



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية الزراعة
قسم علوم التربة والموارد المائية



خصوبة التربة والتسميد

اعداد

أ.م.د. باسم رحيم بدر

(2021-2020)

الفصل الأول

خصوبة التربة والاسمدة

المقدمة والاهداف :

تعرف خصوبة التربة بأنها قابلية التربة على امداد النبات بالعناصر المغذية

الضرورية أو الأساسية بكميات متوازنة تلبي احتياجات النبات ،

يقصد بإنتاجية التربة بانها قابلية التربة على انتاج محصول معين او تتابع محاصيل

مختلفة في الظروف البيئية المعينة وتحت ادارة معينة ولاشك فان هناك تداخلا في استعمال

المفهومين .

للحصول على طاقة الانتاج القصوى للمحصول المعين فإنه يتطلب توافر ظروف

الإنتاج المختلفة الوراثية والبيئية وعوامل التربة ، أو بتعبير آخر عند توافر ظروف الانتاج

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

كلها بشكل مثالي ، أن وجود اي عامل بحالة او كمية اقل من الحالة المثالية يؤدي إلى نقص في طاقة الإنتاج وهذا العامل هنا يسمى بالعامل المحدد (The limiting factor).
بشكل عام هناك عوامل يمكن السيطرة عليها ومنها خصوبة التربة من خلال اضافة المخصبات العضوية والمعدنية وتحسين الظروف الفيزيائية والكيميائية في التربة التي تزيد من جاهزية هذه المغذيات وامتصاصها بوساطة جذور النباتات .

في السنوات الأخيرة وللاهتمام الكبير في موضوع تلوث البيئة اصبح التركيز على استعمال المخصبات والمغذيات التي تعطي انتاجا اقصى مربحة اقتصادية أو ذا جدوى اقتصادية وبأقل تأثير سلبي في البيئة ، اي تحسين الانتاجية مع المحافظة على بيئة سليمة ، ولذلك فهناك حاليا وعلى المستوى العالمي اتجاه في تحسين الإنتاجية من خلال استنباط الأصناف عالية الإنتاجية واستعمال الأسمدة الحيوية واستخدام الدورات الزراعية التي تحوي على البقوليات والادارة للمياه والتربية و المحصول من اجل الحصول على أقصى انتاج وبأقل ضرر على البيئة .

العناصر الغذائية المهمة في التربة وعلاقتها بنمو
النبات :

العناصر الأساسية الضرورية او الاساسية (Essential
nutrients) :

هناك في التربة اعداد كبيرة من العناصر الا ان الذي ثبت منها بانه ضروري للنباتات الراقية ولا تستطيع هذه النباتات اكمال دورة حياتها او النمو بشكل جيد الا بوجودها والتي لا يمكن أن تعوض بعناصر أخرى . وهذا العناصر المغذية هي 16 عنصرا واضيف لها عنصر مغذي اخر في الثمانينات من القرن العشرين وهو النيكل وقد اصبح عددها 17 عنصرا . تقسم هذه العناصر المغذية بناء على حاجة النباتات منها و تراكيزها في المادة الجافة للنبات او الكمية التي تضاف فيها الى التربة او رشها على النباتات الى :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

العناصر المغذية الكبرى Macronutrients :
وتشمل كلا من C و H و O و N و P و K و Ca و Mg و S.

العناصر المغذية الصغرى Micronutrients :
وتشمل Fe و Mn و Zn و B و Cu و Cl و Mo و Ni . وهناك عناصر مفيدة لبعض
النباتات مثل Na و Si و Co . إن معظم العناصر اعلاه مصدرها التربة ، فضلا عن
الكربون والهيدروجين والاكسجين والنتروجين الذي تتوفر في المياه والهواء الجوي وفي هواء
التربة وذائبة بالماء .

وجود العناصر المغذية في التربة :
توجد العناصر المغذية في التربة على عدة اشكال قسم منها جاهز للامتصاص
بوساطة جذور النبات وقسم منها غير جاهز او يحتاج الى عمليات معينة لكي يتحول من
شكل غير جاهز الى شكل جاهز .

حركة العناصر المغذية في التربة وباتجاه الجذور
والامتصاص بوساطة الجذور :
هناك عدد من الآليات التي بوساطتها يتحرك الايون من مكان إلى آخر في التربة ومن
التربة الى سطوح الجذور وهي :

❖ **الجريان الكتلي mass flow** : وهي حركة الأيونات مع جريان الماء وهذا يشمل حركة

الأيونات المتحركة في التربة مثل النتروجين ولاسيما النترات وجزء من البوتاسيوم .

❖ **الانتشار difusion** : ويشمل حركة الأيونات من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز

الأقل وهذا بالنسبة للبوتاسيوم والفسفور (العناصر ذات الحركة الأقل او غير المتحركة

مثل الفسفور) .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

❖ **اعتراض الجذور** : ويتم هذا من خلال نمو الجذور واعتراضها لأجزاء التربة واخذ الأيونات مباشرة من سطوح التبادل ومن محلول التربة .

ومما تجدر الإشارة اليه فانه لكافة الاليات آنفة الذكر فان الماء ضروري لها ولذلك فمن الأهمية تواجد الماء بشكل مثالي وكاف للنباتات ومن هنا تكمن اهمية ادارة المياه . ان امتصاص ايونات العناصر المغذية بوساطة الجذور وانتقالها إلى الأجزاء العليا فيتم من خلال :

❖ **التبادل بالتماس (contact exchange)** : التبادل بين ايونات معينة على الجذور ومع الأيونات التبادلية او الذائبة في التربة .

❖ **الامتصاص الحر او السلبي (passive absorption)** : ويتم مع انحدار التركيز ولا يحتاج الى طاقة ويحدث بشكل رئيس في الفراغ الحر للجذر (free space) وغير اختياري وتعاكسي .

❖ **الامتصاص الحيوي او النشط (Active absorption)** : وهذا يحدث ضد انحدار التركيز (Against concentration gradient) ويحتاج إلى طاقة ويحدث بوجود نواقل معينة ويستخدم ال ATP مصدراً للطاقة وهو امتصاص اختياري وغير متعكس .
دور العناصر المغذية وأهميتها للنباتات :
سيتم هنا فقط الإشارة الى بعض الأمور الأساسية والبسيطة ويمكن الرجوع الى كتب خصوبة التربة والاسمدة وتغذية النبات لغرض التوسع في الموضوع . و بشكل عام يكون دور العناصر المغذية اما من خلال :

❖ **كونها جزءا من تركيب النبات** : أي تدخل في بناء النبات وتركيبه مثل عنصر النتروجين والكبريت والتي تدخل في الأحماض الأمينية والتي تعد الوحدات الأساسية للبروتين مثل المغنيسيوم الذي يدخل في تكوين الكلوروفيل ... الخ .

❖ تدخل في اجزاء الطاقة وكما هو الحال بالنسبة للفسفور ودخوله في ال ATP .

❖ في موازنة الضغط الازموزي وعمليات الأكسدة والاختزال وتنظيم درجة الحموضة .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

❖ دور مهم في تنشيط الانزيمات كما هو الحال بالنسبة للبوتاسيوم.
❖ العناصر المغذية الصغرى لها ادوار من خلال تأثيرها في نشاط الأنزيمات وعمل
منظمات النمو النباتية او تثبيت النتروجين الجوي والكلوروفيل او عملية التمثيل الضوئي
والتنفس .

التوازن بين العناصر المغذية :

التوازن بين العناصر المغذية ضروري ايضا اذ ان هناك ثلاث حالات هي :

أ- **التضاد antagonism** : وهي زيادة عنصر ما يقلل من عنصر اخر بالنبات عن

طريق المنافسة على مواقع التبادل والامتصاص ، مثل البوتاسيوم والأمونيوم .

ب- **التشجيع Synergetic** : وجود عنصر ما او امتصاصه يشجع عنصر اخر مثل

امتصاص النترات يشجع من امتصاص البوتاسيوم.

ت- **التداخل Interaction** : حالات تشجيع مثل Mo او Mg يشجعان امتصاص P

وحالات تضاد مثل P - Zn (اذ P يثبط امتصاص Zn لاسيما عند الاضافات العالية

للفسفور).

والجدول 1-1 يبين الاشكال التي تمتص بها العناصر المغذية من قبل النبات والتركيز في

المدة الجافة

العناصر المغذية والصور الايونية التي تمتص عليها	التركيز في الورقة على اساس الوزن الجاف
النتروجين NH_4^+ ، NO_3^-	2-5%
الفسفور $H_2PO_4^-$ ، HPO_4^-	0,2-0,5%
البوتاسيوم K^+	2-6%
المغنيسيوم Mg^{++}	0,3-0,6%
الكالسيوم Ca^{++}	0,3-1,6%

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

0,2-0,1%	الكبريت SO_4^-
250-150 جزء بالمليون	الحديد Fe^{+2}
200-100 جزء بالمليون	المنغنيز Mn^{+2}
100-50 جزء بالمليون	البورون BO_3^-
100-50 جزء بالمليون	الزنك Zn^{+2}
150-100 جزء بالمليون	كلور Cl^-
1-0,1 جزء بالمليون	موليبدنم MoO_4^{-2}
10-5% جزء بالمليون	النحاس Cu^{2+}
45%	اوكسجين O
45%	كاروبون C
6%	هيدروجين H

ملاحظة : التراكيز انفة الذكر هي بشكل عام. بيد أن هناك نباتات قد تحتوي تراكيز اعلى من ذلك بكثير فمثلا الحديد قد يصل تركيزه في نبات السبانغ الى اكثر من 1000 جزء بالمليون و الفسفور أن يصل تركيزه في البذور الى 1-2% والكالسيوم قد يصل تركيزه في نبات الخيار الى 9% وتعد تراكيز طبيعية ولا ينتج عنها اي سمية لتلك النباتات .

مفهوم جاهزية العناصر الغذائية :

يكون العنصر جاهزاً للنبات من الناحية الكيميائية اذ توفر بشكل يكون قابلاً للامتصاص من قبل النبات . بتعبير اخر اذا وجد بشكل ذائب او متبادل . أما من حيث الموقع فيكون جاهزاً اذا كان بمسافة تستطيع جذور النباتات الحصول عليها . أما الجاهز الحيوي فهو توفر العناصر بشكل جاهز كيميائياً ومتوفر بكميات وبسرعة تتلاءم مع نمو النبات ويستطيع النبات اخذه باستمرار .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الأسمدة (Fertilizers (Fertilisers) :

الاسمدة : مواد طبيعية (عضوية أو غير عضوية) او مصنعة تضاف إلى التربة او مباشرة إلى النيات من اجل تجهيز النبات بعنصر واحد أو أكثر من العناصر المغذية الضرورية لنموه .

ان فلسفة الإضافة تختلف ، فالإضافة إما لزيادة خصوبة التربة أو لتعويض نقص العناصر المغذية الجاهزة للامتصاص بواسطة جذور النباتات والمحافظة على المستوى الموجود أصلاً أو لكي يكون هناك توازن جيد بين العناصر المغذية المختلفة لاسيما الكبرى منها . اما الدمن Manure فهو مصطلح كان يطلق على السماد بشكل عام الا انه في الوقت الحاضر تقتصر التسمية على الأسمدة العضوية . بشكل عام كان السماد العضوي هو السماد المستعمل ، الا انه وبمرور الوقت تم التحول الى استعمال الأسمدة المعدنية (غير العضوية) الطبيعية والمصنعة مع الإستمرار في اضافة الأسمدة العضوية لأهميتها في تحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية ، فضلا عن احتوائها على عدد من العناصر المغذية ولكن بنسب أقل بكثير من الأسمدة المعدنية . يمثل الجدول (1-1) محتوى بعض الأسمدة او المخلفات او البقايا العضوية من العناصر المغذية وهنا يجب التأكيد على أن المحتوى يختلف حسب طريقة تحضير السماد ونوع التربة ونوع الحيوان ... الخ .

جدول (1-1) محتوى بعض الأسمدة أو المخلفات العضوية من العناصر المغذية

السماد العضوي Organic fertilizer	التحليل على اساس الوزن الجاف Analysis (dry matter) %		
	N	P	K
الدم والعظام blood and bone	6,1	6,9	

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م. د باسم رحيم بدر

Dried blood الدم المجفف	12,0-14,0		
Bone dust مسحوق العظام	3,0-4,0	7,0-8,0	
Hoof and horn القرون والحوافر (الاطلاف)	9,0	5,0	
wood ashes رماد الخشب		1,0	5,0
cow manure دمن الابقار	0,6	0,3	0,5
Sheep manure دمن الاغنام	0,9	0,3	0,9
Horse manure سماد الاسطبل (ادمنة الخيول)	0,7	0,2	0,6
Poultr manure سماد دواجن الفرشة السمكية	1,0-4,0	0,8-1,6	0,5-1,5
Feathers الريش	8,8		
Sewage Sludge مخلفات المجاري او الحمأة (نهتم بموضوع محتواه من الملوثات)	5,0	2,2	0,5
Sea weed دغل البحر	0,6		1,0
saw dust نشارة الخشب	0,1		0,2
Peat البيتموس (الدمان)	1,2-1,5	0,1	0,2
Garden Compost دمان الحديقة (الكمبوست)	2,7	2,9	0,9
Municipal Compost دمان مخلفات المدن	1,0-2,0	0,1-0,2	0,3-1,0

ويجب الملاحظة كون التعبير عن المحتوى بشكل N ، P ، K، وهنا يمكن التحويل الى P_2O_5 و k_2O .

الفروق بين الاسمدة العضوية وغير العضوية مبينة في الجدول 1- 2.

جدول 1-2 اهم الفروق بين الاسمدة العضوية وغير العضوية

الاسمدة العضوية	الاسمدة غير العضوية (المعدنية)
-----------------	--------------------------------

خصوبة التربة والتسميد

اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

عبرة عن مواد معدنية نقية	مزيج من بقايا نباتية وحيوانية بدرجات مختلفة
نسبياً ذات محتوى عال من العناصر المغذية	ذات محتوى واطئ من العناصر المغذية مع أنها تجهز عدداً من هذه العناصر المغذية
العناصر المغذية تكون جاهزة بشكل مباشر وتتحلل وتحرر العناصر الغذائية بشكل سريع ، عدا بالنسبة للاسمدة بطيئة التحلل	مواد عضوية يجب ان تتعدن (تمر بعملية المعدنة) اولاً قبل ان تصبح العناصر الغذائية جاهزة ولذا فهي تحتاج الى وقت للتحلل.
تجهز العناصر المغذية المحددة (عنصر او اكثر) حسب نوع السماد بسيط او مركب	تجهز عدد من العناصر المغذية الكبرى والصغرى
هناك احتمالية ان يكون لها تأثير ملحي عند الاضافة بمستويات عالية لاسيما الاسمدة ذات الدليل الملحي العالي مثل كلوريد البوتاسيوم عند الاضافة بتماس مع البذور او قرب البادرات . وعموماً لا يحبذ الرش بالكلوريد سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة لانه قد يسبب حروق واضرار للنباتات.	التأثير الملحي اقل اهمية بشرط انها نظيفة وخالية من الاملاح
اكثر عرضة للفقد بالغسل او عمليات الفقد المختلفة	اقل عرضة للفقد بالغسل او عمليات الفقد المختلفة .
عموماً لا تؤثر في خصائص التربة المختلفة عدا اضافتها للعناصر المغذية المحددة وبعض التأثيرات في درجة تفاعل التربة والملوحة لقسم منها فقط .	تؤثر في خصائص التربة المختلفة لاسيما عند اضافتها بكميات عالية ، ولذا تعد هذه الاسمدة من المصلحات للتربة .

ولذا سيتم في هذا الكراس مناقشة :

1. سلوك العناصر المغذية الموجودة اصلا في التربة والعناصر المضافة على هيئة اسمدة .
2. وصف تأثير خصائص التربة في جاهزية العناصر المغذية للمحاصيل .
3. تحديد فعاليات ادارة التربة والاسمدة لزيادة الانتاجية والربحية وتشجيع المحافظة على البيئة في الوقت نفسه .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

4. وعموماً هناك امران مهمان وهما:

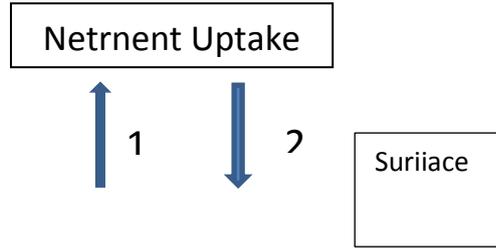
- ❖ ان تشخيص حالة مغذيات النبات لوحدها لا تعطي بالنتيجة انتاجية تربة جيدة اذ ان عوامل اخرى مهمة كالرطوبة والحرارة وظروف التربة الفيزيائية والكيميائية وملوحة التربة والاجهادات الاحيائية (الحشرات والامراض والادغال) كلها عوامل ممكن ان تقلل من انتاجية التربة حتى للترب الاكثر خصوبة .
- ❖ إن علم خصوبة التربة الحديث يجب ان يأخذ موضوع البيئة بنظر الاعتبار جنباً الى جنب مع الانتاجية .

الفصل الثاني

العلاقات الأساسية بين التربة والماء والنبات
ان التداخلات بين الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية في التربة تسيطر على جاهزية العناصر المغذية للنبات و إن فهماً جيداً لهذه التداخلات وكيفية تأثرها بالظروف البيئية خلال فصل النمو يساعد في تنظيم جاهزية هذه المغذيات وانتاجية النبات . الهدف من هذا الفصل هو مراجعة التفاعلات الكيميائية الأساسية في التربة وحركة الأيونات في محلول التربة وامتصاص الأيونات من قبل النبات . إن تجهيز العناصر المغذية الى جذور النبات تعد عملية ديناميكية (الشكل 1-2).



خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر



الشكل 1-2 : مخطط لمختلف مكونات التربة التي تؤثر في تركيز مغذيات النبات في محلول التربة

مغذيات النبات الموجبة والسالبة تمتص بواسطة جذور النبات (nutrient uptake) من محلول التربة (soil solution) وتحرر في الوقت نفسه كميات صغيرة من الأيونات مثل الهيدروجين (H^+) والهيدروكسيل (OH^-) والبيكاربونات (HCO_3^-) الى محلول التربة (التفاعلات 1 او 2 في المخطط (الشكل 1-2) . عندما يمتص النبات المغذيات من المحلول فان التركيز يتناقص في المحلول مما يؤدي إلى حدوث عدد من التفاعلات الكيميائية والحيوية لإعادة تنظيم التركيز في المحلول واعادة تجهيزه بالمغذيات . التفاعل المعين الذي يحدث يعتمد على الأيون الموجب او السالب المعين . الأيونات الموجودة في المحلول يمكن أن تدمص (امتزاز سطحي) على الأسطح المختلفة او التبادل على السطوح (surface exchange) ويمكن أن يحدث لها عكس امتزاز (او تحرر) لإعادة التجهيز وتنظيم محلول التربة (التفاعلات 3 و 4) . تبادل الأيونات التي تتم من خلال الادمصاص وعكسه هي عبارة عن تفاعلات كيميائية مهمة تؤثر في جاهزية المغذيات للنبات .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

تحتوي التربة ايضا معادن (minerals) يمكن أن تذوب لإعادة تجهيز محلول التربة (التفاعل 6) . المغذيات المضافة كأسمدة يمكن أن يبقى قسم منها في محلول التربة وقسم يمتز على الأسطح وقسم يترسب بشكل معادن صلبة (تفاعل 5) .

عندما تقوم الأحياء المجهرية بتفكيك بقايا النبات فأنها يمكن أن تمتص بعض الأيونات من محلول التربة الى انسجتها (تفاعل 7) . عندما تموت هذه الأحياء المجهرية او الاحياء الاخرى تحدث عملية ازاحة عكسية للأيونات الى محلول التربة (تفاعل 8) . التفاعلات المايكروبية مهمة الى جاهزية المغذيات النبات كما هو الحال بالنسبة للصفات الاخرى ذات العلاقة بإنتاجية التربة .

الفعالية المايكروبيولوجية (الحيوية) تعتمد على تجهيز مناسب للطاقة من الكربون العضوي (بتعبير آخر بقايا المحصول) وجاهزية الأيونات غير العضوية وعدد كبير من الظروف البيئية للتربة جذور النباتات و احياء التربة تستعمل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون خلال الفعالية البنائية (التفاعلات 9 و 10) . نتيجة لذلك تركيز ثاني أوكسيد الكربون في هواء التربة قد يصل الى مئة مرة او اكثر عن المحيط الجوي (الهواء خارج التربة) لاسيما وان انتشار الغازات في الترب يتأثر ويتناقص بشكل كبير مع المحتوى الرطوبي للتربة .

عدد كبير من العوامل البيئية وفعاليات الانسان يمكن أن تؤثر في تركيز الأيونات في محلول التربة وتتداخل مع العمليات المعدنية والحيوية في التربة (التفاعلات 11 و 12) . مثال ذلك اضافة السماد الفوسفاتي الى التربة يزيد من تركيز الأورثوفوسفيت H_2PO_4 في البداية في محلول التربة ومع الزمن يبدأ تركيز HPO_4 بالتناقص نتيجة لامتصاص النبات (تفاعل 1) والادمصاص على اسطح المعادن (تفاعل 4) والترسيب بشكل مركبات الفسفور (تفاعل 5) .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

كل هذه العوامل والتفاعلات مهمة في جاهزية المغذيات للنبات ومع هذا واعتمادا على الايونات الغذائي المعين تكون بعض العمليات اهم من العمليات الأخرى ، مثال ذلك ، العمليات المايكروبيولوجية اكثر اهمية في جاهزية النتروجين N والكبريت ؟ من تفاعلات التبادل على الأسطح ، بينما العكس بالنسبة للكالسيوم Ca^{+2} والمغنيسيوم Mg^{+2} والبوتاسيوم K^{+} . هذه العمليات توصف بأنها عمليات كيموحيوية (كيميائية - حيوية) معقدة وسيتم تقديم وصف عام لها لما له علاقة بجاهزية الأيونات الغذائية .

التبادل الايوني في الترب:

التبادل للأيونات الموجبة والسالبة في الترب يحدث على اسطح معادن الطين والمركبات المعدنية والمادة العضوية (OM) والجذور .

التبادل الايوني على اسطح دقائق التربة عملية متعكسة تحدث بين الأيونات الموجبة (الكاتيونات) والأيونات السالبة (الانيونات) المدمصة على الأسطح مع ايونات موجبة أو سالبة ذائبة في محلول التربة التبادل للأيونات الموجبة يعد اكثر اهمية لان السعة التبادلية للأيونات الموجبة (السعة الكاتيونية CEC) اكثر بكثير من السعة التبادلية للأيونات السالبة (AEC السعة الانيونية) واكثر انتشارا في معظم الترب الزراعية.

عملية التبادل الايوني في الترب من العمليات المهمة والمؤثرة في جاهزية المغذيات ومسكها في الترب و لذلك من المهم معرفة وفهم اصل شحنات السطوح لمعادن التربة والمادة العضوية.

تبادل الايونات الموجبة :

المواد الصلبة في الترب تشكل حوالي 50 % من الحجم ويشغل الحجم الباقي بالماء والهواء الحيز الصلب يشمل على المعادن غير العضوية (المغذية) والمواد العضوية في درجات مختلفة تبادل الأيونات الموجبة من التحلل والتدبل . الجزء المعدني يتكون من الرمل والغرين (السلت والطين) . الجزء الطيني يتكون بشكل رئيسي من معادن اطيان السليكات المتكونة من السليكا (Si) النتراهدرا والالمنيوم (AL) الأوكتاهدرا . تركيب السليكا

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

تتراهدرا عبارة عن ايون موجب للسليكون (Si^{+4}) مرتبط مع اربع ذرات اوكسجين سالبة (O^{-2}). بينما الالمنيوم الأوكتاهدرا يتكون من الالمنيوم الموجب (Al^{+3}) المرتبط مع ست ذرات من الأوكسجين و الهيدروكسيل (OH^{-}). طبقات التتراهدرا و الاوكتاهدرا ترتبط مع بعضها مكونة معادن الالمنيوم - السليكات او المعادن الطينية . معادن الطين تتواجد باشكال مختلفة 1:1 و 1:2 و 1:1:2 .

معادن الكاولينات يمثل معادن 1:1 ويتكون من طبقة من السليكا تتراهدرا ، اما معادن 1:2 فتتكون من طبقتين من السليكا تتراهدرا بينها طبقة من الالومينا اوكتاهيدرا ومن الأمثلة على معادن 1:2 هي المايكا والمونتموريلونايت والفيرميكولايت .

الكلورايت عبارة مع معدن 1:1:2 وهو معدن يتكون من طبقة هيدروكسيد الالمنيوم بين او داخل الطبقات في الترب الحامضية او هيدروكسيد المغنيسيوم في الترب القاعدية هذا اضافة الى تركيب 1:2 المشار اليه انفاً.

معادن الطين تظهر شحنات على السطح تكون سالبة في الترب ذات السعة التبادلية الموجبة (CEC) وتكون موجية على الترب ذات سعة التبادل للايونات السالبة (AEC).

المصدر الرئيس للشحنات السالبة تظهر من الاستبدال التناظري او الاستبدال المتماثل او استبدال اما السليكون او الالمنيوم مع ايون ذو شحنة أقل . هذا الاستبدال او التعويض يسمى الاستبدال التناظري Isomorphous substitution ويحدث بشكل رئيس وواسع في معادن 1:2 مع استبدال قليل جدا في معادن 1:1 علما ان الاستبدال التناظري يحدث اثناء تكون هذه المعادن ولا يتاثر بالظروف البيئية القائمة.

في معدن المايكا فان استبدال الالمنيوم الثلاثي Al^{+3} محل ايون سليكون رباعي Si^{+4} ينتج عنه فائض شحنة سالبة واحدة . في معدن المونتموريلونايت استبدال الحديد الثاني Fe^{+2} او المغنيسيوم Mg^{+2} محل الالمنيوم الثلاثي ايضا ينتج عنه شحنة سالبة فائضة.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

موقع الاستبدال التناظري في الأوكتا او التتراهيدرا او كلاهما يؤثر بشكل خاص في معادن الطين ويضفي عليها صفات معينة لاسيما كمية الشحنات السالبة (-) وشحنة السطح او ال CEC . مثال ذلك ، الاستبدال التناظري في طبقة التتراهيدرا تضع الشحنات السالبة اقرب الى اسطح المعدن مقارنة بالاستبدال الذي يحدث في الأوكتايدرا .

الشحنة السطحية السالبة العالية المرتبطة مع الترتيب والشكل الهندسي الفريد لطبقة التتراهيدرا تسمح لأيون البوتاسيوم الموجب لمعادلة الشحنة السالبة بين طبقات 1:2 وهو ما يطلق عليه بعملية تثبيت البوتاسيوم.

معدن الماكا يظهر مسافة اوطأ ويعد المعدن منهدم او منضغط على بعضه مع توفر كمية شحنات سالبة قليلة على السطح متوافرة لجذب الأيونات الموجبة . ولذلك فان الماكا تمتلك CEC واطئة مقارنة بالمونتموريلونايت لان الاسطح الموجودة بين الطبقات غير معرضة للتفاعل . الشحنات السالبة المرتبطة بالاستبدال التناظري تتوزع بشكل متساو على السطح للمعدن الطيني وتعد شحنات دائمية ولا تتأثر بدرجة تفاعل المحلول (Solution pH) الأس الهيدروجيني للمحلول . كمية الشحنات السالبة (-) او الموجبة (+) الموجودة على حواف المعادن تعتمد على الأس الهيدروجيني للمحلول وهذه الشحنات الموجودة على الحواف تسمى بالشحنات المعتمدة على الأس الهيدروجيني . عندما يكون الاس الهيدروجيني (ال pH) حامضي تشحن الحواف بالشحنات الموجبة لان ايونات الهيدروجين الفائضة ترتبط مع مجاميع (Al - OH) . مع زيادة درجة التفاعل لمحلول التربة تتم معادلة ايونات الهيدروجين وتزداد نسبة الشحنات السالبة . زيادة الأس الهيدروجيني اعلى من التعادل (اعلى من 7) ينتج عنه إزاحة تامة لايونات الهيدروجين من Al - OH و Si - OH مما يزيد ويعظم من كمية الشحنات السالبة على الحواف ، ومع هذا ، 5-10 % فقط من الشحنات السالبة على معادن 1:2 تكون معتمدة على ال pH بينما حوالي 50 % من الشحنات التي تتطور على معادن 1:1 تكون من النوع المعتمد على pH .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

مصدر اخر للسحب المعتمده على ال pH يرتبط بالمادة العضوية للتربة ، معظم الشحنات السالبة تنشأ من تجمع او انفصال ذرات الهيدروجين من مجاميع حامض الكاربوكسيل والفينوليك لأنه مع زيادة ال pH معظم أيونات الهيدروجين تتعادل وتزداد الشحنات السالبة .

الحساب الكمي لسعة تبادل الأيونات الموجبة CEC :
تعد سعة تبادل الأيونات الموجبة (CEC) والتي هي محصلة سعة تبادل الأيونات الموجبة للغرويات انفة الذكر احد الخواص الكيميائية الأكثر أهمية في التغير في جاهزية العناصر المغذية وحفظها ومسكها في التربة . السعة التبادلية لايونات الموجبة (CEC) تمثل الكمية الكلية للشحنات السطحية السالبة على المعادن والمواد العضوية الجاهزة لجذب الأيونات الموجبة من المحلول يعبر عن ال CEC بالملي مكافىء لكل 100 غرام تربة جافة بالفرن.

(meq / 100 g soil) " وحدة الملي مكافىء استخدمت بدلا من وحدة الكتلة لان السعة التبادلية للأيونات الموجبة تمثل ملي مكافي / 100 غرام شحنة سالبة (-) وايضا ملي مكافىء / 100 غم ايون موجب كلى ممتز على اسطح التبادل ال CEC . ولاختلاف الأيون الموجب المرتبط مع ال CEC يفضل حساب الكمية الكلية او الشحنة الكلية المشتركة.

السعة التبادلية للأيونات الموجبة تتأثر بطبيعة وكمية المعادن الطينية والمادة العضوية الموجودة في التربة (الجدول 1-2) .

الترب التي تسود فيها معادن 2:1 لها CEC اعلى من التربة التي تسود فيها 1:1 والترب الحارية على نسب عالية من الأطيان والمادة العضوية لها قيم CEC اعلى من الترب ذات المحتوى الاوطأ.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

جدول 1-2 قيم CEC مثالية لترب ذات نسجات مختلفة مقارنة بالترب العضوية كما يأتي:

النسجة	CEC
الرمال (لون غامق)	10 - 20 ملي مكافئ / 100 غرام
تربة مزيجية	10 - 15 ملي مكافئ / 100 غرام
مزيجة غرينية	15 - 25 ملي مكافئ / 100 غم
طينية ومزيجة طينية	20 - 50 ملي مكافئ / 100 غم
الترب العضوية	50 - 100 ملي مكافئ / 100 غم

ومما تجدر الإشارة اليه أن نوعية معادن الطين السائدة في الترب ونسبة المادة العضوية تؤدي دوراً مهماً في قيمة ال CEC .

الكاولنايت	2-10 ملي مكافئ / 100 غم
الكلورايت	40 ملي مكافئ / 100 غرام
المونتمورلنايت	100 ملي مكافئ / 100 غرام
المادة العضوية	300-400 ملي مكافئ / 100 غم

في التطبيق هناك مهارة عالية مطلوبة لتحديد الاطيان وبشكل كمي لذلك هذه التحاليل لا تنفذ بشكل روتيني والمثال السابق للأغراض التوضيحية .

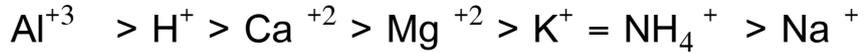
فيما عدا الالمنيوم فان معظم الأيونات الموجبة القابلة للتبادل هي مغذيات للنبات في الترب الحامضية فأن الأيونات الموجبة الاساسية K^+ ، Mg^{+2} ، Ca^{+2} ، H^+ ، Al^{+3} .
بينما في الترب القاعدية قال الأيونات الموجبة الأساسية هي K^+ ، Mg^{+2} ، Ca^{+2} ،
والصوديوم Na^+ .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

. الأيونات الموجبة تدمص على او تمسك على ال CEC بقوى ادمصاص مختلفة تؤثر في

سهولة ازاحة الأيون الموجب وتبادلته على الأسطح مع ايون موجب اخر.

لمعظم المعادن فإن قوى مسك الأيونات الموجبة هي :



صفات الأيون المرجب تقرر قوة الادمصاص او سهولة عكس الإدمصاص وكما يأتي :

أولاً - قوة الادمصاص تتناسب بشكل مباشر مع الأيون الموجب اكبر شحنة تتناسب مع

اكبر قوة ادمصاص . ايون الهيدروجين منفرد بسبب حجمه الصغير جدا وكثافة شحنته

العالية ، لذلك قوة ادمصاصه بين الالمنيوم والكالسيوم (أيون الهيدروجين له خصوصية

بتحوله الى ايون H_3O^{+} او ما يسمى بقفز الهيدروجين او الايون Ion jump .

