بعمق 10 - 15 سم باستعمال الفراطة التي تؤدي إلى تقطيع النباتات وطمرها مما يسرع في عمليات التخمر والتحلل هذا ويجب ملاحظة أنه ليس من الضروري قلب السماد الأخضر في مكان زراعته بل يمكن حشه ونقله إلى مكان آخر لقلبه في تربة أخرى إذا لزم الأمر. يعد السماد الأخضر أحد مكونات الدورة الزراعية، كما وتعد الدورة الزراعية أحد الأنشطة الرئيسية في عملية الإنتاج العضوي وخاصة في الإنتاج العضوي للخضراوات. يشغل السماد الأخضر في الدورة الزراعية مساحة تقدر بحوالي ربع إلى ثلثي المساحة.

6- الأسمدة العضوية الصناعية: ومثال عليها سماد كومبوست قمامة المدن:

يطلق على مخلفات قمامة المدن المعالجة سماد كومبوست قمامة المدن وهو عبارة عن السماد الناتج عن تخمر مخلفات المدن والمنازل بعد معالجتها (إزالة المواد اللاعضوية). وبين الجدول (43) الصفات الكيميائية والخصوبية لسماد قمامة مدينة دمشق .

الجدول (43) الصفات الكيميائية والخصوبية لسماد قمامة مدينة دمشق

Na	Mg	Ca	K	P	N	C/N	مادة عضوية %	EC ديسيسم نس/م	pH معلق 10:1	% للرطوبة
%										
0.4	0.5	2	0.6	0.2	1.4	17	40	3.7	8.1	15

As	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Mn	Fe
Ppm							
0.70	108	2.2	326	608	800	361	2720

(البلخي، 2001)

6-1- تفل الزيتون:

عبارة عن المخلفات الصلبة الناتجة عن عصر الزيتون، بينما تدعى المخلفات السائلة بماء الجفت، الجدول (41).

6-2- ماء الجفت: وهو عبارة عن المياه الناتجة عن عصر ثمار الزيتون، الجدول (41).

7- كومبوست المخلفات النباتية:

الكومبوست : كلمة لاتينية Compostium تعني الأشياء التي يوضع بعضها مع بعضها الآخر، وهو منتج يأتي من تخمر هوائي للمخلفات النباتية والحيوانية وكليهما، وينتج هذا الكومبوست بطريقة الأكوام، حيث يتم تقطيع المخلفات النباتية وفرمها لقطع أقل من 5سم، ثم يؤخذ طن من المخلفات الجافة، وفي حال احتوت المخلفات النباتية

على رطوبة يتم الحساب بأخذ ما يعادل طن جاف، وتقسم هذه الكمية لعشرة أجزاء، وبعد ذلك تخصص مساحة من الأرض 2.5×2.5 متر في مكان مناسب وتكون فيه الأرض مدكوكة لعمل كومة تخمير هرمية بارتفاع 1.5 متر، ثم توضع أولاً طبقة من الأغصان المقطعة بسماكة 8-10 سم للسماح بدوران الهواء حول قاعدة الكومة، وبعد ذلك توضع في كل طبقة كمية من المخلفات تشكل عشر (10/1) حجم الكومة، ويرش عليها عشر (10/1) حجم الكومة من المنشط الآزوتي (سماد بلدي أو زرق دواجن)، وتحسب كمية المنشط الآزوتي = كمية الآزوت اللازم إضافتها من المنشط $\times 100$ / نسبة الآزوت في المنشط، و ترطب الطبقة بالماء وتضغط قليلاً لتقليل حجمها، وبعد ذلك تكرر طبقتا المخلفات النباتية والمنشط الآزوتي مع المحسنات عشرة مرات مع الترطيب حتى يكتمل بناء الكومة. ثم تغطي الكومة بطبقة من البولي إيثيلين لتقليل تمعدن المادة العضوية وتطابير الأمونيا وفقد الرطوبة، ويتم بعد ذلك تقليب الكومة كل أسبوعين وتضبط الرطوبة 50-60 % (تبليل راحة اليد بدرجة بسيطة)، ويتم التوقف عن التقليب والترطيب عند نضج الكمبوست (اختفاء معالم المخلفات الأصلية وتحول اللون الى اللون الأسود أو البني ورائحة التراب).

8- الفيرمي كومبوست: تشتق Vermicomposting من الكلمة اللاتينية vermis، والتي تعني الديدان. وهي طريقة لصنع السماد باستخدام ديدان الأرض التي تزدهر بشكل عام في التربة حيث تأكل المخلفات العضوية وتحولها إلى سماد عضوي ذي نوعية جيدة وغني بالمغذيات النباتية . وهي العملية التي تتمثل بامرار المخلفات العضوية عبر جهازها الهضمي وإخراجها في شكل حبيبات تسمى vermicasts. وبالتالي فإن الفيرمي كمبوست هو خليط من افرازات الديدان والمواد العضوية بما في ذلك الدبال وديدان الأرض الحية والكائنات الحية الأخرى.

يمكن استخدام الأسمدة العضوية في جميع أنواع الترب وجميع المحاصيل تقريباً. تستخدم الأسمدة العضوية بشكل عام بمعدل 20 طن/هكتار وهو ما يعادل تقريباً 100 كغ N/هـ، ففي السنة الأولى يستفيد النبات من حوالي 20-30 % من هذا الآزوت وفي

السنة الثانية يستفيد من 40-50 %. ويمكن استخدامها ضمن المعدلات من 10 إلى 40 طن/هكتار . ويستخدم سماد الفيرمي كمبوست بمعدل 5طن/هكتار .

جدول (44) بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية لنضج سماد الكومبوست

عوامل النضج	قيمة النضج
وزن المتر مكعب	لا يزيد 0.7 كغ
الكثافة	0,7 كغ/م ³
اللون	بنّي
الرطوبة	لا تزيد عن 30%
حجم الغريلة (مم)	أقل من 25
المادة الجافة	60%
المادة العضوية (%)	لا تقل عن 30%
نسبة الكربون للأزوت (C/N)	15-10
درجة الـ pH	أقل من 8
الناقلية الكهربائية (ديسيمنس/م) أو درجة الملوحة	أقل من 3
الأزوت الكلي (غ/100ع)	لا يقل عن 1.5%
أزوت الأمونيوم (مغ/كغ مادة رطبة) $N-NH_4$	أقل من 300
معدل النترات إلى NO_3 / NH_4 الأمونيوم	يساوي أو أكبر من واحد
معدل أزوت نترات إلى أزوت أمونيوم $N- NO_3 / NH_4$	أكبر من 20
الفوسفور الكلي	لا يقل عن 1%
البوتاسيوم الكلي	لا يقل عن 1%
صفاته الحيوية:	خال من النيما توداء، مسببات الأمراض وبذور الحشائش

- الأسمدة العضوية السائلة:

تصنع عن طريق معاملة البقايا والمخلفات العضوية بحمض الكبريت أو بقلوي (غالباً ما يكون ماءات البوتاسيوم)، ويضاف إلى ناتج التفاعل بعض الأسمدة المعدنية

كالفوسفات الطبيعية والأمونيا واليوريا وكلوريد البوتاسيوم بهدف رفع نسبة احتوائها على NPK لتتراوح بين 15 و 25% ولتعديل الـ pH .

ملاحظة: يمكن استعمال هذا السماد في مزارع الخضر والأشجار المثمرة والكروم.

– الأحماض الدبالية والأحماض الأمينية:

أولاً: الأحماض الدبالية :

تتكون أساساً من أحماض هيومية وفولفية ومركبات عضوية أخرى وعناصر مغذية بنسب مختلفة ، ويوجد منها تجارياً أنواع متعددة وبأسماء متنوعة ومختلفة، وكمثال لمكوناتها ما يلي :

0.05 + K-Humat % 16+Humic Acids % 10 + Fulvic Acids % 5

.B% 1.5+K₂O% 2+Mg 0.03+Fe %

وترش الأحماض الدبالية (الهيوماكس) على الأشجار والمحاصيل والخضار: وسطياً بمعدل 200 غ /100لتر/هكتار أي 2 غ/لتر في فترتين:

الأولى: قبل الازهار مارس (آذار).

والثانية بعد شهر من الأولى (نهاية ابريل). ويمكن أن تكرر أثناء الاثمار

أو تضاف مع مياه الري بمعدل 5 ل/تر/ه وتكرر 5 مرات أو بالطريقتين معا (بتركيز 1غ/لتر للرش الورقي و3 ل/تر/ه مع مياه الري).

يتم إنتاج مستخلص الأحماض الدبالية من الكومبوست بنقع الكومبوست في ماءات البوتاسيوم في أغلب الأحيان (لإغنائه بالبوتاسيوم والاستخلاص شبه الكامل للأحماض الدبالية) أو في الماء (100كغ كومبوست+1000 لتر ماء) مدة 24 ساعة، ثم الترشيح، ويستخدم هذا المستخلص عن طريق السمادة أو الرش بعد تخفيفه بمعدل (20:1)، ويضاف (5 لتر/هكتار) من أربع إلى ست مرات من خلال شبكة الري بالتوقيت وذلك كل أسبوعين خلال موسم النمو ابتداءً من تفتح البراعم، كما يمكن استخدامه رشاً على المجموع الخضري بمعدل 5 لتر لكل 100 لتر ماء من المحلول المخفف السابق (20:1)، كما يمكن استخدامه لمقاومة الأمراض فيتم تخفيفه بمعدل 100:1 ويرش يومياً لمدة أسبوع وثم مرتين أسبوعياً.

ثانياً: الأحماض الأمينية:

تتكون من مركبات تجمع خصائص الأحماض والأمينات، فهي تحتوي على مجموعة كربوكسيل ومجموعة أمين أو أكثر، ومنها: جلوتاميك، غليسين، ميثونين، برويلين.....الخ)

أهميتها:

- 1 -تفيد في التغلب على ظاهرة تبادل الحمل عبر تنشيط البراعم الزهرية.
 - 2 -عمل توازن غذائي للنبات بين العناصر.
 - 3 - تزيد من مقاومة النبات للأمراض والاجهادات البيئية.
 - 4 - تعمل كدور مخليبات أو شيلات مع العناصر.
 - 5 - تمتص العناصر المتمخلبة مع الأحماض الأمينية بسهولة نتيجة الوزن الجزيئي المنخفض للأخيرة.
- تركيبها: تتكون بشكل أساسي من الأحماض الأمينية وبعض العناصر المغذية ، ويوجد منها تجارياً أنواع متعددة وبأسماء تجارية مختلفة ، وكمثال يمكن أن تحتوي على :
- 45 % حمض أميني + 5 %رطوبة+ 3 % K_2O + 1 % P_2O_5 + 4 % NH_4 + 15 % N كلي.

وترش على الأشجار والمحاصيل والخضار: وسطياً بمعدل 200غ/100لتر/هكتار أي 2غ/لتر في فترتين:

الأولى: قبل الازهار مارس(آذار)

والثانية بعد شهر (نهاية ابريل). ويمكن أن تكرر مرتين في فترة الاثمار.

ملاحظة: يمكن أن تضاف الأحماض الهيومية مع الأمينية مع البوتاسيوم كخلطة واحدة.

- طرائق إضافة الأسمدة العضوية:

تختلف كمية السماد العضوي التي تضاف سنوياً للتربة باختلاف هدف الإضافة ونوع الزراعة ونوع التربة أيضاً، فإذا كان الهدف من إضافة السماد الحفاظ على مستوى معين للمادة العضوية في التربة فإن كمية 30 طناً/ هكتار كل ثلاث سنوات تكفي أما إذا كان

الهدف هو الحفاظ على مستوى معين من المادة العضوية في التربة وتحسين خواص التربة وزيادة إنتاجيتها فإن الكمية السابقة تبقى قليلة ويجب زيادتها.، ويبين الجدول التالي كمية السماد العضوي التي ينصح بإضافته إلى بعض الترب. ويبين الجدول التالي كمية السماد العضوي التي ينصح بإضافته إلى بعض الترب:

نوع التربة	كمية السماد العضوي المضاف لصيانة التربة	كمية السماد العضوي المضاف بهدف تحسين خصوبة التربة
خفيفة أو كلسية	15 - 20 طنًا/هكتارًا/عامين	15 طنًا/هكتارًا/سنوياً
تربة نموذجية	30 طنًا/ هكتارًا/ثلاث سنوات	40-50 طنًا/هكتارًا/ثلاث سنوات
طينية	40 طنًا/هكتارًا/ثلاث سنوات	40 طنًا/هكتارًا/ثلاث سنوات

عن: ديب، 1993

ويجب الإشارة إلى أن أفضل موعد للتسميد العضوي في حقول الأشجار في الخريف وأثناء الفلاحة الخريفية وبمعدل 30 طنًا /هكتارًا، كل ثلاث سنوات.

- دور الأحماض الدبالية (الهيومية والفولفية) في تخصيب التربة ونمو النبات:

تستخلص الأحماض الدبالية من أسمدة عضوية طبيعية بعد معاملتها أساساً بـ KOH، ومنها قد يكون أحماض دبالية تعود في مصدرها لفحم اليونارديت، حيث تغني بالعناصر الخصوبية الكبرى والصغرى، وتعود أهمية الأحماض الدبالية إلى ما يلي :

- تدخل كمصدر مكمل للفينول المتعدد في المراحل الأولى لنمو النبات والذي يعمل كوسيط كيميائي تنفسي وهذا بدوره يؤدي الى زيادة الفعالية الحيوية للنبات حيث تزداد فعالية النظام الانزيمي ويزداد انقسام الخلايا، وتطور النظام الجذري، ويزداد انتاج المادة الجافة، وتشكل مخليبات مع العناصر الخصوبية، مما يساعد على امتصاصها من قبل النبات، كما تساهم المواد الهيومية المضافة مع مياه الري في توفير الرطوبة حول المجموع الجذري، وخفض pH التربة حول المجموع الجذري مما يساهم في تيسر العناصر الخصوبية.

- تحتوي الأحماض الهيومية على العديد من العناصر الغذائية التي تعمل على زيادة نمو وإنتاج النبات ، وتحتوي في تركيبها على الكربون والآزوت والهيدروجين والأكسجين

بنسب متباينة ينتج عنها تكوين مركبات ذات أوزان جزيئية متباينة، وتستخدم المواد الهيومية لتقليل الأثر الضار للأسمدة المعدنية في التربة، والغاية الرئيسية لاستخدام هذه المواد تتجلى في تغذية النبات، وتعمل هذه المواد على زيادة فعالية العمليات الفيزيولوجية في النبات مما ينعكس إيجاباً على نمو النبات ومحتواه من العناصر المغذية.