ثانياً - حجم الغلاف المائي وقوة امتزازه على الأيون الموجب ايضا مهم في عملية التبادل

ولذا بحسب قطر (نصف قطر) الأيون مع الغلاف المائي مع زيادة حجم الأيون المتأدرت

تزداد المسافة بين الايون وسطح الطين ولذا الأيونات الموجبة ذات الغلاف المائي الكبير لا

تستطيع الاقتراب الى اسطح التبادل كما هو الحال للأيونات ذات الغلاف المائي الأصغر

حجما او الأيون الأصغر حجما مما ينجم عن ذلك انخفاض في قوة الادمصاص كما هو

الحال بالنسبة للصوديوم .

تقدير CEC :

الطريقة التقليدية لقياس ال CEC هو من خلال استخلاص عينة تربة مع 1 عياري من

خلات الأمونيوم المتعادل (NH_4OAC) . كل الأيونات الموجبة المتبادلة تستبدل

بالأمونيوم وال CEC تكون مشبعة بالأمونيوم . بعد ذلك يتم استخلاص الأمونيوم بملح او

محلول ملحي مثل كلوريد الباريوم وهنا الباريوم Ba^{+2} سيحل محل الأمونيوم ومن ثم وبعد

اجراء عملية الترشيح سيحوي الراشح على الأمونيوم الذي كان يشغل اسطح التبادل او

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

ممدص على ال CEC ولذلك فان قياس الأمونيوم هنا هو قياس للسعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC) .

التشبع القاعدي (Base saturation (BS

أن إحدى صفات التربة المهمة والتي تعبر عن النسبة المئوية من السعة التبادلية للأيونات الموجبة CEC المشغولة بالقواعد (الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم) . لأن النسبة المئوية للتشبع عبارة عن النسبة المئوية لمجموع القواعد نسبة الى ال CEC معبرا عن الجميع بوحدات الملي مكافىء / 100 غم تربة .

جاهزية الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم للنباتات تزداد مع زيادة النسبة المئوية للتشبع القاعدي . مثل ذلك تربة ذات 80 % تشبع قاعدي متجهز ايونات موجبة للنباتات النامية بكمية أكبر بكثير من التربة نفسها مع تشبع قاعدي اقل وليكن 40 % .

نسبة التشبع القاعدي تزداد مع زيادة درجة تفاعل التربة (الأس الهيدروجيني للتربة Soil pH) . في هذا المثال $pH = 5.5$ يساوي حوالي 50% نسبة تشبع قاعدي و $pH = 7$ يساوي 90 % تشبع قاعدي . ومع أن شكل المنحني قد يختلف بشكل بسيط او قليل مع الترب المختلفة ، الا ان العلاقة يمكن أن تكون مفيدة ومساعدة في تقييم متطلبات الكلس للترب الحامضية .

زيادة ال pH له تأثير اكبر في زيادة ال CEC في الجزء العضوي من التربة مقارنة بالأجزاء المعدنية . لذلك تأثير ال pH في ال CEC يكون اعظم في الترب عالية المحتوى من المادة العضوية.

التبادل للأيونات السالبة (التبادل الانيونى Anion Exchange)

الأيونات السالبة تمتز على مواقع الشحنات الموجبة على اسطح معادن الطين والمادة العضوية ، الأيونات الموجبة المسؤولة عن الامتصاص للأيونات السالبة والتبادل

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

تحدث على حواف المعادن والمادة العضوية . التبادل للأيونات السالبة يمكن أن يحدث أيضا مع مجاميع الهيدروكسيل (OH) على اسطح الهيدروكسيل للكاربونات . ازالة او نزع ايونات الهيدروكسيل مع اوكسيدات الحديد والالمنيوم المائية بعد ميكانيكية مهمة للتبادل للأيونات السالبة لاسيما في الترب عالية التجوية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية .

سعة التبادل للأيونات السالبة AEC تزداد مع نقصان الأس الهيدروجيني (pH) وهي عالية في الترب الحامضية الحاوية على معادن طين 1 : 1 والتي تحوي اكاسيد الحديد والالمنيوم مما هو عليه في الاطيان التي تسود في معادن 2 : 1 لذلك فان المعادن الطينية المونتمورلنايتية تملك سعة تبادل للأيونات السالبة اقل من 5 ملي مكافئ لكل 100 غم تربة ، بينما الكاؤولينايت يمكن أن يملك سعة تبادل للأيونات السالبة تصل الى 40 ملي مكافئ / 100 = تربة عند pH = 4.7 .

الأيونات السالبة مثل الكلوريد Cl^- والنترات NO_3^- يمكن ان تدمص مع انه ليس درجة ادمصاص الاورثوفوسفات $H_2PO_4^-$ او الكبريتات SO_4^{2-} نفسها ولذلك قوة الادمصاص للأيونات السالبة يمكن ان تترتب كالتالي :



في معظم الترب فان ايون الاورثوفوسفات $H_2PO_4^-$ هو الأيون السالب الرئيس المدمص مع أن بعض الترب الحامضية يمكن أن تدمص الكبريتات بكميات مهمة نوعا ما .

ميكانيكية ادمصاص الاورثوفوسفات في الترب اكثر تعقيدا من التجاذب الالكتروستاتيكي البسيط والذي يحدث مع الكبريتات والنترات والكلورايد . اذ ان الاورثوفوسفات يمكن أن يدمص من قبل معادن اكاسيد الحديد / الالمنيوم خلال تفاعلات تنتج عن روابط كيميائية غير الكترولستاتيكية ولهذا يفضل اطلاق التعبير امتزاز Sorption على تفاعلات الاورثوفوسفات ليكون مصطلح اعم من ادمصاص Adsorption.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

السعة التنظيمية (السعة البفرية **Buffering Capacity**) جاهزية العناصر المغذية للنبات تعتمد على تركيز العناصر المغذية في المحلول ولكن بشكل اهم على السعة التنظيمية او البفرية للتربة التي تحافظ على التركيز . السعة البفرية (BC) تمثل قابلية التربة على اعادة تجهيز الأيون الى محلول التربة . وهذه السعة تشترك بها كل مكونات التربة الصلبة التي تتواجد عليها الأيونات الموجبة والسالبة ممدصة على مواقع التبادل والمدة العضوية .

مثال على ذلك ، عندما يتم معادلة الهيدروجين H^+ بالتربة بإضافة الكلس فإن الهيدروجين سيتحرر نتيجة لعمل الإدمصاص من مواقع التبادل . لذلك فإن درجة تفاعل المحلول (pH) سيتم تنظيمه بعملية تبادل الهيدروجين ولا يتأثر ال pH بشكل واضح الا بعد معادلة كمية مهمة من ايونات الهيدروجين المتبادلة بطريقة مشابهة عند امتصاص جذور النباتات او ازالة ايون البوتاسيوم K^+ من المحلول فان البوتاسيوم المتبادل على الأسطح سيتحرر بعملية عكس الإدمصاص لاعادة تجهيز البوتاسيوم الى محلول التربة . وفي بعض الأيونات كالاورثوفوسفات فإن بعض معادن الفسفور الصلبة تذاب وتتفكك لإعادة تجهيز وتنظيم تركيز $H_2PO_4^-$ في محلول التربة .

السعة التنظيمية للتربة BC يمكن ان توصف من خلال النسبة بين الكمية الممتزة (ΔQ) والأيونات في المحلول (ΔI) (او ما يطلق عليها بنسبة السعة / الشدة) . وبما ان ال CEC تزداد بزيادة المحتوى الطيني فالترب ناعمة النسجة ستظهر سعة بفرية وتنظيمية اعلى من الترب خشنة النسجة فاذا قل البوتاسيوم المتبادل مثلاً نتيجة لامتصاص الجذور النباتات فان سعة وقابلية التربة على تنظيم البوتاسيوم ستحدد من مدى قابلية التربة على التجهيز . ولذلك هناك احتمالية ان يصبح العنصر المغذي المعين وهنا البوتاسيوم في حالة

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

نقص مما يتطلب اضافة السماد الحاوي على البوتاسيوم لزيادة البوتاسيوم المتبادل وتصحيح النقص في البوتاسيوم لاسيما في الترب ذات السعة التنظيمية الواطئة.

اما اضافة السماد الفوسفاتي فيؤدي الى زيادة في الجزء الذائب والممدص وقسم منه سيترسب بشكل معادن صلبة تسهم او تشارك مع السعة التنظيمية للفسفور في التربة لذلك فان السعة التنظيمية (BC) هي صفة مهمة من صفات التربة تؤثر بشكل معنوي ومهم في جاهزية العناصر المغذية.

السعة التنظيمية لأيونات الموجبة للجذور Root CEC جذور النباتات تبدي او تملك سعة تبادلية موجبة بالمدى 10-30 ملي مكافئ / 100 غم جذور في احادية الفلقة (الحشائش) 40-100 ملي مكافئ / 100 غم جذور في ثنائية الفلقة (البقوليات) . صفة التبادل للجذور تعزى بشكل رئيس الى مجاميع الكاربوكسيل (COOH) ويشكل مشابهة لمواقع التبادل على الدبال ، وتشكل حوالي 70-90 % من السعة التبادلية لأيونات الموجبة للجذور البقوليات (المحاصيل البقولية) وانواع النباتات الاخرى التي تملك سعة تبادل لأيونات الموجبة للجذور عالية وتكون اكثر ميلا الى امتصاص الأيونات الثنائية بشكل أكثر تفضيلا من الأيونات الأحادية ، بينما العكس مع الحشائش . لذلك هذه الصفة تفسر سبب مقاومة الحشائش لنقص البوتاسيوم (في ترب واطئة المحتوى من K) مقارنة بالبقوليات في حقل مزروع من خليط من الحشائش والبقوليات لان الحشائش لها كفاءة او مقدرة امتصاص البوتاسيوم اعلى من البقوليات . تحولات العناصر المغذية في التربة والعوامل المؤثرة فيها :

من المعروف إن هناك تحولات تحدث للعنصر المغذي الموجود أصلا في التربة او المضاف إليها وهناك عدد من عوامل التربة التي تؤثر في هذه التحولات وكما مبين أدناه :

1. تهوية التربة : وهي العملية التي يتم من خلالها تجديد وتبادل الغازات في التربة وتتوقف سرعة التهوية على حجم المسام وعدد المسام ومدى استمرارية المسام في مقد

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

التربة او بتعبير اعم على بناء التربة وفلحيثها وعلى المحتوى الرطوبي للتربة . والتأثير الرئيس لتهوية التربة يكمن في التحولات البيوكيميائية او الكيموحيوية للعناصر المغذية (النتروجين و الفسفور و الفسفور والمنغنيز والحديد) .

❖ **النتروجين** : عملية النترجة : تتأثر هذه العملية سلبا بنقص الأوكسجين (في الظروف غير الهوائية الغدقة) بدرجة كبيرة لأن الأحياء التي تقوم بها احياء هوائية اجباريا .

❖ عملية عكس النترجة : تزداد بشكل كبير في الظروف غير الهوائية لأن الأحياء التي تقوم بها احياء لاهوائية اجبارياً . - .

2. **رطوبة التربة** : تتداخل مع تهوية التربة وهنا سنرد بعض الأمثلة : الفسفور . اذ ان الفسفور وفي الظروف الغدقة أو ظروف ترب الرز تتحول فوسفات الحديدك الى الحديدوز وتصبح الفوسفات اكثر جاهزية للامتصاص . هذا اضافة الى ذوبانية بعض المركبات والاسمدة الفوسفاتية بالماء .

❖ **الكبريت** : تتكون الكبريتات (المهمة في تغذية النباتات) تحت الظروف الهوائية وكبريتيد الهيدروجين (الذي يفقد بشكل غازات ويعطي رائحة كريهة) تحت الظروف غير الهوائية.

❖ **المنغنيز والحديد** تحت ظروف الاختزال تزداد ذوبانيتيها وجاهزيتيها الى درجة تصل الى السمية للنبات احيانا مثل نبات الرز .

الماء وامتصاص العناصر المغذية : تنتقل العناصر المغذية من أماكن تواجدها في التربة الى اسطح جذور النباتات اما عن طريق الجريان الكتلي او الانتشار او التبادل بالتماس مع الجذور او من خلال الميكانيكيات الثلاث . هذه الميكانيكيات للانتقال جميعها تعتمد على مدى توفر الماء والرطوبة المناسبة ، هذا فضلا عن أن امتصاص العناصر المغذية يكون افضل مع توافر الرطوبة المناسبة. الماء والتهوية يؤثران في نمو النباتات والأحياء المجهرية

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

المسؤولة عن التحولات ومن ثم تتأثر جاهزية العناصر المغذية وامتصاصها بواسطة جذور النباتات .

وبشكل عام تهوية جيدة ← نمو جذور جيد ← امتصاص جيد لاسيما للناصر غير المتحركة كالفسفور .

تهوية جيدة ← تحلل جيد للمواد العضوية ← توافر عناصر مغذية.

تهوية جيدة ← اكسدة الكبريت ← توافر الكبريتات.

تهوية جيدة ← اكسدة الأمونيوم ← توافر النترات (نترجة) .

تهوية جيدة ← اكسدة الحديد والمنغنيز ← نقص في الذائب والجاهزية .

تهوية رديئة ← توقف نمو الجذور ← امتصاص رديء او معدوم.

تهوية رديئة ← تحول النترات الى غازات .

تهوية رديئة ← فقدان النترات عن طريق الغسل .

تهوية رديئة ← تحول الكبريت الى كبريتيد وفقدانه.

تهوية رديئة ← زيادة في الحديد والمنغنيز الذائبين وزيادة الجاهزية.

تهوية رديئة ← نمو او توقف للأحياء المجهرية الهوائية الاجبارية ومن ثم توقف العمليات التي تقوم بها كالنترجة واكسدة الكبريت .

تهوية رديئة ← مركبات هيدروكاربونية سامة (مثل الاحماض العضوية -حامض الخليك والماليك...الخ)

3. درجة تفاعل التربة (Soil pH) : درجة تفاعل التربة تؤثر في نشاط وفاعلية احياء

التربة المجهرية وجاهزية العناصر المغذية وذوبانيتها ، وتؤثر في جهد الاكسدة

والاختزال. ومن العمليات المهمة في التربة والتي تتأثر بدرجة تفاعل التربة هي عملية

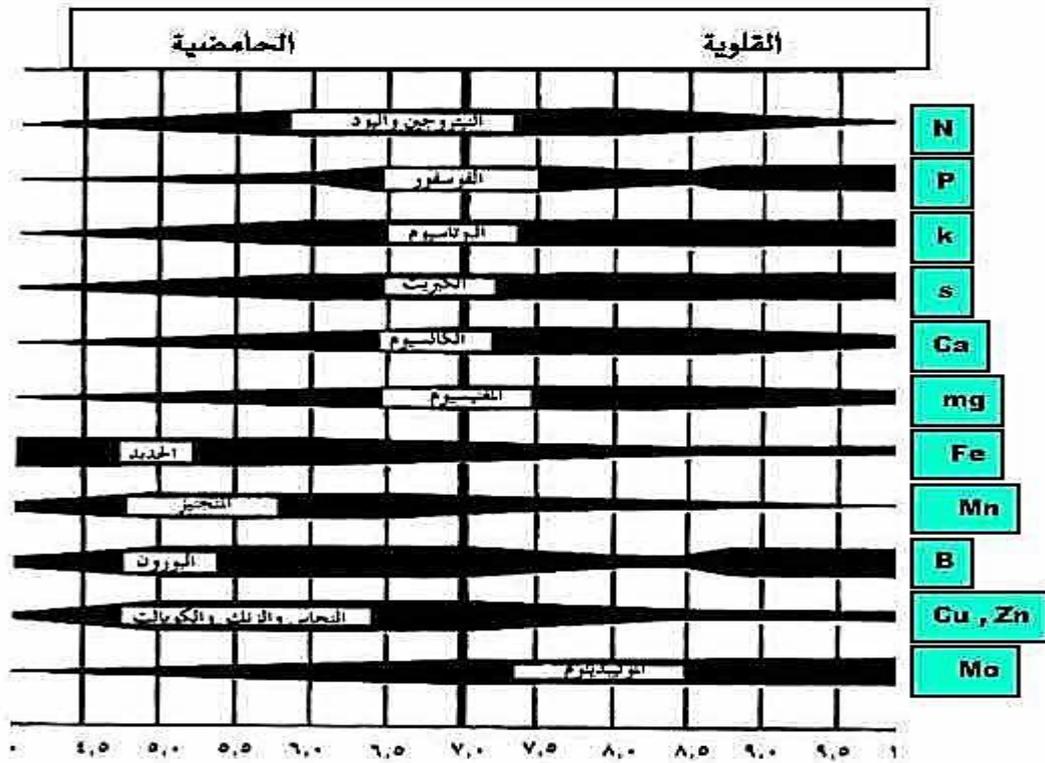
التطاير والتي يفقد بها النتروجين على هيئة غاز الامونيا وهناك علاقة بين درجة التفاعل

وجاهزية العناصر المغذية (شكل 2-2) اذ ان معظم العناصر المغذية تكون جاهزة عند

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

درجة تفاعل 6.0-7.0. عدا المولبدنم الذي تزداد جاهزيته في درجة تفاعل اعلى من 7.0. الفسفور تزداد ذوبانيته في درجة تفاعل 6,8 كما تتأثر صيغ الفسفور في التربة بدرجة بدرجة التفاعل . اذ ان النسبة بين $H_2PO_4^{-1}$ و HPO_4^{-2} تساوي واحد عند درجة تفاعل 7,22 والزيادة عن هذا الرقم يؤدي الى زيادة HPO_4^{-2} (كما هو الحال في ظروف الترب العراقية) والعكس صحيح . امتصاص الفسفور يكون افضل مع $H_2PO_4^{-1}$. وبالمثل فإن الامونيوم يمتص بشكل افضل في الظروف القاعدية مثل ترب العراق في حين النترات تمتص بشكل افضل في الترب الحامضية مثل الترب الاوربية لذا يفضل في العراق التسميد بالاسمدة الامونياكية مثل اليوريا .

4. معادن الكربونات : وهذه تؤثر بالجاهزية من خلال التأثير في درجة التفاعل وحجز الفسفور وتقليل جاهزيته وتقليل السعة التبادلية للأيونات الموجبة.



الشكل 2-2 مخطط يبين العلاقة بين درجة التفاعل وجاهزية العناصر الغذائية.

الفصل الثالث

النتروجين Nitrogen

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

دورة النتروجين:

النتروجين (N) العنصر الغذائي الذي يتكرر نقصانه في معظم الانظمة الزراعية غير البقولية وهناك عدد من المصادر العضوية وغير العضوية (المعدنية) لتجهيز هذا العنصر للمحاصيل على الرغم من أن كمية العنصر المثبتة بالمحاصيل البقولية ممكن ان تكون كافية لنموها.

إن فهم جيد لكيمياء حيوية النتروجين في التربة أساسي لتعظيم الإنتاجية وتقليل التأثيرات السلبية في البيئة التي ترافق إضافة الأسمدة النيتروجينية .

المصدر الرئيس لكل النتروجين المستعمل من قبل النبات هو النتروجين الجوي (N_2) والذي يشكل 78 % من الهواء الجوي ومع هذا ولسوء الحظ لا تستطيع النباتات الراقية الاستفادة وتمثل هذا النتروجين الا بعد تحوله الى صيغ جاهزة للنبات من خلال :

❖ الإحياء المجهرية التي تعيش بشكل تعايشي على جذور البقوليات (Symbiotic) .

❖ الإحياء المجهرية التي تعيش بشكل حر وغير تعايشي.

❖ التفريغ الكهربائي للنتروجين من الهواء الجوي وتكوين اكاسيد النتروجين (N_2O_5 , N_2O , NO_2 , NO).

❖ تصنيع الأسمدة النيتروجينية التركيبية .

الاحتياطي الكبير للنتروجين الجوي يتوازن مع كل الأشكال المثبتة للنتروجين في التربة والإحياء الحية والميتة. دورة وتحولات النتروجين في نظام تربة - نبات - محيط جوي يشمل على عدد من التحولات بين الأشكال العضوية وغير العضوية (الشكل 3-1) . إذ أن دورة النتروجين يمكن تقسيمها إلى مدخلات (كسب) ومخرجات (فقد).



خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الشكل (1-3) دورة النتروجين

فعاليات وصور النتروجين في النبات :
الأشكال : تحوي النباتات على 2-5% نتروجين على أساس الوزن وتمتص النتروجين على صورة النترات (NO_3^-) والامونيوم (NH_4^+) كلا الصورتين تتحرك الى جذور النباتات من خلال ميكانيكيتي الجريان الكتلي Mass flow و الانتشار Diffusion. النترات الممتصة يجب ان تختزل الى امونيا من اجل التحول في الأحماض الأمينية وبعد ذلك الى البروتينات وهذه العملية تحتاج الى طاقة والى إنزيم نايترت ريدكتيز Nitrate reductase اما الأمونيوم فانه يمثل مباشرةً ومن المفضل تجهيز النباتات بالصورتين اذا توافر ذلك .

دورة النتروجين في النبات :
النترات والامونيوم الممتصان تتحولان إلى الأحماض الأمينية والأخيرة تتحول إلى البروتين الذي يشكل هيكل التراكييب التي تحدث فيها معظم التفاعلات الحيوية . النتروجين

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

جزء مكمل للكوروفيل الذي يوفر الطاقة الكيميائية المطلوبة في البناء الضوئي (التمثيل الكاربوني) والتنفس وغيرها من العمليات المهمة في ابيض النبات .

ومع هذا فإن زيادة النتروجين على حساب العناصر المغذية الأخرى (الفسفور و البوتاسيوم و الكبريت) ممكن أن يؤخر النضج للمحصول وممكن أن يؤدي إلى الإصابة ببعض الأمراض . لاسيما اذا ما كانت هناك زيادة من النتروجين على حساب البوتاسيوم فان ذلك يؤدي إلى تكوين سيقان عصارية معرضة للإضطجاع والإصابة بالأمراض والحشرات ، وهنا تأتي أهمية الإدارة السليمة لإضافة الأسمدة .

علامات النقص المرئية :

عندما يعاني النبات من نقص في النتروجين تظهر الأوراق صفراء وهذا الاصفرار سيظهر على الأوراق السفلى أولاً الا انه تحت النقص الشديد تتحول الأوراق السفلى الى بنية اللون وتموت ويكون الاصفرار تام . النقص في معظم النباتات يبدأ في نهايات الأوراق ويتقدم نحو العرق الوسطي مكونا ما يشبه الحرف V بالإنكليزية (الصور 1-3) ادناه:



صورة (1-3) نقص النتروجين

تحولات النتروجين في التربة :

النتروجين في التربة يتواجد بصورة رئيسة على شكل نتروجين عضوي (90-95

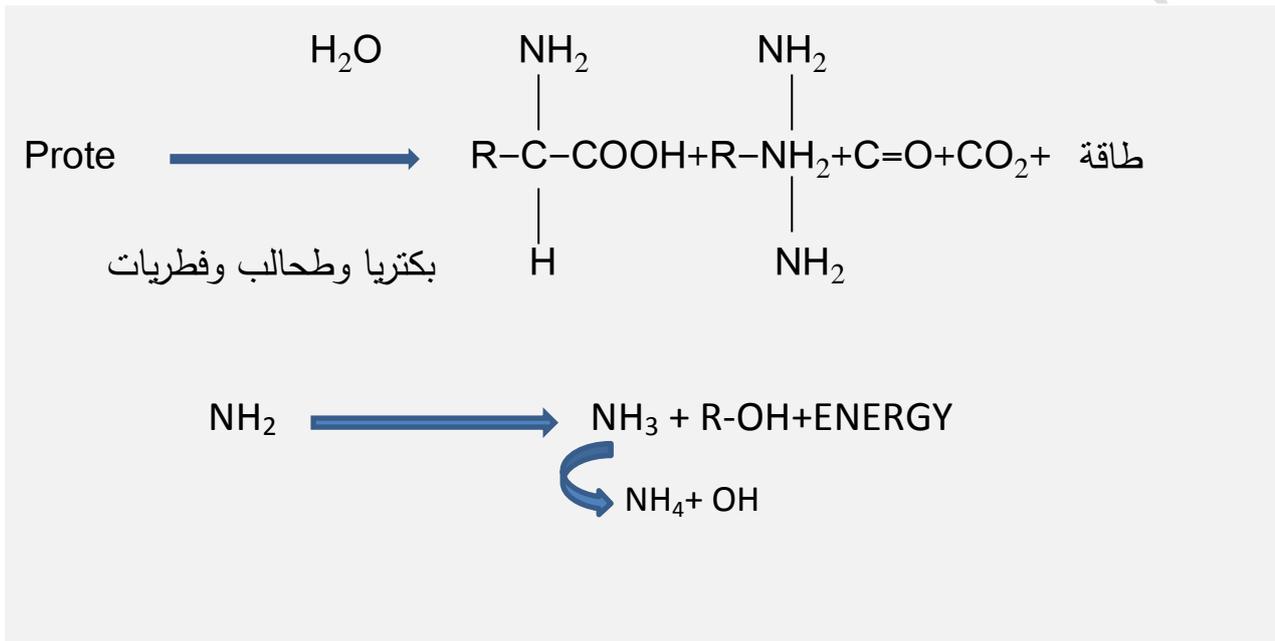
%) و المتبقي يكون على شكل غير عضوي (معدني) . النبات لا يستفيد من النتروجين

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

العضوي الا بعد تحوله الى المعدني بعملية تسمى المعدنة. جزء بسيط من النتروجين العضوي تتم معدنته سنوياً ونسبة 1-5 % من النتروجين العضوي الموجود .

معدنة النتروجين :

تحول النتروجين من الشكل العضوي الى الاشكال المعدنية او بتعبير اخر الى الاشكال الجاهزة للامتصاص من النبات ، وهي تشمل على عدد من الخطوات كما يأتي :



وتشارك في هذه العمليات عدد كبير من الأحياء المجهرية المتواجدة في التربة والتي تتطلب ظروف جيدة ومذيات للقيام بعملها .

الأمونيوم الناتج من هذه العملية يتعرض الى :

❖ ممكن أن يتحول الى النتريت NO_2^{-1} والنترات NO_3^{-1} بعملية تسمى النتجة
. Nitrification

❖ يمتص بشكل مباشر من النبات Uptake .

❖ يثبت في اجسام الأحياء المتعددة التغذية بعملية تسمى التثبيت Immobilization .

❖ يثبت داخل طبقات معادن الطين بعملية تسمى تثبيت الأمونيوم Fixation .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

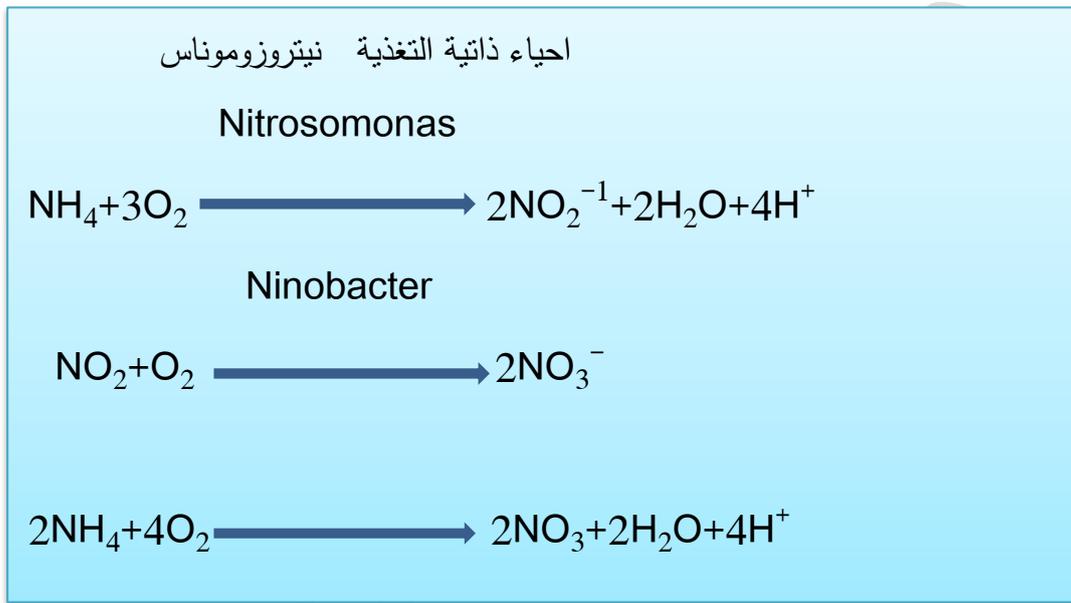
❖ يتحول الأمونيوم إلى أمونيا بعملية تسمى التطاير Volatilization .

❖ يمتز على سطوح الطين والمادة العضوية Sorption .

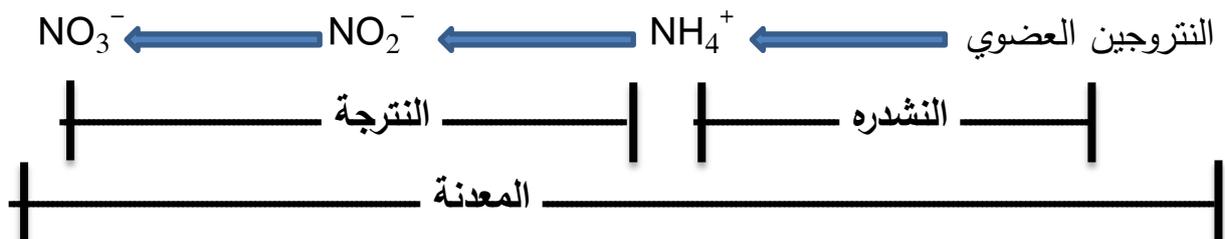
تحولات النتروجين في التربة تتأثر بالمحتوى الرطوبي والحرارة للتربة وعدد من العوامل الأخرى لأنها عمليات كيمو حيوية تتم بوساطة الأحياء المجهرية .

النتجة Nitrification :

أكسدة الأمونيوم إلى النتريت والنترات وكما يأتي :



النتروزوموناس والنتروباكتريا بكتريا ذاتية التغذية تحصل على طاقتها من اكسدة النتروجين وتحصل على الكاربون من ثنائي اوكسيد الكاربون وهي بكتريا هوائية اجاريا لذا تتطلب العملية توافر مستوى جيد من الأوكسجين . وباختصار فان عملية المعدنة عبارة عن عمليتي النشدره و النتجة:



خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

غسل النترات :

النترات ذائبة بالماء ولا تمسك من قبل مكونات التربة وهي عالية الحركة في التربة ولذلك فهي عرضة للفقدان بالغسل تحت المناخات الرطبة وغزارة هطول الأمطار والزراعة المروية لاسيما عندما تكون ظروف التربة الفيزيائية تسمح بذلك . هذا الفقدان مهم من الناحية الاقتصادية والبيئية ويجب السيطرة عليه قدر الإمكان . وللتقليل من هذا الفقدان يمكن استعمال اسمدة نيتروجينية بطيئة التحرر مثل سماد اليوريا المغلفة بالكبريت (" Sulfur Coated Urea " SCU) .

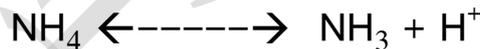
استعمال مثبطات النترجة :

مثل البيريميدين او مايسمى بخادم او حافظ النتروجين N- Serve .

الإضافات المتكررة للنتروجين : (تجزئة الإضافة الى دفعات) وهو ما يسمى بإضافة السماد بشكل يتماشى مع المتطلبات .

فقدان النتروجين بشكل غازات :

التطاير Volatilization : عملية تحول الأمونيوم الى امونيا من خلال الاتي :



العامل الرئيس المؤثر هنا هو درجة تفاعل التربة ال pH والعملية تحدث في الترب القاعدية والترب الكلسية او بشكل عام عندما يكون pH التربة اعلى من 7.5 .

ومن العوامل الأخرى المؤثرة في درجة الحرارة و الحراثة والغطاء الخضري والرطوبة . ومن اهم العمليات للتقليل من هذا الفقد هو الاضافة الموضعية للسماد النتروجيني اي التلقيح

والري بعد الاضافة مباشرة ومحاولة استعمال الأسمدة المولدة للحموضة قدر الامكان واستعمال مثبطات انزيم اليوريز ومن الامثلة على التطاير :



خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

عكس النتجة Denitrification :

عملية اختزال النترات او تحول النترات من الشكل الذائب بالماء الى غازات النتروجين تحت الظروف الهوائية وبمساعدة بكتريا غير هوائية اجباريا هي Denitrifying bacteria ، ومنها Pseudomonas :



وهذه العملية مهمة من الناحية البيئية والاقتصادية لأن النتروجين المفقود بشكل غازات يؤثر في طبقة الاوزون.

تثبيت النتروجين الجوي Nitrogen Fixation :

النتروجين الجوي لا تستفيد منه النباتات الا اما من خلال التثبيت من خلال البرق (كسر الاصرة الثلاثية) او التثبيت من قبل الأحياء المجهرية. و التثبيت من قبل الأحياء المجهرية يتم اما تعايشي او حر .