- إن وجود الغرويات الدبالية في التربة يزيد من السعة التبادلية الكاتيونية لهذه التربة، الأمر الذي يترافق مع ازدياد كمية العناصر المدمصة على سطوح هذه الغرويات وانخفاض الكمية المفقودة منها بعملية الغسل، وعندما ينخفض تركيز الكاتيونات في محلول التربة نتيجة امتصاصها من جذور النبات فإن الكاتيونات المدمصة على السطوح الخارجية للغرويات الدبالية تتحرر إلى محلول التربة لتعويض ما فقد منها نتيجة الامتصاص الأيوني.

- تحافظ الأحماض الدبالية على القدرة التنظيمية للتربة Buffering Capacity من خلال الهيدروجين المتحرر من المجاميع الكربوكسيلية، حيث أن الدبال وبعض مكوناته يعمل كحمض ضعيف يقوم بتنظيم حموضة التربة وقلويتها Buffer action ولهذه الخاصية أهميتها الكبرى في تنظيم عملية امتصاص العناصر المغذية عند النبات، كما ويعد الدبال مصدراً مهماً للعناصر المغذية (NPK... الخ) التي تتحرر منه شيئاً فشيئاً بصورة صالحة للامتصاص من قبل النبات، فضلاً عن كونه مصدراً للكربون اللازم لنمو النبات، وتشكل المواد الدبالية (هيومية- فوفية-أمينية) مواد مخلبية Chelates تعمل على تحسين جاهزية العناصر الصغرى للنبات، وتزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وتقلل من فقد العناصر المغذية بالغسل.

- تزيد الأحماض الدبالية من قدرة النبات على امتصاص الأيونات أحادية التكافؤ مثل (NH_4^+, K^+) عن طريق تسريع الامتصاص النشط لجذور النبات، كما تؤدي الأحماض الدبالية دوراً هاماً في زيادة إتاحة العناصر المغذية الصغرى (Fe, Zn...) عن طريق خفض درجة pH التربة في الترب القاعدية.

أشارت دراسات (خليل والحبيطي، 2013) إلى أن رش نبات الخس بمواد هيومية ومستخلص أعشاب بحرية alga300 بمعدل 2 مل/لتر حمض هيوميك +2.5 مل/لتر (alga300) أدت إلى زيادة في نمو وإنتاجية الخس بنسبة 20% مقارنة بالشاهد. أشار (الساعدي، 2011) إلى أن رش نبات البندورة صنف سوبرماريموند بهيومات البوتاسيوم ($8K_2O$ %) بتركيز 20 مل/لتر لثلاث مرات أعطى أعلى معدل لطول الثمرة ونسبة المواد الصلبة.

- امتصاص المجموع الخضري للمواد الهيومية بالرش:

يمتص النبات المواد الدبالية (الهيومية) بطريقة الرش على المجموع الخضري بشكل أسرع منه فيما لو أضيفت بطريقة أخرى، فهي تنتقل مباشرة إلى خلايا النبات عن طريق الثغور الورقية ومنها إلى مختلف أجزاء النبات الأمر الذي ينعكس على تنشيط نمو النبات وزيادة النمو الخضري وبالتالي زيادة تراكم المادة الجافة، وقد أشار Samavata و Malakoti (2005) من خلال دراسة رش نبات الذرة الصفراء Zea mays بالمواد الهيومية إلى تأثيرها في بروتوبلاسم الخلية والجدار الخلوي مما يؤدي إلى سرعة انقسام الخلايا ونموها وبالتالي زيادة ارتفاع النبات.

دور المواد الهيومية في امتصاص الآزوت والفوسفور المضافة سواء بالرش أو مع مياه الري:

يزيد رش المواد الهيومية والأمينية أو إضافتها للتربة مع مياه الري من محتوى النبات من الآزوت والفوسفور والعناصر الخصوية الأخرى وبصورة أسرع، حيث تساهم المواد الهيومية في خفض pH التربة، مما يزيد من إتاحة الفوسفور للنبات، وأن رش هذه المواد على الأوراق يؤدي إلى زيادة النمو الجذري للنبات وبالتالي زيادة الكمية الممتصة من الفوسفور.

دورها في امتصاص البوتاسيوم:

- تلعب عملية رش المواد الهيومية وإضافتها إلى مياه الري دوراً في تنشيط العمليات الفيزيولوجية للنبات من خلال تشجيع عمل الأنزيمات، وكذلك عمل البوتاسيوم في نقل نواتج التمثيل الضوئي (الكربوهيدرات)، مما يؤدي إلى زيادة النمو وزيادة الأوراق

والمساحة الورقية للنبات، وبالتالي زيادة تراكم المادة الجافة للنبات وذلك من خلال فعلها الفيزيولوجي المشابه للأوكسين والساييتوكينين الذي يقوم به حمض الهيومك المضاف والذي يؤثر في نمو النبات وزيادة المساحة الورقية.

أشارت دراسات سابقة إلى مساهمة المواد الهيومية في امتصاص النبات للبوتاسيوم عبر إضافة المواد الهيومية التي تحتوي $8K_2O\%$ سواء عن طريق الرش الورقي أو التسميد الأرضي أو الإضافة مع مياه الري، حيث تؤدي إضافتها رشاً على المجموع الخضري إلى زيادة سرعة امتصاص البوتاسيوم من قبل النبات، حيث ينتقل كاتيون البوتاسيوم K^+ بسرعة إلى الأجزاء النباتية المختلفة. أشار Goodwin, 1976 إلى أن إضافة المواد الهيومية مع مياه الري وبالرش الورقي يساهم بشكل مباشر في العلاقات المائية داخل النبات بما فيها امتصاص الماء والمغذيات من التربة، كالبوتاسيوم الذي له دور كبير في تنظيم عمل الثغور فوجوده في الخلايا الحارسة يؤثر في الضغط الأسموزي داخل النبات وبالتالي يكون بمثابة القوة المحركة لفتح وغلق الثغور.

دور الحموض الهيومية في خفض pH التربة:

يتجسد الأثر التجميعي (الفعالية المضاعفة) لإضافة المواد الهيومية بالرش ومع مياه الري معاً في تيسر العناصر الخصوبية في التربة من خلال خفض pH ولو أنياً في منطقة المحيط الجذري ، إضافة إلى دورها في زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ورفع السعة التبادلية الكاتيونية مما يزيد من جاهزية الكالسيوم وإتاحته للنبات. كما يساهم المجموع الخضري بزيادة امتصاصها عبر الرش، حيث شجعت من نمو النبات، كونها مواد أو مركبات كربونية تعمل على بناء الأنسجة النباتية، والمغنيزيوم من العناصر التي تدخل في بناء هذه الأنسجة .

الأسمدة الحيوية:

عبارة عن ميكروب أو مجموعة من الميكروبات التي تعمل على توفير عنصر أو أكثر من العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات والتي يمكن بها الإستغناء عن كل أو جزء من الأسمدة الكيميائية التي تحتوى على العنصر المطلوب.

تشتمل الأسمدة الحيوية على عديد من الكائنات الحية الدقيقة تختلف باختلاف الغرض المستخدم من أجله هذا السماد، ومن أهمها:

- أسمدة حيوية لإمداد النبات بعنصر الآزوت.
 - أسمدة حيوية لإذابة الفوسفات المعدني.
 - أسمدة حيوية لإذابة الكبريت.
 - أسمدة حيوية لمعدنة المادة العضوية.
 - أسمدة حيوية لاستخلاص البوتاسيوم من معادن الطين.
 - أسمدة حيوية لإذابة بعض العناصر الصغرى.
- و تعمل الأسمدة الحيوية على جعل العناصر الغذائية أكثر توفراً وإتاحة للنبات و زيادة امتصاصها وإنتاج بعض الهرمونات النباتية، وإعادة التوازن الميكروبي في التربة وتنشيط العمليات الحيوية بها وزيادة الإنتاجية والجودة العالية الخالية من الكيماويات، بكتريا Azotobacter بكتريا Bacillus.

الطرائق المختلفة لإضافة الأسمدة الحيوية: Application Methods of Biofertilizers

يضاف السماد الحيوي إما إلى البذور (التقاوي) أو إلى التربة ويستخدم في الحالتين كما يلي:

أ- تلقيح البذور (التقاوي) Seeds Inoculation.

أ- تلقيح التربة: Soil Inoculation.

إن الطريقة الأكثر شيوعاً لإضافة الملقحات البكتيرية هي نقع البذور أو جذور الشتول بها قبل الزراعة، أو خلط الملقح مع السماد العضوي ونشر الخلطة على التربة في محيط منطقة زراعة البذور، كما يمكن إضافة الملقحات مع مياه الري أو رشاً على المجموع الخضري.

أهمية الأسمدة الحيوية: يحقق استخدام الأسمدة الحيوية الفوائد الآتية:

- تقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية نتيجة توفير جزء كبير من العناصر الغذائية اللازمة لتغذية النبات مما يؤدي إلى: - تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي.
- خفض معدلات التلوث البيئي.
- المحافظة على خصوبة التربة على المدى الطويل من خلال إمداد التربة بأعداد كبيرة من الكائنات الدقيقة المفيدة مما يؤدي إلى:
- 1- تغيير التوازن الميكروبي بالتربة لصالح الميكروبات المفيدة.
- 2- تنشيط العمليات الحيوية المفيدة بالتربة.
- 3- المحافظة على التنوع الحيوي بالتربة.
- 4- تحسين الخواص الطبيعية للتربة.

الفصل السابع عشر

الأسمدة النانوية (النانومترية)

مقدمة:

تتطلب الزراعة المستدامة البحث عن التطبيقات الزراعية التي من شأنها الحفاظ عليها وتحفيز الزراعة صديقة البيئة، ويعد تطبيق تقانة النانو في الزراعة أحد العوامل المهمة لتحسين انتاجية المحاصيل بصورة كبيرة و تطوير طرائق استعمال الأسمدة بكميات أقل، حيث وفرت تقانة النانو وسائل استغلال الأجزاء النانوية، أو المواد التركيبية النانوية، مثل حاملات السماد، أو التحرر الخاضعة للسيطرة لبناء ما يسمى الأسمدة الذكية كوسائل جديدة لتحسين كفاءة استخدام المغذيات من قبل النبات وخفض تكاليف حماية البيئة.

تعريف النانو:

اشتقت كلمة " النانو" من الكلمة الإغريقية والتي تعني "القرم" ويمثل النانو جزءاً من مليار، وعليه فإن النانومتر (nm) يُعادل 10^{-9} ، ولتخيل الأمر فإن 1 نانومتر يقيس ثلاث ذرات كربون مصطفة بجانب بعضها بعضاً وأيضاً 10 ذرات من الهيدروجين وإن متوسط قطر شعرة الإنسان يقيس نحو 10000 نانومتراً (أي أصغر الأشياء التي يراها الإنسان بالعين المجردة) (Hulkoti & Taranath, 2014) .

يصف الباحث توماس كيني Thomas Kenny من جامعة ستانفورد الأمريكية Stanford university حجم النانو بأمتلة كثيرة بحجم 10 ذرات هيدروجين، أو بمعدل نمو ظفر الإنسان في الثانية الواحدة، أو سماكة قطر الماء بعد بسطها كلياً على سطح مساحته واحد متر مربع، أو واحد على عشرة من سماكة الطبقة المعدنية على النظارات الشمسية (Hansen, 2001).

تقانة الأسمدة النانوية: Nano Fertilizer Technology :

تلعب الأسمدة النانوية أدواراً مهمة في تغذية النبات سواء تم رشها على المجموع الخضري أو تم إضافتها بالمعاملات الأرضية مثل:

- 1- زيادة نشاط عمليات التمثيل الضوئي (من خلال محتوى الأوراق من الكلوروفيل) .

2- زيادة قدرة المحاصيل على تحمل ظروف الإجهاد المختلفة.

3- زيادة مقاومة المحاصيل للأمراض.

4- المحافظة على الصفات الجينية المطلوبة للمحاصيل الزراعية المختلفة.

5- زيادة المواد الفعالة في النبات.

يوجد حالياً على مستوى العالم ما يزيد عن 800 منتج سمادي مادته الفعالة هو الصورة النانوية لأكاسيد العناصر الصغرى ومن المتوقع زيادة المنتجات خلال السنوات القليلة القادمة، كما يوجد حوالي 15% من المنتجات السمادية عبارة عن الصورة النانوية للعناصر المختلفة خاصة الصغرى ومنها لتغطية احتياجات النباتات.

6- تستخدم المواد النانوية لتغليف الأسمدة التقليدية لتسهيل امتصاصها وزيادة كفاءتها، أي استخدام المواد النانوية كبديل للأسمدة التقليدية أو كحوامل لمكوناتها ولها ميزات عديدة مثل زيادة القدرة على التحكم في عملية التوجيه، وزيادة الاستجابة النباتية للأسمدة النانوية نظراً لسهولة دخولها للخلايا كما تعد آلية مناسبة لنقل المركبات للأماكن المستهدفة في النبات سواء الأوراق أو الجذور أو الثمار أو باقي الأجزاء النباتية.

أهم ميزات الأسمدة النانوية:

إن استخدام المواد النانوية في برامج التسميد يعتبر بديل فعال للأسمدة التقليدية حيث يحقق العديد من المزايا نظراً لاستعمالها بكميات أقل، وثباتها العالي تحت الظروف المختلفة مما يزيد القدرة على تخزينها لفترات أطول وبالتالي تحقيق العديد من الفوائد للنبات والبيئة وذلك كما يلي:

1- الأسمدة النانوية ذات حجم صغير جداً فلا تحتاج مساحات كبيرة لتخزينها .

2- يتم استخدامها رشاً على المجموع الخضري فيستفيد منها النبات بصورة أسرع.

3- سريعة الامتصاص ، مما يتيح استعمالها في الأوقات المطلوبة تبعاً لاحتياجات النبات الفعلية .

4- تساعد الأسمدة النانوية في حماية البيئة وصحة الإنسان.

- 5- تزيد من ربحية المزارع نظراً لتقليل تكاليف التسميد والرش.
- 6- التقليل من مشكلات تلوث التربة والمياه وتقليل الانبعاثات الكربونية لمصانع الأسمدة التقليدية والتي تسبب التغيرات المناخية الحادة.
- 7- يؤدي نفع البذور في الأسمدة النانوية لتحسين إنباتها وزيادة قوة البادرات على تحمل الظروف المختلفة.