التثبيت التعايشي للنتروجين الجوي : symbiotic N fixation

وهذا التثبيت يحدث نتيجة معايشة تعاونية بين الاحياء المجهرية والمحاصيل البقولية وتتم العملية بعد مهاجمة نوع من البكتريا تسمى رايزوبيا لجذور البقوليات وتكوين مايسمي بالعقدة الجذرية وهذه البكتريا تحول النتروجين الجوي الى امونيوم في داخل العقدة الجذرية وهنا يحدث عملية تعايش او تبادل منفعة بين البقول والبكتريا . وهناك بكتريا متخصصة لكل مصول بقولي . البكتريا تقوم بالتثبيت باستعمال انزيم النتروجينيز وال ATP وهذه الطاقة مهمة لعملية التثبيت ومن العوامل المهمة و المؤثرة في عملية التثبيت الـ pH و مستوى العناصر المغذية وهنا المغنيسيوم والفسفور و المولبدنم و الكوبلت والحديد و البورون و النحاس (او بتغيير اخر كل العناصر المغذية تكون مهمة لعملية تثبيت النتروجين من قبل أحياء التربة) . و عملية التثبيت هذه تجعل من محاصيل البقول مهمة جدا و يجب ان لا

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

تهمل في الدورات الزراعية للمحافظة على خصوبة التربة و تقليل التلوث البيئي الناجم عن اضافة الاسمدة المغذية . ولذلك تركز منظمة الغذاء و الزراعة الدولية FAQ على هذا الموضوع لأهميته البيئية .

معظم أنواع الرايزوبيا متوافرة في الترب و البيئة العراقية وفي حالة عدم توافرها يجب استعمال اللقاح (الذي يجدد كل ثلاث سنوات) كما هو الحال مع بكتريا الرايزوبيا المتخصصة على فول الصويا . والحوال 1-3 التالي يبين الكميات من النتروجين التي من الممكن ان تثبت من ثبل هذه الاحياء ، وهذه الكميات حسب المناخات المختلفة وهنا للمناطق المعتدلة :

جدول 1-3 كميات النتروجين التي تثبت بواسطة عدد من المحاصيل البقولية

كمية النتروجين المثبتة كغم هكتار 1 سنة 1		المحصول البقولية
المثالي	المدى	
240	360 - 61	الجت
48	97 - 24	الفاصولياء
61	121 - 24	الحمص
182	360 - 61	البرسيم
73	157 - 48	العدس
97	240 - 24	فستق الحقل
85	218 - 36	البزاليا
121	315 - 48	فول الصويا

مصادر النتروجين السمادية :

❖ العضوية : وتشمل مخلفات الانام والخيول والابقار ومصانع الاغذية وبقايا النباتات في الحقل والاسمدة الخضراء .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ الاسمدة النيتروجينية الطبيعية: املاح نترات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم.
 - ❖ الاسمدة الصناعية : وتشمل الاسمدة المعدنية المصنعة بشكل عام (جدول 2-3).
- جدول 2-3 بعض الاسمدة النيتروجينية الشائعة الاستعمال.

%							المصدر
الحالة الفيزيائية	Cl	S	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	
غاز						82	الامونيا غير المائية
سائل						25-20	الامونيا المائية
صلب		24				21	كبريتات الامونيوم
صلب		3-1	2.0		55-48	11	فوسفات احادي الامونيوم
صلب					54-46	21-18	فوسفات ثنائي الامونيوم
صلب	66					25	كلوريد الامونيوم
صلب						46	اليوريا
صلب					44-43	17	اليوريا فوسفات
صلب						30-40	اليوريا كبريتات
صلب			34			15	نترات الكالسيوم
صلب	1.2	0.2	0.5	44		13	نترات البوتاسيوم

حاليا وفي العديد من المراجع العلمية يعبر عن محتوى الأسمدة من البوتاسيوم بصيغة K وعن محتواها من الفسفور P أما النتروجين فيعبر عن محتواه كما هو معتاد بصيغة N ولتحويل القيم من صيغة آخرز نتبع ما يأتي:

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م. د باسم رحيم بدر

دا = 1.2 * K : 0 x 0.83 K K : 0 x 2.29 = P P ; 0 ; P x 0.43 = P P ; 0 ;

K20 على

تعد الأمونيا الحجر الأساس لمعظم الأسمدة النتروجينية المصنعة او المشتقة كميائيا . ان معظم الامونيا تنتج من تفاعل غاز النتروجين و غاز الهيدروجين وكما يأتي :

. عوامل ماعد ----- < N2 + 3NII ; NFI :

النتروجين يحصل عليه من امرار الهواء الجوي في فرن التسخين و الهيدروجين بالاساس طبيعي وجزء منه من غازات الفرن الغنية بالميثان و غاز الميثان يحوي 50 % هيدروجين ،غازات النتروجين والهيدروجين النقية (بنسبة حجم نتروجين الى ثلاث حجوم هيدروجين) وتضغط بالتدريج تحت ضغط عال وتوضع في المرمدة بوجود المادة المساعدة . الحرارة المستعملة من 500 - 1200 درجة مئوية و الضغط بحدود 500 ضغط جوي (50000 باسكال) وبوجود الحديد عاملا مساعدا . (1 ضغط جوي = 1 بار = 100 كيلو باسكال) .

الامونيا المصنعة تستعمل في انتاج املاح الأمونيوم وحامض النتريك .حامض النتريك الذي يعد الأساس في صناعة اسمدة النترات يصنع من اكسدة امونيا مع اوكسجين وكما في التفاعلات الاتية :

9 ---- < + > ----- : 0 + 20 + 50 : NI - I + O + 6H - NO

07 : +11 , 2NO , TINO : + TINO == > 2NQ

الامونيا غير المائية :

وهي اسمدة عالية المحتوى من النتروجين (82 % N) وتعد من أكثر الأسمدة استخداما في الدول المتقدمة لاسيما في أميركا الا انها تحتاج الى معدات خاصة لاضافتها لانها بشكل غاز وتفقده مباشرة اذا ما اضيفت الى سطح التربة . لذا الطريقة السليمة لإضافتها هي

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الحقن تحت سطح التربة بمسافة 7.5-20 سم وإضافة الماء بعد ذلك. وهذه الإضافة تحتاج الى حاقنات خاصة والى خبرة في الاضافة . هذا فضلا عن أن عملية نقل الأمونيا اللامائية يتطلب عربات حوضية خاصة لنقل الأمونيا تحت 33 درجة مئوية تحت الصفر ، ولا فأن استخدام هذه الاسمدة محدود في الدول النامية.

الامونيا المائية (المسيلة) :

يتم تحضيرها من ادخال غاز الامونيا بقوة الى الماء وهي اسهل بالنقل والاضافة الا انها تضاف حقناً لعمق 5-10 سم.

اليوريا :

من أهم الأسمدة النتروجينية و تحوي (46 % N) وكذا تعد الأعلى في المحتوى من النتروجين بين الاسمدة النتروجينية الصلبة . تحضر من الأمونيا او النتروجين الجوي وثنائي أكسيد الكربون وكما يأتي :



و اليوريا ذات تفاعل قاعدي في النهاية الا انها في النهاية ذات تأثير حامضي بعد حدوث عملية النتجة وتحول الأمونيوم الى النترات . وتعد اليوريا من الاسمدة المفضلة لدى المزارعين و اثبتت نجاحها وتفوقها في ترب العراق حتى على بعض الأسمدة المنتجة للحموضة مثل كبريتات الأمونيوم . و هناك نوع من اليوريا مغلفة بالكبريت للتقليل من سرعة التحلل بعد اضافة اليوريا الى التربة تتحول اليوريا الى الامونيوم هم بمساعدة انزيم اليوريز (وهو انزيم موجود في معظم الترب ولا توجد حاجة لإضافته) . لان اليوريا بالأصل سماد عضوي بعد التحلل تسلك اليوريا سلوك الأمونيوم . اليوريا من الاسمدة المعرضة للفقد بالتطاير ، و للتقليل من الفقد تضاف اليوريا بشكل حزم (تلقيم) ويضاف الماء (الري) بعد التسميد . كما يمكن تقليل الفقد باستعمال مثبتات اليوريز الذي يؤخر من تحلل اليوريا ويقلل من التطاير . و هنا الجدوى الاقتصادية يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار ، و هناك مادة سامة تسمى الباييريت تتكون مع اليوريا اثناء التصنيع و هذه المادة يجب ان تتجاوز نسبتها 1%

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

في اليوربا ، وتعد صناعة اليوربا في العراق متطورة وهناك مصنع في البصرة ، ومصنع في بيجي وذات مواصفات ممتازة . و يتكون البايريت من اتحاد جزيئتين من اليوربا اثناء التصنيع وكما يأتي :



كبريتات الأمونيوم (سلفات الأمونيوم) : Ammonium sulfate



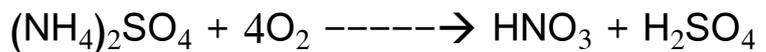
سماد يحوي 20.5-21 % نتروجين وينتج من معادلة حامض الكبريتيك مع الامونيا كما في المعادلة الآتية :



وتفصل بالطرد المركزي وتجفف و احيانا ممكن تعويض حامض الكبريتيك بالجبس . وهو من الأسمدة المولدة للحموضة و قليل التعرض للفقدان بالتطاير . وهذا السماد له صفات فيزيائية جيدة اذ انه لا يتكتل في الخزن ويمكن استعمال الباذرة المسمدة بكفاءة في اضافته لا سيما وأن امتصاصه للرطوبة واطىء.

تفاعل كبريتات الأمونيوم في التربة :

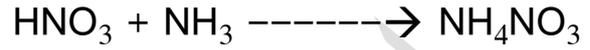
الأكسدة البايولوجية :



خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

هذه الحوامض تعادل في التربة بدخولها بتفاعلات مع البيكاربونات في محلول التربة و الأيونات الموجبة في معقد الامتزاز و التي تنتهي بانخفاض pH التربة و عموما النباتات تاخذ امونيوم بكميات أكبر و اسرع من الأيونات السالبة و من ثم تزداد الحامضية .

نترات الأمونيوم:



سماد سهل الذوبان بالماء وجاهزية عالية للنبات وهو ملائم لمعظم المحاصيل .

نترات الكالسيوم :



وهو سماد ممتاز الا انه ذا تأثير متعادل الى قاعدي . و بشكل عام اسمدة النترات وعلى الرغم من كونها اسمدة جيدة المواصفات الا انها محدودة الاستعمال وحرمة الاستعمال في بعض الدول لأن النترات تدخل في صناعة البارود (الأسلحة) و هناك متطلبات خاصة للنقل و الخزن خوفا من الانفجار .

تأثيرات عامة للأسمدة النيتروجينية ممكن أن تشمل :

- ❖ تغيرات محتملة في درجة تفاعل التربة.
- ❖ زيادة الفعالية الحيوية.
- ❖ تأثيرات ملحية عند الاضافة بمستويات عالية (للأسمدة عالية الدليل الملحي على الرغم من ان التأثير في الترب المتأثرة بالأملاح غير مهم) .
- ❖ بعض التأثيرات السمية للأمونيا الناتجة من بعض الأسمدة الامونياكية لاسيما التأثير في البادرات .

اسئلة عامة :

- ❖ صف اهم ادوار النتروجين في النبات ؟
- ❖ ماهي الأحياء المجهرية المختلفة المسؤولة عن تثبيت النتروجين ؟
- ❖ عرف عمليتي النشرة والنترجة؟

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م. د باسم رحيم بدر

- ❖ ما هي اهم الاسمدة النيتروجينية وما هو المصدر الأهم في الاستعمال ولماذا ؟
- ❖ ماهي اهم الوسائل الادارية لتقليل فقدان اليوريا بالتطاير ؟

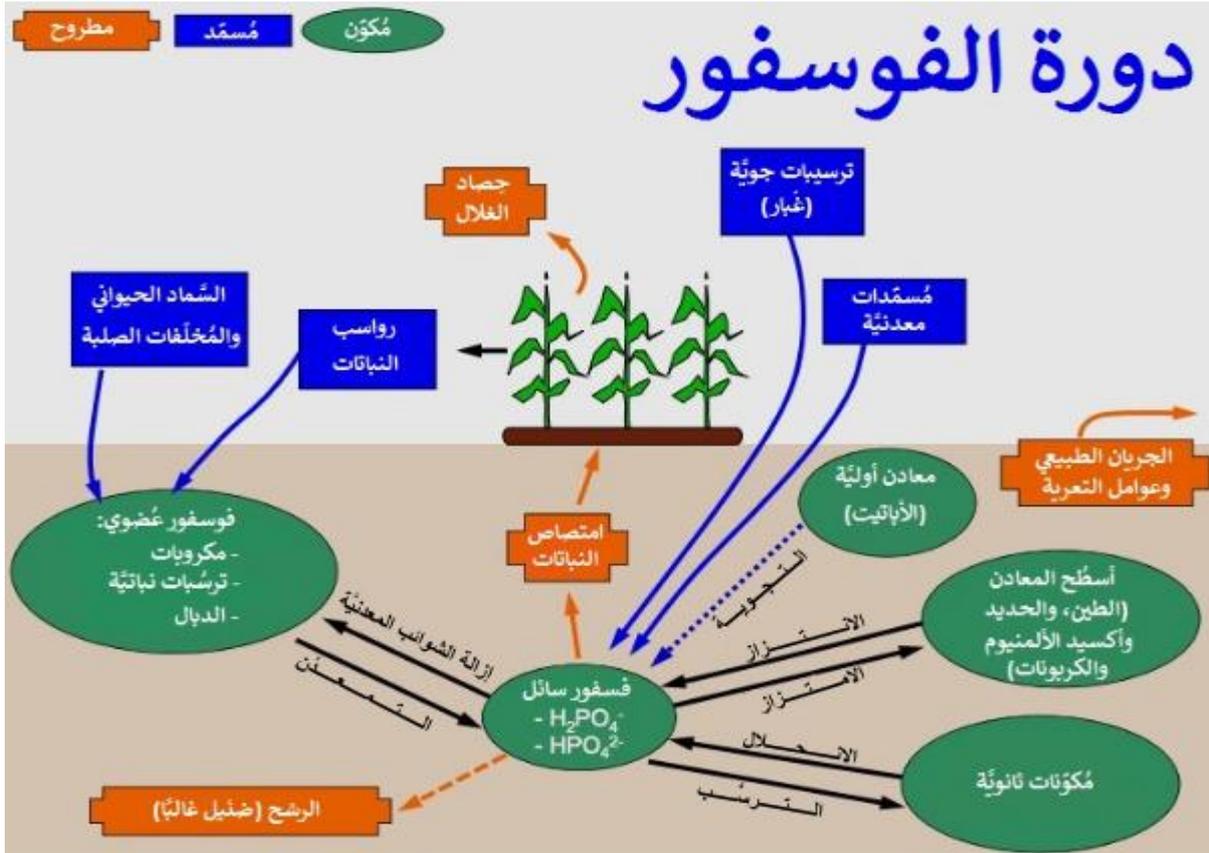
الفصل الرابع

الفسفور (P) Phosphorus

يطلق على الفسفور مفتاح الحياة لدوره المباشر في معظم العمليات الحيوية التي تجري داخل النبات والتي لا تتم بدونها .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

محتوى التربة من الفسفور يختلف حسب نوع التربة ودرجة الحرارة والمحتوى الرطوبي .
الترب العضوية عموما ذات محتوى فسفور أعلى من الترب غير العضوية والترب الناعمة (الطينية) اعلى من الخشنة (الرملية تحت الظروف البيئية المشاية والشكل (1-4) يوضح دورة الفسفور في الطبيعة:



شكل (1-4) دورة الفسفور

أي نقص في فسفور محلول التربة والذي يمثل الجزء الجاهز (المتيسر) للامتصاص من قبل النبات ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}) سيتم تعويضه من الجزء المعدني والعضوي في التربة وبشكل بسيط هناك ثلاثة أجزاء مهمة للفسفور في التربة و لها علاقة بجاهزية الفسفور ولذلك فإن اقسام فسفور التربة من حيث الجاهزية للنباتات هي :

❖ الفسفور الذائب : وهو جاهز بشكل مباشر الا ان تركيزه قليل جدا (0.3-3 جزء بالمليون) . و الفسفور في هذا الجزء يكون على هيئة الأورثوفوسفات الأحادية والثنائية

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

($H_2PO_4^{-1}$, HPO_4^{-2}) . والنبات يمتص ، $H_2PO_4^{-1}$ بسرعة تقدر بعشرة اضعاف امتصاص (HPO_4^{2-}) النسبة بين $H_2PO_4^{-1}$ و HPO_4^{-2} تعتمد على درجة التفاعل pH وتتساوى عند الرقم 7.22 .

❖ الفسفور القابل للتجهيز (الفسفور القابل للتغير) (Labile - P) : وهو الفسفور الممتز على الأسطح المختلفة للتربة ويمكن ان يتحرر الى المحلول . ويمثل الفسفور الجاهز للامتصاص من قبل النبات.

❖ الفسفور بطيء الجاهزية (الفسفور غير القابل للتغيير) : ويكون قليل الذوبانية الى قليل جدا لاسيما عند تحوله الى صخر الاباتايت.

وبشكل عام الفسفور الجاهز للامتصاص من قبل النبات عبارة عن الفسفور الذائب بالماء (فسفور محلول التربة) و الفسفور القابل للتجهيز والذي يمثل الفسفور المميز على الأسطح المختلفة في التربة (اسطح معادن الطين والكاربونات والمادة العضوية) أو الفسفور المترسب الا انه لا يزال في مراحل وسطية ولم يصل الى المستوى المتقدم من الترسيب . الفسفور المضاف الذي لا يمتصه النبات او الفائض من الامتصاص سيتعرض الى عمليات الأمتزاز والترسيب او التي يطلق عليها بعمليات التثبيت او الاحتفاظ للتربة بالفسفور . وعملية الترسيب هذه تعتمد بشكل رئيسي على درجة تفاعل التربة (Soil pH) ، اذ ان الترسيب في الترب الحامضية يكون على هيئة فوسفات الحديد والالمنيوم اما في الترب القاعدية فيكون على شكل فوسفات الكالسيوم . السماد الفوسفاتي الذي صيغته ($Ca(H_2PO_4)_2$) (MCP) فوسفات الكالسيوم الأحادية يتحول الى معادن الفسفور وسلسلة الترسيب في الترب الكلسية والقاعدية تكون كما في المخطط الاتي :

الصيغة	الاختصار	الاسم
$CaHPO_4 \cdot H_2O$	DCPD	Di Calcium phosphate Dihydrate
$CaHPO_4$	DCP	Di Calcium phosphate

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

Octa Calcium phosphate	OCP	$Ca_4H(PO_4)_3H_2O$
β -tri Calcium phosphate	$\beta - TCP$	$Ca_3(PO_4)$
Hydroxy apatite	HA	$Ca_5(PO_4)_3OH$
Fluorapatite	FA	$Ca_5(PO_4)_3F$

بتعبير آخر أنه خلال اسابيع يتحول من MCP الحاوي على الفسفور بصيغة $(H_2PO_4^1)$ (الاحادي) الى DCPD و DCP الحاوي على الفسفور بصيغة (HPO_4^{2-}) وبعد حوالي 3-5 شهور يتحول الى OCP وبعد عشرة شهور الى BTCP ويأخذ مدة اطول او مدة اطول من الزمن ليصل الى HA و FA والفسفور في المركبات الأخيرة يكون بشكل (PO_4^{3-}) .

ان هذه التفاعلات يصعب السيطرة عليها ، ولذا فان كمية الفسفور المسترد او الممتص من قبل النبات من السماد المضاف او ما يسمى بكفاءة استعمال السماد تكون واطئة باستمرار مقارنة بالأسمدة النيتروجينية .

عملية الأمتزاز تشمل الامتزاز السطحي (Adsorption) أو الامتزاز بشكل عام Sorption (والذي يشمل الامتزاز السطحي والامتصاص الى داخل الوحدات البنائية) ، وهذه العملية تحدث على الأسطح الحاوية على الأيونات الموجبة ولاسيما الكالسيوم والمغنيسيوم واسطح كاربونات الكالسيوم (معادن الكاربونات بشكل عام) مهمة جدا ، وهنا نوع المعدن الطيني والمساحة السطحية للمعدن كلها تؤثر في هذه العملية . وبشكل عام قوة الربط مع اكاسيد الحديد والالمنيوم تكون عالية ، اما مع معادن الكاربونات فتكون واطئة ، ولذا فإن جزء كبير من الفسفور الممتز يكون في الجزء القابل للتجهيز (Laible-form) . بتعبير نسبي الترب الحامضية تمتز مرتين فسفور اكثر لكل وحدة

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

مساحة سطح تربة مما هو عليه في الترب الكلية او المتعادلة و بقوة ربط اعلى خمس مرات.

عمليات الامتزاز والترسيب هذه تؤثر بشكل كبير في ادارة الأسمدة الفوسفاتية ابتداء من اختيار الماء الفوسفاتي وطرائق اضافته وتجزئة الإضافة لاسيما في الترب ذات القابلية التثبيتية العالية للفسفور.

اما الفسفور العضوي في التربة فهو جزء من المادة العضوية في التربة ، ويشكل حوالي 1-3% منها ، ويتواجد في الطبقات السطحية للتربة ، ويجب أن يتمعدن قبل ان يستطيع النبات الاستفادة منه ، وعموما تكون النسب بين C : N : P : S بحدود: 140 : 10 : 1.3 : 1.3 .

معظم الفسفور العضوي يكون بشكل استرات الأورثوفوسفات متضمناً الأنستول فوسفيت (Inositol phosphate) والفسفولينات و الأحماض النووية .

، عملية المعدنة تشبه معدنة النتروجين وتتم بمساعدة انزيم الفوسفاتيز ووجود الاحياء المجهرية المختلفة ، ونسبة C: P: ممكن ان تكون دليل للمعدنة او التثبيت ، ويمكن توضيح ذلك كما يأتي:

المعدنة / التثبيت في اجسام الاحياء المجهرية	P: C
معدنة صافية للفسفور العضوي	اقل من 200
لا توجد خسارة او أكسيد الفسفور المعدني	من 200-300
تثبيت صافي في اجسام الاحياء	اعلى من 300

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

وعموما العوامل المؤثرة في نشاط الأحياء من PH و حرارة و رطوبة و عناصر مغذية تؤثر في عملية المعدنة . العوامل المؤثرة في جاهزية الفسفور :

- ❖ معادن الطين : معادن 1 : 1 اكثر امتزازا بسبب زيادة نسبة اكاسيد الحديد والالمنيوم ومسكا للفسفور من معادن 2: 1 وهذا من حيث النوعية اي من حيث الكمية فأن زيادة كمية المعدن الطيني بشكل عام تزيد من قابلية المسك او الامتزاز .
- ❖ زمن التفاعل : يتحول الفسفور مع الزمن الى الاشكال الاقل ذوبانا نتيجة للأمتزاز والترسيب.

❖ المادة العضوية للتربة : تعمل على تقليل امتزاز الفسفور من خلال:

أ- الأحماض العضوية تنافس الفسفور على مواقع الامتزاز وتقلل من امتزازه.

ب- الاحماض العضوية تذيب المترسب من الفسفور.

ت- الأحماض العضوية تخفض ال PH وتزيد الجاهزية.

- ❖ درجة تفاعل التربة pH : افضل ذوبانية وجاهزية للفسفور تكون عند المدى 6.0-6.8 وهنا يكون الفسفور بصيغة الأورثوفوسفات .

انواع الفسفور في النبات:

تركيز الفسفور في انسجة النباتات بشكل عام ضمن المدى 0.2-0.5 % وبشكل كبير اقل من النتروجين و البوتاسيوم يمتص النبات الفسفور على شكل $H_2PO_4^{-1}$ او HPO_4^{-2} . يشترك الفسفور في عمليات نمو النبات الحيوية لاسيما في خزن الطاقة وتحويلها إلى جزيئات الأدينوسين تراي فوسفيت (ATP) و الأبنوسين داي فوسفيت (ADP) وتكون مصدرا للطاقة داخل النبات او تكون المرافق الانزيمي $NADH_2$ او $NADPH_2$. عند تحول ATP إلى ADP تتحرر كمية من الطاقة تعادل 7000-10000 سعرة . مول 1^{-} بينما يحتوي واحد من $NADH_2$ او $NADPH_2$ على 52 كيلو سعرة / مول . الفسفور كذلك أساسي في ال DNA و ال RNA التي تحوي الشفرة الوراثية للنبات لإنتاج البروتين

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

والمركبات الأخرى الأساسية لنمو النبات وإنتاج البذور والتحويلات الوراثية . الفسفور يشجع نمو الجذور ويشجع نضج مبكر للمحاصيل لاسيما محاصيل الحبوب .

ATP = Adenosine Tri Phosphate

IDP= Adenosine Di Phosphate

NADH₂ = Nicotinamide Adenine Dinucleotide

NADPH₂= Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate

1 ATP ----> ADP + Energy (7-10 K Cal Mol⁻¹)

اعراض النقص : يظهر النقص على الاوراق القديمة وهناك نباتات تظهر لون اخضر غامق واخرى بنفسي .



اعراض نقص الفسفور على نباتات

مصادر الأسمدة الفوسفاتية
الفسفور المعدني :

هناك عدة مصطلحات للتعبير عن محتوى الفسفور في الأسمدة الفوسفاتية وهي ذائب بالماء WATER SOLUBLE وذائب بالسترات CITRATE SOLUBLE وغير ذائب بالسترات ، وعموما الذائب بالماء يمثل الفسفور المتيسر او الجاهز بيسر والذائب بالسترات يمثل الفسفور القابل للتجهيز وغير الذائب يكون غير جاهز . عينة صغيرة تستخلص اولاً بالماء

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

والمحتوى للفسفور في الراشح يمثل الجزء الذائب بالماء . المتبقي من الجزء غير الذائب بالماء يستخلص بعياري من سترات الأمونيوم لتقدير الفسفور الذائب بالنترات ، الفسفور الذائب بالماء والذائب بالسترات من الفسفور الجاهز للنبات من الفسفور الكلي والفسفور المتبقي هو الفسفور غير الذائب ، والمجموع الكلي للفسفور الذائب + غير الذائب يمثل الفسفور الكلي المعدني.

الصخر الفوسفاتي (RP) (Rock Phosphate) :

مادة خام اولية للأسمدة الفوسفاتية . الترسبات الرئيسية للصخور الفوسفاتية تتواجد في الولايات المتحدة الاميركية والمغرب والصين وروسيا ، وفي العراق هناك كمية كبيرة ايضا من الصخور الفوسفاتية مركزة في منطقة عكاشات في قضاء القائم - محافظة الانبار (الرمادي) معادن الصخور الفوسفاتية هي الأباتايت $Ca_{10}(PO_4)_6X_2$ والذي فيه X يمثل OH^- أو F^- أو Cl^- . الفلورو اباتايت $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ من الصخور الفوسفاتية الأكثر انتشارا ، هذه الصخور تحوي شوائب من الكاربونات الصوديوم والمغنيسيوم . الأسمدة الفوسفاتية المعدنية الشائعة الاستعمال (جدول 1-4) تصنع من الصخور الفوسفاتية بعد معاملة هذه الصخور بالحوامض والحرارة لزيادة تركيز الفسفور الذائب بالماء.

جدول 1-4 الاسمدة الفوسفاتية المعدنية الشائعة الاستعمال

السماد Fertilizer	الاختصار المستخدم بشكل شائع	التحليل				% الفسفور الذائب من الجزء المعطن	الصيغة الكيميائية
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S		

خصوبة التربة والتسميد
اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

Single super phosphate السوبر فوسفات الاحادي	SSP	-	16-22	-	11-12	97-100	Ca(H ₂ PO ₄) ₂
Phosphoric (green) acid حامض الفسفوريك	-	-	48-53	-	-	100	H ₃ PO ₄
Triple super phosphate السوبر فوسفات الثلاثي	TSP or CSP	-	44-53	-	1.0-1.5	97-100	Ca(H ₂ PO ₄) ₂
Mono ammonium phosphate فوسفات احادي الامونيوم	MAP	11-13	48-62	-	0-2	100	NH ₄ H ₂ PO ₄
Diammonium phosphate فوسفات ثنائي الامونيوم	DAP	18-21	46-53	-	0-2	100	(NH ₄) ₂ HPO ₄
Ammonium poly phosphate فوسفات الامونيوم المتعددة	APP	10-15	35-62	-	-	100	(NH ₄) ₃ HP ₂ O ₇ NH ₄ H ₂ PO ₄
Urea- phosphate اليوريا-فوسفات	UP	17.7	45	-	-	100	CO(NH ₂) ₂ H ₃ PO ₄
Mono Potassium phosphate فوسفات احادي البوتاسيوم	-	-	51	35	-	-	KH ₂ PO ₄
Di Potassium	-	-	41-	54	-	-	K ₂ HPO ₄

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

phosphate							
فوسفات ثنائي							
البوتاسيوم							

حامض الفسفوريك :

حامض الفسفوريك (H_3PO_4) أو الحامض الاخضر او حامض العملية الرطبة ، ويحوي 39-55% P_2O_5 او ما يعادل 17-24% P . وينتج حامض الفسفوريك من تفاعل الصخر الفوسفاتي RP مع حامض الكبريتيك H_2SO_4 و ينتج من التفاعل الجيبس الذي من الممكن أن يستعمل مصلح و / او سماد كبريتي لاسيما للترب القاعدية كما يمكن تصنيع حامض الفسفوريك من خلال تسخين الصخر الفوسفاتي في مرمدة كهربائية Electric Furnace or Muffle Furnace - عنصر الفسفور والذي يتم تفاعله مع الماء والاكسجين لتكوين H_3PO_4 .

حامض الفسفوريك المنتج من خلال عملية الحرق يطلق عليه الفسفور الابيض او حامض المرمدة وينتج بشكل رئيس للاستعمالات الأخرى غير الزراعية . وهذا الحامض له درجة عالية - النقاوة وهو غالي الثمن .

الحامض الأخضر المخصص للزراعة يستخدم لتحميض الصخر الفوسفاتي لصناعة الأسمدة الفوسفاتية المختلفة . هذا الحامض يمكن ان يحقن مع الماء او يحقن في التربة لاسيما في الترب القاعدية والكلسية.

اسمدة فوسفات الكالسيوم

وهذه الأسمدة تشمل :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

السوبر فوسفات الاعتيادي و السوبر فوسفات الثلاثي :

هذه المصادر كانت هي الأكثر أهمية بالاستعمال ، أما في الوقت الحاضر فهناك مصادر اخرى تنافس هذه المصادر . عموما هذه الأسمدة ليس لها تأثير واضح في درجة تفاعل التربة .

السوبر فوسفات الاعتيادي او يسمى السوبر فوسفات المفرد **Single Super**
:(Phosphate (SSP) or (OSP

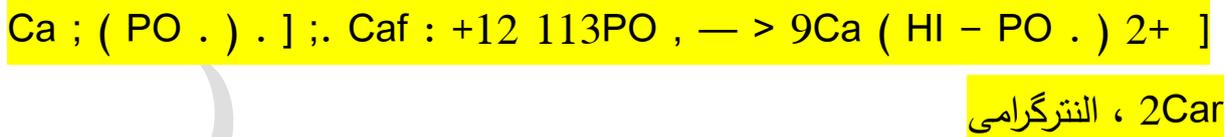
يصنع هذا السماد من تفاعل الصخر الفوسفاتي مع حامض الكبريتيك :



هذا السماد يحوي على 11-22 % ؛ P_2O_5 (9.6-4.8 % P) من هذه الكمية ذائب بالماء ، وهو مصدر ممتاز للفسفور والكبريت (12 % ؟) ، وعلى الرغم من انخفاض مستوى الفسفور فيه مما حدد من استخدامه الا انه يبقى مصدرا جيدا للكبريت والفسفور ولكن على نطاق محدود.

السوبر فوسفات الثلاثي Triple Super Phosphate :

يحوي هذا السماد على 44-52 % ؛ P_2O_5 (22.7-19 % P) ويصنع كما في المعادلة الاتية:



وهو مصدر عالي المحتوى من الفسفور وكمية الكبريت فيه لا تتجاوز 1 % وهذا المصدر هو الاكثر استعمالا في الولايات المتحدة الأمريكية وعالميا حتى عام 1960 بعدها بدأ سماد فوسفات الأمونيوم بالانتشار والمنافسة . وهو يصنع على اشكال حبيبية وغير حبيبية ، ويستعمل للمزج مع الأسمدة الاخرى او الاضافة المباشرة للتربة وسماد السوبر فوسفات

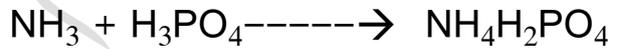
خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الثلاثي يصنع في العراق بشكل واسع في المنشأة العامة لصناعة الأسمدة الفوسفاتية في عكاشات / العراق . وهناك دراسات عدة على المستوى العالمي وعلى مستوى القطر اثبتت نجاح هذا السناد و استجابة المحاصيل المختلفة لإضافته لاسيما المحاصيل التي تحتاج الى الكالسيوم و في الترب الحامضية والحقيقة حتى في الترب الكلسية . حبيبة السناد عند ذوبانها تكون ذات pH منخفض جدا ولكن لفترة قصيرة وينتهي التأثير بمجرد التفاعل في التربة المحيطة ، والتأثير النهائي أما متعادل او بالاتجاه القاعدي ، لاسيما وان الترب في العراق ذات سعة بفرية عالية.

فوسفات الأمونيوم :

هذه الأسمدة تنتج من تفاعل حامض الفسفوريك مع الأمونيا . من هذه الأسمدة :

فوسفات احادي الأمونيوم او فوسفات الأمونيوم الأحادي
(Mono ammonium phosphate (MAP) : يحوي هذا السناد على 11 % N و 55-48 % ؛ (P₂O₅)(P%24-21) وهو سعاد ذائب بالماء (100%) .

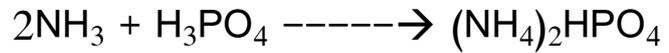


يضاف هذا السناد مباشرة للتربة على شكله المصنعة على شكل حبيبات وقد يصبح بهيئة سائلة ويضاف مع ماء الري ، تفاعله مع التربة حامضي ووجود الامونيوم معه يتطلب الاهتمام بموضوع اضافة الماء وعدم اضافة السناد قرب البذور، مع أن تفاعله الحامضي يقلل من موضوع تحول الامونيوم الى الامونيا أي بتعبير آخر الخوف من التطاير اقل مقارنة بفوسفات ثنائي الأمونيوم .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

فوسفات ثنائي الأمونيوم (فوسفات الأمونيوم الثنائية
: Di ammonium phosphate(DAP)

وهو يصنع من الأمونيا مع حامض الفسفوريك:



وهذا السماد ذائب بالماء 100 % ويحوي على 21 % N و 46-53 % P₂O₅ (20-23) السماد يعد السماد الأكثر انتشارا في الولايات المتحدة وينافس الأسمدة الأخرى حتى ال MAP وعلى الرغم من أن تفاعله قاعدي ، وهناك خوف من موضوع تطاير الامونيا وتأثيرها على النباتات الصغيرة و على الإنبات ، إلا أن احتواءه على P ، N وبمستويات جيدة جدا جعلته سماد مركب N وينافس الأسمدة الأخرى و هذا السماد يصنع بكميات كبيرة في الأردن ، وهو الان منافس جيدا الاسمدة في العراق الا انه غالي الثمن لكونه مستورد ، وهناك سماد عراقي ولكن مواصفاته ليس بمستوى السماد الأردني كلا السمادين ال MAP و DAP ذائبة 100 % بالماء ، والمقصود الذائب للجزء المعلن أي من الفسفور الموجود فيه ولكن هناك شوائب لأنه تجاري وليس للتحليل اما المختبري او المخصص للتحليل فذوبانيته 100 % بدون شوائب ، لذا يجب الانتباه عند استعمالها رشا أو مع مياه الري (الري بالتقيط) المحتوى العالي من PN يقلل كلفة الشحن والخرن والاضافة ، و يمكن ان تستعمل هذه الأسمدة لتصنيع الأسمدة المركبة والمخلوطة .
عند اضافة ال DAP يمكن ان يؤدي البادرات ويثبط نمو الجذور من خلال الامونيا المنتجة طبقاً للآتي :



هذه المشاكل شائعة في الترب الكلسية وذات ال PH المرتفع و اضافة ال DAP بمسافة من البذور ضرورية لتقليل الضرر وللاحتياط ، وفي كل الأحوال مستوى N يجب ان لا يتجاوز 15-20 كغم . هذا التأثير بال MAP اقل الا انه يحصل مع المحاصيل الحساسة مثل

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

السلمج والكتان . هذا اضافة الى ان DAP عند اذابته يكون ذا pH قاعدي بحدود 8.5 مما يشجع انتاج الأمونيا .

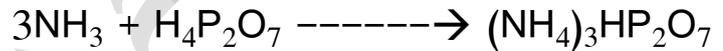
التفاعل الحامضي لـ MAP في التربة اعتبر على انه يشجع تحرر العناصر الصغرى ، الا ان هذه النتيجة ليست واضحة وثابتة .

عموما الفروق بين الـ DAP و MAP بالتطبيق ليست كبيرة وعلى العكس هناك دراسات اثبتت افضلية الـ DAP على MAP وعلى السوبر فوسفات.

فوسفات الأمونيوم المتعددة : Ammonium Poly Phosphate

يصنع بمعاملة البايروفوسفات $H_4P_2O_7$ مع الامونيا . حامض البايروفوسفات ينتج من ازالة الماء من حامض الفوسفوريك المنتج بالطريقة الرطبة.

البولي فوسفات مصطلح يصف أيونين او اكثر من الأورثوفوسفات H_2PO_4 جمعت سوية مع فقدان جزيئة ماء واحدة لأيونين من الأورثوفوسفات . ويصنع كما في المعادلة الآتية:



البولي فوسفات يتعرض الى تفاعلات كيميائية وحيوية منتجاً $H_2PO_4^-$. التحلل المائي للبولي فوسفات يكون بطيء في المحاليل المعقمة عند درجة حرارة الغرفة ، ومع هذا في الترب التي تعمل في الميكانيكيتين الكيميائية والحيوية ، التحلل المائي يكون سريع للبولي فوسفات ، وهي تتأثر بأحياء الرايزوسفير وانزيم الفوسفاتيز ، وبما أنها تمتلك جزء حيوي ، اذن التأثير بالعوامل البيئية مهم ولاسيما درجة الحرارة (الحرارة المثلى 5-35 ° م) المحاصيل تستطيع امتصاص البولي فوسفات مباشرة وهي ذات قابلية جيدة على خلب العناصر الصغرى مثل الزنك ، الا ان الخلب وقتي لحين التحلل . ١

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

فوسفات البوتاسيوم : Potassium Phosphate

هذه المنتجات تتضمن K_2HPO_4 و K_1HPO_4 وهي مركبات ذائبة بالماء ، وتستخدم بشكل واسع في المحاصيل البستانية، احتواءها من P و K العالي جعلها مواد جذابة وهي مثالية للعائلة الباذنجانية، الطماطم ، والبطاطا ومحاصيل الخضر الورقية الحساسة للكلور المتواجد في سماد كلوريد البوتاسيوم.

دليلها الملحي الواطئ يقلل من اثرها السلبي على البذور النابتة والبادرات اليافعة عندما توضع هذه الاسمدة قريبة أو عند البذور.

الاختلاف بالنسبة للجاهزية بين المصادر المختلفة للأسمدة الفوسفاتية قليل مقارنة بعوامل الإدارة الأخرى للفسفور مثل معدل الاضافة و طريقة الاضافة.

التسميد الفوسفاتي الحيوي أو الميكروبي:

PHOSPHATE SOLUBILIZING BACILLI OR NICROBIN

PFERTILIZATION (BIOFERTILIZER)

الأحياء المذيبة للفوسفات او الرايزوبكتريا الأخرى المتوافرة في التربة بكثرة ممكن ان تعزل من المحيط الجذري للنبات (الرايزوسفير) اذ ان الرايزوبكتريا معروفة في انها تستعمر جذور النباتات وتحفز النبات وتسمى (PGPB) PLANT GROWTH PROMOTING (BACTERIA) أي بكتريا محفزة لنمو النبات ، وهناك دراسات تبين أن هذه الأحياء تذيب معادن الفوسفات الأصلية وصخر الفوسفات ، والتأثير يأتي من تحرر الأحماض العضوية او مواد مخليبية وهناك لقاءات تجارية في كندا واستراليا لإذابة الفسفور واثبتت نجاحها .

تداخل النتروجين مع الفسفور :

النتروجين يحفز ويشجع امتصاص الفسفور بوساطة جذور النبات من خلال :

❖ زيادة نمو الجزء العلوي والجذور .

❖ تغير البناء الحيوي للنبات .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

❖ زيادة ذوبانية وجاهزية الفسفور .

❖ وهنا الأمونيوم يكون له تأثير اكبر من خلال دوره في خفض الـ pH وتشجيع الامتصاص .

حجم حبيبة السماد الفوسفاتي :

لحجم الحبيبة والذوبانية بالماء دور مهم في تفاعل الفسفور في التربة ، وعموما كلما قل التماس بين التربة والسماد يؤدي الى تحسن في جاهزية الفسفور .
كذلك الإضافة تلقيا او الاضافة الموقعية تكون اكثر كفاءة من النثر والخلط مع التربة (وذلك نتيجة لتقليل اسطح التماس ومن ثم تقليل الامتزاز) .

الفسفور المتبقي:

بشكل عام الجاهزية للفسفور المتبقي ممكن ان تبقى لمدة سنين اعتمادا على مستوى السماء المضاف و امتصاص الفسفور من قبل المحصول و خواص التربة المؤثرة في كيمياء الفسفور ومع هذا وبشكل عام ، الجاهزية تبقى لفترة أطول في الترب الكلسية والضعيفة التجوية مقارنة بالترب الحامضية والمجواة.

الحد الحرج للفسفور وللترب الكلسية بحدود (15-25 جزء بالمليون) (15-25 ملغم كغم⁻¹ تربة)، ومع هذا هناك اختلاف حسب التربة وحسب المحصول. المهم هو اجراء فحص تربة لتقدير محتوى التربة من الفسفور الجاهز وبطريقة جيدة لوصف هذه الكمية الجاهزة قبل اضافة الفسفور . ومع هذا وحتى لو كان مستوى الفسفور جيد فهناك دراسات عدة اثبتت ان اضافة ابتدائية للسماد الفوسفاتي تشجع وتعظم من الانتاج لاسيما وان دراسات حركات الفسفور اثبتت ببطء الامتصاص والحركة في التربة مما يستوجب الاضافة لتلبية الاحتياجات السرية.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

أسئلة عامة :

- ❖ ما هو الفسفور القابل للتجهيز Labile -P ؟
- ❖ هل ان الفسفور العضوي جاهز بشكل مباشر للنبات ؟
- ❖ كيف تتأثر جاهزية الفسفور بدرجة تفاعل التربة ؟
- ❖ ما هو الامتزاز والترسيب ، وكيف تؤثر في جاهزية الفسفور ؟
- ❖ ما هو المصدر الأصلي لمعظم الأسمدة الفوسفاتية ؟
- ❖ ما هو الحامض المستعمل بشكل شائع لتحميض الصخر الفوسفاتي ، ولماذا يعامل بالحامض؟
- ❖ تحت أي ظروف ونوع تربة ممكن أن يستعمل الصخر الفوسفاتي كسماد ، ويعطي نتائج مقنعة؟
- ❖ ما هي المحاسن والمساوئ لاسمدة DAP , MAP , TSP ؟
- ❖ ما هو المتبقي من الفسفور في التربة وما أهميته الزراعية ؟
- ❖ ما هو سماد البولي فوسفات وكيف يتحلل بالتربة ؟
- ❖ كيف يؤثر النتروجين في جاهزية الفسفور ؟

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الفصل الخامس

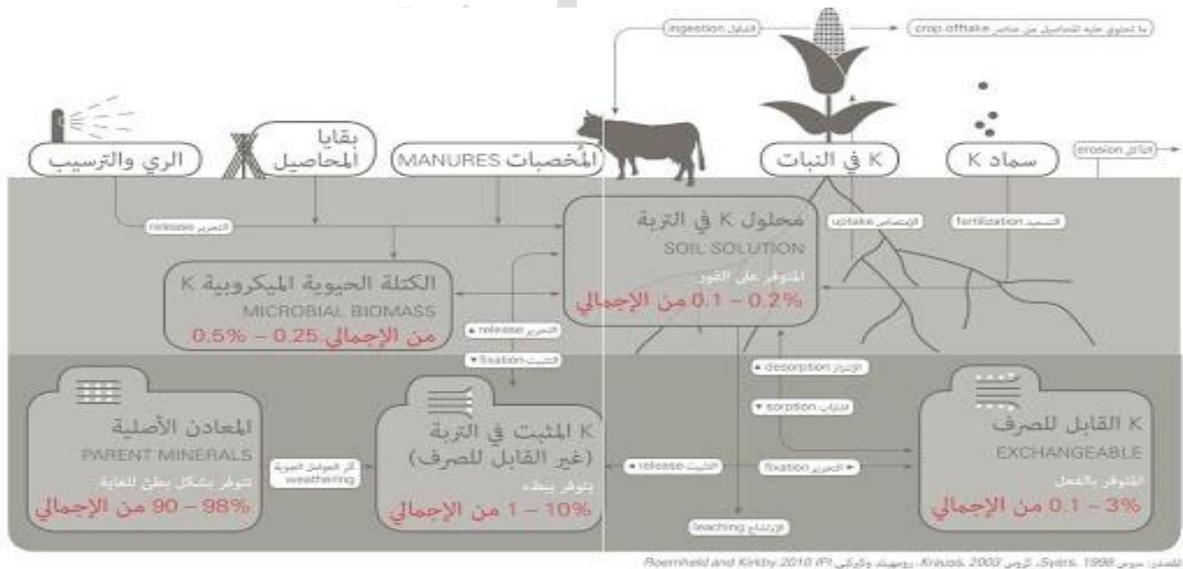
البوتاسيوم Potassium

البوتاسيوم في التربة :

يعد البوتاسيوم أكثر الأيونات الغذائية الكبرى توفرا في التربة إذ تتراوح كمية تواجده في التربة بين 3000-10000 كغم هكتار⁻¹ في العمق 20 سم من الطبقة السطحية للتربة من هذه الكمية 98 % مرتبط بالمعادن و 2 % فقط في الجزء الذائب (في محلول التربة) والمتبادل على الأسطح .

أشكال البوتاسيوم في التربة :

شكل 1-5 بين مخطط لدورة البوتاسيوم . اذ تشمل صور البوتاسيوم الثاني والمتبادل والمثبت والتركيبى . مجموع ذائب والمتبادل يمثل البوتاسيوم الجاهز في التربة . وبشكل عام تتدرج الجاهزية لصور البوتاسيوم المختلفة كما يأتي : الذائب في محلول التربة يكون سريع الجاهزية يليه المتبادل على الأسطح والذي يكون قابل للتجهيز بشكل جيد ثم البوتاسيوم المثبت داخل صفائح معادن الطين و هو بطئ الجاهزية وأخيرا البوتاسيوم التركيبى او المعدني الموجود في المعادن الأولية.



شكل (1-5) مخطط دورة البوتاسيوم

العوامل المؤثرة في جاهزية البوتاسيوم :

خصوبة التربة والتسميد

اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ نوع المعدن الطيني : المعادن من نوع 2:1 اكثر تخصصاً في تثبيت البوتاسيوم وتحتوي على اسطح للتبادل (CEC) ومن ثم اعلى بوتاسيوم متبادل من معادن 1:1 .
 - ❖ السعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC) : التربة ناعمة النسجة ذات قابلية أكبر على مسك البوتاسيوم من التربة الخشنة النسجة . بتعبير آخر كلما زادت السعة التبادلية للأيونات الموجبة كلما زاد خزين التربة من البوتاسيوم.
 - ❖ رطوبة التربة مهمة في نمو الجذور والنبات بشكل عام ومن ثم تؤثر في امتصاص البوتاسيوم ، وكذلك مهمة في حركة البوتاسيوم من التربة الى الجذور وفي امتصاصه .
 - ❖ تهوية التربة مهمة في نمو الجذور والامتصاص .
 - ❖ نوع النبات طبيعة النبات ونوع الجذور مهمة في موضوع امتصاص البوتاسيوم اذ ان النباتات احادية الفلقة لها القابلية على امتصاص البوتاسيوم بشكل اكفاً من النباتات الثنائية عند نفس المستوى من بوتاسيوم التربة وهذا له علاقة بالسعة التبادلية للجذور (RCEC) اذ تكون العلاقة عكسية، بسبب كثافة المجموع الجذري لأحادية الفلقة.
 - دور البوتاسيوم في النباتات :
 - ❖ تحفيز حوالي 120 إنزيماً ولذا فدور البوتاسيوم تنظيمي .
 - ❖ يساعد في تثخن الجدران ومن ثم يقلل من الاضطجاع والإصابة بالأمراض والحشرات لاسيما النتروجين . بتعبير آخر يوازن التأثير السلبي الناجم عن الاضافة الزائدة لبعض العناصر المغذية .
 - ❖ ينظم امتصاص المياه وفتح وغلق الثغور ومن ثم يزيد من كفاءة استعمال المياه .
 - ❖ يقوم بالمساعدة بنقل العناصر المغذية من الجذور الى الأجزاء العليا للنبات او نقلها الى الحبوب او الثمار لاسيما النترات وينقل المواد المصنعة من الأجزاء العليا الى الجذور ولذا يعمل حزامه ناقلاً للمواد .
 - ❖ يشجع انقسام الخلايا وتكوين البروتينات .
- وبشكل عام هناك من يطلق على البوتاسيوم رجل المرور في النبات لأدواره التنظيمية.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

نقص البوتاسيوم :

تظهر علامات على الأوراق السفلي اولا بشكل اصفرار في حواف الورقة بما يشبه الرقم ٨ ويرافق ذلك تحرقات على الحواف. (النقص لنبات الذرة الصفراء) .

مصادر البوتاسيوم السمادية: مصادر البوتاسيوم ومحتواها من العناصر المغذية مبينة في

الجدول 5-1.

جدول 5-1 الاسمدة الحاوية على البوتاسيوم

التحليل					المصدر
Cl	S	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	
47	-	60-62	-	-	كلوريد البوتاسيوم KCl
-	17	50-52	-	-	كبريتات البوتاسيوم K ₂ SO ₄
-	-	44	-	13	نترات البوتاسيوم KNO ₃
-	-	34	52	-	فوسفات احادي البوتاسيوم KH ₂ PO ₄
-	-	69	52	-	فوسفات ثنائي البوتاسيوم K ₂ HPO ₄

كلوريد البوتاسيوم :

ذوبانية عالية ورخيص الثمن ويستعمل في صناعة الأسمدة المركبة النسبة العالية 1.51 للكلور تحد من استعماله لتسميد بعض المحاصيل الحساسة للكلور مثل التبغ . واثبتت عدد من الدراسات (1) استجابة عدد من المحاصيل لإضافته ولاسيما عند الاضافة الارضية وادارة مياه جيدة . ومع هذا يجب الحذر عند رشه على الأوراق لاحتمالية تعرض الأوراق للحرق

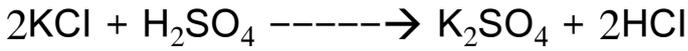
(1) يتكون KCl بطريقة التعويم وهو اذابة معدن السلفنايت بعد طحن واطافة بعض الامينات ، فإن كلوريد البوتاسيوم سوف يتجمع بالسطح لأنه كاره للماء وكلوريد الصوديوم محب للماء ينزل للأسفل ونزيل كلوريد الصوديوم والماء ويبقى KCl.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

لاسيما تحت ظروف المناطق الجافة وشبه الجافة . ولذا بشكل عام يفضل الرش بمصادر اخرى ولكنه ممكن ان يرش في المناطق الباردة .

كبريتات البوتاسيوم :

سماد جيد وتحديداته قليلة وهو مصدر للبوتاسيوم والكبريت الا انه غالي الثمن ولا يتكثل عند الخزن.



نترات البوتاسيوم :

سماد جيد وذائب بالماء بشكل ممتاز ولذا يستعمل في المحاليل المغذية.



الفصل السادس

الكبريت والكالسيوم والمغنيسيوم

الكبريت (Sulphur) :

توجد مركبات الكبريت على شكلين عضوي وغير عضوي العضوي بشكل أحماض امينية أو كبريتات فينولية و دهون وغير عضوي على شكل كبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والكبريت العنصري الذي يوجد بشكل ترسبات في باطن الأرض .

شكل الكبريت والجاهزية :

- ❖ مركبات الكبريت الذائب بالماء : وهو الكبريتات الموجودة في محلول التربة وهو الاكثر تيسراً للامتصاص بوساطة جذور النباتات.
- ❖ الكبريتات الممتزة على الأسطح الموجبة .

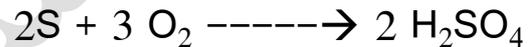
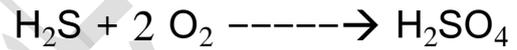
خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

❖ الكبريت الموجود في الجزء الصلب من التربة ويشكل جزء من معادن التربة وعموما هناك نوع من الاتزان بين هذه الإشكال.

اهم مصادر الكبريت :

الصخور الحاوية على الكبريت والكبريت الجوي والكبريت العضوي والكبريت المضاف كالأسمدة. تستطيع النباتات الاستفادة من أكاسيد الكبريت الجوي اما من خلال ذوبانه مع الأمطار ونزوله الى التربة (الأمطار الحامضية) او الامتصاص بشكل مباشر عن طريق الأوراق.

تمتص النباتات الكبريت على شكل كبريتات (SO_4^{2-}) ولذلك عملية الاكسدة مهمة وتتم كما يأتي :



وهذه العملية كيموحيوية لأنها تتم بوساطة احياء هوائية اجباريا (Thiobacillus) ذاتية التغذية وهي عمل مولدة للحموضة ومن اهم وظائف الكبريت في النباتات :

❖ يشترك في تكوين بروتينات النبات وعدد من الانزيمات والفيتامينات .

❖ له علاقة بأنزيم النتروجيناز لذا فهو مهم في تثبيت النتروجين الجوي تكافلياً .

❖ يسهم الكبريت في عمليات الأوكسدة والاختزال في النبات

❖ يدخل في تكوين ثلاثة مركبات مهمة ضرورية جدا للحصول على الطاقة التي تشغل

ايض النبات لذا يعد الكبريت عصب الفعاليات الحيوية للنبات . وهذه المركبات:

TPP = Thiamine pyrophosphate , Lipoic acid , CoASH

اعراض النقص : كما في الشكل الاتي (نبات الذرة الصفراء) لاحظ التلون البني

المحمر في اسفل الورقة والنقص مشابه لنقص النتروجين .

الأسمدة الحاوية على الكبريت :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الكبريت الزراعي وكبريتات الأمونيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والجبس وحامض الكبريتيك والأسمدة المغلفة بالكبريت. الكبريت الزراعي يجب ان يضاف قبل مدة من الزراعة تعتمد عل ظروف التربة وعموما تحتاج الى شهرين او اكثر كي تكون هناك فرصة كاملة للأكسدة والتحول الى الكبريتات. والشكل 6-1 بين مخططا لدورة الكبريت في الطبيعة.

شكل 6-1 مخطط لدورة الكبريت في الطبيعة

الامطار الحامضية:

في الدول الصناعية هناك نسبة عالية من غاز ثنائي اوكسيد الكبريت في الجو وعند هطول الأمطار يتحد هذا الغاز مع الماء مكونا حامض الكبريتيك وعليه تنزل غالبا في تلك المناطق الصناعية لاسيما في كندا فهناك امطار ذات pH منخفض أو حامضي تسمى بالأمطار الحامضية .

اسئلة عامة :

قارن بين دورتي النتروجين و الكبريت من حيث التشابه؟

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الكالسيوم Calcium

اشكال الكالسيوم في التربة :

- ❖ كالسيوم محلول التربة : الكالسيوم الذائب والأكثر جاهزية للامتصاص من قبل النبات .
 - ❖ الكالسيوم المتبادل : ممتز على غرويات التربة المختلفة وهو قابل للتجهيز ويعد مخزنا الكالسيوم في التربة .
 - ❖ الكالسيوم قليل الجاهزية او يعد غير جاهز في الغالب : وهو الكالسيوم الموجود في المعادن الأولية ومنها كاربونات الكالسيوم التي تتواجد بنسب عالية في الترب العراقية
- ### مصير الكالسيوم المضاف الى التربة :

الكالسيوم المضاف الى محلول التربة يسلك المسالك الآتية : (دورة الكالسيوم الشكل 2). اما يمتص من قبل النبات والأحياء الموجودة في التربة او يمتز على اسطح التبادل او يعاد ترسيبه كمركبات كالسيوم ثانوية او يغسل مع ماء الغسل عند توفر ظروف الغسل.

الشكل (6-2) دورة الكالسيوم والمغنيسيوم في التربة.

دور الكالسيوم في النبات :

1. يدخل في تركيب جدران الخلايا على شكل بكتات الكالسيوم ولذا فهو مهم في نمو النسيج المرستيمي وصلابة جدران الخلايا وتكون النباتات اقل عرضة للإصابة بالمسببات المرضية والحشرية .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

2. يجعل نبات الحنطة أقل عرضة للاضطجاع .
 3. يدخل في تركيب غشاء الخلايا ولذا تواجهه مهم في الاختيارية في امتصاص العناصر المغذية و يرفع كفاءة النبات في امتصاص البوتاسيوم.
 4. يخلص النباتات من السمية بحامض الأوكزاليك من خلال ترسيبه على شكل اوكسالات الكالسيوم .
 5. يسهم مع البوتاسيوم في تنظيم الجهد الازموزي ونقل المواد المصنعة في الأوراق الى حيث ما يحتاجها النبات (بذور ، ثمار ، درنات) .
 6. للكالسيوم دور مهم في تكوين العقد الجذرية المسؤولة عن تثبيت النتروجين الجوي .
- امتصاص الكالسيوم قليل بشكل عام لأنه يتم من خلال الاجزاء الفتية ولاسيما رؤوس الشعيرات الجذرية اليافعة او الفتية ويقل الامتصاص مع تثخن الخلايا . تجهيز جيد الكالسيوم مهم لمحاصيل الجت والبطاطا والبنجر السكري التي لها متطلبات عالية من الكالسيوم .
- نقص الكالسيوم (الصورة ادناه) يرتبط بعدد من الأمراض الفسيولوجية التي تظهر على بعض محاصيل الخضر مثل تعفن الطرف الزهري (Blossom End Rot) في الطماطه واللب المر (Bitter pit) في التفاح والنقرة الفارغة (Cavity spot) في الجزر والقلب الأسود (Black heart) في اللهانة والكرفس .
- بشكل عام نقص الكالسيوم نادرا في الترب الزراعية ذات التفاعل المائل للقاعدية وشائع في الترب الحامضية الا ان المشكلة في انتقال الكالسيوم من التربة الى الأجزاء العليا وبين أجزاء النباتات المختلفة وذلك لأنه عنصر بطيء الحركة او معلوم الحركة داخل النباتات ولذا تظهر اعراض النقص على قمم الأوراق و النباتات والثمار السوء في التوزيع داخل النبات وقصور في النقل والتجهيز. وبشكل عام تعد عملية اضافة المركبات الحاوية على الكالسيوم عملية ادارية مهمة في الترب الحامضية .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

تعفن الطرف الزهري في الطماطة (Blossom End Rot)

اسمدة الكالسيوم :

كاربونات وكلوريد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم ونترات الكالسيوم والسوبر فوسفات يتعبير
اخر يضاف الكالسيوم غالبا مع اضافة الأسمدة الأخرى .

المغنيسيوم Magnesium

دورة المغنيسيوم وتفاعله في التربة تشابه الى حد كبير دورة الكالسيوم (شكل 6-2)

دور المغنيسيوم في النباتات : (1)

❖ يعد الجزء المركزي لمادة الكلوروفيل .

❖ يعمل ناقلا للفسفور .

❖ له دور مهم في تثبيت النتروجين الجوي .

❖ له أهمية كبيرة في الحشائش لاسيما وأن هناك مرض يسمى الكزاز الذي يصيب

الحيوانات التي تتغذى على حشائش تعاني من نقص المغنيسيوم ويسمى هذا المرض

Grass tetany بسبب زيادة امتصاص الكالسيوم⁽²⁾.

اسمدة المغنيسيوم :

اهم الأسمدة : هو الأبسوم (كبريتات المغنيسيوم $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) ونترات المغنيسيوم.

الفصل السابع

العناصر المغذية الصغرى Micronutrients

(1) يستخلص ال (Mg+2) بكلوريد الكالسيوم او خلات الامونيوم او مع الماء .
(2) زيادة امتصاص ال K يؤدي الى نقص امتصاص ال Ca+2 وظهور النقرة المرة بالتفاح ويؤدي كذلك الى نقص امتصاص ال Mg+2 وظهور مرض الكزاز Grass tetany .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

العناصر المغذية الصغرى مساوية من حيث الأهمية للعناصر الكبرى الا انها تضاف إلى التربة و النباتات بكميات أقل بكثير . النباتات التي تعاني من نقص هذه العناصر تظهر نقص في الانتاج ورداءة في النوعية و لا يمكن اكمال دورات حياتها في حالات النقص الشديد .

تتواجد العناصر المغذية الصغرى في التربة على الاشكال الاتية :

- ❖ اما على شكل ذائب في محلول التربة .
- ❖ أو ضمن المواد العضوية وأجسام الأحياء المجهرية في التربة .
- ❖ او ممتزة على السطح الامتزاز .
- ❖ او جزء من التركيب المعدني للمعادن الأولية والثانوية .

الحديد (Fe) Iron

يمتص الحديد بوساطة جذور النباتات كحديد ثنائي (Fe^{+2}) و الحديد يؤثر في الكثير من الإنزيمات في النباتات ومنها الإنزيمات المشتركة في تمثيل الكلوروفيل ولذلك فان نقصه يسبب شحوباً (اصفراراً لأوراق النبات) ويشترك الحديد في عملية التنفس والبناء الضوئي فهو يسهم في عملية تثبيت النتروجين الجوي كما يدخل الحديد في تكوين الفيردوكسين والذي يعد ضروريا في عملية اختزال النترات الى امونيا والتي تتحول الى احماض امينية وعليه فهو يؤدي الى زيادة كمية البروتين .

علامات النقص: تظهر اولاً على الأوراق الحديثة لان الحديد قليل الحركة في النبات والنقص يظهر بشكل أصفرار وشحوب بين عروق الورقة ويتطور ليغطي كل الورقة و أحيانا تتحول الورقة الى لون ابيض مع بعض الثقوب والتحرقات اذا استمر النقص او بزيادة الحاجة للحديد. زيادة تركيز الحديد ممكن أن يؤدي الى سمية أحيانا تحت ظروف معينة (ظروف الاختزال التي تزداد فيها ذوبانية وجاهزية الحديد).

العوامل المؤثرة في جاهزية الحديد :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

1.تفاعل التربة القاعدي (اعلى من 7.0) وتواجد كاربونات وبيكاربونات

الكالسيوم : زيادة درجة تفاعل التربة وحدة واحدة يؤدي الي نقصان الحديد

الثنائي الجاهز بمقدار 100 مرة .

2. الرطوبة والتهوية : ظروف التخفق والاختزال بشكل عام تؤدي الى زيادة الحديد

الثنائي الذي يكون اكثر ذوباناً وجاهزية من الحديد الثلاثي الا ان نقص التهوية

ممكن ان يقلل من نمو الجذور ونقص في الامتصاص.

3.انخفاض درجة حرارة التربة عن (15 درجة مئوية) يؤدي الى نقص امتصاص

الحديد بوساطة جنور النبات .

4.. تواجد المواد العضوية : ممكن أن تؤثر كونها مدة تمسك بالحديد وتقلل من

ترسيبه لاسيما في الترب العضوية ومن ثم تزداد جاهزيته ، فضلا عن أن هناك

علاقة بين المادة العضوية و pH التربة .

5. النتروجين المضاف لاسيما الأمونيوم ممكن أن يزيد من جاهزية الحديد عن

طريق زيادة حموضة التربة .

6.احياء التربة المجهرية: زيادة نشاطها يؤدي إلى خفض pH التربة ومن ثم زيادة

جاهزية الحديد .

7.عامل النبات : النبات يزيد من الجاهزية من خلال افراز المواد التي تزيد من

جاهزية الحديد .

اسمدة الحديد :

كبريتات وكلوريدات الحديد وهي اسمدة معدنية جيدة الذوبانية الا انها تحول في التربة الى

أشكال غير جاهزة للنبات لاسيما في الترب الكلسية وذات درجة التفاعل القاعدي (اعلى من

7.0)⁽¹⁾.

(¹) طريقة الاضافة : (1) للتربة - - - - - اضافة ارضية . (2) للنبات - - - - - الرش ، وهو الافضل لأنه يقلل التركيز.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الأسمدة المخيلية او الشيلات Chelates: هناك عدد من المركبات طبيعية أو مصنعة ممكن ان تغلف الحديد وتقلل من تفاعله مع مكونات التربة ومن ثم تزيد من مدة بقاءه في التربة بشكل جاهز ومن هذه المواد :

EDTA (ethylene diamine tetra acetic acid)

DTPA (diethyl tryamine penta acetic acid)

EDDHA (ethylene diamine di- 0- hydroxyphenyl acetic acid)

يتأثر المركب المتكون من المخلب والعنصر ومدى استقراره وبقائه بدرجة تفاعل المحلول ويعد المركب EDDHA اكثر استقراراً اذ انه يبقى مستقراً في المدى لل pH بين 4-9 وهو مدى واسع ويشمل معظم الترب الزراعية ولذا يعد الحديد المخليبي - Fe EDDHA من افضل انواع الأسمدة المخيلية واكثرها استقرار . اما EDTA فإنه مستقر عند PH يساوي 6.5 و DTPA يساوي 7,0.

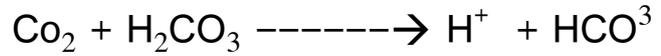
الزنك (الخارصين) Zinc :

دورة الزنك في التربة تشبه الى حد ما دورة العناصر المغذية الموجبة الشحنة الأخرى ، اذ ان الزنك الجاهز للنبات يأتي من الزنك الذائب في محلول التربة والمتمز على الأسطح ومن ذوبانية معادن الزنك و المادة العضوية في التربة .

الزنك في النبات: يمتص النبات الزنك على صورة Zn^{+2} والزنك يشترك في عدد من النشاطات الانزيمية الا انه غير مؤكد هل ان الزنك دوره وظيفي أي يدخل في التركيب ام تنظيمي كما هو الحال بالنسبة للبتواسيوم ، المهم هو دور الزنك في تكوين البروتينات والهرمونات لاسيما منظم النمو الاندول استك اسد (IAA) ولذا نقص الزنك يؤدي الى قصر السلاميات و صغر حجم الأوراق الذي يؤدي إلى ازدحام الأوراق وحدوث ظاهرة التورد . الزنك ايضا يشترك في بناء الكلوروفيل وتنشيط الانزيمات المساهمة في تحديد هوية غشاء

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الخلية من حيث الاختيارية ، كما يعد متخصصاً لانزيم carbonic anhydrase اذ يعمل عاملاً مساعدة للتفاعل :



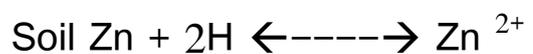
إن وجود هذا الانزيم يخلص النبات من زيادة CO_2 ، فضلاً عن أنه يعمل منظماً لدرجة التفاعل (pH) في الخلايا ومن ثم يحافظ ويحمي البروتينات من فقدان هويتها Denaturation . كما أن الزنك يكون متخصصاً في تكوين بروتينات السايتركرومات ذات الأهمية الكبيرة في عمليتي البناء الضوئي والتنفس . كما أن له دوراً مهماً في تكوين الحامض النووي .