تطبيقات استخدام المركبات النانوية لتحسين الإنتاج النباتي:

يوجد أنواع مختلفة من العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات سواء الكبرى أو الصغرى في الصورة النانوية، مما يتيح استخدامها في العديد من المحاصيل سواء الحقلية أو البستانية مثل الآزوت والفوسفات والبوتاسيوم والحديد والزنك والكالسيوم وغيرها. كما تستخدم في إنتاج مواد تعبئة وتغليف ثمار الفاكهة والخضر لتقليل الفاقد منها وزيادة عمر الثمار والاحتفاظ بمواصفاتها لأطول فترة ممكنة.

- 1- استخدام الكالسيوم النانوي رشاً على العنب المزروع تحت إجهاد الملوحة أدى لزيادة النمو الخضري وزيادة تركيز الكلوروفيل في الأوراق (Sabir *et al* 2014).
- 2- استخدام الأسمدة الفوسفاتية في الصورة النانوية خفض كمية سماد السوبر فوسفات المضافة للتربة.

- 3- استخدام أكسيد الزنك النانوي (N-Zn) رشاً على الفول السوداني بتركيز أقل 15 مرة عن التركيز الموصى به للرش بكبريتات الزنك أدى لزيادة المحصول الكلي 30%.
- 4- تم استخدام أسمدة تقليدية مغلفة بمواد نانوية على نبات القمح مما أدى لزيادة إنبات البذور حيث وصل إلى (99%) كما انعكس أثرها على زيادة النمو الخضري وكمية المحصول، حيث يعود ذلك لقدرة المركبات النانومترية على الوصول واختراق البذور وزيادة حيويتها من خلال تحسين امتصاصها للمواد العضوية الهامة وأيضاً تحسين وظائفها الحيوية.

- 5- استخدام جزيئات النانوسيليكا حيث تمتص بواسطة جذور النباتات وتشكل فيلم حول جدران الخلايا والتي يمكن أن تعزز مقاومة النبات للإجهاد وتؤدي إلى عوائد محسنة .

6- الميكروكبسولات: هي عبارة عن نوع من الأسمدة يتم إنتاجها عن طريق عملية تغليف أسمدة العناصر الصغرى التجارية باستخدام طبقة رقيقة من مادة البوليمير بهدف حماية العناصر الصغرى من التثبيت السريع بالتربة والتحكم في إطلاقها إلى محلول التربة خلال موسم النمو ، وتتم آلية انطلاق العناصر الصغرى من الميكروكبسولات من خلال الانتشار المباشر للعناصر الصغرى، حيث تذوب ببطء في الماء ولكنها تذوب في الأحماض العضوية وهذا يعني أن الاستفادة من تلك المركبات مع النشاط الحيوي بالتربة ومن أمثلة مواد التغليف (البوليمر) لجنوسلفونات - بكتين - إيثلين فينيل أستييات .

7- نانوكبسولات: هي مركبات صناعية مكونة من السليكا أو سليكا وألمنيوم تتميز بالمسامية الداخلية ولها مساحة سطح كبيرة ولها مواقع للادمصاص والتبادل الأيوني وتقوم هذه الكبسولات بتقليل معدل انطلاق العناصر الصغرى منها إلى التربة والنبات ويمكن لبعض المركبات الطبيعية مثل البنتونيت أن تقوم بنفس عمل النانوكبسولات في تقليل معدل انطلاق العناصر الصغرى إلى النبات لتشابه تركيبها مع المواد المصنعة المكونة لكبسولات النانو .

- جزيئات ومواد النانو للعناصر الصغرى :

تعتبر عن تجمعات لذرات أو جزيئات يتراوح قطرها من 1 - 100 نانومتر لأكاسيد الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والبورون والموليبدنيوم، وتستخدم كمصدر مباشر لزيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية الصغرى من التربة إلى النبات أو استخدام تلك الأكاسيد في الرش الورقي .

تطبيق تقانة (تكنولوجيا) النانو الخضراء:

إن استخدام تقانة النانو الخضراء في تسميد المحاصيل بالعناصر الغذائية الصغرى يهدف في المقام الأول إلى توفير العناصر الغذائية الصغرى في غذاء الإنسان وتحقيق زيادة الفاعلية في الإنتاج الزراعي، حيث تهدف هذه التقانة إلى تحسين جودة الغذاء عن طريق زيادة كفاءة استخدام أسمدة العناصر الصغرى باستخدام الميكروكبسولات أو كبسولات النانو أو جزيئات ومواد النانو كمصدر للعناصر الغذائية الصغرى طبقاً

للدليل الإرشادي لمنظمة الزراعة والأغذية (FAO) الخاص بالاستتزاز المحصولي من العناصر الغذائية الصغرى من التربة وكذلك طبقاً للدراسات المحلية فإنه يمكن حساب الاحتياجات السمادية من أسمدة العناصر الصغرى وذلك بحساب الاستتزاز المحصولي للعناصر الصغرى للإنتاج الأمثل من المحاصيل المختلفة سواء صيفية أو شتوية كما هو مبين بالجدول (45):

جدول (45) متوسط استتزاز المحاصيل من العناصر الصغرى من التربة بـ غ/دوم

العنصر	متوسط استتزاز المحاصيل الشتوية	متوسط استتزاز المحاصيل الصيفية	الاستتزاز السنوي
الحديد Fe	208.33	191.66	399.99
المنغنيز Mn	145.83	250	395.83
الزنك Zn	104.16	51.66	155.82
النحاس Cu	50	25	75
البورون B	29.16	37.5	66.66
مولبيدينوم Mo	8.33	2.08	10.41
المجموع	545.81	557.9	1103.71

ويبين الجدول (46) مقارنة الاستتزاز المحصولي السنوي من العناصر الصغرى (غرام) من خلال مصادر أسمدة تقليدية لأملاح معدنية ومصادر جزيئات نانو لأكاسيد العناصر الصغرى، يتبين من الجدول أن كميات أسمدة العناصر الصغرى المستنزفة في صورة النانو أقل كثيراً من تلك الكميات المستنزفة في الصورة المعدنية، بالإضافة إلى أن فرصة تثبيت أسمدة النانو في التربة قليلة جداً وبذلك تكون الكميات المستنزفة من أسمدة النانو مقارنة تماماً للكميات الواجب إضافتها للتربة، بينما تكون الكميات المضافة للأسمدة في الصورة المعدنية كبيرة جداً نظراً لتثبيت جزء كبير منها في التربة مقارنة بالكميات المستنزفة من تلك العناصر في صورة أملاح العناصر الصغرى بالصورة النانوية.

جدول (46) مقارنة الاستنزاف المحصولي السنوي من العناصر الصغرى (غرام) من مصادر أسمدة تقليدية ومصادر جزيئات نانو لأكاسيد العناصر الصغرى:

العنصر	الاستنزاف السنوي	ملح العنصر ومصدره	نانو أكسيد العنصر ومصدره
الحديد Fe	399.99	سلفات حديدوز	2083.3 Fe ₂ O ₃ 541.66
المنغنيز Mn	395.83	سلفات منغنيز	1250 MnO 500
الزنك Zn	155.82	سلفات الزنك	708.33 ZnO 208.33
النحاس Cu	75	سلفات النحاس	333.33 CuO 83.33
البورون B	66.66	بوراكس دكتا هيدرات	583.3 B ₂ O ₃ 166.66
مولبيدينم Mo	10.41	مولبيدات الأمونيوم	20.83 MoS ₂ 16.66
المجموع	1103.71	4979.09	1516.64

تشير دراسة لـ Astneh (2018) إلى أن إضافة (14) كغ يوريا نانوية للهكتار قد أدت إلى زيادة إنتاجية حبوب القمح بنسبة وصلت إلى 90% مقارنة بالشاهد الذي لم يضاف له سماد، بينما أدت إضافة (110) كغ/هـ يوريا تقليدية إلى زيادة في إنتاجية الحبوب قدرها 30%. يستنتج من ذلك أهمية الأسمدة النانوية في توفير أكثر من 60% من الأسمدة التقليدية، فضلاً عن زيادة الإنتاجية.

الفصل الثامن عشر:

الإدارة المتكاملة للمغذيات:.

الإدارة المتكاملة للمغذيات (INM) Integrated Nutrient Management

هي إحدى الممارسات الزراعية التي تهدف إلى استخدام الخصائص المتجانسة لأنواع الأسمدة سواء كانت معدنية أو عضوية أو حيوية أو محسنات تربة من خلال تكوين مزيج يمكن استخدامه لتقليل الاستخدام الهائل للأسمدة الكيميائية وتحقيق التوازن بين مدخلات الأسمدة ومتطلبات المحاصيل للمغذيات، من خلال الخيارات التي يمكن أن تحافظ على خصوبة التربة، واستعادة صحة التربة والإمداد المستمر للنبات بالمتطلبات الغذائية للحصول على المستوى الأمثل لإنتاج الغلة.

يمكن تعريف نظام INM على أنه "استخدام ذكي للكمية المثلى من الأسمدة المعدنية والعضوية والحيوية ضمن دورة زراعية لتحقيق أفضل إنتاجية مع الحفاظ على استدامة النظام البيئي للتربة، وقد عرفت منظمة الأغذية والزراعة الإدارة المتكاملة للمغذيات INM/IPNS هي تحسين خصوبة التربة وإنتاجيتها وإمدادات المغذيات النباتية المثلى لاستدامة المستوى المطلوب من إنتاجية المحاصيل (منظمة الأغذية والزراعة، 1995)، ويسمح التسميد المتكامل Integrated Fertilization باستخدام مزيج مناسب من الأسمدة المعدنية والعضوية والحيوية بهدف الوصول إلى تأمين العناصر المعدنية المغذية المختلفة بتركيز مناسبة ومتوازنة وميسرة لاستخدام النبات دون فقدائها مع ماء الري ووصولها إلى المياه السطحية أو العميقة أو فقدائها من التربة على صورة غاز أو تثبيتها في مكونات التربة وتحولها إلى صور غير ذائبة وبالتالي غير ميسرة لاستخدام النبات.

تعتمد فكرة الإدارة المتكاملة للمغذيات على عدد من العوامل بما في ذلك الانسجام في خصائص المغذيات والتوازن بين متطلبات المغذيات للمحاصيل ونوع المغذيات وتحديد المواد التي يمكن استخدامها بأمان والتي تؤدي إلى زيادة كفاءة استخدام العناصر الغذائية، بالإضافة إلى ذلك فهي طريقة للتخلص من المخلفات العضوية وطريقة فعالة لإعادة تدوير المخلفات إلى سماد عالي الجودة.

تشمل المكونات الرئيسية لمفهوم الإدارة المتكاملة للمغذيات ما يلي: زيادة وعي المزارعين حول الاستخدام القيم لممارسات الإدارة المتكاملة للمغذيات، ودعوتهم إلى نسيان الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية وتشجيعهم على التركيز على خطة طويلة الأجل للزراعة المستدامة، علاوة على ذلك يجب أن يولي المزارعون اهتماماً أكبر للتأثيرات البيئية وإنتاج غذاء آمن بدلاً من التركيز فقط على الربح الذي يمكن الحصول عليه.

تحسين حالة التربة فيما يتعلق بخصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والهيدرولوجية بغرض تعزيز إنتاجية التربة مع تقليل تدهور الأراضي.

يعتبر في ظل ظروف الزراعة البعلية توافر رطوبة التربة هو العامل المحدد الأساسي في غلة المحاصيل وليس مغذيات التربة، ومن ثم تتطلب الإدارة المتكاملة للمغذيات اتباع ممارسات محسّنة وذكية لإدارة مياه الأمطار (الزراعة الحافظة، الممارسات الزراعية الجيدة، الكمبوست... إلخ) ، مع انحدار المادة العضوية في التربة السورية، يعد اعتماد ممارسات إدارة المحسنات العضوية شرطاً أساسياً لاستعادة إنتاجية التربة والحفاظ عليها (تحسين مستويات مغذيات التربة والاحتفاظ برطوبتها، ومقاومة الانجراف).

الأسمدة المتكاملة

تشمل ممارسات الإدارة المتكاملة للمغذيات النباتية على مستوى الحقل استخدام الأسمدة العضوية والمعدنية ومحسنات التربة ومخلفات المحاصيل ومخلفات المزارع والسماد الأخضر ومحاصيل التغطية والبقوليات والزراعة البينية.

قد يؤدي الاستخدام غير المتوازن والمستمر للأسمدة غير العضوية إلى بعض المشكلات في نقص العناصر الصغرى والتي تصبح قيوداً رئيسة على إنتاجية واستقرار واستدامة صحة التربة. لذلك أصبحت INM واحدة من أكثر الممارسات الرئيسية والتي يمكن أن تحل محل الطرائق التقليدية بهدف تقليل خسائر المغذيات وتأثيراتها

الضارة على البيئة مع الحفاظ على إنتاجية أعلى من المحاصيل، على الرغم من أن دمج الأسمدة العضوية مع المواد غير العضوية يعتبر مخزوناً من العناصر الغذائية التي يمكن أن تزود المحصول الحالي بمتطلباته باستمرار إلا أنه يمكن اعتباره أيضاً مخططاً له تأثير متبقي أكبر على المحاصيل اللاحقة من الاستخدام الوحيد للأسمدة غير العضوية بسبب البطء في إطلاق المغذيات مع مرور الوقت وقيمتها المضافة في محتوى المادة العضوية بالتربة. وجد في السياق نفسه أن الاستخدام المستمر للأسمدة غير العضوية وحدها يقلل من مستوى الكربون العضوي في التربة بسبب انخفاض إنتاج المادة الجافة ويؤدي إلى انخفاض في عائد بقايا المحاصيل في التربة. أخيراً لا يمكن للمزارعين والباحثين إهمال دور الكائنات الحية الدقيقة في التربة في التحكم في إتاحة المغذيات والقابلية للذوبان ووفرة هذه المغذيات وزيادة كفاءة استخدام العناصر الغذائية والتي يمكن تحقيقها عن طريق اتباع نظام الإدارة المتكاملة للمغذيات.

يعتمد نجاح INM على عدد من العوامل بما في ذلك التركيبة والكمية الصحيحة المناسبة من الأسمدة المتكاملة والوقت المناسب لإضافتها. يلعب الاستخدام المتكامل للأسمدة العضوية والكيميائية والحيوية دوراً فاعلاً في تحسين خصائص التربة، وتعزيز كفاءة استخدام العناصر الغذائية وتقليل فقد المغذيات وتقليل متطلبات المغذيات للمحاصيل وزيادة الكاتيونات المتبادلة وسعة احتفاظ التربة بالرطوبة.