علامات النقص : مساحات خضراء فاتحة اللون او بيضاء فيما بين عروق الأوراق ولاسيما الأوراق القديمة لان الزنك عنصر متحرك داخل النبات (لاحظ الصور التالية) السلاميات تكون قصيرة ولذا النبات يكون قصير بشكل عام والأوراق صغيرة ومتجمعة احياناً الأوراق والثمار تكون مشوهة الشكل .

يبلغ تركيز الزنك في النباتات في المدى 25-150 ملغم .كغم مادة جافة والنقص يرتبط بمستوى بحدود 10-20 ملغم كغم -1 . اعتمد على نوع المحصول . اما السمية فمن الممكن أن تحدث عند تراكيز 400 ملغم كغم 1 مادة جافة . المستويات السمية ممكن أن تؤثر في نمو الجذور وهذا ممكن أن يؤدي إلى موت النباتات . ان تحليل الأوراق هنا ممكن ان لايعطي دليل جيد لان الجذور تمنع الامتصاص ومن ثم تظهر الزيادة من المحاصيل . من المحاصيل الحساسة لنقص الزنك فتق الحقل وفول الصويا .

العوامل المؤثرة في جاهزية الزنك :

❖ درجة تفاعل التربة (pH) معظم نقص الزنك يحدث في الترب القاعدية والعلمية وذلك لتحول الزنك إلى شكل غير ذائب .



خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ المادة العضوية في التربة: يكون الزنك معقدات مع المواد العضوية قسم منها ذائب وقسم غير ذائب وهنا واعتمادا على نوع المعقد فان الجاهزية تزيد او تنقص ومع هذا فالاحماض الدبالية والفولفية تكون معقدات و اكثر جاهزية ، هذا فضلا عن أن المادة العضوية في التربة تخفض درجة تفاعل التربة (pH) ولذا تزيد من الجاهزية .
 - ❖ تداخل الزنك مع العناصر الأخرى : الزنك ممكن أن يتنافس مع الأيونات الموجبة على مواقع الامتصاص . كما أن وجود تراكيز عالية من الفسفور ممكن أن تؤثر في الجاهزية. هذا مع أن التداخل مع الفسفور ليس بهذه السهولة .
 - ❖ قشط التربة السطحية أو التعرية تزيد من احتمالية ظهور نقص الزنك على النباتات المزروعة في مثل الظروف .
 - ❖ عامل النبات : هناك نباتات حساسة لنقص الزنك مثل الذرة البيضاء والفاصولياء واشجار الفاكهة لاسيما التفاح و الخوخ وكما ذكر سابقا فستق الحقل وفول الصويا .
- مصادر الزنك :**
- ❖ المصادر العضوية ذات محتوى واطئ بشكل عام الا ان مخلفات المجاري (الحمأة) ممكن ان تحوي نسباً عالية.
 - ❖ الزنك المعدني : كبريتات الزنك من الأسمدة الممتازة لاسيما للرش على الأوراق .
 - ❖ الزنك المخلبي : Zn DTPA من افضل الاسمدة وكذلك (Green Zet) يحوي 48 % زنك و 40% منغنيز و 12 % مغذيات صغرى اخرى .

النحاس (Cu²⁺) Cupper

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

النحاس في النبات : يمتص النبات النحاس على صورة Cu^{2+} والتركيز الاعتيادي للنحاس بحدود 5-10 ملغم كغم -1، مادة جافة والنقص محتمل اذا كان التركيز في النبات اقل من 4 ملغم كغم مادة جافة . يشترك النحاس في تفاعلات الأكسدة والاختزال من خلال نقل الالكترونات لاسيما في عمليتي البناء الضوئي والتنفس وفي عملية اختزال النترات ومن ثم تكوين الأحماض الأمينية والبروتين كما أن للنحاس دور في جزيئة ال ATP كما أن الدور المهم للنحاس يكمن في دوره في تكوين اللكتين في جدران الخلايا ومن ثم يؤثر في صلابة الجدران ويقلل من الاضطجاع والاصابة بالأمراض (لاسيما الفطرية منها والحشرات والاجهادات البيئية).

علامات نقص النحاس : مع انه غير شائع الا انه يظهر على النباتات الحساسة وهو بشكل شحوب على الأوراق الحديثة (الشكل الاتي) كم ان نقص النحاس يؤدي الى طراوة رؤوس البصل ومن ثم سرعة تعفنها. ومع هذا ، التراكيز العالية تؤثر سلبياً في الجذور علما أن السمية غير شائعة وليس من السهولة تشخيصها .

مصادر النحاس :

- ❖ المادة العضوية في التربة والسماذ العضوي المضاف .
- ❖ النحاس المعدني كبريتات النحاس اكثر شيوعا واكثر فعالية والاضافة الأرضية هي الشائعة الا ان الاضافات رشا ممكن أن تكون للحالات الإسعافية .
- ❖ النحاس المخلبي : Cu - EDTA جيد ايضا لاسيما للاضافة الأرضية .

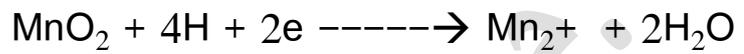
المنغنيز (Mn²⁺) Manganese

دورة المنغنيز : التوازن بين الذائب والمتبلل والعضوي والمعدني يحدد جاهزية المنغنيز للنباتات. العملية الرئيسية المؤثرة هي الأكسدة والاختزال لأن المنغنيز الثاني والذي يتوفر في

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الوسط المختزل هو الذائب والممتص من قبل النباتات ولذا من أهم العوامل المؤثرة في الجاهزية : درجة تفاعل التربة (pH) و المحتوى الرطوبي و التهوية (حالة الأكسدة والاختزال والتعقيد) مع المواد العضوية .

المنغيز في النباتات: تركيز المنغيز في المدى 50-150 ملغم /كغم¹⁻ مادة جافة والنقص يكون عند 15-20 ملغم كغم مادة جافة و المنغيز يجب ان يختزل الى Mn^{2+} لكي يمتص من قبل النباتات (عموما الصور الاقل تكافوا اكثر جاهزية) .



المنغيز مهم في تفاعلات البناء الضوئي والتنفس وتنشيط الانزيمات ونمو الجذور وهو اساسي في نقل الالكترونات خلال الكلوروفيل لاختزال CO_2 إلى كاربوهيدرات ونتاج الأوكسجين من الماء . المنغيز له دور في بناء الكنين وتثخن الخلايا . نقص المنغيز كما موضح أدناه :

العوامل المؤثرة في الجاهزية للمنغيز:

- ❖ درجة تفاعل التربة (pH) : الجاهزية واطئة في الترب الكلسية (ذات ال pH القاعدي) .
- ❖ الماء الزائد ورداءة التهوية : التهوية الرديئة لاسيما في الترب الغدقة تزيد من ذوبانية المنغيز لاسيما في الترب الحامضية. ان عدم ظهور أعراض نقص المنغيز في زراعة الرز يعود غالبا الى الغمر .
- ❖ المادة العضوية في التربة حسب نوع المعدن المتكون الذي أما أن يزيد او ينقص من الجاهزية .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

❖ المناخ : من خلال التأثير في المحتوى الرطوبي ودرجة الحرارة اذ أن انخفاض الحرارة يقلل من الامتصاص .

❖ عامل النبات لغرض نمو جيد فان مدى بحدود 2-8 ملغم .كغم⁻¹ تربة يكون كافيا .

مصادر المنغيز :

❖ العضوي : عموما المستوى واطئ للمنغيز في الأسمدة العضوية عدا مخلفات المدن والمجاري تحوي نسبة عالية منه .

❖ المنغيز المعدني : كبريتات المنغيز هي الشائعة في الاستعمال ويمكن ان تضاف إلى التربة او الأوراق .

❖ المنغيز المخليبي : متوفر ويضاف رشا على الأوراق بشكل عام لا يفضل اضافة المنغيز العمل إلى التربة لأن منافسة الكالسيوم والمغنيسيوم تكون عالية وتحل هذه الأيونات محل المنغيز في المعقد المخليبي ويفقد المخلب هنا دوره في المحافظة على المنغيز من الترسيب لاسيما في المركبات المخيلية غير المستقرة.

نقص المنغيز الناتج عن ارتفاع درجة تفاعل التربة (Ph) او الكلسية يمكن معالجته بالأسمدة المولدة للحموضة مثل الكبريت والامونيوم.

البورون (B) Boron

دورة البورون : بورون التربة يتواجد في الصخور والمعادن وممتز على أسطح الطين واكاسيد الحديد والألمنيوم ومرتبطة مع المادة العضوية للتربة وفي محلول التربة فهم دورة البورون مهمة بسبب المدى الضيق بين مستوى الكفاية والسمية للبورون في محلول التربة .

البورون في النباتات : يمتص البورون الممتص على شكل ايونات السالبة الشحنة (B_4O_7)
 $H_2BO_3^{2-}$, $H_3BO_3^{2-}$, BO_3^{3-} , $^{2-}$) نقل البورون في اللحاء من الأوراق الى الأجزاء الأخرى للنبات محدد لذلك يتجمع البورون لاسيما في الأوراق القديمة. وهذا يوضح سبب ظهور علامات السمية على قسم الأوراق القديمة اولا .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

وظائف البورون وعلامات النقص : الوظيفة الأساسية للبورون في النبات هو تكامل جدار الخلية اذ ان البورون يجهز الروابط بين السكريات المتعددة لجدار الخلية التي تعطي التركيب لجدار الخلية. ومع هذا روابط البورون مرنة بحيث تسمح للتمدد الطبيعي للخلية . وعموماً الحشائش اقل اعتماداً على البورون في هذه العملية مع استمرار اهمية البورون للحشائش . البورون اساسي في نقل السكريات الناتجة من التركيب الضوئي الى الأجزاء المرستيمية النامية ونهايات البذور والبراعم والانسجة الخازنة والناقلة . البورون مطلوب في التطور الطبيعي للعقد الجذرية في البقوليات. نقص البورون يؤثر في الأجزاء التكاثرية أكثر من الخضرية. للبورون دور في عملية التلقيح والاحصاب ونمو الانبوبة اللقاحية وعليه فان نقصه يؤدي إلى نقص في إنتاج المحاصيل مثل الذرة. أن سمية البورون غير منتشرة الا انها ممكنة لاسيما عند الري بمياه عالية المحتوى من البورون لذلك يعد تركيز البورون احد مؤشرات صلاحية مياه الري .

العوامل المؤثرة في جاهزية:

❖ درجة تفاعل التربة (pH) : جاهزية البورون تقل مع ارتفاع ال pH لاسيما اعطى من 6,3 .

❖ المادة العضوية في التربة : اضافة المادة العضوية للتربة او الموجودة أصلا ممكن ان تزيد من جاهزية البورون .

❖ التداخل مع العناصر الغذائية: توافر كالسيوم عالي يساعد النباتات على تحمل تراكيز عالية من البورون وتعتمد النسبة 1:1200 كالسيوم : بورون في الأوراق لتبين احتمالية الحاجة الى اضافة البورون.

❖ نقص البورون على المحاصيل الحساسة مثل الجت ممكن ان يزداد سوءا باضافة البوتاسيوم او التسميد بالكالسيوم. كما أن عدد من الأبحاث المنفذة في القطر اثبتت من امكانية زيادة حاصل البطاطا عند الرش بالبورون .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

مصادر البورون :

- ❖ البورون العضوي: محتوى البورون في المخلفات العضوية واطىء الا انه وتحت الاضافات الاعتيادية للأسمدة العضوية فأن الكمية ممكن ان تكون كافية .
- ❖ البورون المعدني : البوراكس (تترا بورات الصوديوم المصدر الأكثر شيوعا وكذلك حامض البوريك) . والطريقة الشائعة للإضافة هي النثر او التلقيح او الرش او الإضافة بشكل بودر (مسحوق) . المهم عند الإضافة أن يكون التوزيع جيداً لأن المدى بين الكفاية والسمية ضيق جدا والإضافة غير المتساوية ممكن أن تؤدي الى تجمع البورون بكمية كبيرة في بعض الأماكن مؤدية الى السمية وعموما الإضافة بين 0.1-3.5 كغم بورون لكل هكتار اعتمادا على طريقة الإضافة فتكون ادناها 0.1-0.6 مع الرش وأعلاها 0.6-3.5 كغم بورون لكل هكتار عند الاضافة نثراً .

الكلور (CT) Chloride

تقريبا كل الكلور في التربة يكون بشكل ذائب في محلول التربة وبسبب هذه الذوبانية العالية كمية معتبرة من الكلور تغسل عندما يتجاوز الري او المطر التبخر -نتح ، نقص الكلور نادر الحدوث الا انه ممكن تحت بعد الظروف والحالات .

الكلور في النبات: بتركيز الكلور في النبات في المعدى 0,2- 2,0 % مع ان مستويات تصل الى 10 % ممكنة الحدوث ، مع انها ليست شائعة هذه القيم تتجاوز المتطلبات المحددة للنبات من الكلور واحيانا يكون المستوى سمي لبعض النباتات الحساسة اذا تجاوز 0.5-2.0 % .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

وظائف الكلور: يشترك بشكل رئيس في العمليات الازموزية وموازنة الأيونات الموجبة وهذا مهم في العملية الحيوية . هناك ما يزيد على 100 مركب عضوي معروف في النباتات يحوي على الكلور ويشترك الكلور مع المنغنيز في عملية التحلل الضوئي للماء (Photolysis) في تفاعلات الضوء لعملية البناء الضوئي . من اهم ادوار الكلور في النبات هو تحسين العلاقات المائية وتثبيط بعض امراض النبات . ولذلك عند احتمالية حدوث اصابة الحنطة الشتوية بتعفن الجذور (take - all root rot) فان اضافة كلور بحدود 50 كغم لهكتار مع او قرب البذور تكون هي المعاملة للوقاية . وعموما كمية بحدود 6-12 كغم لهكتار تكون كافية للمناطق المعتدلة ولمعظم المحاصيل .

المولبدنوم (Mo) Molybdenum

دورة المولبدنوم : مع ان المولبدنوم ايون سالب (انيون) في المحلول الا ان العلاقات بين صورته المختلفة لا تختلف كثيرا من الأيونات الموجبة .

المولبدنوم في النبات : تمتص النباتات المولبدنوم بشكل الموليبيدات (MoO_4^{2-}) محتوي النباتات من هذا العنصر واطئة جدا لا تتجاوز 1 ملغم . كغم⁻¹ مادة جافة وذلك بسبب المحتوى الواطئ جدا للموليبيدات في المحلول وبشكل عام النباتات التي تعاني من نقص المولبدنوم تحوي اقل من 0.2 ملغم . كغم⁻¹ مادة جافة . المولبدنوم اساسي لنزيم النايترت رديكتيز (Nitrate reductase) الذي يقوم بعملية اختزال النترات عند تمثيلها داخل النبات . كما انه لأنزيم النايتروجنتيز المهم في عملية تثبيت النتروجين الجوي تكافلياً . ويرفع المولبدنوم من كفاءة امتصاص الفسفور اذ يسرع من عملية تحوله من الفسفور المعدني الى الفسفور العضوي مما يحفز من عملية امتصاصه . الكميات الزائدة من المولبدنوم في النبات ممكن ان تسبب سمية (تشوه في العظام) للحيوانات التي تتغذى على هذه النباتات لان الأغنام والابقار التي تتغذى بشكل مباشر على الحشائش في المراعي لاسيما عندما يكون هناك خلل في التوازن بين المولبدنوم و النحاس، والعلاج هنا يمكن ان يتم باضافة النحاس .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

العوامل المؤثرة في جاهزية المولبدنوم في التربة :

- ❖ درجة تفاعل التربة (pH) جاهزية الموليبيدات تختلف عن بقية العناصر الغذائية الصغرى اذ انها تزداد مع زيادة درجة تفاعل التربة (pH) والزيادة هنا بمقدار عشر مرات لكل وحدة واحدة زيادة في درجة تفاعل التربة (. pH)
- ❖ اكاسيد الحديد او الالمنيوم الموليبيديوم يمتز على اسطح هذه الأكاسيد وتقل الجاهزية نتيجة لذلك .

مصادر المولبدنوم السمادية:

- ❖ السماد العضوي بشكل علم محتوى الأسمدة العضوية من المولبدنوم واطئ.
- ❖ الموليبدنوم المعدني : هناك اسمدة مختلفة مثل موليبيدات الأمونيوم والتي تضاف بتراكيز واطئة 50-500 غم للهكتار (0,5 - 5,0 كغم هكتار⁻¹) . و احيانا تعامل البذور بمحلول الموليبيدات وبتراكيز واطئة .

النیکل (Ni) Nickel

النیکل هو العنصر الأخير الذي اضيف عام 1987 على انه عنصر اساسي للنباتات الراقية . محتوى النباتات بشكل طبيعي يتراوح بين 0.1-1.0 ملغم كغم⁻¹ ، مادة جافة . يمتص على شكل Ni^{+2} وهو المكون الفلزي لانزيم اليوريز الذي يساعد على التحلل المائي لليوريا . كما انه مهم في تمثيل النتروجين في البقوليات ويشجع انتاجية البذور لمحصول فول الصويا كذلك يشجع انبات بذور الحبوب الصغيرة . التسميد بمخلفك المجاري (الحماء) ممكن أن يضيف تراكيز عالية من هذا العنصر ولذا يجب الانتباه الى ذلك .

العناصر المغذية المفيدة :

هناك عدد من العناصر تكون مفيدة لبعض النباتات ولكنها لم تعد اساسية لإكمال دورة حياة النباتات .

الكوبلت (Co) Cobalt :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الكويت اساسي لنمو الاحياء المجهزية التعايشية (الرايزوبيا) و البكتريا الميته للنتروجين حرة المعيشة والطحالب الخضراء المزرقه ،بتعبير اخر الكوبلت مهم بالنسبة لتنشيط النتروجين الجوي في محصول الجت ممكن ان يحفز بتركيز كوبلت بحدود 10 جزء بالليون (10 جزء من ألف مليون جزء) . الكوبلت مهم في بناء فيتامين B₁₂ في الحيوانات المجترة . التسميد باسمدة كبريتات الكوبلت وبحدود 1.5-3.0 كغم هكتار⁻¹ .

الصوديوم (Na) Sodium :

الصوديوم اساسي للنباتات الملحية : الصوديوم يمكن أن يعوض جزئياً من البوتاسيوم في حالات النقص الشديد للبوتاسيوم تركيز الصوديوم في الأوراق بحدود 0.01-10 % و الصوديوم يشترك بالعلاقات المائية ويزيد من مقاومة بعض المحاصيل للجفاف او حالات نقص الماء . البنجر السكري والشلغم والمحاصيل الجذرية بشكل عام تستجيب للصوديوم ويعد مفيداً اذ لوحظ زيادة نسبة السكر لنبات البنجر السكري .

السليكون (Si) Silicon

مفيد لنبات الرز اذ يخلص النيات من السمية بالمنغنيز نتيجة ترسبه للمنغنيز على شكل سلكات المنغنيز يبلغ تركيزه من 0,2-2,0 غم كغم⁻¹ . مادة جافة في نباتات ذوات الفلقتين و 2,0-20,0 غم كغم⁻¹ مادة جافة في محاصيل الحبوب والاعشاب في حين يصل تركيزه الى 100 غم كغم⁻¹ مادة جافة في نبات الرز . السليكون يزيد من صلاحية الخلايا والأنسجة ويقلل من الماء ويقلل الأصابة بالأمراض . السليكون مطلوب لنمو مثالي للقصب وإنتاج السكر في محصول الرز . للسليكون دور في المحافظة على استقامة وصلابة الاوراق ومقاومة افضل للأمراض .

اسئلة عامة:

- ❖ ماهي العناصر الغذائية الصغرى الأساسية والمفيدة ؟
- ❖ ماهي الصور التي يمتصها النبات من هذه العناصر ؟

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ ما هو تأثير درجة تفاعل التربة (pH) في جاهزية العناصر الغذائية الصغرى ؟
- ❖ كيف يؤثر الغمر في جاهزية الحديد و المنغنيز ؟
- ❖ ماهي الاسمدة المخيلية وما اهميتها ؟
- ❖ ماهي افضل طرق اضافة العناصر الغذائية الصغرى ولماذا .

الفصل الثامن

التقييم الخصوبي للتربة Soil Fertility Evaluation

يقصد به تقدير قابلية التربة على تجهيز مغذيات النبات المطلوبة للنمو المثالي ، ويشمل هذا التقدير استعمال بعض من العمليات التي تتضمن تشخيصات حالية ومختبرية وعدد من النماذج الرياضية التي تربط العلاقة بين مستوى العناصر المغذية في التربة والاستجابة للنبات . الإنتاجية الملائمة والجيدة لنظام زراعي معين تعتمد على تجهيز مناسب من العناصر المغذية من التربة للنبات . الإزالة المستمرة للمغذيات مع تعويض قليل الكمية المزالة او بدون تعويض سيعرض النباتات المزروعة الى إجهاد يرتبط بنقص المغذيات

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

لاسيما إذا كانت التربة ذات قابلية محددة لتجهيز المغذي أو المغذيات المطلوبة من قبل النبات .

وهنا سيكون العنصر المغذي المعين عاملاً محدداً للنمو (limiting factor) . المستوى الملائم من المغذي المعين يحدد من معرفة متطلبات المحصول (Crop nutrient requirements) من ذلك المغذي والذي يعتمد على نوع وصنف النبات ومستوى الإنتاج و القوة التجهيزية للتربة (Soil supplying power) ، فضلا عن عاملي البيئة والإدارة. ومن أهم التقنيات المستعملة لتقدير المستوى الخصوبي أو تقييم خصوبة التربة :

1. علامات نقص المغذي على النبات Nutrient deficiency symptoms of plants .

2. تحليل النبات Plant Analysis .

3. تحليل التربة Soil Analysis .

4. فحوص بايولوجية مثل تنفيذ تجارب مختبرية او في البيوت المغطاة او تجارب حقلية لدراسة مدى استجابة النبات للأسمدة (المغذيات المضافة) .

علامات نقص المغذي على النبات : النباتات عبارة عن المصب النهائي لعوامل النمو ، لذلك فان الملاحظة والمراقبة والمتابعة الدقيقة والمعتنى بها للنبات يمكن أن تبين الإجهاد الغذائي أو النقص الذي من الممكن أن يؤثر في نمو النبات وإنتاجيته. ومع هذا فان التقييم المرئي للنقص يجب ان يستخدم لتوجيه تقنيات التشخيص الأخرى مثل تحليل التربة والنبات بتعبير آخر ملاحظة علامات النقص لاسيما من المختصين وذوي الخبرة يساعد في تحديد التحليل المطلوب لكي يكون القرار سليم . لأن كل علامة نقص يجب أن ترتبط الى حد ما الى بعض وظائف العناصر الغذائية في النباتات (الفصول 3-8) . المشكلة في صعوبة التشخيص أن للعنصر الغذائي اكثر من دور ووظيفة وهناك تشابه وتداخل في بعض الادوار مما يعطي علامات متشابهة مثال ذلك نقص النتروجين وكما مر ذكره يظهر على

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

هيئة فقدان اللون الاخضر والشحوب ، الا ان هذه الحالة تظهر مع عناصر اخرى مثل الكبريت والحديد والمغنيسيوم ، ولذا من الضروري هنا أن نلاحظ موقع النقص وهذا يتطلب معرفة حركة العناصر الغذائية في النبات . اذ ان العنصر المتحرك تظهر علامات نقصه على الأوراق السفلى وهكذا . كذلك تتداخل علامات النقص في الحقل مع الأمراض والإصابة بالحشرات . علامات النقص تظهر عندما يكون تجهيز العناصر الغذائية واطىء جدا مما يؤدي الى ان النبات لا يستطيع تأدية وظائفه على الوجه الأكمل وهذا يعني أنه من الضروري تشخيص النقص قبل هذه المدة او المرحلة من النمو كي يكون هناك وقت كافي للمعالجة أو بتعبير آخر إضافة الأسمدة اما إضافة جانبية و رشا على الأوراق. وفي حالات كثيرة لا تظهر علامات نقص على النباتات الا انه ومع معظم المحاصيل يمكن الحصول على استجابة لإضافة العناصر المغذية وهنا يكون الجوع او النقص غير ظاهر او ما يعرف بالجوع المخفي (هناك عدم كفاية للعنصر ما الا ان النقص لم يصل الى الحد التي تظهر فيه العلامات) .وهنا تأتي أهمية تحليل النبات والتربة في إدارة العناصر الغذائية لتفادي أي نقص ممكن ان يقلل من الوصول بالإنتاج إلى المستوى المثالي او الأقصى ان أمكن ذلك .

تحليل النبات Plant analysis :

طرائق التحليل تشمل على اختبارات على النسيج الطازج في الحقل أو تحليل في المختبر .

فحص الأنسجة:

وهو فحص سريع ينفذ موقِعياً في الحقل وهو اقرب الى التقدير الوصفي او شبه الكمي منه الى الكمي الا انه ممكن ان يعطي دليل سريع على النقص وهذا الفحص ممكن أن ينفذ بأخذ جزء من العصارة النباتية من الورقة او الساق واطافة محلول معين مخصص للفحص المطلوب ومن ثم مقارنة ذلك بصور مجهزة او بلوحة الوان تبين حالة العنصر المعين. وهناك حقيبة معينة لهذه الأغراض تسمى quick test kit ومثال ذلك فان الفسفور يقدر بإضافة محلولي كلوريد القصديروز ومولبيدات الأمونيوم الى النسيج النباتي بعد وضعه على

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

ورقة ترشيح . ان ظهور اللون الازرق الغامق دلالة على وجود جيد ومستوى جيد للفسفور
اما اللون الفاتح فدلالة على النقص . ويفضل ان تكون الورقة المفحوصة ناضجة واستعمال
اكثر من ورقة واخذ عينات من ورقة سليمة واخرى يبدو عليها علامات النقص . كما ان
الوقت المناسب للفحص مهم ومثال ذلك فان فحص النترات يفضل ان يكون في الصباح
الباكر كي لا يؤثر الاجهاد الرطوبي على الفحص .

التحليل الكلي :

وهذا التحليل ينفذ على جزء من النبات او النبات كله في المختبر بعد الحصول على
العينة الممثلة ومن المهم أن تتظف العينة المراد تحليلها من التربة او الاوساخ التي تغطيها
بالماء الخالي من الأيونات ومن ثم تجفف وتطحن وتحفظ في اوعية او قناني بلاستيكية
لحين التحليل الكيميائي . و التجفيف للأجزاء النباتية يتم في فرن كهربائي على درجة حرارة
في المدى 60-70 درجة مئوية . ولتقدير المحتوى من العناصر المغذية يجب ان تهضم
العينات النباتية (تحول العناصر المغذية من الأشكال العضوية الى المعدنية) اما
باستعمال حوامض مركزة او ما يطلق عليه بالهضم الرطب او من خلال الحرق بالمرمدة (*muffle furnace*) او مايسمى بالحرق الجاف وكل طريقة محاسنها وعيوبها . ومن
الحوامض المستعملة في الهضم الرطب هي احماض الكبريتيك والبير كلوريك المركزة واهيانا
حامض النتريك المركز اذا لم يكن النتروجين من ضمن العناصر المراد تقديرها (كما سيتم
توضيح التفاصيل لاحقا) .

ومن الأمور المهمة في التحليل للنبات هو اختيار العينة الممثلة للنبات والوقت المناسب
لأخذ العينة والجزء الثاني لإجراء التحليل . ومن المهم عن المقارنة مع مستويات النقص و
الكفاية ان تكون المقارنة للجزء النباتي نفسه وللموقع نفسه على النبات والمرحلة النمو ذاتها
ومراعاة أن تكون طرائق التحاليل و التقشير متشابهة . ومثال ذلك هناك دراسات تشير إلى
أن تراكيز النتروجين و البوتاسيوم والفسفور في نبات الذرة الصفراء تكون مثالية اذا كانت

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

3,0 ، 0,3 ، 3,0 % على أساس الوزن الجاف للعناصر الثلاثة على التوالي بشرط أن يكون الجزء المختار هو الورقة تحت العرنوص (ورقة العلم) وفي مرحلة الحريرة الموضوع الأكثر أهمية هو اختيار العينة الممثلة وفي الوقت المناسب .

تحليل التربة Soil analysis : او ما يطلق عليه بفحص التربة Soil test وهو يمثل اجراء استخلاص كيميائي لعينة تربة لتقدير كمية العنصر او العناصر الجاهزة او المتيسرة للنبات. ومن اهم مميزات تحليل التربة هو تحديد مستوى المغذي النسبي قبل الزراعة ومع أن كمية العنصر المستخلصة بفحص التربة غير مساوية بالضبط للكمية الممتصة من قبل النبات الا انها ترتبط معها بشكل جيد ، ولذا يعد فحص التربة بانه يعطي دليلا جيدا لمدى الاستجابة لإضافة العناصر المغذية من عدمها ، وبشكل عام يمكن تصنيف الاستجابة للسماد المضاف إلى :

أكيدة محتملة غير محتملة

ولكي تكون نتائج تحليل التربة جيدة ويعتمد عليها في إجراء التوصيات المادية تلاحظ الامور الاتية :

❖ أخذ عينات التربة: يجب ان تكون العينة المختارة ممثلة للحقل التي اخذت منه ويوقت مناسب.

❖ تراعي الطرائق السليمة في تحضير العينات للتحليل من تجفيف وطحن وخرن .

❖ اختيار طريقة الاستخلاص الموصى بها للعنصر المغذي المعين وللتربة المعينة .

❖ استعمال أفضل طرائق التقدير المتوافرة من اجهزة ومعدات للتقدير أن هذه الأجهزة و الطرائق تتطور باستمرار من قبل الباحثين والمختصين .

وقت اخذ عينات التربة :

يفضل ان تؤخذ العينات قبل الزراعة او في وقت مبكر من دورة نمو المحصول ومع

هذا من الممكن ان تؤخذ العينات في اي وقت تسمح فيها ظروف التربة لاسيما في الوقت

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الذي لا يتواجد فيه المحصول . ان معظم التوصيات تتادي بفحص الحقل كل ثلاث سنوات وكلما كانت التربة اكثر خشونة (نسجة رملية) كلما تطلب تقليص مدة الفحص.

المستخلصات الكيميائية المستعملة في فحص التربة:

يختلف باختلاف العنصر المغذي المراد تقييم جاهزيته الا ان المستخلص المستعمل يزيل العنصر المغذي من خزانات واماكن تواجده (بتعبير آخر من الجزء المتبادل والممتز والمعدني) -

الفحوص البيولوجية مثل تنفيذ تجارب مختبريه او في البيوت المغطاة أو تجارب حقلية لدراسة مدى استجابة النبات للأسمدة (المغذيات المضافة) :

أن من أهم الوسائل المستعملة لتقييم خصوبة التربة هو تنفيذ تجارب في الحقل او البيوت الزجاجية او المغطاة بشكل عام او تجارب في الاصص (السنادين) والتي يتم فيها اختبار مدى استجابة محصول معين لإضافة العنصر او العناصر المغذية وهي طريقة جيدة الا انها مكلفة وتأخذ وقتا طويلا .

بشكل عام القرار والتوصية السليمة تكون اذا ما استعملت اكثر من طريقة او الطرائق كافة اذ ان الهدف بالنسبة للمنتج او المزارع هو المحافظة على مستوى عناصر مغذية تديم الانتاجية والربحية وهذا يعني أن لا تكون العناصر المغذية محددة للنمو عند أي مدة من مدد النمو من الانبات الى النضج.

ملاحظات عامة حول التقييم الخصوبي :

أ- اختيار التسميد الملائم يعتمد على متطلبات المحصول والنواتج المراد تحقيقه وخواص التربة والظروف البيئية المحيطة.

ب- الجوع المخفي لا يمكن كشفه بسهولة ولكن من خلال تحليل جيد للتربة والنبات ممكن تجنب هذا النقص .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

ت-مديات المغذيات الحرجة (" Critical Nutrient Ranges " CNR) ذات معنى

اكبر من الحدود الحرجة (" Critical Nutrient Concentrations " CNC) .

ث-نظام التشخيص والتوصية المتكامل (Diagnosis and Recommendation

" DRIS Integrated System) والذي يعتمد النسب بين العناصر الغذائية في

النبات بدلا من النسبة لكل عنصر ويعد اتجاها متقدماً على تحليل النبات .

ج-التوازن بين الأيونات المغذية في النبات مهمة كأهمية الكمية الحقيقية ومثال ذلك

العلاقات بين الأمونيوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم وكذلك الزنك والفسفور .

ح-أخذ العينات من التربة أو النبات تعد من أهم العمليات ولذا يفضل أن تكون العينة

ممثلة للمجتمع التي أخذت منه.