مكونات الإدارة المتكاملة للمغذيات:

إن مفهوم INM هو مفهوم تكامل المغذيات وليس استبعاد أحد هذه المغذيات، وتشمل هذه المكونات المواد التالية:

- الأسمدة المعدنية التي تحتوي على عناصر كبرى وعناصر صغرى.
- بعض المواد الطبيعية مثل الفوسفات الصخري والكبريت المعدني.
- مخلفات المحاصيل.
- التسميد الأخضر
- الأسمدة العضوية المختلفة من أصل نباتي وحيواني.

- كمبوست قمامة المدينة بعد المعالجة والتي لا تحتوي على مواد ضارة فوق الحدود المسموح بها.
 - سماد الغاز الحيوي.
 - الأسمدة حيوية.
 - الفيرميكومبوست.
 - الأسمدة العضوية التجارية مثل الهيومك أسيد والأحماض الأمينية.
- محسّنات التربة:** هي مواد طبيعية أو صناعية تضاف للتربة بهدف تحسين خصائصها، وتشمل وتشمل:
- الجبس الزراعي يجب أن لا تقل نسبة كبريتات الكالسيوم عن 80% ولا تزيد نسبة كلوريد الصوديوم عن 2%.
 - الكبريت الزراعي يجب أن لا تقل نسبة الكبريت عن 85%.
 - بوليمر (هيدروجل) يجب أن توضح السعة التشبعية بالماء (WHC).
 - أحماض كيميائية مثل حمض الكبريتيك والفوسفوريك والنتريك... الخ وهذه يمكن استعمالها لتحسين خصائص وإصلاح التربة الملحية القلوية والكلسية والقلوية.
 - البيرليت الزراعي (حجر بركاني يندرج لونه بين الرمادي إلى الأبيض وهو خفيف الوزن، ويحتوي على مسامات تمكنه من الاحتفاظ بالرطوبة) و يشترط ألا تقل السعة التشبعية بالماء عن 300%.
- تحسين تغذية النبات:**
- **تغذية المحاصيل المتوازنة:** تحتاج النباتات إلى إمداد مناسب لجميع المغذيات الكبرى والصغرى بنسبة متوازنة طوال فترة نموها، وفي ظل نقص المغذيات المتعددة وزيادة تكاليف إنتاج المحاصيل فإن التسميد بالعناصر الكبرى دون العناصر الثانوية والصغرى (S، Zn، B، إلخ) قد يؤدي إلى نتائج عكسية من خلال تقليل كفاءة العناصر الغذائية التي يتم اضافتها.
 - **الحد من الإضافات الزائدة للأسمدة:** يعتبر التسميد الزائد والذي يفوق حاجة النبات هو نوع من الإسراف الذي يجب تجنبه، وهو يتعارض مع مفهوم تحسين تغذية

المحاصيل ويعكس أيضاً سوء تطبيق النتائج العلمية ويمكن أن يكون لها أيضاً آثار سلبية على صحة الانسان والبيئة، فعلى سبيل المثال الكميات العالية من البوتاسيوم تقلل امتصاص المغنيزيوم. كذلك يؤدي الإفراط في التسميد بالآزوت إلى انخفاض كفاءة استخدام الآزوت وإمكانية تسكينه وزيادة الآفات والأمراض وخسائر كبيرة في الأسمدة الآزوتية وتأثيرات سلبية على البيئة، كما يمكن أن يؤدي الإفراط في التسميد بالعناصر الصغرى إلى ظهور سميتها على النباتات والتي يصعب في كثير من الحالات معالجتها.

الجمهورية العربية السورية
وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي
الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية
التوصية السmadية المتكاملة

إعداد:
الدكتور **الدكتور** **الدكتور**
محمّد صبحي الرافعي **أكرم الخليلي** **الرجح الخضر**

تصحيح:
الدكتور
الهندسة طارق حيدر الله

2022

المرحلة الثانية

المحصول: **قمح هروي**

توصية التسميد المتكامل

الأسمدة النضوية والمضوية		الأسمدة المعدنية (ك/هـ)	
رول فواش بدل الكمومست	رون ماضية بدل الكمومست	52 N	السماد الأزوتي
7.5% أزوت وسطيا	1.5% أزوت وسطيا	30 P2O5	السماد الفسفوري
5	9 10 12	45 K2O	السماد البوتاسي

توصية السماد المتكامل (ك/هـ)

105.7 N	السماد الأزوتي
60 P2O5	السماد الفسفوري
90 K2O	السماد البوتاسي

الشكل (16) - برنامج حاسوبي لحساب التوصية السmadية المتكاملة 2022

- **الدورة الزراعية:** يقصد بالدورة الزراعية نظام ترتيب زراعة المحاصيل في منطقة محددة، وعموماً تعد المحاصيل العلفية البقولية (الفصة) ملائمة كمحصول دوري ضمن الدورة الزراعية يحافظ على خصوبة التربة بعد زراعة المحاصيل المستهلكة لعناصر التغذية في التربة كالبندورة، الخيار، البطاطا والحبوب. يبين الجدول (47) التوصية السmadية المتكاملة المقترحة لأهم الحاصلات الزراعية.

الجدول (47). توصية سمادية متكاملة مقترحة												
التسميد المتكامل									توصية السماد المعدني (كغ/هـ)			المحصول
الأسمدة العضوية والحيوية						الأسمدة المعدنية(كغ/هـ)						
ما يعادلها		ما يعادلها		حيوي (لتر/هـ) (	كومبوست (م ³ /هـ) N=1 وسطياً	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	
حيوي (لتر/هـ)	ذرق دواجن (م ³ /هـ) N=2.5 وسطياً	حيوي (لتر/هـ)	روث ماشية (م ³ /هـ) N=1.5 وسطياً									
10	5	10	9	10	12	45	30	52	90	60	105,7	القمح مروي
5	2.5	5	5	5	6	17.5	19	26	35	38	52.85	قمح بعل أولى
2.5	2.3	2.5	4.2	2.5	5.6	17.5	16.5	19.1	35	33	38.2	قمح بعل ثانية
5	2.8	5	5.2	5	6.8	–	25	27	–	50	52.85	شعير مروي
2	1.5	2	2.8	2	3.7	–	12.5	13.2	–	25	26.4	شعير بعل
10	13.8	10	25.2	10	33.2	60	60	103	120	120	205	شوندر سكري شتوي
10	13.8	10	25.2	10	33.2	45	42.5	103	90	85	205	شوندر سكري خريفي
10	13.8	10	25.2	10	33.2	45	42.5	103	90	85	205	شوندر سكري صيفي

10	8.6	10	15.6	10	20.6	20	17.5	71.5	40	70	143	ذرة صفراء
15	15.8	15	28.7	15	38	100	100	125	200	200	250	زيتون سقي
7.5	8.33	7.5	15.2	7.5	20	50	50	65	100	100	130	زيتون بعل
15	15.8	15	28.7	15	38	100	100	125	200	200	250	فستق حليبي سقي
7.5	8.33	7.5	15.2	7.5	20	50	50	65	100	100	130	فستق حليبي بعل
15	13	15	23.6	15	31.2	45	42.5	108	90	85	215	عنب سقي
7.5	6.3	7.5	11.3	7.5	15	22.5	22.5	52.5	45	45	105	عنب بعل
25	29	25	53	25	70	100	57.5	225	200	115	450	حمضيات
10	13.3	10	24.2	10	32	47.5	47.5	100	95	95	200	كرز خوخ دراق سقي
5	6.6	5	12.1	5	16	25	25	50	50	50	100	كرز بعل
15	15.8	15	28.5	15	38	57.5	75	125	115	150	250	تفاح-اجاص- سفرجل سقي
7.5	8.33	7.5	15.2	7.5	20	30	40	65	60	80	130	تفاح-اجاص بعل
10	11.3	10	20.4	10	27	52.5	52.5	87.5	105	105	175	رمان سقي
5	5.8	5	10.6	5	14	25	25	45	50	50	90	رمان بعل

10	10	10	18	10	24	45	47.5	80	90	95	160	تين-لوز سقي
5	6.6	5	12.1	5	16	25	25	50	50	50	100	تين-لوز بعل
10	10	10	18	10	24	45	42.5	80	90	85	160	مشمش
5	5.8	5	10.6	5	14	22.5	22.5	40	45	45	80	مشمش خوخ دراق بعل
10	10	10	18	10	24	45	42.5	80	90	85	160	جانرك سقي
15	13	15	23.6	15	31.2	45	42.5	108	90	85	215	كيوي
15	13	15	23.6	15	31.2	45	42.5	108	90	85	215	توت
10	10	10	18	10	24	40	47.5	80	90	95	160	كاكي
10	10	10	18	10	24	45	42.5	80	90	85	160	افكادو
15	14.2	15	25.8	15	34	100	100	115	200	200	230	نخيل ثمرى
5	5	5	9.1	5	12	22.5	30	40	45	60	80	وردة شامية
10	10.3	10	18.6	10	24.6	50	50	81.5	105	100	163	بطاطا
10	12.1	10	21.9	10	29	52.5	50	92.5	105	100	185	بندورة
10	7.1	10	12.9	10	17	52.5	47.5	62.5	105	95	125	ثوم
10	7.1	10	12.9	10	17	52.5	50	62.5	105	100	125	بصل
2	1.3	2	2	2	3	10	19	11.5	20	38	23	بقوليات غذائية مروية

3	2.8	3	5	3	6.6	17.5	35	22.5	35	70	45	سمسم
10	7.1	10	12.9	10	17	35	35	62.5	70	70	125	بطيخ احمر واصفر
10	9.6	10	17.4	10	23	37.5	42.5	77.5	75	85	155	خضراوات مختلفة

ملاحظة 1: الأشجار المثمرة البعل نصف الكمية

ملاحظة 2: تم حساب كمية الأسمدة العضوية وفقاً لنسبة الأزوت الكلي فيها وسطياً أعلاه، ومعامل استفادة 35%، وكثافة 0.7 غ/سم³ وسطياً
أما الحيوية: كل 1 لتر يؤمن 2 كغ N. حيث تؤمن كل من الأسمدة العضوية والحيوية 50% من احتياج N (30% عضوي و20% حيوي من الاحتياج الكلي لـ N على التوالي).



الفصل التاسع عشر

تقويم خصوبة التربة

مقدمة:

ازدادت حاجة الإنسان للغذاء في ظل الزيادة في عدد السكان، وبرزت مشكلة زيادة الطلب على المنتجات الزراعية، وأخذ الإنسان يستغل الأرض بشكل كثيف بزراعة محاصيل متتالية ومجهدة مما أدى إلى خفض خصوبة التربة وتدني الإنتاج، وبعد أن بدأ إنتاج الأسمدة الكيميائية في الخمسينيات اتجه المزارع نحو هذه الأسمدة ولا تزال تستعمل وبكميات كبيرة بغض النظر عما يحتاجه النبات من العناصر المغذية أو ما يتواجد منها في التربة مما يؤدي ذلك إلى فقد نسبة كبيرة من هذه العناصر دون أن يستفاد منها النبات أو قد تحدث أحياناً حالات تسمم للنبات نتيجة تراكم بعض العناصر المغذية في التربة، لذلك من الضروري معرفة حالة العناصر المغذية في التربة والإلمام بما يحتاجه النبات من عناصر غذائية خلال دورة حياته.

التربة الخصبة و التربة المنتجة:

تعد التربة من العوامل الأساسية لنمو المحاصيل الزراعية وإنتاجها، فهي القاعدة التي يستند إليها النبات وفيها يضرب جذوره لامتصاص الماء والغذاء وتختلف الترب في مقدرتها على تزويد النباتات بالعناصر المغذية تبعاً لخصائصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية فالترب التي تتمتع بخصائص جيدة يمكن أن تكون قادرة على إمداد النبات بالعناصر المغذية اللازمة وبالوسط الملائم لنمو الجذور وانتشارها، ومثل هذه الترب يمكن أن يقال عنها **خصبة**، أي إنها قادرة على تأمين كل احتياجات النباتات من العناصر المغذية المعدنية القابلة للإفادة بنسب متوازنة وأن تمتاز بخصائص فيزيائية مناسبة لنمو الجذور وانتشارها، ويمكن للتربة أن تكون خصبة إلا أنها غير منتجة، وحتى تكون التربة **خصبة ومنتجة** يجب أن تتمتع بتوفر ظروف المناخ (الحرارة والرطوبة والإضاءة) المناسبة لنمو وتطور النبات إضافة للشروط السابقة المتعلقة بالعناصر المغذية المعدنية وخصائص التربة الجيدة.

ويمكن أن نجمل العوامل الأساسية لنمو وتطور النبات بالتالي:

المناخ - {الرطوبة- الحرارة - الضوء}.

- غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 (يأخذه النبات من الجو)

- العناصر المعدنية الكبرى: N.P.K S.Ca.Mg (يحصل عليها النبات من التربة)

- العناصر الصغرى: Fe.Mn.Zn.Cu.B.Mo (يحصل عليها النبات من التربة)

- طرائق تقييم خصوبة التربة:

تطورت طرائق التعرف على خصوبة التربة وأصبحت نتائجها تتبئ عن مستوى خصوبة

التربة وكميات العناصر القابلة للإفادة فيها وتتلخص هذه الطرائق بالتالي:

أ- ملاحظة الأعراض الظاهرية لنقص العناصر على النبات.

ب- تحليل التربة.

ج- تحليل النبات.

د- إجراء تجارب سمادية

هـ- طرائق حيوية

وسيتيم التركيز في هذا الموضوع على الطرائق الثلاث الأولى:

1- ملاحظة الأعراض الظاهرية لنقص العناصر على النبات:

تقوم كثير من الطرائق والمعاملات السمادية التي تحدد حاجة المحصول للتسميد على

أساس ملاحظة ظهور أعراض نقص العناصر المغذية الأساسية على النبات (العناصر

الكبرى: N,P,K,S,Ca,Mg والعناصر الصغرى: Fe,Zn,Mn,Cu,B,Mo) وتتلخص

هذه الأعراض بالتالي:

- وقف النمو النباتي التام عند ظهور البادرات.
- ضعف النمو النباتي الشديد.
- تقزم النبات .
- ظهور أعراض غير طبيعية على الأوراق خلال مواسم النمو.
- نضج مبكر جداً أو متأخر جداً أو غير طبيعي.
- انخفاض في الإنتاجية مع ظهور أو عدم ظهور النقص .