طرائق تحليل التربة والنبات :

يتم التطرق الى هذا الموضوع في الجزء العلي (سيتم التطرق الى هذا الموضوع في الفصل

الثاني عشر) .

الفصل التاسع

تقييم الأسمدة و خلطها

تقييم السماد : هناك عدد من الوسائل يمكن من خلالها تقييم السماد ومن هذه الوسائل :

❖ هل السماد بسيط او صرف (يجهز عنصر غذائي واحد) او سماد مركب (يحوي اكثر

من عنصر مغذ رئيس) وهنا السماد المركب غالباً أفضل من السماد البسيط او الصرف

لأنه سيتم تجهيز اكثر من عنصر في اضافة واحدة .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ درجة تحليل السماد (المحتوى من العناصر المغذية) وهنا كلما كان المحتوى اعلى كلما كان السماد افضل .
- ❖ التأثير النهائي للسماد في التربة -هل هو منتج للحموضة ام متعادل او منتج للقاعدية . والأفضلية هنا تعتمد على نوع التربة .ومثل ذلك في الترب الكلسية يفضل اضافة الأسمدة المنتجة للحموضة مثل كبريتات الأمونيوم و الأسمدة الحاوية على الكبريتات او اليوريا .
- ❖ قابلية السماد على المحافظة على مواصفاته اثناء الخزن و عدم التكتل بشكل طبقة صلبة وعدم تعرضه للانفجار .
- ❖ القابلية على الخلط مع الأسمدة الأخرى وفي هذا المجال هناك جداول وأشكال تبين قابلية الأسمدة على الخلط مع بعضها الآخر بان هذا الموضوع مهم جدا سيما عند خلط الأسمدة في تحضير الأسمدة الخليطة (الخلط الفيزيائي) .
- ❖ درجة ذوبان السماد بالماء وهذا مهم في تحضير الأسمدة السائلة واطافة الأسمدة مع مياه الري وفي المحاليل المغذية.
- ❖ سرعة تحرر السماد في التربة وقابليته على البقاء بشكل ذائب وهنا تفضل الاسمدة بطيئة التحرر والمخلبية (chelates) على الاسمدة الاعتيادية.
- ❖ وبالنسبة للأسمدة العضوية تقيم على اساس نظائفتها وخلوها من الأملاح ودرجة تحللها او نسبة الكربون الى النتروجين فيها .
- ❖ السعر - وهذا مهم جدا إلا أن السماد الأقل سعرا ليس هو الأفضل في كل الأحوال .

خلط الاسمدة :

هناك انواع من الأسمدة منها البسيط او المنفرد أو الصرف الذي يجهز عند اضافته عنصر غذائي واحد وهناك السماد المركب والذي يحوي على اكثر من عنصر غذائي والسماد الخليط الناتج من خلط سمادين او اكثر وعملية خلط الأسمدة ممكن ان تتم من خلال :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

❖ خلط كيميائي في معامل صناعة الأسمدة مثل خلط الأمونيا مع حامض الفسفوريك لإنتاج فوسفات الأمونيوم او خلط اليوريا مع حامض الفسفوريك لإنتاج اليوريا-فوسفات أو خلط سماد نتروجيني مع فوسفاتي وبوتاسي لإنتاج السماد المركب 18-18-18 (K₂O-P₂O₅-N) او (0-27-27). وفي هذا النوع من الخلط ينتج سماد متجانس ذو مواصفات جيدة عند الإضافة من حيث التوزيع وبشكل متساو للعناصر المغذية التي يحتويها .

❖ خلط ميكانيكي او فيزيائي وعملية الخلط هذا ممكن ان تتم في محل بيع الاسمدة او المزرعة او البيت باستعمال الاسمدة البسيطة مثل كبريتات الأمونيوم واليوريا والسوبر فوسفات وكبريتات البوتاسيوم وحتى ممكن استعمال الأسمدة العضوية .
دليل خلط الأسمدة :

من اجل ايجاد كميات الأسمدة المنفردة او البسيطة المطلوبة لعمل او لتحضير السماد الخليط او المركب ممكن استعمال الصيغة الآتية:

% للعنصر الغذائي في السماد الخليط (المزيج)

كمية السماد المنفرد = $\frac{\text{X} \times \text{الوزن المطلوب من السماد الخليط (المزيج)}}{\text{\% للعنصر الغذائي في السماد الخليط (المزيج)}}$

او من خلال النسب المئوية وكما مبين في الأمثلة الآتية:

مثال محلول: لو طلب تحضير 100 كغم من سماد مركب او خليط صيغته (6-6-6) او بتعبير آخر سماد يحوي 6 % N و 6 % P و 6 % K وتتوافر اسمدة اليوريا (46 % N) و السوبر فوسفات الاعتيادي (9 % P) و كبريتات البوتاسيوم (40 % K) .

كمية اليوريا = _____

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م. د باسم رحيم بدر

مجموع الأوزان لهذه الاسمدة هو 94.7 كغم. وهنا نحتاج الى كمية اضافية مقدارها 5.3 كغم مادة مائة لإكمال الوزن المطلوب المادة المائة اما ان تكون من الجبس او الرمل او الكبريت .

مثال اخر : لتحضير طن من سماد خليط يحوي (5 % N و 10 % P_2O_5 و 10 % K_2O) او بتعبير آخر (5-10-10) . وتوافر اسمدة كبريتات الأمونيوم (21) و السوبر فوسفات الاعتيادي (20 % ؛ P_2O_5) و كلوريد البوتاسيوم (60 % K_2O) .
الحل:

كمية كبريتات الأمونيوم =

كمية السوبر فوسفات =

كمية كلوريد البوتاسيوم =

المجموع = 904.7

المادة المائة =

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الفصل العاشر

العناصر المغذية واستعمال المياه والتداخلات الأخرى

Plant Nutrient , Water Use and other interactions

عندما يتداخل عاملان من عوامل النمو فإن تأثير احدهما سيتأثر بالأخر او لا يتأثر . هذا التأثير اما ان يكون ايجابي او سلبي او بدون تأثير . التأثير او التداخل السلبي يحدث عندما تكون استجابة النبات الى العوامل المركبة عاملين او اكثر) اقل من الاستجابة لهذين العاملين اذا ما اضيفت بشكل منفصل (بتعبير اخر الاستجابة للعاملين مجتمعة اقل من مجموع الاستجابة لإضافة كل عامل بشكل منفصل) . التداخل الايجابي يتبع قانون الحد الأدنى للعالم ليبيك " Licbig's Law of the minimum " او قانون الحد الأدنى او العامل المحدد " Limiting law " الذي ينص " إذا كان هناك عاملان محددان للنمو او تقريبا كذلك فان اضافة احدهما سيكون له تأثير قليل على النمو بينما الاستجابة والانتاج ستكون أعظم عند اضافة كلا العاملين سوياً " . وعند النقص الشديد لعنصرين غذائيين او اكثر فان الاستجابة للمغذيات ستكون بتداخلات معنوية قوية.

التداخلات ممكن ان تكون :

- ❖ بين عنصرين غذائيين او اكثر .
- ❖ بين المغذيات أو العمليات الزراعية (موعد الزراعة ، الحراثة) .
- ❖ مستوى السماد وصنف المحصول .
- ❖ الأصناف وكثافة الزراعة .
- ❖ المغذيات والحرارة والرطوبة .

التداخل بين الماء و العناصر المغذية للنبات : .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الإجهاد المالي يكون من اكثر العوامل المحددة للنمو حتى في بعض المناطق التي يكون فيها التساقط (الأمطار) اعلى من الاستهلاك المائي (التبخر - النتح) فهناك اجهادات ناتجة من نقص العناصر المغذية او الحشرات او الأدغال تؤثر في كفاءة استعمال المياه من قبل النبات وهذا سيؤثر في الانتاجية والربحية .

وبسبب التزايد على طلب المياه للاستعمالات المغذية والحضرية غير الزراعية وبسبب شحة تجهيز او توافر المياه في العديد من الدول يصبح موضوع كفاءة استعمال المياه (كمية المياه المستعملة لانتاج محصول ما) من التحديات المهمة والرئيسة في الزراعة . وعموما فان اي عامل يحسن ويزيد الانتاج سيؤثر في كفاءة استعمال المياه .

كفاءة استعمال المياه : Water use Efficiency

تمثل إنتاج المحصول لكل وحدة مياه مستعملة من التربة و الامطار والري . هذه الكفاءة تختلف حسب المحصول والادارة المستخدمة . اي ادارة جيدة تزيد وتعظم من الانتاج ستزيد من كفاءة استعمال المياه .

ومع ان استعمال الري المنظم يجعل الانتاج اكثر استقرارا الا ان الانتاج ممكن ان يبقى محددا بعوامل أخرى . وهنا ببساطة اذا تضاعفت طاقة الانتاج مع الري يزداد الطلب على المغذيات وتكون الحاجة قائمة لاضافة الاسمدة بانواعها المختلفة . كذلك مع توافر عناصر مغذية وبشكل مثالي تكون كفاءة استعمال المياه افضل .

التسميد وأمتصاص الجذور للماء :

إن معظم الماء المستعمل بوساطة الجذور يكون من الطبقة السطحية للتربة مقارنة بالذي يمتص من الطبقة تحت السطحية . ولكن عند استنزاف الماء الجاهز في الطبقة السطحية فان جذور النباتات يجب أن تأخذ الماء من الطبقة تحت السطحية وهذا يكون افضل مع

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

التسميد الجيد الذي يزيد من العمق الفعال للجذور (العمق الذي تستطيع الجذور ان تمتص الماء منه) ومن ثم يستطيع المحصول مقاومة الجفاف بشكل افضل . ومع هذا يجب أن يكون هناك ماء تحت سطحي والا فان التسميد سيكون هنا بدون فائدة .

اهمية التسميد الجيد وعلاقته باستعمال كفاءة للمياه ومقاومة المحصول لنقص الماء
ممكن ان تلخص بالنقاط التالية :-

- ❖ زيادة الرطوبة المتوافرة نتيجة للتسميد ستؤثر في حركة وانتقال العناصر المغذية ولاسيما الفسفور والبوتاسيوم التي تتحرك بالانتشار بشكل رئيس والتي تؤثر فيها الرطوبة بشكل مباشر .
- ❖ الرطوبة الكافية لها تأثيراتها الفسيولوجية على الجذور وقابليتها في امتصاص المغذيات .
- ❖ اضافة البوتاسيوم وتوافره في التربة بشكل جاهز سيزيد من قابلية النبات على تنظيم امتصاص المياه وزيادة كفاءة الامتصاص والاستهلاك المائي نتيجة لتنظيم فتح وغلق الثغور ودور البوتاسيوم التنظيمي لعدة امور فسيولوجية في النبات .
- ❖ توفر العناصر الغذائية بشكل مثالي سيساعد في نمو غطاء خضري جيد وسريع وهذا الغطاء سيققل من فقدان الماء عن طريق التبخر من سطح التربة ويزيد من جاهزية الماء . كما أن زيادة النمو الخضري وزيادة الإنتاج وزيادة كثافة الجذور سيحسن من غيض الماء بالتربة وتحسين الصفات المائية للتربة .
- ❖ جاهزية عناصر مغذية جيدة ومتوازنة ونمو جيد سيسرع من النضج وسيوفر من المياه ويؤدي الى تقليص مدة بقاء المحصول في الحقل واحيانا يتم ملء الحبوب قبل مدة الصيف الحار والذي سيمكن من تجاوز التأثير السلبي في الإزهار وتكوين الثمار وملء الحبوب .

مستوى رطوبة التربة وامتصاص العناصر الغذائية :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الماء أساس لامتصاص المغذيات من خلال تأثيره في كافة عمليات نقل العناصر المغذية وانتشارها ونمو الجذور كاعتراض الجذور وعملية النقل بالجريان الكلي او بالانتشار . عند توافر رطوبة جيدة فإن الجذور ستكون منتشرة بشكل جيد وبعمق جيد يزيد من اسطح التماس مع التربة وامتصاص العناصر سيكون افضل ولا سيما الكالسيوم و المغنيسيوم . الجريان الكلي لماء التربة او حركة العناصر المغذية مع حركة الماء او ما يسمى بتدفق النتح او الحركة نتيجة النتح يتم من خلال انتقال النترات والكبريت والكالسيوم او المغنيسيوم الى الجذور . المغذيات تنتشر من المناطق ذات التركيز العالي الى المناطق ذات التركيز الواطئ ولكن بمسافة لا تتجاوز 5 متر . وهنا معدل الانتشار يعتمد بشكل رئيس على توافر الرطوبة ، ولذا مع اغشية مائية او اغلفة مائية سميكة أو مع تراكيز مغذيات اعلى تتحرك المغذيات عن طريق الانتشار بشكل افضل . كذلك امتصاص المغذيات يتأثر بشكل غير مباشر نتيجة لتأثير المحتوى الرطوبي في فسلة النبات بشكل عام وكذلك في تهوية التربة وتركيز الأملاح في التربة .

في ترب الأراضي الجافة وشبه الجافة (Dry land) والتي يعد نقص الماء هو العامل الأكثر تحديدا للإنتاج حيث كان يستعمل نظام المحصول الواحد زراعة - بور (ترك الأرض بدون زراعة) إلا أن الدراسات أثبتت أن الزراعة الكثيفة مع تبني تقانات زراعية لاسيما انظمة الحراثة الدنيا (Minimum Tillage) أو الحراثة الصفرية (Zero Tillage) ستعطي إنتاج ومحصول أعلى بكثير وزيادة في كفاءة استهلاك المياه بشكل واضح لاسيما في الترب الخشنة النسجة (الرملية).

في الترب المروية التداخلات متشابهة كما تم ذكره اعلاه الا ان التداخلات هنا تعمل في مستويات الانتاج العالية . وهنا التسميد عامل مهم لان الرطوبة يمكن السيطرة عليها ومتوافرة ومن ثم إضافة السماد سيكون له التأثير الكثير والمهم في الانتاجية . وبشكل عام الاستجابة لإضافة N من قبل المحصول تكون اعلى وافضل عندما يكون توفر الماء بشكل جيد .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

التداخلات بين المغذيات :

التداخلات بين $P - N$, $K - N$ تلاحظ بشكل شائع . والحقيقة أن موضوع العامل المحدد للنمو يكون ذو تأثير كبير هنا . فعندما يكون الانتاج محدود ممكن ان لا يكون البوتاسيوم في الترب الجافة مثلا عاملا محددًا ، الا ان استعمال اصناف عالية الانتاج وتسميد P ، N عال سيؤدي الى ضرورة اضافة البوتاسيوم والا سيكون عاملا محددًا للإنتاج . وهنا يلاحظ انه عند اضافة 30 كغم N / هـ . كانت الاستجابة قليلة لإضافة البوتاسيوم ولكن عند اضافة 90 كغم N /هـ كانت الاستجابة للبوتاسيوم كبيرة حتى اعلى مستوى مستعمل .

التداخلات مع المغذيات الصغرى ممكن ان تكون كبيرة جدا في الترب واطئة الفسفور والزنك فان اضافة p او Zn بشكل منفصل قلل من انتاج الذرة الصفراء الا انه عند اضافة كلا العنصرين كان هناك تداخلا ايجابيا ، ومع هذا هناك دراسات تبين وجود تداخل سلبي عند اضافة كميات عالية من الفسفور والزنك .

التداخل بين المغذيات والكثافة الزراعية :

زيادة الكثافة النباتية التي تعبر عن عدد النباتات في المساحة المعينة) لا يؤدي لوحده الى انتاج عال بدون اضافة او توافر مغذيات كافية . وكذلك زيادة التسميد لوحده غير كاف ما لم تكن هناك زيادة في الكثافة النباتية . ومثال ذلك ، عند 30000 نبات/هـ فان زيادة N إلى 270 كغم N / هـ تنتج عنه زيادة معينة ولكن مع 90000 نبات له الزيادة كنت الى الضعف .

ويشكل عام أي تقنية حديثة تزيد من طاقة الانتاج تطلب ان تكون هناك زيادة موازية في المغذيات المضافة كي يتم الحصول على التداخل أو الربحية المطلوبة.

اسئلة مختارة :-

❖ ماهو التداخل الموجب؟

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ ما هو العامل المحدد وكيف يؤثر في الاستجابة والتداخلات بين المغذيات؟
- ❖ ماهي كفاءة استهلاك المياه وما علاقتها بالتسميد؟
- ❖ ما علاقة اضافة السماد بامتصاص السماد من قبل النبات؟

الفصل الحادي

أساسيات إدارة المغذيات **principles of Nutrient Management**

برامج إدارة كفاءة للعناصر المغذية ممكن أن تجهز النباتات بالكميات المناسبة للإنتاج والربحية مع ضمان التقليل مع المخاطر البيئية . ومن العوامل المؤثرة في كمية العناصر المغذية :

- ❖ صفات المحصول - كمية العناصر المغذية المطلوبة تختلف اعتمادا على المحصول (النوع والصنف و إدارة المحصول و الإنتاج) (جدول 1-11) والظروف البيئية (الحرارة والرطوبة) و خواص التربة (نوع التربة وخصوبة التربة والموقع من حيث الارتفاع وإدارة التربة) .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

جدول (1-11) الامتصاص المثالي للعناصر المغذية لعدد من المحاصيل الحقلية

والبستنة المختارة

Zn	Mn	Cu	S	Mg	Ca	K	P	N	الانتاج طن/هكتار	المحصول
كغم/هكتار									تار	
0,0 9	0,0 3	0,0 4	9,0	6,7	2,4	27,0	16,0	73,0	3,2	الشعير (حبوب)
0,0 6	0,3 6	0,0 12	4,5	2,2	9,0	90,0	11,0	34,0	5,0	الشعير (قش)
0,0 4	0,1 1	0,0 9	14, 0	20,0	6,7	45,0	45,0	168,0	12,5	الذرة الصفراء (حبوب)
0,0 6	0,0 7	0,0 2	11, 0	7,8	4,6	25,0	34,0	73,0	4,8	الذرة البيضاء (حبوب)
0,0 6	0,0 7	0,0 6	26, 0	11,0	21,0	83,0	46,0	210,0	3,4	فول الصويا (حبوب)
-	-	-	13, 5	-	-	34,0	15,0	78,0	3,0	زهرة الشمس
0,1 8	0,1 1	0,0 5	5,0	11,0	2,2	28,0	22,0	79,0	3,6	الحنطة (حبوب)
0,7	0,0 7	0,1 1	50, 0	45,0	180, 0	336,0	45,0	390,0	15,0	الجت
-	-	-	-	-	-	291,0	45,0	350,0	15,0	البرسيم
0,0 3	0,0 3	0,0 3	11, 0	5,6	9,0	50,0	11,0	34,0	30,0	التفاح
0,0 3	0,0 9	0,0 3	20, 0	2,2	12,0	45,0	23,0	50,0	18,0	البصل
0,1	0,1 7	0,0 7	7,8	7,8	6,5	177,0	54,0	100,0	37,5	البطاطا

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

0,1	0,1	0,0	16,	12,0	7,8	179,0	45,0	134,0	50,0	الطماطة
8	5	8	0							

- ❖ الجذور : بما ان معظم العناصر المغذية تمتص بوساطة الجذور فان فهم صلات الجذور مهم في إدارة العناصر المغذية . قابلية الجذور للبحث في التربة عن العناصر المغذية والماء يعتمد على خواص الجذور الفسلجية والمورفولوجية . أقطار الجذور وأطوالها وكثافة الشعيرات الجذرية ووجود فطر المايكورايزا من عدمه . مثال ذلك من محاسن المحاصيل المتعمقة الجذور كالجوت والبرسيم الحلو انها تفكك التربة تحت السطحية المرصوصة من خلال تغلغل الجذور والتحلل الذي يلي ذلك . البقوليات المتعمقة الجذور في المراعي تجهز علفاً جيداً للحيوانات أفضل من التي تقدمه الحشائش ضحلة الجذور و الجذور تتأثر بالمسافات بين النباتات وبين الخطوط الكثافة النباتية) .
- ❖ صفة السعة التبادلية للأيونات الموجبة للجذور ايضاً تؤثر في قابلية المحصول في امتصاص العناصر المغذية . وجود فطريات المايكورايزا من عدمه مهم جداً لاسيما مع العناصر المغذية غير المتحركة في التربة لاسيما الفسفور وبالذات عندما يكون تركيزه منخفضاً في التربة او مضافة بأشكال بطيئة التيسر والجاهزية .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

❖ صفات التربة : خواص التربة الفيزيائية التي تحد من نمو الجذور لها تأثير مباشر في كفاءة الامتصاص ، حرارة التربة و فلاحيتها مهمة في توفير المكان المناسب لنمو وتغلغل الجذور .

❖ العناصر المغذية للنبات - اضافة عناصر مغذية مناسبة وكافية قبل الزراعة يشجع على تطور نظام جذري جيد .

❖ وضع السماد واماكن وطريقة اضافة العناصر المغذية من الأمور المهمة التي يجب اخذها بنظر الاعتبار عند وضع السماد ما يأتي:

❖ محاولة التقليل من التأثير الملحي للسماد وذلك لاختلاف المصادر السمادية في تأثيرها الملحي وهنا يجب ان تضاف الاسمدة ذات الدليل الملحي العالي بمسافة عن الجذور لاسيما في المراحل الأولى من النمو .

❖ التوقيت الصحيح للتسميد مهم هو الأخر كأهمية إضافة السماء والكمية المضافة .

طرائق إضافة الأسمدة:

إضافة الأسمدة الصلبة : هناك عدد من الخيارات تشمل الإضافة السطحية او تحت السطحية و الإضافة قبل أو بعد الزراعة .

الإضافة قبل الزراعة :

وتشمل النثر (Broadcast) : تضاف العناصر المغذية بشكل متساوي على سطح التربة . وهذا ممكن أن تخلط مع السطح لو ترك بدون خلط والأفضل هو الخلط من خلال الحراثة .

الإضافة عند الزراعة (Banding) :

وهنا من المفضل الاضافة بمسافة 2.5-7.5 سم الى جانب او تحت البذر وبعمق 2.5-5.0 سم . او بعمل خط مواز لخط البذار وبمسافة معينة ويوضع السماد فيه (وهنا المسافة

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

بين خطوط الزراعة) او تتم الاضافة بعمل حزمة حول البذرة وهذا شائع مع المحاصيل التي تزرع على مسافات بين جورة واخرى .

الإضافة بعد الزراعة :

وهنا ممكن أن تضاف الاسمدة فوق النباتات كما هو الحال بما يسمى بالإضافة الفوقية (Top dressing) سيما بالنسبة لإضافة النتروجين لساحات المروج والمسطحات الخضراء الاضافة الجانبية او التلقيح او الحزم وهي طريقة شائعة الاستعمال للدفعات المختلفة للسماد والمحاصيل الخضر بشكل خاص.

الدليل الملحي Salt index :

التركيز العالي للأملح التي تكون في تماس مع الجذور او مع البذور عند مرحلة الانبات تؤثر سلباً من خلال التأثير الملحي الازموزي والتأثير السمي النوعي للأملح لاسيما في الأراضي غير المتأثرة بالأملح. وهنا تصنف الأسمدة الى مجاميع وفقا لدليلها الملحي والذي يؤثر في كمية السماد المضاف في مرحلة الانبات والمسافة التي يجب أن يوضع فيها السماد عن البذور او البادرات والدليل الملحي عبارة عن النسبة بين الزيادة في الضغط الازموزي الناتج عن اضافة السماد نسبة الى الضغط الازموزي الناتج من اضافة الوزن نفسه من نترات الصوديوم على اساس قيمة نسبية هي المئة على اساس ان الدليل الملحي لنترات الصوديوم هو (100) والجدول (2-11) يبين الدليل الملحي لبعض الأسمدة. و عموما املاح النتروجين والبوتاسيوم تملك دليل ملحي اعلى من الفسفور . اضافة الامونيوم بالقرب من البذور ايضاً له محاذير نتيجة لتطاير الامونيا وتأثيرها السلبي في الانسجة النباتية لاسيما في الترب القاعدية او المائلة الى القاعدية كالترب الكلسية .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

جدول 11-2 الدليل الملحي لمواد سمادية شائعة الاستعمال

المصدر السمادي	الصيغة الكيميائية	التحليل	الدليل الملحي (نسبة الى نترات الصوديوم)	الدليل الملحي الجزئي
المصادر النتروجينية				
الامونيا اللامائية	NH ₃	83(N)	47	0,57
نترات الامونيوم	NaNO ₃	35(N)	104	3,1
كبريتات الامونيوم	(NH ₄) ₂ SO ₄	21(N)	88,3	3,2
اليوريا	CO(NH ₂) ₂	46(N)	74	1,62
نترات الصوديوم	NaNO ₃	16.5(N)	100	6,1
المصادر الفوسفاتية				
السوبر فوسفات المركز	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	48(P ₂ O ₅)	7,8	0,16
السوبر فوسفات الثلاثي	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	48(P ₂ O ₅)	10,3	0,21
فوسفات احادي الامونيوم	NH ₄ H ₂ PO ₄	54(P ₂ O ₅)+11(N)	26,7	0,401
فوسفات ثنائي الامونيوم	(NH ₄) ₂ HPO ₄	46(P ₂ O ₅)+18(N)	29,2	0,456
المصادر البوتاسيومية				
كلوريد البوتاسيوم	KCl	60(K ₂ O)	116,1	1,94
كبريتات البوتاسيوم	K ₂ SO ₄	50(K ₂ O)	42,6	0,85
نترات البوتاسيوم	KNO ₃	44(K ₂ O)+13(N)	69,5	1,20
فوسفات احادي البوتاسيوم	KH ₂ PO ₄	34(K ₂ O)+51(P ₂ O ₅)	8,4	0,097

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الإضافة الورقية للعناصر المغذية (الإضافة رشا على الأوراق) :

إضافة الأسمدة المعدنية الذائبة بالماء من الممكن أن يتم من خلال رشها على الأوراق أو الأجزاء الهوائية للنباتات بشكل مباشر وهذه العناصر المغذية بعد اضافتها ستتغلغل الى داخل الورقة من خلال طبقة البشرة او الثغور هذه الطريقة للتسميد هي بالأساس للاستجابة السريعة لتصحيح نقص معين . الإضافة للعناصر المغذية بهذه الطريقة تتأثر بعدد من العوامل المناخية وتحتاج الى ادارة معينة ذات علاقة باختيار المصدر السمادي المناسب والتركيز المناسب وقت الإضافة التي يجب أن يكون في الصباح الباكر او عند الغروب لتلافي سرعة التبخر من سطح الورقة والذي قد يسبب حرقها ، وعلى الرغم من الإضافة بهذه الطريقة تبقى تكميلية للإضافة الأرضية لاسيما للعناصر الغذائية الكبرى ويمكن أن تسد حاجة النباتات من العناصر الصغرى ولاسيما للمحاصيل البستانية ذات المردود الاقتصادي العالي تراكيز بحدود 1-2 % غالبا ما تستعمل لتجنب حدوث اي ضرر على الأوراق . الإضافة رشا على الأوراق لليوريا اثبتت نجاحها في اشجار التفاح والحمضيات اضافة الفسفور ورقيا قليل الاستعمال بشكل عام لأن معظم مصادره صعبة الذوبان بالماء و اضافته تتطلب عناية ودراية اكبر من اسمدة النتروجين لاسيما موضوع التركيز المطلوب للإضافة والتي يجب ان لايتجاوز 0.4-0.5 % لمعظم المحاصيل . البوتاسيوم ايضا محدود الأضافة بهذه الطريقة ومع ذلك هناك تجارب عدة في العراق اثبتت نجاح الإضافة رشا للبوتاسيوم وبتراكيز جيدة نسبية ولمحاصيل حقلية مثل الرز و الذرة الصفراء ومحاصيل بستنية مثل العمالة والبادنجان المزروعة تحت الزراعة المحمية . الإضافة رشا للعناصر الغذائية تعد متميزة مع العناصر المغذية الصغرى وذلك لأن التراكيز التي تضاف فيها هذه العناصر واطئة فلا يوجد خوف من الحروق او التأثير السلبي للإضافة لاسيما اذ ما تمت الإضافة بالتراكيز والأوقات المناسبة ، هذا فضلا عن المشاكل التي تواجه اضافة العناصر المغذية الصغرى عند الإضافة إلى التربة.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

اضافة السماد مع مياه الري (Fertigation)

❖ الاضافة مع الري بالرش وهنا تكون الاضافة هي نفسها الاضافة رشا على الأجزاء الهوائية للنبات او التسميد الورقي وتتبع معه القواعد نفسها من حيث المصدر السمادي والتركيز ووقت الإضافة .

❖ الاضافة مع نظام الري بالتنقيط او ما يطلق عليه الري المسمد او الرسمة او الفرتكة تعريباً للاسم الأنكليزي Fertigation الذي هو عبارة عن مجموع لكلمتي Fertilization + Irrigation . ومن اهم فوائد هذا الأسلوب او التقنية هي الاضافة للعناصر المغذية وبشكل يتناغم مع نمو المحاصيل .

أسمدة النتروجين أكثر استعمالاً في هذه الطريقة والفسفور تعد الأول بهذه الطريقة وذلك لان معظم الفسفور المضاف ممكن ان يترسب مع المياه عالية المحتوى من الكالسيوم والمغنيسيوم ومن الممكن ان تغلق المنقطات . الإضافة للأسمدة في هذه الطريقة تتم من خلال الإضافة في الخزانات الموجودة ضمن منظومة الري بالتنقيط.

التسميد ونوعية الحاصل Fertilizers application & quality of crop

النوعية من الأمور المهمة التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند الحديث عن الاسمدة واهميتها ومع هذا فموضوع النوعية لايهتم به غالباً لاسيما في الدول النامية لأن التركيز على الانتاجية يكون اكثر .

ان مقياس النوعية والجودة يعتمد على نوع المحصول و الغرض من زراعته . فالمحصول الحبوبى يكون الاهتمام بنوعية حاصل الحبوب واذا كان المحصول حنطة مثلا التأكيد على نوع الحبوب ومدى صلاحيتها للمعجنات او الخبز وفي المحاصيل السكرية التأكيد يكون على كمية السكر ونوعيته وفي المحاصيل العلفية للتأكيد على القيمة التغذوية للعلف وكذا .

وبشكل عام اضافة النتروجين بكميات مثالية ومتوازنة مع العناصر المغذية للنبات الاخرى وفي التوقيت المناسب سيكون له تأثير ايجابي في نوعية العديد من المحاصيل . اما الاضافة

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

العالية بدون موازنة وفي اوقات متأخرة من النمو ممكن أن تؤثر سلبا في النوعية فزيادة كمية النتروجين او التأخر بإضافتها لاسيما للدفعة الأخيرة تدفع النبات لتكوين نموات خضرية جديدة ومن ثم التأثير سلبا في كمية الإنتاج .

نوعية السماد مهمة فكلوريد البوتاسيوم ممكن أن يؤثر سلبا في التبغ وحتى في نوعية النشأ في البطاطا في الوقت الذي لا يكون هناك تأثير سلبي بل على العكس ايجابي مع كبريتات البوتاسيوم . وعموما اضافة البوتاسيوم تحسن من نوعية ثمار الطماطة المخصصة للمعجون وكذلك اضافة الفسفور ممكن ان تحسن نوعية النشا و ممكن ان يقلل من حساسية الضرر الميكانيكي خلال الجني والنقل لمحصول البطاطا ، البنجر السكري يستجيب للإضافات السمكية النتروجينية في مدة النمو الخضري الا ان الاضافات العالية المتأخرة ممكن أن تؤثر سلبا في كمية السكر والشيء نفسه للمحاصيل الزيتية.

توافر المغنيسيوم بكمية جيدة في التربة يؤثر في نوعية الأعلاف وهنا الأعلاف التي ينقصها المغنيسيوم ستؤثر في صحة الحيوان بما يسمى بكزاز الحشائش Grass Tetany) لاسيما اذا ما كان محتوى المغنيسيوم في مصل دم الحيوان اقل من 1 ملغم / 100 مللتر (

التسميد بالأسمدة الأمونياكية ممكن ان يؤثر سلبا في نوعية العديد من محاصيل الخضر من خلال تأثيره في كمية الكالسيوم الممتصة من قبل النبات .

وعموما معظم العناصر المغذية للنبات هي مفيدة للإنسان والحيوان الا ان ارتفاع بعضها ممكن ان يكون له تأثير سلبي في صحة الحيوان والانسان احيانا . والمثال على ذلك موضوع النترات في النبات فهي بحد ذاتها لا تؤثر في النبات بشكل محدد الا أن التأثير السلبي يكون على الحيوان اذا تغذى او قدمت له عليقة ذات محتوى عال من النترات . اذ ان النترات ممكن ان تختزل في ظروف معينة داخل معدة الحيوان وتتحول الى النتريت التي يكون لها تأثير سلبي في الدم مؤدية الى العديد من المشاكل الصحية للحيوانات ولاسيما

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الأبقار . اما الانسان فتأثير النترات اذا ما تجمعت في محاصيل الخضر وارد الا انه غير مهم بشكل كبير الا مع الأطفال ويتطلب تناول كميات كبيرة من محاصيل الخضر الغنية بالنترات مثل السبانغ . وهنا تأتي أهمية المصدر السماد النتروجيني وكمية اضافته إذ أن تجمع النترات يحدث في الغالب مع الأسمدة النتراتية ويقل مع الأسمدة الأمونياكية . ومع هذا يرتأي عدد من الباحثين بأن لا يزيد تركيز النترات في نباتات العلف عن 0.2 % من المادة الجافة لأن التراكيز الاعلى ممكن ان تحدث سمية للحيوانات. واذ ما تم التعبير على اساس وزن جسم الحيوان فان تراكيز في الدم 70-140 ملغم نترات لكل كغم من وزن جسم الأبقار و اقل بقليل في الأغنام . اما بالنسبة للإنسان فالحد المسموح به 15-70 ملغم نترات لكل كغم من وزن جسم الانسان البالغ والتكريز اقل بالنسبة للأطفال .