- رداءة نوعية المحصول مع تغيير في مكوناته مثل البروتين ، الدهون ، والنشأ .
 - فروقات في المحصول مقارنة بالنباتات التي لم تعان من نقص في المغذي .
- ورغم أهمية التشخيص وسهولته بالعين المجردة للتعرف على الحالة الغذائية للزراعات القائمة إلا أنه لا يمكن الاعتماد عليه وحده وذلك للأسباب التالية:

-عدم ظهور الأعراض إلا بعد تعطل العمليات الحيوية في النبات بسبب نقص عنصر وقد لا تفيد إضافة هذا العنصر بعد ظهور الأعراض في آخر الموسم خاصة في المحاصيل قصيرة العمر، أما إذا ظهرت أعراض النقص في المراحل الأولى للنمو فيمكن علاج ظواهر النقص بسرعة بإضافة أملاح العنصر للنبات إما بالرش على الأوراق أو مع مياه الري أو إلى التربة.

-قد يكون من الصعب أحياناً التمييز بين أعراض نقص العناصر المغذية على النبات والظواهر الناتجة عن الإصابات المرضية أو الحشرية.

-غالباً ما تكون هناك حالات نقص للعناصر الغذائية لا تؤدي إلى ظهور أعراض ظاهرة وذلك لوجود العنصر بكمية تكفي لحاجة النبات لكن غير كافية للحصول على أفضل عائد اقتصادي.

-قد لا تعود الظواهر غير الطبيعية في شكل النبات وسلوكه إلى نقص عنصر معين وإنما إلى زيادة تركيزه في التربة والنبات مما يسبب السمية.

يحصل هذا النوع من النقص عندما تكون العناصر المغذية غير كافية، وهذا النقص قد يحصل لسببين رئيسيين: الأول عدم كفاية محتوى التربة من العناصر المغذية، والسبب الثاني هو أن التربة قد تحتوي على عناصر غذائية كافية لسد حاجة النبات إلا أن النبات غير قادر على إمتصاصها لسد حاجته منها بالرغم من وفرتها، وهذا قد يعود إلى عدة عوامل: التركيب السائد لتلك التربة أو الملوحة المرتفعة، أو تفاعل التربة .

ب- تحليل التربة:

يجرى تحليل التربة لمعرفة مكوناتها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية ومقدرتها على تزويد النبات بالعناصر المغذية الأساسية، ويبين تحليل التربة درجة صلاحية الوسط لانتشار الجذور ومقدرته على تأمين التهوية وحركة المحلول الأرضي، كما يبين نوع

المركبات السائدة في التربة المدروسة والنباتات التي تلائم تلك المركبات وكذلك نوع الأيونات وأشكالها وقابليتها لإفادة النبات ومنها يمكن حساب كمية العنصر الغذائي الموجود في التربة التي تستثمرها الجذور ومعرفة مستواه في التربة، و كلما أشار تحليل التربة إلى ارتفاع في المستوى الخصوبي للتربة كلما قلت حاجة هذه التربة للإضافة السمادية إلا أنه حتى في المستويات العالية من الخصوبة لابد من إضافة بعض الأسمدة وذلك للحفاظ على مستوى عالي من الخصوبة والإنتاجية، وبالرغم من أن ما يقاس في المختبر هو كمية العنصر الموجودة في العينة الترابية المأخوذة من التربة على عمق الجذور فإنه بالإمكان تقدير موجودات التربة في الهكتار من هذا العنصر بعمليات حسابية بسيطة، وعلى ضوء هذه التقديرات واستناداً إلى خصائص التربة وتاريخ الزراعة في هذه التربة يمكن تقدير الاحتياجات السمادية ووضع التوصيات السمادية.

ولا بد من مراعاة طريقة أخذ عينات التربة لدراسة خصوبة التربة:

تعد العينة المركبة هي الوحدة الأساسية في دراسة خصوبة التربة وتتكون من مجموعة من العينات الافردية المأخوذة بحجم وعمق متماثلين وبالطريقة ذاتها، وعادة ما يتراوح عدد العينات الافردية المكونة للعينة المركبة من 10-20 عينة افردية. يمكن أن تمثل العينة المركبة مساحة هكتار وهذا يتعلق بطبيعة التربة والتضاريس، وغالباً ما تؤخذ عينة مركبة واحدة من عمق واحد 0-30 سم في حال الزراعة للمحاصيل ومن عمقين (0-30 و 30-60سم) في حال الزراعة للأشجار المثمرة.

وهناك أمور ينبغي مراعاتها عند أخذ عينات التربة تتعلق ب: الهدف من جمع عينات التربة و موقع أخذ العينات، كما ينبغي أن تمثل العينة لمساحة متجانسة لا تزيد عن 2 هكتار. وكذلك ينبغي تجنب المناطق ذات الظروف الخاصة مثل مناطق تكون الأسمدة ومناطق تجمع الماشية والطرق وجوار أبنية الري. ومن أدوات أخذ عينات التربة المسبر Auger، اسطوانة أخذ العينة، الكريك Spade .

ج- تحليل النبات:

يعتبر تحليل النبات هاماً وذلك لمعرفة:

- استجابة النباتات للتسميد.
 - تحديد مشكلات التربة الخصوبية.
 - الموعد الأمثل لحصاد بعض المحاصيل.
 - تحديد درجة التلوث في منطقة زراعية ما.
- ولا شك أن تحديد مشكلات التربة الخصوبية، ولاسيما تحديد المستويات الحرجة لبعض العناصر المغذية لعدد من المحاصيل، يعتبر أحد أهم أهداف تحليل النبات، (يعرّف المستوى الحرج للعنصر بأنه مستوى محتوى العنصر الذي دونه تنخفض الإنتاجية)، فعلى سبيل المثال المستوى الحرج لعنصر الفوسفور لنبات الذرة الصفراء هو بحدود 0.3% (الجزء المستعمل في التحليل هي الورقة المقابلة تحت السنبلت العليا عند تكوين الشعيرات) وأنه ليس من السهل إيجاد مستوى ثابت لعنصر معين وذلك بسبب تأثير التداخل الذي يحصل مع العناصر المغذية الأخرى، ومن خلال نتائج البحوث التي أجريت في هذا المجال وجد أن المستوى الحرج للأزوت والفوسفور والبوتاسيوم يمتد لمدى واسع من القيم متأثراً بحالة التوازن للمغذيات الأخرى ومستوى الإنتاجية .
- طريقة أخذ العينات النباتية:**

- تجمع عينة مركبة انطلاقاً من عينات بسيطة، ويجب أن تمثل هذه العينة النباتات الموجودة في الحقل، وتختلف طريقة الجمع حسب نوع المحصول.
- 1 - الحبوب: تؤخذ عينة مركبة من مساحة 1 هكتار مؤلفة من 20 - 25 عينة بسيطة وبوزن لكل عينة (0.2-0.5 كغ) حيث تقطع النباتات فوق سطح التربة بمقدار 5سم.
 - 2 - المحاصيل الجذرية: تؤخذ عينة فردية ممثلة لمساحة قدرها 25 م² ، ثم تجمع العينات الفردية قبل الحصاد وتفصل الأجزاء الخضرية عن الجذرية، ويتم وزنها مباشرة في الحقل.
 - 3 - النباتات العلفية: يؤخذ 2 - 4 أوراق من أعلى النبات عند بداية الإزهار، ثم تجمع العينات الفردية بحيث لا يقل عددها عن 200 ورقة من مساحة 0.5 - 1 هكتار.

4 - الأشجار:

- أ- الأشجار متساقطة الأوراق: تؤخذ الأوراق الحديثة بعمر يتراوح من 2 - 4 أشهر.
- ب-ب - الأشجار المستديمة: تؤخذ الأوراق من الثلث الأول والثاني والأخير من الشجرة. وعدد عينات الأشجار لا يتجاوز 10 % من مجموع الأشجار الكلي.
- وبشكل عام يبين الجدول التالي موعد أخذ العينة والجزء الذي يؤخذ لتقدير العناصر الغذائية، إضافة إلى حجم العينة لبعض المحاصيل والأشجار المثمرة.

المحصول	موعد أخذ العينة	الجزء الذي يؤخذ للتحليل	حجم العينة
البندورة	بداية التزهير	الأوراق من القمة النامية	لا تقل عن 50 ورقة
البطاطا	بداية تكوين الدرنه	=	=
الفاصوليا	بداية التزهير	الأوراق من القمة النامية	لا تقل عن 60 ورقة
الملفوف، الزهرة	قبل تكوين الرؤوس	أوراق كاملة النمو من المركز	لا تقل عن 30 ورقة
الخيار، الكوسا	بداية التزهير	أوراق كاملة النمو قرب القمة	لا تقل عن 60 ورقة
الفريز	منتصف موسم النمو	أوراق حديثة كاملة النمو	لا تقل عن 40 ورقة
الفصة	قبل التزهير	الثلث العلوي من النبات	لا تقل عن 50 ورقة
الذرة	بعد تكوين الشراية	ورقة الكوز الكاملة النمو أو التي تحتها	لا تقل عن 20 ورقة
الحمضيات	الافرع الثمرية	الأوراق من نهاية الافرع	لا تقل عن 100 ورقة

ملاحظة: يتم وضع العينات المركبة للنباتات بعد وزنها مباشرة في عبوات مناسبة ونظيفة لحمايتها من الفقد بالوزن أو التلوث أو الخدش ويمكن ان تنظف من بقايا التربة والملوثات الأخرى ثم تجفف بجو المخبر أولاً و ومن ثم على حرارة 70 حتى تمام التجفيف، وتطحن ثم ترفق معلومات مع العبوة حول العينة، وترسل إلى المخبر لإجراء التحاليل المطلوبة. أما بالنسبة لعينات التربة والنبات المخصصة لتحليل الازوت فتحفظ في البراد على درجات منخفضة لحين إجراء التحليل.

هناك بعض الأمور يجب أخذها بعين الاعتبار عند جمع العينات النباتية:

- تكون أكبر كمية للمغذيات في النبات عندما يبدأ النبات بتكوين البذور (مرحلة الإزهار)

- أن تختبر نباتات من المساحات التي يظهر عليها نقص وتقارن بالنباتات من مساحات ذات نمو طبيعي .
- بما أن النباتات قد تختلف فيما بينها في النمو لذلك يفضل أن يختبر عدد من النباتات (10- 15 نبات) ويعتمد متوسط نتائج التحليل .
- إضافة إلى ما تقدم فالشخص الذي يقوم باختبار النبات يفضل أن يكون لديه إلمام جيد بالظروف المحيطة بالنبات مثل :
- حالة النبات النامي كطبيعة نموه ونشاطه ومقاومته لبعض المؤثرات .. الخ
- مستوى المغذيات الأخرى في النبات غير العنصر تحت الدراسة.
- الإصابة بالأمراض أو الحشرات .
- ظروف التربة (التهوية ، الملوحة ، نوع التربة ، رطوبة التربة .. الخ)
- الظروف المناخية وتأثيرها على النبات.
- تحديد الاحتياجات السمادية.

1-1- مفهوم الاحتياجات السمادية والتوصية السمادية:

تعتبر الاحتياجات السمادية عن كمية السماد التي يحتاجها محصول معين لإعطاء أفضل عائد ممكن تحت ظروف عوامل الإنتاج السائدة (مناخ، تربة، إنسان، نبات وزمن) وتتحدد غالباً هذه الاحتياجات بالاستعانة بنتائج تحليل النبات والتربة وومعامل الاستفادة من السماد. وتتأثر هذه الاحتياجات السمادية بعوامل عدة أهمها:

- الصنف- الكثافة الزراعية- العمليات الزراعية - الدورة الزراعية- نوعية مياه الري - انتظام الري- الغرض الذي يزرع المحصول من أجله، طريقة التسميد، صفات التربة، الظروف الجوية السائدة

التوصية السمادية (المعادلة السمادية):

هي الصيغة أو المعادلة السمادية للحاصلات الزراعية والتي تتحدد بعد تقدير الاحتياجات السمادية والتي تضمن توفير الاحتياج السمادي لهذه المحاصيل تحت الظروف المزروع فيها لإعطاء أفضل عائد وأقل تلوث للبيئة.

1-2- أسس تعيين الاحتياجات السمادية والتوصية السمادية:

تقدر الاحتياجات السمادية عادة من معرفة:

- 1 - كمية العنصر المستنفذة (المستنزفة) بواسطة المحاصيل (تحليل النبات).
 - 2 - تركيز العناصر المغذية في التربة: يحدد تركيز العناصر المغذية القابلة لإفادة النبات في التربة عن طريق إجراء التحاليل الكيميائية للتربة التي بواسطتها تتحدد كمية العناصر المغذية في مساحة معينة أو حجم معين من التربة.
 - 3- معامل الاستفادة من الأسمدة المضافة: يتأثر معامل الاستفادة بنوع التربة ونوع السماد المضاف والعمليات الزراعية المختلفة مثل طريقة الري ونوعية المياه المستعملة.
- ويمكن حساب الاحتياجات السمادية لأي محصول بتطبيق المعادلة التالية:
- الاحتياجات السمادية = (كمية العنصر المستنزف من قبل النبات - المتوافر في التربة) × معامل الاستفادة من السماد.

حيث يمكن حساب معامل الاستفادة من السماد المضاف من المعادلة التالية:

معامل الاستفادة الظاهري = كمية العنصر الممتص في نباتات المعاملة المسمدة - كمية العنصر الممتص في نباتات معاملة الشاهد $\times 100$ / كمية السماد المضاف.

ويتأثر معامل الاستفادة من السماد حسب نوع التربة ونوع السماد المضاف، ويبلغ هذا المعامل وسطياً: 80 % للأسمدة الآزوتية و 20 % للأسمدة الفوسفاتية و 70 % للأسمدة البوتاسية.

ملاحظة: في حال إضافة سماد عضوي يراعى نسبة العنصر المغذي في السماد ومعدل الاستفادة من السماد العضوي (مثلاً 50%)، وبالتالي تطرح كمية العنصر المضافة للتربة (من السماد العضوي) من المقنن السمادي المعدني.

ولا بد من الإشارة إلى العوامل المتعددة والمتداخلة التي تؤثر في كمية السماد الواجب إضافته لمحصول ما ومن أهم هذه العوامل مايلي:

- 1- نوع التربة: ويشمل الصفات الفيزيائية والكيميائية ومستوى خصوبتها من العناصر الأساسية الضرورية لنمو النبات (التركيب الحبيبي، النسبة المئوية للكربونات الكلية والكلس الفعال، النسبة المئوية للمادة العضوية. pH التربة، الناقلية الكهربائية لمستخلص

التربة، والمحتوى من الآزوت و الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والعناصر الصغرى). 2 - نوع المحصول المراد زراعته.

3- كمية ونوعية الإنتاج المطلوبة والتي تحقق العائد الاقتصادي من زراعة هذا المحصول.

4- المعاملات السابقة للتربة ونوعية المحصول السابق (الدورة الزراعية المستخدمة).

5- كمية ونوعية مياه الري المتاحة وطريقة الري المتبعة.

ومن المفيد التذكير ببعض الأسس التي يجب مراعاتها للوصول إلى نجاح عمليات التسميد:

- يعد عنصر الآزوت قطب الأسمدة، وتتوقف الكمية المضافة من هذا العنصر على كمية المادة العضوية (الدبال) الموجودة في التربة. لذا لا بد من تحديد الجرعة المناسبة من الآزوت وتسميد التربة بالكميات المناسبة من الفوسفات والبوتاسيوم بشكل يجعل تركيزهما في محلول التربة مناسباً جداً للزراعات التي تمتاز باستنزاف كبير للغذاء، ويعتمد بعد ذلك إلى البحث عن أفضل جرعة من الآزوت مناسبة للحصول على أفضل عائد.

- من الضروري المراقبة الدورية المنتظمة بواسطة التحاليل الكيميائية لاحتياطي التربة من عنصري الفوسفور والبوتاسيوم وجعلهما دائماً في المستوى المناسب.

- يجب عدم المبالغة بالتبكير أو التأخير بإضافة الأسمدة للتربة، ومع أن الأسمدة الفوسفاتية والبوتاسية ضعيفة الحركة في التربة، مما يعني إمكانية إضافة أسمدة هذه العناصر قبل الزراعة، (وهناك آراء تتصح بإضافة 3/4 كمية الأسمدة الفوسفاتية قبل الزراعة و 1/4 تكميلاً بعد الإزهار أو يضاف هذا الربع الأخير رشاً على الأوراق في الفترة ذاتها خاصة في الترب الكلسية والجبسية والمرتفعة الـ pH التي ينتثب فيها الفوسفور بعد فترة قصيرة من إضافته. أما في حالة الزراعات البعلية وفي الترب ذات الإنتاجية القليلة فيمكن إضافة الأسمدة البوتاسية والفوسفاتية قبل الزراعة ومع قلب التربة وذلك للتقليل من تكاليف إضافتها أكثر من مرة. أما الآزوت فيمتاز بسرعة حركيته في التربة، وهذا يحتم اختيار الوقت المناسب لإضافته، وفي الزراعات المروية يفضل تجزئة السماد الآزوتي ليضاف على عدة دفعات خلال مراحل النمو، أما الأسمدة المركبة التي تحتوي

على عنصر الآزوت فإنه يسمد فيها في الفترة التي يستفيد النبات من عنصر الآزوت الموجود في السماد.

- عند شراء الأسمدة لا تعطى أهمية لسعر العبوة بل لما تحتويه العبوة من مادة فعالة، فالأسمدة الرخيصة ليست دائماً جيدة، وتحسب كميات السماد المضافة إلى مساحة معلومة من الأرض على أساس الوحدات السمادية الفعالة وليس على أساس وزن السماد أو العبوة.

- يجب أن يكون هناك برنامج تسميد خاص بكل من الدورات الزراعية المتبعة في المزرعة، وأخذ العلم بأن الأسمدة الآزوتية تضاف لكل محصول حسب حاجته، أما الأسمدة الفوسفورية والبوتاسية فيمكن إضافتها للتربة لتغطي احتياج المحصول الحالي والمحصول الذي يليه في الدورة لزراعية.

- لكي ينفذ برنامج التسميد بأفضل الشروط يجب تجهيز آلات نثر السماد مسبقاً وحساب كمية الأسمدة اللازمة وتأمينها، ويفضل أن يتم ذلك في الفصول التي تنخفض فيها كمية العمل الزراعي.

- يلعب قوام التربة دوراً مهماً في اختيار نوع السماد والكمية المضافة منه، فالتربة ذات النسيج الخفيف والتربة الرملية يمكن أن تفقد كثيراً من العناصر الغذائية المضافة بالرشح مع مياه الأمطار أو مياه الري، هذه التربة إن لم تستصلح لتحسين قوامها يمكن التغلب على ظاهرة ضياع العناصر الغذائية بالرشح باستعمال أسمدة معدنية ضعيفة الذوبان أو أسمدة ضعيفة (بطيئة) الإمداد أو إضافة الأسمدة العادية على دفعات للحد من تلوث التربة والمياه والنبات. ويمكن مستقبلاً التصدي لموضوع التلوث الذي يعترض البيئة وصحة الإنسان نتيجة التسميد المعدني، مما يؤثر أحياناً في زيادة الأثر المتبقي للأسمدة المعدنية كزيادة النترات والنترت في كل من التربة والمياه والنبات.

ولا بد من الإشارة إلى أنه في حال بلغ تركيز العنصر القابل للإفادة مستوى عالٍ جداً very high فتضاف 1/4 الكمية المستنزفة للمحصول، وفي حال كان تركيز العنصر في التربة زائداً excessive فلا حاجة للتسميد (Havlin, 2004 Laboski) وزملاؤه (1999) الشكل (16)، بينما إذا كان مستوى العنصر عالياً فقط تضاف نصف الكمية

المستنزفة من العنصر. وفي حال كان مستوى العنصر مثالياً تضاف الكمية المستنزفة أما في حال كان التركيز منخفضاً تضاف كمية من العنصر للوصول إلى التركيز المثالي إضافة للكمية المستنزفة من المحصول .

جدول (48) - العلاقة بين تحليل التربة والإنتاج المتوقع دون إضافة أسمدة

مستوى خصوبة التربة	محتوى العناصر القابلة للإفادة مغ/كغ			الإنتاج المتوقع دون إضافة أسمدة (%)
	Mg	K	P	
منخفض جداً	أقل من 5	أقل من 50	أقل من 20	أقل من 50
منخفض	5-9	50-100	20-40	50-80
متوسط	10-17	100-175	40-80	80-100
عالي	18-25	175-300	80-180	100
عالي جداً	أكثر من 25	أكثر من 300	أكثر من 180	100

(1980، FAO)

Soil Test Category	Fertilizer Recommendation Amount
متخفّض جداً متخفّض Very Low, Low	الاحتياجات السمادية Crop removal + الكمية المستنزفة +
مثالي (الفضل) Optimum	Crop removal الكمية المستنزفة فقط
عالي عالي جداً High, Very High	1/2 or 1/4 Crop removal 1/2 الكمية المستنزفة 1/4 الكمية المستنزفة
عالي وزائد Excessively High	None تعدم إضافة

الشكل (16) العلاقة بين الاحتياجات السمادية من الفوسفور والبوتاسيوم وتحليل التربة.

جدول (49)- موعد إيقاف إضافة الأسمدة المضافة مع الري

إضافة العناصر المغذية	موعد إيقاف التسميد (بالأيام من نهاية دورة المحصول)
N	10-7
Mg	15-10
K and Ca	20-15
P	30-25

تحديد الاحتياجات السمادية حسب تحليل التربة:

يمكن تحديد الاحتياجات السمادية بناءً على نتائج تحليل التربة، حيث تقيس هذه التحاليل كمية العناصر المستخلصة بواسطة محاليل كيميائية معينة تعبر عن كمية المغذيات المتاحة لامتناس النبات في تربة معينة.

- تحديد الاحتياجات السمادية (الكمية المستنزفة من النبات) حسب تحليل النبات:

يمكن تحديد كمية العناصر التي يحتاجها المحصول (الكمية المستنزفة) (كغم/هكتار) من خلال معرفة الإنتاج المتوقع (طن/هكتار) وحاجة المحصول من كل عنصر مغذي (كغم) لإنتاج طن واحد. حسب العلاقة التالية:

الكمية المستنزفة = الإنتاج المتوقع (طن/هكتار) × حاجة المحصول من كل عنصر (كغم) لإنتاج طن واحد. توجد جداول تبين إنتاجية كل محصول ونسبة العناصر المغذية فيه.

1-3- البرامج الحاسوبية المستخدمة في تقدير الاحتياجات السمادية والتوصية السمادية:

تعتمد البرامج الحاسوبية المستخدمة في تقدير الاحتياجات للسمادية النمذجة الرياضية للمتغيرات للوصول الى التوليفة السمادية المثلى. ويمكن استعراض بعض هذه البرامج الحاسوبية والتي استخدمت في البحوث العلمية الزراعية وفي مناطق أخرى.

- 1- برنامج حساب التوصية السمادية للمحاصيل الحقلية (البحوث العلمية الزراعية):
يعد هذا البرنامج صالحاً لمجموعة من المحاصيل الزراعية مثل: بقوليات غذائية مروية، شوندر سكري خريفي، بطاطا خريفية مروية، شوندر شتوي، بطاطا ربيعية وصيفية، ذرة صفراء سقي، ذرة صفراء بعل، قمح عالي الانتاج مروي، قمح عالي الانتاج بعل أولى، قمح عالي الانتاج بعل ثانية، شعير مروي، شعير بعل أولى، شعير بعل ثانية، وغيرها.
نحدد نوع السماد الآزوتي المضاف (يوريا أو نترات أمونيوم 30% أو نترات أمونيوم 35%) وكذلك السماد البوتاسي (سلفات البوتاسيوم) وأيضا السماد الفوسفاتي (سوبر فوسفات ثلاثية). ثم ندخل نتائج التحاليل المخبرية لكل من أزوت معدني أمونياكي (N) وفوسفور متاح (P) وبوتاسيوم متاح (K_2O) وجميعها مقدرة ب ملغ/كغ.
- 2- برنامج حساب التوصية السمادية للأشجار المثمرة (البحوث العلمية الزراعية).
- 3- برنامج للأسمدة المكاملة (وزارة الزراعة).

نظم تسميد المزروعات Crops Fertilization Systems:

تضاف الأسمدة للحاصلات الزراعية قريبة جداً من جذور النباتات بهدف استعمالها بصورة تامة، وتضاف الأسمدة إما نثراً تغطي كامل المساحة أو في مواقع محددة، ففي الحالة الأولى تنتثر الأسمدة على كامل المساحة المزروعة وبعدها تطمر وتخلط في التربة بالمحاريث المختلفة او العزاقات، أما الحالة الثانية فتضاف في الأتلام أو الأخاديد أو الجور، وهذه الطريقة أكثر فعالية من التغطية الكاملة. أما من حيث زمن إضافة الأسمدة فهناك التسميد الأساس قبل الزراعة (قبل البذر) وتسميد عند الزراعة وأخيراً

تسميد إضافي بعد الزراعة (وجبات سمادية). وقد ذكر في فصول سابقة أن تقدير الاحتياج السمادي لمحصول ما يحسب من المعادلة التالية:

الاحتياج السمادي = (ما يستنزفه المحصول - المتوافر) × معامل الاستفادة من السماد.

ويتراوح معامل الاستفادة من الأسمدة المعدنية وسطياً: 80% N و 20% P_2O_5 و 70% K_2O . أما معامل الاستفادة من السماد العضوي (الزبل): 25% N و 40% P_2O_5 و 60% K_2O .

1- تسميد المحاصيل:

1- القمح: يشمل تسميد محاصيل الحبوب الأنواع الثلاثة من التسميد (أساسي، عند الزراعة، إضافي).

وتتوقف كمية ومعدل إضافة السماد على عوامل عدة أهمها: نوع المحصول والمحصول السابق ونوعية الزراعة هل هي مروية أم بعلية ونوع التربة . ولا بد من الإشارة إلى تقليل المقنن السمادي الآزوتي للقمح المزروع بعد محاصيل بقولية.

- عموماً في الدورة الزراعية (زراعة مروية) يستعمل عادة تسميد القمح المزروع بعد الذرة والحبوب البقولية بالمقنن السمادي: $K_{60} P_{90} N_{100}$ ، وفي الزراعات البعلية تضاف نصف الكميات.

- يضاف مقنن السماد الفوسفاتي والبوتاسي قبل البذر مباشرة ويمكن أن تضاف كمية 10-15 كغ/هـ كتسميد إضافي بعد الزراعة ويمكن أن يستخدم هذا الإضافي تكبيشاً في جور أو رشاً على الأوراق. - تضاف الأسمدة الآزوتية قبل البذر وفي أثناء موسم النمو النباتي تبعاً لتشخيص حالة التربة والنبات

2- الذرة الصفراء:

تتطلب الذرة الصفراء أعلى احتياجات سمادية من بين محاصيل الحبوب، فهي تتطلب تربة خصبة حيث تعطي أعلى إنتاجية. وفي نظام تسميد الذرة لا بد من إضافة السماد العضوي بكمية تختلف تبعاً لخصوبة التربة، وعموماً فهي تتجاوز 20 طناً للهكتار. كما تحتاج إلى 60-90 كغ من الآزوت والفوسفور ومثلها من البوتاسيوم. ينصح عند الزراعة إضافة خليط مؤلف من 20-30 كغ من نترات أمونيوم و 50-60 كغ من

السوبر فوسفات المحبب و 15-20 كغ من سلفات البوتاسيوم/هـ. ينصح بتسميد إضافي (وجبات سمادية) للذرة 30-40 كغ من نترات أمونيوم و 20-30 كغ من السوبر فوسفات المحبب و 15-20 كغ من سلفات البوتاسيوم. ويفضل إضافة هذا التسميد بعد الزراعة ونمو النبات وقبل ظهور أعراض نقص الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم.

3- الشوندر السكري:

يتميز الشوندر بموسم نمو طويل وبالتالي فإنه يحتاج إلى التسميد بمعدلات عالية، حيث يعطي الهكتار عشرة أطنان سكر، فإذا كان إنتاج الهكتار 40 طناً من الجذور الثمرية و 15-20 طناً من الفارع فإن النبات يستهلك 140 كغ من الآزوت و 50 كغ من الفوسفور و 200 كغ من البوتاسيوم (Vavilov، 1979). إلا أن باحثين آخرين يشيرون إلى أرقام سمادية أعلى من ذلك. وإضافة إلى العناصر الغذائية الأساسية فإن الشوندر حساس جداً لنقص الكالسيوم والعناصر الصغرى في التربة ولا سيما البورون. وتقدر الاحتياجات السمادية للشوندر السكري بصورة تقريبية بـ 60-120 N ، 60-100 P₂O₅ ، 90-60 K₂O كغ/هـ وتختلف هذه المقادير تبعاً لخصوبة التربة والإنتاجية المطلوبة .