نقص الكالسيوم معروف بعلاقاته مع عدد من الأمراض الفسيولوجية أو عدم الانتظام الفسيولوجي المرتبط بنقص الكالسيوم Calcium related disorders ومنها تعفن الطرف الزهري (BER) في الطماطة و النقرة الفارغة Cavity spot في الجزر و النقرة المرة في التفاح (Bitter Pit) .

وبشكل عام توافر العناصر المغذية للنبات بشكل متوازن يزيد من قابلية المحاصيل المختلفة في مقاومة الأمراض ومقاومة الإصابة بالحشرات . اذ ان الاضافات العالمية غير المتوازنة للنتروجين تجعل النبات عصاري وعرضة للاضطجاع والاصابة بالحشرات والفطريات . التسميد الجيد بالبوتاسيوم يزيد من قابلية النبات على مقاومة الأمراض و الحشرات والظروف البيئية الصعبة من خلال دوره في زيادة سمك جدران الخلايا ودوره المعروف في تنظيم الماء في النبات . مما تقدم فإن دور العناصر المغذية للنبات لا ينحصر في التأثير في كمية الانتاج بل النوعية ومقاومة الأمراض ايضاً ، وغالبا قد لا تكون هناك استجابة في الانتاج الا ان تحسين النوعية مهم وممكن ان يكون هو المحدد للإضافة من عدمها للسماد احيانا .
اقتصاديات استعمال الأسمدة :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

على الرغم من ان الاستعمال العالمي للأسمدة مستقر نوعا ما الا ان هناك عددا من الدول النامية لانزال تستعمل الأسمدة بكميات اقل من المطلوب ، ولذا لايزال السمد يعد المحدد لإنتاجية المحاصيل والربحية . ولتغطية متطلبات الغذاء العالمي في الخمسين سنة القادمة فان زيادة الانتاجية الزراعية تتطلب زيادة في المدخلات لاسيما الأسمدة ومع المستويات العالية من الأسمدة المطلوبة فان من المهم أن تكون كفاءة استعمالها عالية لاسيما وأن الانتاج العالي للمحاصيل يمثل الفرصة الأهم في تقليل كلفة الإنتاج على اساس الوحدة السمادية . وللحصول على إنتاج معين فان المستثمر او المزارع التحكم بالمدخلات من الأسمدة والمكائن و ومع ان الاستعمال الفعلي للمدخلات يعتمد على الكلف النسبية والعائدات وهذه تتغير من سنة لأخرى وبشكل متصاعد تدريجيا . وعلى الرغم من ان كلف الأسمدة هي الأخرى في تغير وتصاعد مع الزمن الا انها وبشكل عام اقل نسبيا من الارتفاع الحاصل في كلف المدخلات الأخرى من الجهة الأخرى فان اسعار المخرجات أو العائدات لم ترتفع بما يوازي الارتفاع في الكلف للمدخلات. وهذا يتطلب من المستثمر الحصول على افضل انتاجية من خلال استعمال كفاء لكل المدخلات ومنها الأعمدة والمصلحات .

مستوى الإنتاج وكلف الإنتاج

الممارسات التي تزيد من الانتاج لكل وحدة ارض تقلل الانتاج لكل وحدة محصول اذ ان الكلف لتحضير الأرض والحراثة والنبات لمحصول ذي انتاج واطى في ذات الكلف لمحصول ذي انتاج عال والمدخلات لتحسين الانتاج ترفع من كلف الانتاج الكلية لوحدة المساحة الا انها تخفض وتقلل الكلف لوحدة الانتاج وتزيد من الربح الصافي الارض والمباني واليد العاملة كلها تكون في الأساس ثابتة وتحدث بغض النظر عن كمية الانتاج ولكن المتغير هي التي تختلف مع الانتاج وتتضمن الأسمدة والمبيدات والحصاد والنقل . وهناك عدد من الممارسات الادارية التي تسهم في زيادة الانتاج فضلا عن الاسمدة وهي :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ التوقيت : التوقيت مهم في الحراثة والزراعة واطافة الاسمدة والسيطرة على المحددات البايولوجية من امراض وحشرات وموعد الحصاد والجني .
 - ❖ موعد الزراعة : تأخير موعد الزراعة عن الموعد المثالي يمكن أن يقلل الانتاج بمقدار 25-50 كغم للهكتار لكل يوم تأخير لمحاصيل مثل الذرة الصفراء وفول الصويا .
 - ❖ السيطرة على الحشرات والأمراض : التشخيص المبكر يسمح لإضافة المبيدات الفعالة والمكافحة المطلوبة .
 - ❖ اختيار الصنف : اختيار الصنف والهجين الجيد يمكن أن يؤثر بالانتاج والربحية .
 - ❖ كثافة الزراعة (عدد النباتات في وحدة المساحة) : اختيار الكثافة المناسبة يكون منهم لتحقيق الانتاجية المطلوبة .
 - ❖ الدورة الزراعية : الدورة السليمة والمناسبة تقلل من الأمراض والادغال ومشاكل الحشرات وتحسن من بناء التربة وخصوبة التربة ومن ثم تزيد من الإنتاجية والربحية .
 - ❖ الحراثة المناسبة وبما يتلاءم مع ظروف التربة والمناخ ممكن أن تؤدي إلى زيادة جاهزية الماء ونمو الجذور والانتاجية .
- سعر السماد :**

من المهم عند اختيار السماد ان يتم حساب السعر على أساس قيمة العنصر المغذي وليس على اساس اخر مثال ذلك إذا كان لدينا سمادان احدهما 20-20-10 ($K_2O-P_2O_5-N$) بسعر 250 الف دينار للطن الواحد وسماد اخر تركيبته 10-10-5 بسعر 150 الف دينار للطن فان السماد الأول يكون ارخص على اساس اننا نحتاج الى طنين من السماد الثاني كي نحصل على الكمية نفسها التي يجيزها طن من السماد الأول بتعبير اخر كلفة السماد الثاني ستكون 300 الف دينار لتعطي كمية العناصر الموجودة في السماد الأول وبسعر 250 الف.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

مثال اخر اذا كان لدينا سماد يوريا (46% N) بسعر 200 الف دينار للطن وسماد كبريتات الأمونيوم (21% N) بسعر 100 الف دينار للطن فان سماد اليوريا يكون ارخص على اساس كلفة الكغم من النتروجين كما يأتي:

الطن من سماد اليوريا يحوي على 460 كغم من عنصر النتروجين N وهذا يعني أن سعر الكيلوغرام من N يكون $200\ 000 / 460 = 435$ دينار .

اما بالنسبة لكبريتات الأمونيوم:

الكيلوغرام من N يكون $100\ 000 / 210 = 476$ دينار وهذا يعني أن سعر اليوريا هنا ارخص ناهيك عن كلفة عملية النقل التي تكون ضعف في حالة سماد كبريتات الأمونيوم.

المخلفات الحيوانية :

الفائدة المرجية من إضافة المخلفات تتجاوز كونها مصدر للعناصر المغذية المخلفة فحسب وإنما مصلحة للتربة لدورها في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية للتربة من تحسين بناء التربة وتحسين العلاقات المائية وزيادة نشاط الأحياء المجهرية وزيادة جاهزية العديد من العناصر المغذية . ومع هذا يجب أن تراعي كلف النقل ومحاولة تقليلها عن طريق تخمير الأسمدة الحيوانية او إعطاءها الفرصة للتحلل وهنا ستكون ارخص في كلف النقل ومفيدة بشكل مباشر للمحاصيل ومع هذا الكلف والجوى الاقتصادية مع اهميتها الا ان الاضافة للمخلفات تكون ضرورة لبعض الترب المتردية في خواصها الفيزيائية بل من المستحيل زراعتها أحيانا كما هو الحال في بعض الترب الخشنة .

اسئلة عامة :

من : أيهما ارخص شراء طن من فوسفات أحادي الأمونيوم (11-48-0) بسعر 200 ألف دينار للطن الواحد او طن من فوسفات ثنائي الأمونيوم (18-48-0) بسعر 225 ألف دينار للطن . هذا مع العلم ان سعر اليوريا 200 الف دينار للطن.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

عشر

أساسيات إدارة المغذيات **principles of Nutrient Management**

برامج إدارة كفاءة للعناصر المغذية ممكن أن تجهز النباتات بالكميات المناسبة للإنتاج والربحية مع ضمان التقليل مع المخاطر البيئية . ومن العوامل المؤثرة في كمية العناصر المغذية :

- ❖ صفات المحصول - كمية العناصر المغذية المطلوبة تختلف اعتمادا على المحصول)
- النوع والصنف و إدارة المحصول و الإنتاج (جدول 1-11) والظروف البيئية)
- الحرارة والرطوبة (و خواص التربة (نوع التربة وخصوبة التربة والموقع من حيث الارتفاع وإدارة التربة) .

جدول (1-11) الامتصاص المثالي للعناصر المغذية لعدد من المحاصيل الحقلية

والبستنة المختارة

Zn	Mn	Cu	S	Mg	Ca	K	P	N	الانتاج طن/هد تار	المحصول
كغم/هكتار										
0,0 9	0,0 3	0,0 4	9,0	6,7	2,4	27,0	16,0	73,0	3,2	الشعير (حبوب)
0,0 6	0,3 6	0,0 12	4,5	2,2	9,0	90,0	11,0	34,0	5,0	الشعير (قش)
0,0 4	0,1 1	0,0 9	14, 0	20,0	6,7	45,0	45,0	168,0	12,5	الذرة الصفراء (حبوب)
0,0 6	0,0 7	0,0 2	11, 0	7,8	4,6	25,0	34,0	73,0	4,8	الذرة البيضاء (حبوب)

خصوبة التربة والتسميد
اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

0,0 6	0,0 7	0,0 6	26, 0	11,0	21,0	83,0	46,0	210,0	3,4	فول الصويا (حبوب)
-	-	-	13, 5	-	-	34,0	15,0	78,0	3,0	زهرة الشمس
0,1 8	0,1 1	0,0 5	5,0	11,0	2,2	28,0	22,0	79,0	3,6	الحنطة(حبوب)
0,7	0,0 7	0,1 1	50, 0	45,0	180, 0	336,0	45,0	390,0	15,0	الجت
-	-	-	-	-	-	291,0	45,0	350,0	15,0	البرسيم
0,0 3	0,0 3	0,0 3	11, 0	5,6	9,0	50,0	11,0	34,0	30,0	التفاح
0,0 3	0,0 9	0,0 3	20, 0	2,2	12,0	45,0	23,0	50,0	18,0	البصل
0,1	0,1 7	0,0 7	7,8	7,8	6,5	177,0	54,0	100,0	37,5	البطاطا
0,1 8	0,1 5	0,0 8	16, 0	12,0	7,8	179,0	45,0	134,0	50,0	الطماطة

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ الجذور : بما ان معظم العناصر المغذية تمتص بوساطة الجذور فان فهم صلات الجذور مهم في إدارة العناصر المغذية . قابلية الجذور للبحث في التربة عن العناصر المغذية والماء يعتمد على خواص الجذور الفسلجية والمورفولوجية . أقطار الجذور وأطوالها وكثافة الشعيرات الجذرية ووجود فطر المايكورايزا من عدمه . مثال ذلك من محاسن المحاصيل المتعمقة الجذور كالجوت والبرسيم الحلو انها تفكك التربة تحت السطحية المرصوصة من خلال تغلغل الجذور والتحلل الذي يلي ذلك . البقوليات المتعمقة الجذور في المراعي تجهز علفاً جيداً للحيوانات أفضل من التي تقدمه الحشائش ضحلة الجذور و الجذور تتأثر بالمسافات بين النباتات وبين الخطوط الكثافة النباتية) .
- ❖ صفة السعة التبادلية للأيونات الموجبة للجذور ايضاً تؤثر في قابلية المحصول في امتصاص العناصر المغذية . وجود فطريات المايكورايزا من عدمه مهم جداً لاسيما مع العناصر المغذية غير المتحركة في التربة لاسيما الفسفور وبالذات عندما يكون تركيزه منخفضاً في التربة او مضافة بأشكال بطيئة التيسر والجاهزية .
- ❖ صفات التربة : خواص التربة الفيزيائية التي تحد من نمو الجذور لها تأثير مباشر في كفاءة الامتصاص ، حرارة التربة و فلحيتها مهمة في توفير المكان المناسب لنمو وتغلغل الجذور .
- ❖ العناصر المغذية للنبات - اضافة عناصر مغذية مناسبة وكافية قبل الزراعة يشجع على تطور نظام جذري جيد .
- ❖ وضع السماد واماكن وطريقة اضافة العناصر المغذية من الأمور المهمة التي يجب اخذها بنظر الاعتبار عند وضع السماد ما يأتي:
- ❖ محاولة التقليل من التأثير الملحي للسماد وذلك لاختلاف المصادر السمادية في تأثيرها الملحي وهنا يجب ان تضاف الاسمدة ذات الدليل الملحي العالي بمسافة عن الجذور لاسيما في المراحل الأولى من النمو .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

❖ التوقيت الصحيح للتسميد مهم هو الآخر كأهمية إضافة السماد والكمية المضافة .

طرائق إضافة الأسمدة:

إضافة الأسمدة الصلبة : هناك عدد من الخيارات تشمل الإضافة السطحية او تحت السطحية و الإضافة قبل أو بعد الزراعة .

الإضافة قبل الزراعة :

وتشمل النثر (Broadcast) : تضاف العناصر المغذية بشكل متساوي على سطح التربة . وهذا ممكن أن تخلط مع السطح لو ترك بدون خلط والأفضل هو الخلط من خلال الحراثة .

الإضافة عند الزراعة (Banding) :

وهنا من المفضل الإضافة بمسافة 2.5-7.5 سم الى جانب او تحت البذر وبعمق 2.5-5.0 سم . او بعمل خط مواز لخط البذار وبمسافة معينة ويوضع السماد فيه (وهنا المسافة بين خطوط الزراعة) او تتم الإضافة بعمل حزمة حول البذرة وهذا شائع مع المحاصيل التي تزرع على مسافات بين جورة واخرى .

الإضافة بعد الزراعة :

وهنا ممكن أن تضاف الاسمدة فوق النباتات كما هو الحال بما يسمى بالإضافة الفوقية (Top dressing) سيما بالنسبة لإضافة النتروجين لساحات المروج والمسطحات الخضراء الإضافة الجانبية او التلقيح او الحزم وهي طريقة شائعة الاستعمال للدفعات المختلفة للسماد والمحاصيل الخضر بشكل خاص .

الدليل الملحي Salt index :

التركيز العالي للأملح التي تكون في تماس مع الجذور او مع البذور عند مرحلة الانبات تؤثر سلباً من خلال التأثير الملحي الازموزي والتأثير السمي النوعي للأملح لاسيما في الأراضي غير المتأثرة بالأملح. وهنا تصنف الأسمدة الى مجاميع وفقا لدليلها الملحي والذي

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

يؤثر في كمية السماد المضاف في مرحلة الانبات والمسافة التي يجب أن يوضع فيها السماد عن البذور او البادرات والدليل الملحي عبارة عن النسبة بين الزيادة في الضغط الازموزي الناتج عن اضافة السماد نسبة الى الضغط الازموزي الناتج من اضافة الوزن نفسه من نترات الصوديوم على اساس قيمة نسبية هي المئة على اساس ان الدليل الملحي لنترات الصوديوم هو (100) والجدول (2-11) يبين الدليل الملحي لبعض الأسمدة. و عموما املاح النتروجين والبوتاسيوم تملك دليل ملحي اعلى من الفسفور . اضافة الامونيوم بالقرب من البذور ايضاً له محاذير نتيجة لتطاير الامونيا وتأثيرها السلبي في الانسجة النباتية لاسيما في الترب القاعدية او المائلة الى القاعدية كالترب الكلسية .

جدول 11-2 الدليل الملحي لمواد سمادية شائعة الاستعمال

المصدر السمادي	الصيغة الكيميائية	التحليل	الدليل الملحي (نسبة الى نترات الصوديوم)	الدليل الملحي الجزئي
المصادر النتروجينية				
الامونيا الالمانية	NH ₃	83(N)	47	0,57
نترات الامونيوم	NaNO ₃	35(N)	104	3,1
كبريتات الامونيوم	(NH ₄) ₂ SO ₄	21(N)	88,3	3,2
اليوريا	CO(NH ₂) ₂	46(N)	74	1,62
نترات الصوديوم	NaNO ₃	16.5(N)	100	6,1
المصادر الفوسفاتية				
السوبر فوسفات المركز	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	48(P ₂ O ₅)	7,8	0,16

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

0,21	10,3	48(P ₂ O ₅)	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	السوبر فوسفات الثلاثي
0,401	26,7	54(P ₂ O ₅)+11(N)	NH ₄ H ₂ PO ₄	فوسفات احادي الامونيوم
0,456	29,2	46(P ₂ O ₅)+18(N)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	فوسفات ثنائي الامونيوم
المصادر البوتاسيومية				
1,94	116,1	60(K ₂ O)	KCl	كلوريد البوتاسيوم
0,85	42,6	50(K ₂ O)	K ₂ SO ₄	كبريتات البوتاسيوم
1,20	69,5	44(K ₂ O)+13(N)	KNO ₃	نترات البوتاسيوم
0,097	8,4	34(K ₂ O)+51(P ₂ O ₅)	KH ₂ PO ₄	فوسفات احادي البوتاسيوم

الاضافة الورقية للعناصر المغذية (الاضافة رشاً على الأوراق) :

إضافة الأسمدة المعدنية الذائبة بالماء من الممكن أن يتم من خلال رشها على الأوراق أو الأجزاء الهوائية للنباتات بشكل مباشر وهذه العناصر المغذية بعد اضافتها ستتغلغل الى داخل الورقة من خلال طبقة البشرة أو الثغور هذه الطريقة للتسميد هي بالأساس للاستجابة السريعة لتصحيح نقص معين . الاضافة للعناصر المغذية بهذه الطريقة تتأثر بعدد من العوامل المناخية وتحتاج الى ادارة معينة ذات علاقة باختيار المصدر السمادي المناسب والتركيز المناسب وقت الإضافة التي يجب أن يكون في الصباح الباكر أو عند الغروب لتلافي سرعة التبخر من سطح الورقة والذي قد يسبب حرقها ، وعلى الرغم من الاضافة بهذه الطريقة تبقى تكميلية للإضافة الأرضية لاسيما للعناصر الغذائية الكبرى ويمكن أن تسد حاجة النباتات من العناصر الصغرى ولاسيما للمحاصيل البستانية ذات المردود الاقتصادي العالي تراكيز بحدود 1-2 % غالبا ما تستعمل لتجنب حدوث اي ضرر على الأوراق .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الاضافة رشا على الأوراق لليوريا اثبتت نجاحها في اشجار التفاح والحمضيات اضافة الفسفور ورقيا قليل الاستعمال بشكل عام لأن معظم مصادره صعبة الذوبان بالماء و اضافته تتطلب عناية ودراية اكبر من اسمدة النتروجين لاسيما موضوع التركيز المطلوب للإضافة والتي يجب ان لايتجاوز 0.4-0.5 % لمعظم المحاصيل. البوتاسيوم ايضا محدود الأضافة بهذه الطريقة ومع ذلك هناك تجارب عدة في العراق اثبتت نجاح الاضافة رشا للبوتاسيوم وبتراكيز جيدة نسبية ولمحاصيل حقلية مثل الرز و الذرة الصفراء ومحاصيل بستتية مثل العمالة والباذنجان المزروعة تحت الزراعة المحمية .

الاضافة رشا للعناصر الغذائية تعد متميزة مع العناصر المغذية الصغرى وذلك لأن التراكيز التي تضاف فيها هذه العناصر واطئة فلا يوجد خوف من الحروق او التأثير السلبي للإضافة لاسيما اذ ما تمت الاضافة بالتراكيز والأوقات المناسبة ، هذا فضلا عن المشاكل التي تواجه اضافة العناصر المغذية الصغرى عند الإضافة إلى التربة.

اضافة السماد مع مياه الري (Fertigation)

❖ الاضافة مع الري بالرش وهنا تكون الاضافة هي نفسها الاضافة رشا على الأجزاء الهوائية للنبات او التسميد الورقي وتتبع معه القواعد نفسها من حيث المصدر السمادي والتركيز ووقت الإضافة .

❖ الاضافة مع نظام الري بالتنقيط او ما يطلق عليه الري المسمد او الرسمدة او الفرتكة تعريباً للاسم الأنكليزي Fertigation الذي هو عبارة عن مجموع لكلمتي Fertilization + Irrigation .ومن اهم فوائد هذا الأسلوب او التقنية هي الاضافة للعناصر المغذية وبشكل يتناغم مع نمو المحاصيل .

أسمدة النتروجين أكثر استعمالا في هذه الطريقة والفسفور تعد الأول بهذه الطريقة وذلك لان معظم الفسفور المضاف ممكن ان يترسب مع المياه عالية المحتوى من الكالسيوم

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

والمغنيسيوم ومن الممكن ان تغلق المنقطات . الإضافة للأسمدة في هذه الطريقة تتم من خلال الإضافة في الخزانات الموجودة ضمن منظومة الري بالتنقيط.

التسميد ونوعية الحاصل Fertilizers application & quality of crop

النوعية من الأمور المهمة التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند الحديث عن الأسمدة وأهميتها ومع هذا فموضوع النوعية لايهتم به غالبا لاسيما في الدول النامية لأن التركيز على الانتاجية يكون اكثر .

ان مقياس النوعية والجودة يعتمد على نوع المحصول و الغرض من زراعته . فالمحصول الحبوبى يكون الاهتمام بنوعية حاصل الحبوب واذا كان المحصول حنطة مثلا التأكيد على نوع الحبوب ومدى صلاحيتها للمعجنات او الخبز وفي المحاصيل السكرية التأكيد يكون على كمية السكر ونوعيته وفي المحاصيل العلفية للتأكيد على القيمة التغذوية للعلف وكذا . وبشكل عام اضافة النتروجين بكميات مثالية ومتوازنة مع العناصر المغذية للنبات الاخرى وفي التوقيت المناسب سيكون له تأثير ايجابي في نوعية العديد من المحاصيل . اما الاضافة العالية بدون موازنة وفي اوقات متأخرة من النمو ممكن أن تؤثر سلبا في النوعية فزيادة كمية النتروجين او التأخر بإضافتها لاسيما للدفعة الأخيرة تدفع النبات لتكوين نموات خضرية جديدة ومن ثم التأثير سلبا في كمية الإنتاج .

نوعية السماد مهمة فكلوريد البوتاسيوم ممكن أن يؤثر سلبا في التبغ وحتى في نوعية النشا في البطاطا في الوقت الذي لا يكون هناك تأثير سلبى بل على العكس ايجابي مع كبريتات البوتاسيوم . وعموما اضافة البوتاسيوم تحسن من نوعية ثمار الطماطة المخصصة للمعجون وكذلك اضافة الفسفور ممكن ان تحسن نوعية النشا و ممكن ان يقلل من حساسية الضرر الميكانيكي خلال الجني والنقل لمحصول البطاطا ، البنجر السكري يستجيب للإضافات السمكية النتروجينية في مدة النمو الخضرى الا ان الاضافات العالية المتأخرة ممكن أن تؤثر سلبا في كمية السكر والشيء نفسه للمحاصيل الزيتية.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

توافر المغنيسيوم بكمية جيدة في التربة يؤثر في نوعية الأعلاف وهنا الأعلاف التي ينقصها المغنيسيوم ستؤثر في صحة الحيوان بما يسمى بكَزاز الحشائش (Grass Tetany) لاسيما اذا ما كان محتوى المغنيسيوم في مصل دم الحيوان اقل من 1 ملغم / 100 مللتر (

التسميد بالأسمدة الأمونياكية ممكن ان يؤثر سلبا في نوعية العديد من محاصيل الخضر من خلال تأثيره في كمية الكالسيوم الممتصة من قبل النبات .

وعموما معظم العناصر المغذية للنبات هي مفيدة للإنسان والحيوان الا ان ارتفاع بعضها ممكن ان يكون له تأثير سلبي في صحة الحيوان والانسان احيانا . والمثال على ذلك موضوع النترات في النبات فهي بحد ذاتها لا تؤثر في النبات بشكل محدد الا أن التأثير السلبي يكون على الحيوان اذا تغذى او قدمت له عليقة ذات محتوى عال من النترات . اذ ان النترات ممكن ان تختزل في ظروف معينة داخل معدة الحيوان وتتحول الى النتريت التي يكون لها تأثير سلبي في الدم مؤدية الى العديد من المشاكل الصحية للحيوانات ولاسيما الأبقار . اما الانسان فتأثير النترات اذا ما تجمعت في محاصيل الخضر وارد الا انه غير مهم بشكل كبير الا مع الأطفال ويتطلب تناول كميات كبيرة من محاصيل الخضر الغنية بالنترات مثل السبانغ . وهنا تأتي أهمية المصدر النتروجيني وكمية اضافته إذ أن تجمع النترات يحدث في الغالب مع الأسمدة النتراتية ويقل مع الأسمدة الأمونياكية . ومع هذا يرتأي عدد من الباحثين بأن لا يزيد تركيز النترات في نباتات العلف عن 0.2% من المادة الجافة لأن التراكيز الاعلى ممكن ان تحدث سمية للحيوانات. واذا ما تم التعبير على اساس وزن جسم الحيوان فان تراكيز في الدم 70-140 ملغم نترات لكل كغم من وزن جسم الأبقار واقل بقليل في الأغنام . اما بالنسبة للإنسان فالحد المسموح به 15-70 ملغم نترات لكل كغم من وزن جسم الانسان البالغ والتركيز اقل بالنسبة للأطفال .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

نقص الكالسيوم معروف بعلاقاته مع عدد من الأمراض الفسيولوجية أو عدم الانتظام الفسيولوجي المرتبط بنقص الكالسيوم Calcium related disorders ومنها تعفن الطرف الزهري (BER) في الطماطة و النقرة الفارغة Cavity spot في الجزر و النقرة المرة في التفاح (Bitter Pit) .

وبشكل عام توافر العناصر المغذية للنبات بشكل متوازن يزيد من قابلية المحاصيل المختلفة في مقاومة الأمراض ومقاومة الإصابة بالحشرات . اذ ان الاضافات العالمية غير المتوازنة للنتروجين تجعل النبات عصاري وعرضة للاضطجاع والاصابة بالحشرات والفطريات . التسميد الجيد بالبوتاسيوم يزيد من قابلية النبات على مقاومة الأمراض و الحشرات والظروف البيئية الصعبة من خلال دوره في زيادة سمك جدران الخلايا ودوره المعروف في تنظيم الماء في النبات . مما تقدم فإن دور العناصر المغذية للنبات لا ينحصر في التأثير في كمية الانتاج بل النوعية ومقاومة الأمراض ايضاً ، وغالبا قد لا تكون هناك استجابة في الانتاج الا ان تحسين النوعية مهم وممكن ان يكون هو المحدد للإضافة من عدمها للسماح احيانا .
اقتصاديات استعمال الأسمدة :

على الرغم من ان الاستعمال العالمي للأسمدة مستقر نوعا ما الا ان هناك عددا من الدول النامية لانزال تستعمل الأسمدة بكميات اقل من المطلوب ، ولذا لايزال السماح يعد المحدد لإنتاجية المحاصيل والربحية . ولتغطية متطلبات الغذاء العالمي في الخمسين سنة القادمة فان زيادة الانتاجية الزراعية تتطلب زيادة في المدخلات لاسيما الأسمدة ومع المستويات العالية من الأسمدة المطلوبة فان من المهم أن تكون كفاءة استعمالها عالية لاسيما وأن الانتاج العالي للمحاصيل يمثل الفرصة الأهم في تقليل كلفة الإنتاج على اساس الوحدة السماحية . وللحصول على إنتاج معين فان المستثمر او المزارع التحكم بالمدخلات من الأسمدة والمكائن و ومع ان الاستعمال الفعلي للمدخلات يعتمد على الكلف النسبية والعائدات وهذه تتغير من سنة لأخرى وبشكل متصاعد تدريجيا . وعلى الرغم من ان

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

كلف الأسمدة هي الأخرى في تغير وتساعد مع الزمن الا انها وبشكل عام اقل نسبيا من الارتفاع الحاصل في كلف المدخلات الأخرى من الجهة الأخرى فان اسعار المخرجات أو العائدات لم ترتفع بما يوازي الارتفاع في الكلف للمدخلات. وهذا يتطلب من المستثمر الحصول على افضل انتاجية من خلال استعمال كفوء لكل المدخلات ومنها الأعمدة والمصلحات .

مستوى الإنتاج وكلف الإنتاج

الممارسات التي تزيد من الإنتاج لكل وحدة ارض تقلل الإنتاج لكل وحدة محصول اذ ان الكلف لتحضير الأرض والحراثة والنبات لمحصول ذي إنتاج واطى في ذات الكلف لمحصول ذي إنتاج عال والمدخلات لتحسين الإنتاج ترفع من كلف الإنتاج الكلية لوحدة المساحة الا انها تخفض وتقلل الكلف لوحدة الإنتاج وتزيد من الربح الصافي الارض والمباني واليد العاملة كلها تكون في الأساس ثابتة وتحدث بغض النظر عن كمية الإنتاج ولكن المتغير هي التي تختلف مع الإنتاج وتتضمن الأسمدة والمبيدات والحصاد والنقل .

وهناك عدد من الممارسات الادارية التي تسهم في زيادة الإنتاج فضلا عن الاسمدة وهي :

- ❖ التوقيت : التوقيت مهم في الحراثة والزراعة وازضافة الاسمدة والسيطرة على المحددات البايولوجية من امراض وحشرات وموعد الحصاد والجني .

- ❖ موعد الزراعة : تأخير موعد الزراعة عن الموعد المثالي يمكن أن يقلل الإنتاج بمقدار 25-50 كغم للهكتار لكل يوم تأخير لمحاصيل مثل الذرة الصفراء وفول الصويا .
- ❖ السيطرة على الحشرات والأمراض : التشخيص المبكر يسمح لإضافة المبيدات الفعالة والمكافحة المطلوبة .

- ❖ اختيار الصنف : اختيار الصنف والهجين الجيد يمكن أن يؤثر بالإنتاج والربحية .
- ❖ كثافة الزراعة (عدد النباتات في وحدة المساحة) : اختيار الكثافة المناسبة يكون منهم لتحقيق الانتاجية المطلوبة .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ الدورة الزراعية : الدورة السليمة والمناسبة تقلل من الأمراض والادغال ومشاكل الحشرات وتحسن من بناء التربة وخصوبة التربة ومن ثم تزيد من الإنتاجية والربحية .
- ❖ الحراثة المناسبة وبما يتلاءم مع ظروف التربة والمناخ ممكن أن تؤدي إلى زيادة جاهزية الماء ونمو الجذور والإنتاجية .

سعر السماد :

من المهم عند اختيار السماد ان يتم حساب السعر على أساس قيمة العنصر المغذي وليس على اساس اخر مثال ذلك إذا كان لدينا سمادان احدهما 10-20-20 ($K_2O-P_2O_5-N$) بسعر 250 الف دينار للطن الواحد وسماد اخر تركيبته 10-10-5 بسعر 150 الف دينار للطن فان السماد الأول يكون ارخص على اساس اننا نحتاج الى طنين من السماد الثاني كي نحصل على الكمية نفسها التي يجيزها طن من السماد الأول بتعبير اخر كلفة السماد الثاني ستكون 300 الف دينار لتعطي كمية العناصر الموجودة في السماد الأول ويسعر 250 الف.

مثال اخر اذا كان لدينا سماد يوريا (46% N) بسعر 200 الف دينار للطن وسماد كبريتات الأمونيوم (21% N) بسعر 100 الف دينار للطن فان سماد اليوريا يكون ارخص على اساس كلفة الكغم من النتروجين كما يأتي:

الطن من سماد اليوريا يحوي على 460 كغم من عنصر النتروجين N وهذا يعني أن سعر الكيلوغرام من N يكون $200\ 000 / 460 = 435$ دينار .

اما بالنسبة لكبريتات الأمونيوم:

الكيلوغرام من N يكون $100\ 000 / 210 = 476$ دينار

وهذا يعني أن سعر اليوريا هنا ارخص ناهيك عن كلفة عملية النقل التي تكون ضعف في حالة سماد كبريتات الأمونيوم.

المخلفات الحيوانية :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الفائدة المرجية من إضافة المخلفات تتجاوز كونها مصدر للعناصر المغذية المخلفة فحسب وإنما مصلحة للتربة لدورها في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية للتربة من تحسين بناء التربة وتحسين العلاقات المائية وزيادة نشاط الأحياء المجهرية وزيادة جاهزية العديد من العناصر المغذية . ومع هذا يجب أن تراعي كلف النقل ومحاولة تقليلها عن طريق تخمير الأسمدة الحيوانية او إعطاءها الفرصة للتحلل وهنا ستكون ارخص في كلف النقل ومفيدة بشكل مباشر للمحاصيل ومع هذا الكلف والجوى الاقتصادية مع اهميتها الا ان الاضافة للمخلفات تكون ضرورة لبعض الترب المتردية في خواصها الفيزيائية بل من المستحيل زراعتها أحيانا كما هو الحال في بعض الترب الخشنة .