وينصح أن تكون جرعات التسميد الإضافي أو الوجبة صغيرة 8-10 N ، 10-15 P₂O₅ ، 8-10 K₂O كغ/هكتار، لأن الشوندر السكري لا يحتاج إلى كميات كبيرة من الأسمدة في مراحل نموه الأولى. وفي الظروف المروية فإنه ينصح بإضافة 3-4 وجبات من الأسمدة ، تضاف الأولى بعد بزوغ البادرات مباشرة ، والأخيرة وقت طمر الجذور (ردم التربة حول الجذور الدرية). إن نباتات الشوندر حساسة لنقص البورون، ففي الترب التي يقل فيها تركيز البورون عن 0.2-0.3 مغ/كغ تربة ، فمن الملائم معاملة البذار قبل زرعها وذلك بتبليل البذار بمحلول حمض البوريك تركيز 0.05% (كل كنتال (100 كغ) من البذار يحتاج الى لترين من المحلول الذي يحضر بإذابة 1 غ من حمض البوريك في لترين من الماء). ويمكن تغيير البذار عند الزراعة بأسمدة البورون المغنيزية بمعدل 300-500 غ/100 كغ بذار . كما تضاف أسمدة البورون في الربيع

مع العزق، إذ يستعمل السوبر فوسفات البوروني 300-350 كغ/هكتار، أو أسمدة البورون المغنيزي بمعدل 100 كغ/هكتار.

تسميد القطن :

يزرع القطن مرويا في سورية وللحصول على إنتاجية ثابتة وعالية فإن نبات القطن يحتاج بالمتوسط إلى نحو 350 كغ مادة سمادية فعالة لكل هكتار . ويتطلب إنتاج طن واحد من القطن الخام ومثله من الكتلة الخضراء بالمتوسط 50 كغ آزوت و 15 كغ P_2O_5 و 50 كغ K_2O .

وللحصول على إنتاجية عالية من القطن الخام 3.5-4 طن/هكتار، فينصح بإضافة المقننات السمادية التالية /هكتار

N 185-160 و P_2O_5 120-110 و K_2O 45-40 كغ . وتختلف هذه المعدلات من تربة لأخرى تبعا لمستوى خصوبتها.

ونظرا لتعرض الأسمدة الآزوتية للغسل أو التطاير في الظروف المروية فيجب أن تضاف بمقادير معتدلة وفي المرحلة التي يحتاجها النبات بكثرة. لذلك تضاف معظم الأسمدة الآزوتية على أنها سماد إضافي مابين السطور مع الري مباشرة. وعادة لا يضاف أكثر من ثلث هذه الأسمدة قبل الزراعة مباشرة. ويجب أن يكون الآزوت متاحا بكثرة في مرحلة الإزهار إذ يؤدي التأخر بإضافة هذا السماد إلى انخفاض الإنتاجية. ويتوقف عدد مرات التسميد الإضافي على المقنن السمادي الكلي وحالة النبات .

تضاف 4/3 الكمية من الأسمدة الفوسفاتية والبوتاسية قبل الزراعة وتقلب في التربة ولعمق القلب أهمية كبيرة للاستفادة من الأسمدة الفوسفاتية .

ان استعمال معدلات غير كبيرة من الفوسفور (10-20 كغ P_2O_5 /هكتار) مع (5-10 كغ آزوت /هكتار) عند البذر سيؤدي إلى زيادة إنتاجية القطن بمقدار 200-300 كغ/هكتار.

- تسميد الخضر :

1-2- تسميد البندورة: في تسميد البندورة -كغيرها من محاصيل الخضر- يجب إضافة الأسمدة العضوية أولا ثم تكملة الاحتياجات السمادية من الأسمدة المعدنية. ويضاف

40-50م3/هكتار من الأسمدة العضوية الأخرى ، وتضاف هذه الأسمدة قبل الزراعة. أما مقنن الأسمدة المعدنية فيختلف تبعا لخصوبة التربة ومقدار الإنتاجية المخطط لها. ويحتاج محصول البندورة إلى نحو 120-150كغ من الازوت للهكتار الواحد في الزراعة المكثفة ذات الإنتاجية العالية جدا تتجاوز 100طن من البندورة/هكتار. تضاف الأسمدة البوتاسية والفوسفاتية قبل الزراعة أما الازوتية فيضاف ثلثها قبل الزراعة والباقي بصورة وجبات على أزمان متفرقة في أثناء موسم النمو النباتي. وان أفضل نسب للعناصر السمادية الثلاثة هي 1:2:1 . ومن المعروف أن هنالك مراحل من النمو تزداد فيها الحاجة الى العناصر المغذية أكثر من غيرها، ولقد بينت بعض التجارب أن محصول البندورة يمتص 10% من الازوت في الشهر الأول بعد التشثيل و30% في الشهر الثاني و60% في الشهر الثالث، لذلك يجب مراعاة هذه المتطلبات عند التسميد وتوفير أكبر كمية من الازوت في الشهرين الثاني والثالث بعد التشثيل ولا سيما في مرحلة الإزهار وحمل الثمار ويكفي تغيير النبات بالكبريت في إمداده بالكبريت من جهة إضافة الى دوره في مقاومة الآفات الفطرية وخفض الرقم الهيدروجيني للتربة. كما تستجيب نباتات البندورة للتسميد الورقي بالعناصر الكبرى والعناصر الصغرى ، كما يعطي الرش بالمواد الهيومية تأثيرا ايجابيا في عقد الثمار وزيادة الإنتاجية ، ولا يخفى دور هذه المواد عند إضافتها مع مياه الري وقد انتشرت بصورة واسعة طرائق التسميد بالري fertigation لمعظم محاصيل الخضر والفاكهة ولا سيما في الزراعات التكثيفية.

2-2- تسميد الخيار:

يجب أن يكون الحقل المخصص لزراعة الخيار خاليا من الأعشاب وبحالة سلسلة مفككة، يستجيب نبات الخيار بصورة جيدة للتسميد العضوي، ويضاف الزيل في الخريف، كما يمكن أن يضاف في الربيع قبل 15-20 يوما من الزراعة على عمق 12-15سم، بمقنن 30-40 طنا/هكتار. تضاف الأسمدة المعدنية في الربيع قبل الزراعة بمعدل 150-200كغ/هكتار من نترات الأمونيوم 100-150كغ/هكتار من سلفات البوتاسيوم و

200-300 كغ/هكتار من السوبر فوسفات . وتضاف الوجبات السمادية تبعاً لحالة النمو واحتياجات المحصول ، ولابد من إضافة أسمدة العناصر الصغرى .

2-3- تسميد البطاطا :

تتصف المجموعة الجذرية للبطاطا بمقدرة عالية على امتصاص عناصر التغذية، ولهذا السبب فإنها تستطيع النمو في الترب الفقيرة نسبياً. علماً أن متطلباتها الغذائية عالية جداً، فلإنتاج 30 طن من الدرنات فإن المحصول يستهلك من التربة 150-180 كغ من الازوت و 45-60 كغ P_2O_5 و 210-240 كغ K_2O . ولذلك لا يمكن الحصول على إنتاج عال من دون تسميد. كما يجب إضافة العناصر الصغرى 0.4-0.8 كغ/هكتار من البورون و 2 كغ/هكتار من الأسمدة النحاسية. كما يمكن إضافة العناصر الصغرى رشاً على الأوراق عندما يصبح سطحها الورقي كبيراً، وقبل أن تغطي الخطوط بمعدلات 200-240 غ/هكتار من حمض البوريك و 80-100 غ/هكتار من سلفات النحاس.

4- تسميد الملفوف:

يستجيب الملفوف جيداً للأسمدة العضوية، لذلك يجب أن يزرع في قائمة الدورة الزراعية بعد إضافة 20-30 طناً/هكتار من الزيل. يتطلب الملفوف تربة خصبة ويستجيب جيداً للتسميد العضوي و المعدني. ويتوقف مقنن الأسمدة على مستوى خصوبة التربة، وبشكل تقريبي فإنه ينصح بإضافة 30-40 كغ/هكتار من الازوت و 80-90 كغ/هكتار من P_2O_5 و 30-40 كغ K_2O من 40-30 كغ/هكتار. يضاف ثلثا الأسمدة الفوسفورية والبوتاسية في الخريف والثلث الباقي عند الزراعة أما الأسمدة الازوتية فتضاف بصورة وجبات غذائية في أثناء موسم النمو.

5- تسميد الكوسا:

تستجيب الكوسا جيداً للأسمدة العضوية لذلك يضاف 50م3/هكتار من الزيل المتخمر قبل الزراعة كما تضاف الأسمدة المعدنية التالية كغ/هكتار :
100 كغ من الازوت، 150 كغ P_2O_5 ، و 100 كغ/هكتار.

6- تسميد البطيخ :

تتجح زراعة البطيخ الأخضر في التربة الخفيفة والطينية ولا تلائم التربة الطينية الثقيلة إلا إذا سمدت التربة بالأسمدة العضوية وكانت جيدة البنية، ويفضل التربة الخالية من كربونات الكالسيوم . ويعد البطيخ من أكثر المحاصيل احتياجاً للأسمدة العضوية، ويحتاج الى نحو 50م³/هكتار من الزبل أو ما يعادلها من الأسمدة العضوية. ومع إدخال الأصناف المحسنة التي تعطي إنتاجاً عالياً جداً فإن احتياجات البطيخ للأسمدة المعدنية عالية أيضاً.

- **تسميد أشجار الفاكهة:** تميز مرحلتان في تسميد أشجار الفاكهة : الأولى قبل الإثمار الثانية بعد الإثمار، وتزداد الحاجة للأسمدة بأنواعها المختلفة في مرحلة الإثمار كما تتناسب طردياً مع الإنتاجية في النوع الواحد من الأشجار. كما أن تسميد الأشجار دائمة الخضرة يختلف عن غيرها من متساقطات الأوراق. ولعمر الشجرة وحجم تاجها وكثافتها وحجم مجموعتها الجذرية وطبيعة انتشارها في التربة أهمية كبيرة لدى وضع نظام تسميدي لأي نوع من الأشجار.

تسميد العنب:

لا يسمد العنب عادة في السنة الأولى من زراعته، إلا بإضافة الأسمدة العضوية في حالة فقر التربة بالدبال أو إن كانت طينية ثقيلة أو رملية خفيفة. ويمكن أن يضاف نحو 25 م³/هكتار من الزبل في فصل الخريف أو الشتاء. وقد تكرر هذه الإضافة في العام الثالث. ولدى الدخول في مرحلة الإثمار تضاف مقننات قليلة من الأسمدة المعدنية ثم تتزايد بارتفاع الإنتاجية. ويراعى أن تضاف الأسمدة البوتاسية والفوسفاتية الأساسية قبل سريان العصارة في النبات أما الازوتية فعند تفتح البراعم، وتستجيب شجيرات العنب للتسميد الإضافي في أثناء موسم النمو، وتختلف مقننات الأسمدة تبعاً لمستوى خصوبة التربة والإنتاجية. ويجب عدم التأخر في إضافة آخر مقنن من الأسمدة الازوتية لأن ذلك يؤدي إلى تأخير تلون الثمار وتأخير النضج. كما تجدر الإشارة إلى أن المجموعة الجذرية للعنب لا تكون ساكنة في الشتاء، لذلك يجب أن تتوفر في التربة عناصر التغذية على مدار العام . كما تستجيب شجيرات العنب للتسميد الورقي ولاسيما بالعناصر

الصغرى البورون والزنك إذ يلاحظ نقص هذين العنصرين في معظم الترب التي تزرع العنب ، وبعدهما يأتي نقص الحديد و المنغنيز. ولا تعاني الزراعة المكثفة للعنب من نقص النحاس نظراً لاستعمال المبيدات النحاسية التي تجعل تركيز النحاس عالياً ولاسيما في الطبقة السطحية من التربة.

كما يلاحظ التأثير الايجابي لإضافة المواد الهيومية سواءً في التربة أو في مياه الري أو رشا على الأوراق.

ويجب الاهتمام بالتسميد البوتاسي في هذا المحصول لأنه يحسن من جودة الثمار ويزيد نسبة الحلاوة والصلابة، كما أن الأسمدة الكلسية مثل نترات الكالسيوم أخذت طريقها للاستعمال في كروم العنب في السنوات الأخيرة نظراً لما لها من تأثيرات ايجابية في نوعية الثمار ومدى تحملها للتخزين.

الملاحق

معدلات التسميد الموصى بها للمحاصيل والخضار والأشجار المثمرة بناء على محتوى التربة حسب نتائج التحاليل المخبرية:

نتائج التحاليل المخبرية	الاحتياج من الفوسفور على صورة P_2O_5 كغ/هـ						الاحتياج من الازوت على صورة N / هـ						الاحتياج من البوتاس على صورة K_2O / هـ						
	نتائج التحاليل المخبرية P.P.M						نتائج التحاليل المخبرية N معدي						نتائج التحاليل المخبرية P.P.M K_2O						
	أقل من 3	-3.1 5	-5.1 7	-7.1 9	-9.1 12	أكثر من 12	أقل من 5	-5 9.1	-9.1 15	15.1 19	معدي	أقل من 60	-61 120	-121 160	-161 240	-241 350	-351 360	-361 420	أكثر من 421
المحصول	130	110	100	70	70	-	230	210	200	150	100	140	120	100	80	60	40	20	-
شونيز صيفي	130	110	100	70	70	-	230	210	200	150	100	140	120	100	80	60	40	20	-
بطاطا ريفية و صيفية	140	130	120	80	60	-	180	170	156	120	80	160	150	140	120	90	60	40	-
ذرة صفراء سقي	110	100	80	60	35	-	160	150	135	90	40	90	80	70	50	30	20	-	-
ذرة صفراء بعل	60	50	40	30	20	-	80	70	60	30	-	45	40	35	25	15	-	-	-

-	50	90	120	150	160	170	180	140	180	230	240	250	60	100	150	180	190	200	تغ
	10	20	30	40	50	60	70	-	20	40	50	60	-	30	60	80	100	110	فول سوداني مروي
-	10	20	30	40	50	60	70	-	20	40	50	60	-	30	60	80	100	110	دوار شمس زيتي مروي
-	5	10	15	20	25	30	35	-	15	30	40	50	-	30	60	80	100	110	دوار شمس زيتي بعل
-	10	20	30	40	50	60	70	-	20	40	50	60	-	30	60	80	100	110	سمسم مروي
-	5	10	15	20	25	30	35	-	15	30	40	50	-	20	30	40	50	60	سمسم بعل

-	40	60	80	100	120	140	160	80	140	138	150	160	-	30	50	70	85	100	قمح عالي الانتاج مروي
-		20	30	40	60	80	100	40	50	92	100	110	-	15	30	45	55	65	قمح عالي الانتاج يعمل استقرار أولى
-		20	30	40	60	80	100	-	40	69	75	80	-	15	25	40	50	60	قمح عالي الانتاج يعمل استقرار ثانية
-		20	30	40	60	80	100	40	50	92	100	110	-	15	30	45	55	65	قمح محلي يعمل أولى
-		20	30	40	60	80	100	-	40	69	75	80	-	15	25	40	50	60	قمح محلي يعمل ثانية
				20	35	50	60	-	20	41	50	55	-	25	35	40	50	60	قمح محلي يعمل أولى

-		20	30	40	60	80	100	40	50	92	100	110	-	15	30	45	55	65	قمح عالي الانتاج يصل استقرار أولى
-		20	30	40	60	80	100	-	40	69	75	80	-	15	25	40	50	60	قمح عالي الانتاج يصل استقرار ثانية
-		20	30	40	60	80	100	40	50	92	100	110	-	15	30	45	55	65	قمح محلي يصل أولى
-		20	30	40	60	80	100	-	40	69	75	80	-	15	25	40	50	60	قمح محلي يصل ثانية
				20	35	50	60	-	20	41	50	55	-	25	35	40	50	60	قمح محلي يصل أولى
-				20	35	50	60	-	15	25	35	40	-	15	20	25	35	40	قمح محلي يصل ثانية
-	-	-	-	20	35	50	60	-	40	80	90	100	-	20	40	60	70	80	شعير مروي
-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	69	75	80	-	25	35	55	60	70	شعير يصل أولى
-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	41	50	55	-	20	30	40	50	60	شعير يصل ثانية

الاحتياج من البوتاس على صورة K_2O هـ								الاحتياج من الازوت على صورة N هـ							الاحتياج من الفوسفور على صورة P_2O_5 كغ/هـ					نتائج التحاليل المخبرية
نتائج التحاليل المخبرية K_2O P.P.M								نتائج التحاليل المخبرية N P.P.M معنني							نتائج التحاليل المخبرية P P.P.M					
أكثر من 421	-361 421	-351 360	-241 350	-161 240	-121 160	-61 120	أقل من 60	أكثر من 20	-15.1 19	-9.1 15	9-5.1	أقل من 5	أكثر من 12	-9.1 12	9-7.1	7-5.1	5-3.1	أقل من 3	المحصول	
-	-	-	-	20	25	35	45	-	10	20	25	30	-	20	30	45	55	60	بقوليات غذائية مروية	
-	30	60	80	100	120	140	160	100	150	200	210	220	-	40	70	100	120	130	شوندر سكري خريفي	
-	40	60	90	120	140	150	160	50	100	175	185	195	-	40	80	120	120	130	بطاطا خريفية مروية	

-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	20	25	30	-	20	30	46	55	60	محاصيل رتوية
-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	20	25	30	-	20	40	60	70	80	برسيم مروي
-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	20	25	30	-	80	120	180	190	190	قصبة مروية
-	40	60	90	120	140	150	160	40	80	120	130	140	-	40	80	110	120	130	ثوم سقي
-	20	30	45	60	70	75	80	-	40	60	70	80	-	20	40	60	70	80	ثوم يعل

-	-	-	20	25	30	35	45	60	80	120	130	140	-	30	70	100	11	120	خضار شتوية مروية
-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	50	60	70	-	20	35	50	65	70	خضار شتوية يعل
-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	80	90	100	-	25	40	60	70	80	ذرة بيضاء سقي
-	40	60	90	120	140	150	160	80	120	180	190	200	-	50	80	120	130	140	بندورة سقي
-	20	30	45	60	70	75	80	-	40	80	90	100	-	30	60	80	100	110	بندورة يعل
-	40	60	90	120	140	150	160	40	80	120	130	140	-	50	80	120	130	140	بصل سقي

نتائج التحاليل المخبرية	الاحتياج من الفوسفور على صورة P_2O_5 ك/هـ							الاحتياج من الازوت على صورة N هـ					الاحتياج من البوتاس على صورة K_2O هـ							
	نتائج التحاليل المخبرية P.P.M							نتائج التحاليل المخبرية P.P.M					نتائج التحاليل المخبرية P.P.M							
المحصول	أقل من 3	6-3.1	9-6.1	-9.1 12	-12.1 15	-15.1 18	أكثر من 18	أقل من 5	9-5.1	-9.1 15	-15.1 19	أكثر من 20	أقل من 60	-61 120	-121 160	-161 240	-241 350	-351 360	-361 420	أكثر من 420
حمضيات	140	120	100	75	50	30	-	450	425	400	300	200	250	240	220	200	150	100	50	-
زيتون + كرمة	140	120	100	75	50	30	-	250	225	200	150	100	160	140	120	100	80	60	40	-
لوزيات	140	120	100	75	50	30	-	180	170	150	120	80	160	140	120	100	80	60	40	-
تفاحيات	145	135	120	90	60	40	-	250	225	200	150	100	160	150	140	120	90	60	40	-
فستق حليبي	230	220	200	150	100	50	-	250	225	200	150	100	250	240	220	200	150	100	50	-
رمان	145	135	120	90	60	40	-	250	225	200	150	100	160	150	140	120	90	60	40	-
تين حكاكي	140	120	100	90	60	40	-	180	170	150	120	80	160	140	120	100	80	60	40	-

(ملاحظة: لأشجار المثمرة البعل نصف الكميات الموصى بها بالأشجار المثمرة المروية)

المصطلحات العلمية	
Absorption	امتصاص
Acid	حمض
Acid rock	صخر حامضي
Available	متاح
Adequate	كاف
Adsorption	ادمصاص
Agronomy	علم الزراعة
Algae	طحلب أشنة
Amendement	محسن (مخصب)
Ammonia	أمونيا (نشادر)
Ammonification	نشدة
Ammonium nitrate	نترات أمونيوم
Ammonium Sulfate	سلفات أمونيوم
Anaerobic	لا هوائي
Analysis	تحليل
Anion	أنيون
Anion Exchange	تبادل أيوني
Apatite	صخر فوسفاتي (أباتيت)
Application	إضافة
Ash	رماد
Available	متيسر
Bio Activity	نشاط حيوي
Borax	بوراكس
Boron	بورون
Bio Fertilizer	مخصب حيوي
Biological Control	مكافحة حيوية
Biology	حيوي
Buffering Capacity	سعة تنظيمية
Calcite	كالسيت
Capacity	سعة
Certificate	شهادة
Chelating Compounds	مركبات مخلبية
Chlorosis	كلوروز - اصفرار
Chlorophyll	يخضور
Clay	طين
Deficient	مُعوز
Complex	معقد
Compost	سماد المكورة
Concentration	تركيز
Contaminant	ملوث

Conversion	تحول
Copper	نحاس
Crop	محصول
Crop Rotation	دورة زراعية
Critical Level	مستوى حرج
Culture Control	مكافحة زراعية
Decomposition	تحلل
Deficiency	عوز، نقص
Density	كثافة
Diagnosis	تشخيص
Differentiation	تمايز
Diffusion	انتشار
Dolomite	دولوميت
Drainage	الصرف
Ecology	علم البيئة
Earth Worms	ديدان أرضية
Evaluation	تقييم
Exchange	تبادل
Extraction	استخلاص
Feldspar	فلسبار، صفاح
Farming	زراعة
Fermentation	تخمير
Fixation	تثبيت
Fertility	خصوبة
Fertilizer	سماد، مخصب
Fertilization	تسميد (تخصيب)
Fertigation	تسميد بالري
Field	حقل
Food Security	أمن غذائي
Fruit	فاكهة
Fulvic	فولفي (أصفر)
Fungi	فطر
Green manure	سماد أخضر
Grass	عشب
Guano	الغوانو (سماد زرق الطيور البحرية)
Halophytes	نباتات ملحة
Humic	ديالي، هيومى
Humin	هيومين، دبالين
Humus	دبال
Hydrophte	نبات مائي

Immobilization	تسكين (شل حركة)
Improving	تحسين
Ionization	تأين
Ion Exchange	تبادل أيوني
Irrigation	ري
Lime	جير، كلس
Labile	متحرك
Litter	فرشة غابية
Manure	زبل
Metabolism	استقلاب
Micro organisms	أحياء دقيقة
Mineralization	تمعدن
Moisture	رطوبة
Nematodes	نيماتودا
Nitrate	نترات
Nitrification	نترجة
Nitrogen	أزوت
Nutrition	تغذية
Organic Farming	زراعة عضوية
Organic Movement	حركة عضوية
Organic Products	منتجات عضوية
Organic Residues	مخلفات عضوية
Peat	تورب، خث
Pedology	علم التربة
Porosity	مسامية
Phosphate	فوسفات
Percentage	نسبة مئوية
Production	إنتاج
Productivity	إنتاجية
Product	منتج
Quality	جودة (نوعية)
Reaction	تفاعل
Requirements	إحتياجات
Rhizosphere	المحيط الجذري (منطقة نمو الجذور)
Rhizobia	بكتريا الريزوبيا
Root Exudates	مفرزات جذرية
Run off	جريان سطحي
Saline	ملحي
Salinity	ملوحة
Seasonal germination	الإنبات الموسمي

Seaweeds	أعشاب بحرية
Sedimentary	رسوبي
Silage	السيلاج
Soluble	ذواب
Source	مصدر
Spiders	عناكب
Sprinkler Irrigation	ري بالرش
Sulphur	كبريت
Stable aggregates	تجمعات ثابتة
Structure	بناء
Super	فوق، فرط
Surface Drip	تنقيط سطحي
Sub-Surface Drip	تنقيط تحت سطحي
Sustainable	مستدام
Synergism	تآزر
Symbiotic	تعايشي
Taxonomy	علم التصنيف
Toxicity	سمية
Texture	قوام
Trace ability	تتبع الأثر
Urea	يوريا، بولة
Value	قيمة
Varieties	أصناف
Vegetative Regeneration	التكاثر الخضري
Vegetatable	خضار
Water	ماء
Wilting	ذبول
Available Water	ماء متاح
Yield	غلة، إنتاج

المراجع :

ولاً: المراجع العربية :

- أبو نقطة، فلاح، ومحمد سعيد الشاطر. 2011. خصوبة التربة والتسميد. منشورات جامعة دمشق. سورية.
- البلخي، أكرم، وفاروق فارس، ومحمد سعيد الشاطر. 2001. توصيف المادة العضوية المتخلفة عن إنتاج الغاز الحيوي ودراسة حركيتها في نوعين من الترب السوري. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة دمشق.
- الجلعود، علي. 2008. الأسمدة العضوية واستخداماتها. معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئة. مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية .
- الزعبي، محمد منهل، وأكرم البلخي، وأريج الخضر. 2022. دليل الإدارة المتكاملة للأسمدة. وزارة الزراعة.
- الساعدي، ميسون. 2011. تأثير الرش بسماد هيومات البوتاسيوم في نمو وحاصل نبات البطاطا، البستنة وهندسة الحدائق. منشورات جامعة البصرة.
- الشاطر، محمد سعيد وأكرم البلخي. 2014. خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة دمشق. سوريا.
- الشاطر، محمد سعيد، وأكرم البلخي. 2016. الزراعة العضوية. منشورات جامعة دمشق. سوريا.
- الشاطر، محمد سعيد، وأكرم البلخي. 2017. الأسمدة والتسميد. منشورات جامعة دمشق. سورية.
- الصيرفي، زكريا. 2000. خصوبة التربة والتسميد. جامعة المنصورة.
- القواسمي، وليد، ومنير الروسان، وسعيد الزريقي. 2005. التسميد بالري. جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية . الأردن.
- بوعيسى، عبد العزيز، وغيث، علوش. 2006. خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة تشرين.
- خليل، عبد المنعم، والحبيطي، عبد الجبار. 2013. استجابة نبات الخس للرش بحامض الهيوميك والمستخلص البحري. مجلة الفرات للعلوم الزراعية. العدد 4: 256-264.
- ثيور، 2007. دليل استخدام الأسمدة في الشرق الأدنى للمناطق الجافة. (في فاو، 2007).
- حبيب، حسن. 2013. أسس علم التربة. منشورات جامعة دمشق. سورية.
- حسن، نوري وحسن، الدليمي ولطيف، العيثاوي. 1990. خصوبة التربة والأسمدة. منشورات جامعة بغداد.

- عودة، محمود، وسمير، شمش. 2008. خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة البعث.

- يوسف، رضا عبد الظاهر. 2003. تكنولوجيا الأسمدة الحيوية. جامعة الملك سعود.
المراجع الأجنبية

Alvarez.C.E.Garcia .C.and Carracedo.A.E.1988.Soil fertility and mineral nutrition of an organic banana plantation in Tenerife.Biol.Agric.Hort. 5:313-323.

ASTANEH, N., F. BAZRAFSHAN, M. ZARE, B. MIRI, and A. BAHRI. 2018. Effect of nano chelated nitrogen and urea fertilizers on wheat plant under drought stress condition. Nativa, Sinop, v. 6, n. 6, p. 587-593.

Bhardwaj, K.K. and A.C. Guar. (1985). Recycling of organic wastes. ICAR, New Delhi,

Chen,J. H.,Wu, J. T. and Huang, W. T. (2001).Effects of compost on the Availability of nitrogen and phosphorus in strongly acidic soils(Taiwan ROS).

Elgala, A.M.; A. Metually and R.N. Khalil (1978). The effects of humic acid and Na EDDHA on the uptake of Cu and Zn by barley in sand culture. Plant and Soil, 45:41-49.

FAO .1967. Part of the First Session of the FAO Pannal of Experts on integrated Pest Control Rome.

FAO .1982. Organic materials and soil productivity in the near east. FAO soil Biletin 45. UN.Rome. Adsorption characteristics for Zn^{2+} ion. Sustainability: 277- 297.

FAO.2007. Methods of analysis for soils of arid and semi arid regions. Food and Agriculture Organization , Rome. Italy.

Samavat, S. and Malakoti, M. 2005. Necessity of produce and utilization of organic acids for increase of quality and quantity of agricultural products. Sana Publisher.Tehran. 13-26.

Welzien, H.; et al (1989). Improved plant health through application of organic materials and compast extract. Paper presented at 7' IFOAM scientific conference, Burkina Faso, January, 1989

Yagi.R.:Ferreira.M.E.:Cruz .M.C.P. and Barbosa.J.C.2003- Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming .vermicompost and cattle manure .Sci.Agric. (Piracicaba.Brazil) .Vol.60.No.3.

اللجنة العلمية:

أ.د. حسن حبيب
أ.د. محمود عودة
أ.د. سمير شمشم

المدقق اللغوي:
أ.د. فخري بوش

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية



Damascus University
Faculty of Agriculture



Soil fertility and Fertilization

By

Prof. Dr.
M . S. AL– Shater

Prof. Dr.
A. M. AL–Balkhi

2022–2021