اسئلة عامة :

من : أيهما ارخص شراء طن من فوسفات أحادي الأمونيوم (11-48-0) بسعر 200 ألف دينار للطن الواحد او طن من فوسفات ثنائي الأمونيوم (18-48-0) بسعر 225 ألف دينار للطن . هذا مع العلم ان سعر اليوريا 200 الف دينار للطن.

الفصل الثاني عشر

الجزء العملي

يتم التركيز في الجزء العملي على التقييم الخصوبي للتربة . وهنا سيتم التطرق الى اجراء وتنفيذ التجارب البيولوجية واجراء التحاليل الكيميائية.

اولا - اجراء التجارب البيولوجية : تنفذ تجارب حقلية او تجارب اصص (سنادين أو حاويات) لغرض اختبار خصوبة التربة وفي هذا المجال يتم تصميم تجربة بسيطة تشمل على اختيار تربة واحدة او اكثر او اختيار أكثر من موقع اذا كانت التجربة حقلية وهناك بعض الخطوات البسيطة التي يمكن اتباعها ومنها:

1-التجارب الحقلية :

❖ اختيار التربة وتحديد الموقع.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ تحضير الأرض من ري اولي وحرثاة وتتعيم.
- ❖ تقسيم الحقل الى وحدات تجريبية حسب المحصول وطريقة الري وتصميم التجربة (ملاحظة ترك مسافات كافية بين المعاملات لزيادة الدقة (من خلال منع انتقال السماد مع مياه الري من معاملة الى اخرى) .
- ❖ الزراعة واجراء العمليات الادارية المطلوبة من ري وازضافة اسمدة وتعشيب ومكافحة الحشرات والامراض.
- ❖ يتم اضافة الأسمدة وفقا للمعاملات المحددة وتضاف بالطرائق المناسبة وفي الأوقات المطلوبة لكل سماد وتحدد المعاملات حسب الغرض من التجربة ومثال ذلك :
- ❖ اذا كان الهدف معرفة مدى استجابة المحصول المعين لإضافة عنصر معين او معرفة نقص عنصر معين تكون المعاملات وبشكل مبسط كالاتي :
- ❖ معاملة بدون اضافة اي سماد (مقارنة).
- ❖ معاملة يضاف فيها احد العناصر المشكوك بنقصها او العنصر المشكوك بنقصه ولاسيما العناصر المغذية الكبرى باستعمال المصادر المادية المتوافرة لكل عنصر وبمستوى معين يفضل ان يحدد على اساس تحليل التربة.
- ❖ معاملات اخرى تتضمن اضافة عنصرين او اكثر للمقارنة مع معاملة المقارنة والمعاملات المنفردة من كل عنصر .
- ❖ الري يضاف بالكميات والمواعيد المطلوبة قدر الإمكان.
- ❖ اضافة المبيدات واجراء مكافحة في الأوقات المناسبة .
- ❖ و يستمر بالتجربة الى موعد النضج والحصاد للمحصول قدر الامكان وتؤخذ الملاحظات على طول مدة النمو.
- ❖ يتم تحليل النتائج احصائيا لمعرفة المعاملة المؤثرة.
- ❖ من تفسير النتائج ومناقشتها نتوصل الى مستوى التربة الخصوبي.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

تجارب الأخص (السنادين) :

يتم تحديد حجم الاخص اعتمادا على نوع المحصول والمكان التي تنفذ فيه التجربة
يتم اختيار تربة واحدة او اكثر و يتم اختيار المعاملات والاجراءات الادارية كما تم توضيحه
انفا.

حساب كميات الأسمدة للتجارب المختلفة:

اذا كانت التجربة حقلية:

حسابات كميات الاسمدة تعتمد على المساحة المعدة للوحدة التجريبية وكما موضح في
المثال الاتي :

اذا كان من المفروض اضافة 200 كغم نتروجين بالهكتار (200 كغم N هـ¹⁻) :
أ- السماد المتوفر اليوريا (46% N) :

السماد	العنصر N
--------	----------

لاحظ الفرق بالكميات مع اختلاف المصدر السمادي .

وهكذا تتم الحسابات للمصادر السمادية الأخرى .

اذا كانت تجربة اصص او حاويات:

يتم حساب الأسمدة على اساس وزن التربة في الاخص او الحاوية وكما يأتي:

اذا كان وزن التربة في الحاوية 10 كغم مثلا واريده اضافة كمية بوتاسيوم بما يعادل 100
كغم بوتاسيوم للبيكتار (100 كغم K هـ¹⁻) تتبع الاتي:

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

1- يجب معرفة وزن التربة لمساحة هكتار وهي بشكل عام وتقريبي تقدر بأربعة ملايين كيلوغرام لعمق تربة 0.3 متر او 2 مليون كغم لعمق تربة 0.15 متر ومن المعادلة الاتية:

$$\text{وزن التربة في مساحة هكتار} = \text{مساحة الهكتار} \times \text{عمق التربة} \times \text{الكثافة الظاهرية للتربة}$$
$$= 10000 \text{ متر مربع} \times 0.3 \text{ متر} \times 1350 \text{ كغم / متر مكعب}$$
$$= 4000000 \text{ كغم}$$

الكثافة الظاهرية تقاس وحسب الوحدات العالمية الحديثة بالميكاجرام للمتر المكعب Mgm^{-3} (3) وكتبت بالوحدات اعلاه لتسهيل العمليات الحسابية. وبعد معرفة وزن الهكتار تكون الحسابات كالاتي : لتحديد كمية سماد البوتاسيوم المطلوب اضافته (ولنفترض ان السماد المتوفر كلوريد البوتاسيوم 50 % K) والمطلوب اضافة 100 كغم K ه⁻¹ .

السماد

ثانيا- تحاليل التربة والنبات :

في البداية لابد من القول أن دقة اي تحليل ومدى تكرارته تعتمد على حسن اختيار العينة الممثلة الجزء المراد تحليله و حسن اختيار المستخلصات الكيميائية ومدى ملاءمتها لظروف التربة المعينة وحسن اختيار الجهاز المستعمل للفحص .

تحليل التربة (فحص التربة) :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

سيتم التركيز على كيفية الحصول على الصور الجاهزة من كل عنصر لأنها الأكثر أهمية في خصوبة التربة وتمثل كميات العنصر القابلة للتجهيز بشكل مباشر . كما ان معظم طرائق التقدير للعناصر المغذية لها جانبان :

1. الحصول على المستخلص (الراشح) الحاوي على العنصر او العناصر المعينة .
2. تقدير محتوى العنصر في الراشح ومن ثم في التربة .

النروجين الجاهز: يمثل النترات الذائبة بالمحلول والأمونيوم المتواجد في المحلول و المتبادل على اسطح التبادل .

الاستخلاص يتم باستعمال كلوريد البوتاسيوم (2MKCl) وكما يأتي :

- ❖ توضع 10 غم تربة في دورق مخروطي.
- ❖ يضاف 100 مللتر من محلول كلوريد البوتاسيوم.
- ❖ رج لمدة 15 دقيقة والترشيح.

ت-تقدير المحتوى : يتم هنا استخدام جهاز يسي ميكرو كدال Micro Kjeldhal Steam Distillation .

تقدير الأمونيوم :

1. يؤخذ 10 مللتر من الراشح في الفقرة اعلاه ويوضع في انبوبة او دورق الجهاز .
2. يضاف 0.2 غم تقريبا من اوكسيد المغنيسيوم ويعاد الدورق الى مكانه المخصص في الجهاز .
3. في جهة الاستقبال يوضع 5 مللتر من حامض البوريك مع عدد من الكواشف (Bromo cresol green + Methyl red) في دورق مخروطي لأستقبال الامونيا المتقطرة . يشغل الجهاز وتشغل دورة الماء بشكل جيد ويستمر يجمع الأمونيا الى ان يصبح الحجم المتجمع في جهة الاستقبال بحدود 25 مللتر .
4. يتم التسحيح مع حامض الكبريتيك (0,005N H₂SO₄) .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

ملاحظة : لون حامض اليوريك مع الكواشف شوندرى . مع الأمونيا يتغير اللون الى الاخضر المزرق . وفي التسحيح يحسب الحجم المطلوب لتغير اللون الى اللون الاصلي .

تقدير الأمونيوم + النترات :

1. يؤخذ 10 مللتر من الراشح في الفقرة ا أعلاه ويوضع في انبوبة او دورق الجهاز .
2. يضاف 0.2 غم تقريبا من اوكسيد المغنيسيوم +0.2 غم من سبيكة الديفاردة (Devarda alloy) ويعاد الدورق الى مكانه المخصص في الجهاز .
3. تتبع الخطوات اعلاه نفسها وبالتتابع .

تقدير النترات:

النترات = النترات + الأمونيوم - الأمونيوم

ومن الممكن تقدير النترات مباشرة. ولحساب النسبة المئوية للنتروجين تستعمل المعادلة الاتية :

نسبة النتروجين =

تقدير الفسفور الجاهز:

هناك عدد من الطرائق التي تستعمل عددا من المستخلصات تختلف باختلاف الترب والافضل للترب الكلسية هو استعمال طريقة اولسن التقليدية او طريقة بيكاربونات الصوديوم بتركيز نصف مولاري (0.5 M NaHCO_3).

وعند $\text{PH} = 8.5$. وبعد الاستخلاص والترشيح يتم قياس محتوى الروائح من الفسفور بعد تطوير اللون باستعمال الموليبيدات الزرقاء وحامض الأسكوربيك والقياس بجهاز المطياف الضوئي Spectro photometer وعلى طول موجي 882 نانوميتر .

% P تركيز العينة من الخط البياتي (ملغم م كفا تربة) (جزء بلمليون) مقلوب التخفيف »

100 وزن التربة = $1000000 - 10000$ P % ملغم p كفا تربة (جزء في المليون)

تقدير البوتاسيوم الجاهز:

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

من الممكن استخلاص البوتاسيوم الجاهز اما بخلات الأمونيوم او كلوريد الكالسيوم وبعد الاستخلاص يتم قياس محتوى البوتاسيوم بجهاز قياس اللهب Flame photometer .
تركيز العينة من الخط البياني :

(ملغم K كنما تربة (جزء بالمليون) مقلوب التخليف +100 وزن التربة 1000000 %

K ، الاانات .

تحليل النبات:

اولا - في البداية لابد من تهيئة العينات للتحليل وهذا يتضمن :

❖ تنظيف العينات بالماء المقطر (تغسل اولاً بماء الحنفية ومن ثم بالماء المقطر او الافضل الخالي من الأيونات) .

❖ تجفيف العينات بالهواء والفرن الكهربائي (وهنا درجة حرارة الفرن يجب ان لا تزيد عن 65 درجة مئوية) .

❖ طحن العينات ونخلها : حفظ العينات في علب بلاستيكية لحين التحليل.

ثانياً: عملية الهضم :

وهي عملية الحصول على العناصر المغذية ذائبة في المحلول. وتتم هذه العملية اما بالحوامض المركزة (الهضم الرطب) او الحرق بالمرمدة (الحرق الجاف) وسيتم التطرق هنا عن الهضم الرطب .

الهضم الرطب (ويمكن بوساطته الحصول على كل العناصر المغذية) .

❖ يؤخذ وزن معين من العينة النباتية المحضرة في اولاً (0.2 - 1.0 غم) ويوضع في دورق مخروطي .

❖ يضاف حجم معين من حامض الكبريتيك المركز (40 مل لكل 0.2 غم) يتبع بحجم من خليط من حامضي الكبريتيك والبيركلوريك المركزين بنسبة (1.0 مل) .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ يوضع الدورق على حمام رملي ويتم التسخين بشكل تدريجي (الى درجة حرارة لا تتجاوز 200 درجة مئوية) ويستمر بالهضم الى أن يصبح المحلول رائقا .
- ❖ تنقل المحتويات كليا الى دورق معياري حجم 50 مل ويكمل الحجم بالماء المقطر .
- ❖ يتم تقدير محتوى العناصر المغذية حسب طرائق التقدير لكل عنصر .

تقدير النتروجين:

ويتم التقدير باستعمال جهاز يسمى مايكرو كلدال Micro Kjeldhual Steam Distillation وكما يأتي :

- 1- يؤخذ 10 مللتر من العينة المهضومة اعلاه ويوضع في انبوبة او دورق الجهاز .
- 2- يضاف 10 مل من هيدروكسيد الصوديوم (10 N NaOH) ويعاد الدورق الى مكانه المخصص في الجهاز >
- 3- في جهة الاستقبال يوضع 5 مللتر من حامض البوريك مع عدد من الكواشف (Bromo cresol green + Methyl red) في دورق مخروطي لاستقبال الأمونيا المتقطرة . يشغل الجهاز وتشغل دورة الماء بشكل جيد ويستمر بجمع الأمونيا الى ان يصبح الحجم المتجمع في جهة الاستقبال بحدود 25 مللتر .
- 4- ويتم التصحيح مع حامض الكبريتيك (0,005N H₂SO₄) .
ملاحظة : لون حامض البوريك مع الكواشف شوندرى .
مع الأمونيا يتغير اللون الى الاخضر المزرق .
وفي التصحيح بحسب الحجم المطلوب لتغير اللون الى اللون الأصلي .

نسبة النتروجين =

تقدير الفسفور :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- ❖ يؤخذ 10 مللتر من العينة المهضومة اعلاه ويوضع في دورق حجمي (50 مل).
 - ❖ يضاف 10 مل من محلول موليبيدات الأمونيوم وحامض الاسكوريك (1.056 غم من حامض الاسكوريك مع 200 مل من الموليبيدات المذابة في حامض الكبريتيك) ويكمل الحجم بالماء المقطر .
 - ❖ القياس بجهاز المطياف الضوئي Spectro photometer وعلى طول موجي 882 نانوميتر .
 - ❖ و تحضر محاليل قياسية من الفسفور لرسم الخط البياني .
- تقدير البوتاسيوم:**
- ❖ يؤخذ 10 مللتر من العينة المهضومة اعلاه ويوضع في دورق حجمي (50 مل) ويكمل الحجم بالماء المقطر.
 - ❖ يتم قياس محتوى البوتاسيوم بجهاز قياس اللهب Flame photometer بعد تحضير محاليل قياسية من البوتاسيوم .

=K

مصطلحات و مفاهيم ذات علاقة بخصوبة التربة والأسمدة :

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الادمصاص او الأمدصاص او الامتزاز السطحي **Adsorption** : جذب الأيونات الى السطح ومثال ذلك ادمصاص الفوسفات على أسطح معادن الكربونات. وحاليا يستعمل المفهوم امتزاز Sorption وهو اشمل من الإدمصاص لأنه يشمل الإدمصاص السطحي **Surface Adsorption** او الفيزيائي والإدمصاص النوعي **Specific Adsorption** أي الكيميائي الذي يحدث في الداخل. وفي معجم المصطلحات الصادر عن المجمع العلمي العراقي تم استعمال كلمة امتزاز بدلا من ادمصاص ليشمل المفهومين .

ارض Land : مفهوم اقتصادي ويمكن أن يشمل تربة واحدة أو أكثر. وهنا تتحدد جودة الأرض بدرجة استوائها وعمق الماء الأرضي ومدى تأثرها بالملوحة ومدى تعرضها للتعرية والفيضانات ، هذا فضلا عن خصوبتها أو بشكل عام القابلية على إنتاج المحاصيل .وهنا تقسم الأرض إلى درجات اعتمادا على هذه الصفات تسمى قابلية او قيمة الأرض اعتمادا على نوعيتها .

الاستبدال التناظري او الاستبدال المتماثل Isomorphous substitution : أبدال ايون في طبقات المعدن الطيني بايون اخر دون تغير كمي في بناء المعدن .
الاستصلاح Reclamation : عملية إعادة الأرض للاستعمال المنتج و تطبق بشكل خاص على الترب المتأثرة بالأملاح او التلوث بتعبير آخر في عملية إعادة تأهيل الأرض ان كانت ملحية او رملية للاستعمال الزراعي .

الاستهلاك الترفي Luxury Consumption : امتصاص النبات لعنصر معين بكمية اكبر او تجاوز المطلوب او الحد المثالي ولكن هذه الكمية لا تكون سمية بحد ذاتها ومثال على ذلك فان النباتات تستطيع امتصاص كمية من البوتاسيوم اكبر من حاجاتها بدون التأثير سلبا في إنتاجيتها .

الأسمدة المركبة Compound Fertilizer : خلط اكثر من سماد خلطة كيميائية في العمل .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الأسمدة المزيجة او المخلوطة **Mixed Fertilizers** : وهي عبارة عن عملية خلط فيزيائي لسمادين او اكثر .

الأفق العضوي **O Horizon** : طبقة مختلفة السمك تتكون من السماد العضوي تغطي سطح التربة . وحيانا هناك اكثر من طبقة بدرجات مختلفة من التحلل.

الانتشار **Diffusion** : حركة وانتشار الماء و العناصر المغذية من مناطق التركيز العالي الى مناطق التركيز الواطي (مع انحدار التركيز) .

ايدافولوجي **Edaphology** : العلم الذي يدرس التربة على انها وسط لنمو النبات (بتعبير آخر علاقة التربة بالنبات) ويهتم بهكذا مواضيع.

بطيء التحرر **Slow release** : مصطلح خصوي له علاقة بالأسمدة ويصف معدل ذوبانية او تحرر او تحلل بطيء واقل بكثير من المركبات الذاتية بالماء ومعظم الأسمدة بطيئة التحرر تغلف بمواد تقلل من عملية دخول الماء الى داخل السماد ومن ثم تقلل من سرعة تحلله وتحرره ومثال ذلك اليوريا المغلفة بالكبريت (SCU) او ان السماد يحوي على مركبات تذوب ببطء بالماء مثل الأسمدة المخليبية .

البيئة **Ecology** : العلم الذي يعني بالعلاقات المتداخلة بين الاحياء وما يحيط بها.

التبادل للأيونات الموجبة **Cation Exchange** : التبادل بين الأيونات الموجبة الموجودة في المحلول وتلك المتبادلة على الاسطح الفعالة مثل غرويات التربة.

تثبيت الأمونيوم **Ammonium Fixation** : امتزاز الأمونيوم او تثبيته داخل معادن الطين ويكون نسبيا غير جاهز بشكل مباشر للامتصاص من قبل النباتات.

تثبيت البوتاسيوم **K- fixation** : عملية حجز البوتاسيوم في التركيب المعدني لبعض معادن الطين (الحجز بين الوحدات النباتية) وهذا النوع من البوتاسيوم يعد بطيء الجاهزية للنبات الا انه ممكن ان يتحرر تحت ظروف معينة . التثبيت يحدث في مواقع مخصصة أو بحجم ايونات البوتاسيوم والعنصر الوحيد المشابه والمنافس له هو الأمونيوم .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

تثبيت الفسفور **P fixation (Sorption - P)** : الحالة التي يصبح بها الفسفور قليل الجاهزية او محتجزا في التربة وهذه العملية تتأثر بدرجة تفاعل التربة وبنوعية معادن الطين .

تثبيت النتروجين **Nitrogen Fixation** : التحول الحيوي للنتروجين الجوي (غاز النتروجين الى نتروجين ومركبات نتروجينية تستفيد منها النباتات .وتحدث هذه العملية نتيجة للتعايش بين بكتريا الرايزوبيا والنباتات البقولية او عن طريق حر لا تعايشي .

التحلل المائي **Hydrolysis** : عملية تحلل المركبات كالأسمدة المضافة الى التربة كما هو الحال بالتحلل المائي لليوريا وتحولها لى الامونيوم وثاني اوكسيد الكربون.

الترب العضوية **Organic Soils** : ترب تحوي على نسب من المواد العضوية تفوق 20 % لاسيما في الجزء من الترب المعروف "بالتربة الحقيقية " solum ' (الافق A + الافق B) وهنا تسمى الترب العضوية بترب البيت **Peat Soils** او المك **Muck Soils** اعتمادا على نسبة المادة العضوية في التربة .

الترب الملحية **Saline Soils** : الترب التي تحوي على محتوى عال من الأملاح الذائبة **EC** يتجاوز 4 دسى سيمنز م⁻¹) ونسبة صوديوم متبادل **ESP** اقل من 15 % و درجة تفاعل التربة (pH) اقل من 8,5.

الترب الموحلة **Puddle Soils** : ترب مرصوفة عديمة البناء تحدث نتيجة بتأثير المكائن الزراعية ونتيجة لحركة حيوانات المزرعة .

التربة **Soil** : مجموعة مواد طبيعية تشغل أجزاء من سطح الأرض وتدعم نمو النبات وهي تعكس عمليات تكوين التربة (المناخ والطوبوغرافية والاحياء وفعل الانسان والمادة الأم والزمن) او هي جسم طبيعي متطور يدعم نمو النبات .

التسميد الأساسي **Base Fertilizer Application** : إضافة السماد خلال مدة تحضير مهد البذور أي قبل البذار او الشتل.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

حامض الفولفيك **Folvic acid** : احد الأحماض العضوية الناتج من تحلل المواد العضوية

اذ ان المواد العضوية تتكون من الأحماض الدبالية (الهيومية) والفولفيك والهيومين .

درجة تفاعل التربة (Ph) : او الاس الهيدروجيني : اللوغاريتم السالب لفعالية الهيدروجين

($pH = \log(H)$) وهو مقياس لدرجة حموضة وقاعدية التربة .

الريزوبيا (**Rizobium**) **Rhizobia** : بكتريا قادرة على العيش بشكل تكافلي مع

النباتات البقولية وهنا تستفيد البكتريا من الطاقة وتستفيد النباتات من النتروجين المثبت من

قبل هذه البكتريا .

الرايزوسفير او منطقة المحيط الجذري **Rhizosphere** : جزء التربة المحيط او القريب

من الجذر وفي هذا الجزء تتأثر فعالية الأحياء المجهرية بفعالية الجذور ونمو الجذور يتأثر

بشكل كبير بوجود هذه الاحياء ونشاطها .

الري بالتنقيط (**Drip Irrigation**) **Trickle Irrigation**) : اضافة الماء من خلال

منظومة من الأنابيب والمنقطات تسيطر على خروج الماء .وهو من الأنظمة عالية الكفاءة

في الري واطافة الأسمدة **Fertigation** .وهناك ري بالتنقيط تحت السطح لايزال قيد الدراسة

الري بالرش **Sprinkler Irrigation** : وهي من الطرائق الكفوءة في إضافة المياه

ولمختلف الأراضي المستوية وغير المستوية . ويمكن أن تضاف الأسمدة من خلال هذه

الطريقة على ان تراعي شروط الإضافة الورقية للسماد من الترايز ووقت الإضافة. وتتم هذه

الطريقة من خلال مرشات توزع الماء فوق سطح الأرض . وهناك أنواع مختلفة من المرشات

الثابتة والدوارة. وهناك طريقة مسالة الا ان الماء يخرج بشكل رذاذ وتسمى الري الرذاذي

. **Mist Irrigation**

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الري بالغمر **Flooding Irigation** : اضافة المياه عن طريق غمر الحقل وهنا السيطرة غير سهلة وكفاءة الاضافة تكون واطئة ويفقد الكثير من الاسمدة في هكذا ري لاسيما العناصر الغذائية المتحركة بالتربة مثل النترات .

الزراعة العضوية **Organic Farming** : الزراعة بدون استعمال الاسمدة المصنعة أو المبيدات أو منظمات النمو أو المواد المضافة الى الاغذية على اساس ان المواد الطبيعية هي الافضل . وهنا الاعتماد على الدورات الزراعية والاسمدة العضوية .

سماد (Fertiliser) **Fertilizer** : أي مادة عضوية أو لاعضوية طبيعية أو مصنعة تضاف إلى التربة من اجل تجهيزها بالعناصر المغذية ..

السماد الأخضر **Green Manuring** : عبارة عن قلب السماد في التربة وهو اخضر ويفضل ان يكون محصول بقولي ويقلب قبل مرحلة التزهير اذ أن محتواها يكون جيدا من النتروجين بعكس النباتات النجيلية الفقيرة بالنتروجين .

الشحنات الثابتة **permanent charge** : وهي الشحنات المائية الموجودة في الطبقات البلورية للمعدن الطيني وهي لا تتاثر لا بدرجة تفاعل التربة (pH) ولا بتفاعلات التبادل .
الشحنات المعتمدة على درجة تفاعل التربة (pH) : **pH dependant charge**
الشحنات الناتجة من تحلل المادة العضوية في التربة COO^-H^+ و OH^- .

الشحوب اليخضوري (الاصفرار) **Chlorosis** : فقدان اللون الاعتيادي للنبات دلالة على خلل أو عدم توازن غذائي أو فسيولوجي .

الضغط الازموزي **Osmotic pressure** أو الجهد الازموزي **Osmotic potential** : وهو عبارة عن الجهد الناتج من وجود الأملاح الذائبة في المحلول وبوجود غشاء شبه ناضح . الماء عادة يتحرك من الجهد العالي (تركيز الأملاح فيه واطئ) الى الجهد الواطئ (تركيز الأملاح عالي) .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

عقدة جذرية Root Nodule : شكل منتفخ أو انتفاخ على الجذر للنباتات البقولية سببته الرايزوبيا التعايشية.

عملية التدبيل Humnification : عملية تحدث للمادة العضوية أو الأسمدة العضوية وهي عملية تحلل بايولوجي ينتهي بتكون مادة غامقة تسمى الدبال ذات مواصفات تبادلية جيدة ونسبة كاربون الى نتروجين واطئة (بحدود 10).

العناصر المغذية Nutrients : العناصر التي تؤخذ من قبل النباتات او الكائنات الحية وتكون اساسية لنموها وتشمل 17 عنصرا كما اشرنا الى ذلك في الفصل الثالث .

العناصر المغذية الصغرى Micro Nutrients : العناصر المغذية الضرورية للنباتات التي تحتاجها بكميات صغيرة وتكون محتوياتها واطئة في النباتات وتشمل الحديد والمنغنيز والزنك والبورون والموليبينوم والكلور والنحاس والنيكل .

العناصر المغذية الضئيلة Minor elements او الندرة Trace Elements : تسمية قديمة للعناصر الغذائية الصغرى.

العناصر المغذية الكبرى Macro Nutrients : العناصر المغذية للنباتات التي تحتاجها بكميات كبيرة وتكون محتوياتها عالية في النباتات وتشمل النتروجين و البوتاسيوم والفسفور والكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت .

غرويات التربة Soil Colloids : مواد عضوية او غير عضوية ذات أحجام صغيرة جدا وذات مساحة سطحية عالية لكل وحدة كتلة وبأقطار تقدر بأقل من المايكروميتر (10^{-6} متر) ولهذه الغرويات دور كبير في تفاعلات وجاهزية العناصر المغذية في التربة .

الغسل Leaching : حركة الأملاح والأيونات الذائبة مع حركة الماء إلى الأسفل أو على الأقل أسفل وبعيدا عن المنطقة الجارية للنباتات (بتعبير آخر إزالة الأملاح خلال عملية الاستصلاح) .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الفحية Tilth : الظروف الفيزيائية للتربة لما له علاقة بسهولة الحراثة وملاءمتها مهذا للبذار وعلاقتها بيزوغ البادرات وتغلغل الجذور .

قابل للتغير **Labile** : الحالة التي يكون فيها العنصر المغذي قابل للتغير من صورة إلى أخرى بتعبير آخر ممكن ان يطلق على العنصر المغذي انه قابل للتجهيز. مثال ذلك جزء مهم من الفسفور في التربة يكون ضمن هذا الجزء ويكون جاهز للامتصاص بوساطة جذور النباتات .

Fertilizers use Efficiency or (كفاءة الأسترداد)

fertilizers recovery الزيادة في الامتصاص او الانتاج لكل وحدة سماد مضافة .

الامتصاص للمعاملة المسمدة-الامتصاص لمعاملة المقارنة (القياس)

كفاءة استعمال السماد = $\frac{\text{الامتصاص للمعاملة المسمدة} - \text{الامتصاص لمعاملة المقارنة}}{\text{كمية السماد المضاف}}$

100

كمية السماد المضاف

Fertilization Efficiency for Uptake كفاءة التسميد للامتصاص : النسبة المئوية

للزيادة في الامتصاص للمعاملة المسمدة عن المعاملة غير المسمدة او بين معاملات التسميد .

الامتصاص للمعاملة المسمدة-الامتصاص لمعاملة المقارنة (القياس)

كفاءة التسميد للامتصاص = $\frac{\text{الامتصاص للمعاملة المسمدة} - \text{الامتصاص لمعاملة المقارنة}}{\text{كمية السماد المضاف}} \times 100$

الامتصاص لمعاملة المقارنة (القياس)

Fertilization Efficiency for yield كفاءة التسميد للإنتاج : النسبة المئوية للزيادة

في انتاج المعاملة المسمدة عن المعاملة غير المسمدة او بين معاملات التسميد . كما في المعادلة الاتية:

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

الامتصاص للمعاملة المسمدة-الانتاج لمعاملة المقارنة (القياس)

كفاءة التسميد للانتاج = $\frac{X}{\text{الانتاج للمعاملة المقارنة (القياس)}}$

100

الانتاج لمعاملة المقارنة (القياس)

كفاءة استعمال المياه Water Use Efficiency : كمية الماء المضافة لإنتاج كمية من الحاصل او كمية الإنتاج للمتر المكعب من الماء المضاف.

كمية الانتاج (كغم او طن او ميكاغرام هكتار -1)

كفاءة استعمال المياه = $\frac{\text{كمية الانتاج (كغم او طن او ميكاغرام هكتار -1)}}{\text{كمية او حجم الماء المضاف (متر مكعب)}}$

كمية او حجم الماء المضاف (متر مكعب)

الكلس lime: على أساس كيميائي محدد الكلس هو اوكسيد الكالسيوم Cao ولكن على المستوى التطبيقي يمثل او يشمل معادن الكربونات Carbonate Minerals بشكل عام . كومبوست (الدمان) Compost : كومة من بقايا عضوية متحللة أو مزيج من تربة ومواد عضوية وضعت بشكل كومة (تلة) وسماح لكي تتحلل (مواد عضوية متخمرة) . المايكوريزا (الخيوط الفطرية) Myccorrhiza : نوع من الفطريات التي تعيش حياة تكافلية مع جذور النباتات وهي مفيدة جدا في مساعدة النباتات في امتصاص الفسفور بالدرجة الاساس .

مصطلح التربة Soil Amendment : أي مادة مثل الكلس او الجبس او الكبريت او الاسمدة الحيوانية تضاف الى التربة لتحسين خواصها وجعلها اكثر انتاجية . وهناك تداخل بين مفهوم المصلح والسماذ ومثال ذلك اضافة الكبريت الى التربة القاعدية سيخفض من درجة تفاعل التربة (pH) ومن ثم يحسن من خصوبتها وهو مصدر لعنصر الكبريت. والشئ نفسه مع المواد العضوية والتي هي مصلحات ومصادر سمادية لكن الأملس او الياف من اضافتها هي مصلحات) .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

المعدن الأولي : Primary Mineral : ذلك المعدن الذي لم يتغير كيميائياً منذ الترسيب والتبلور من الحالة السائلة .

ملوحة التربة Soil Salinity كمية الأملاح الذائبة بالتربة وتقدر من خلال قياس الايصالية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة لو لمعلق تربة.

النثر الفوقي او **الإضافة الفوقية للسادة** او **التسميد بالطائرات Top dressing** وهي احد طرائق اضافة السماد الصلب والثبات قائم والإضافة تتم من مرتفع وعلى الاغلب بالطائرات عند تسميد مساحات واسعة وهناك تقنيات خاصة تستعمل كي لايقع السماد على الأوراق والأغصان ومن هذه الطرائق الإضافة على هيئة كتل كبير تسمح للسماد بالسقوط على الأرض .

النشدة Ammonification : عملية تحول النتروجين العضوي الى الامونيوم وهذه العملية تتم بمساعدة عدد كبير من الأحياء المجهرية او هي عملية كيموحيوية يتحول من خلالها النتروجين العضوي الي معدني بصيغة الأمونيوم .

تسمية الكربون في النتروجين **C/N Ratio** :نسبة وزن الكربون العضوي الى وزن النتروجين الكلي في تربة ما أو مادة عضوية او سماد عضوي نباتي او حيواني وهي دليل ومؤشر لمدى تحلل المادة العضوية في التربة العضوية وكلما زادت النسبة كان التحلل بطيئاً .

الهيدروكسي اباتايت Hydroxy Apatite : احد الصخور الفوسفاتية التي تعد المصدر الرئيس للاسمدة الفوسفاتية.

المراجع العامة:

- 1- Havlin , J.L. , Tisdale , S.L. , Nelson , W.L. , and Beaton , J.D.2005.Soil Fertility and Fertilizers , 5th Edition's . USA.

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- 2- Mengel , K. and Kirkby , E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition . IPI.SWISS . Page , A.L. (ed .) Methods of Soil Analysis.Chemical & Microbiological Properties . 2nd Edition.USA .
- 3- Sumner , M.E. 2000 Hand book of Soil Science.CRC Press.
- 4- Ygodin , B.A.1984 Agricultural Chemistry.Mir Publisher , Moscow.
- 5- ابو ضاحي يوسف محمد و مؤيد احمد اليونس (1988) دليل تغذية النبات . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة بغداد .
- 6- حسن، نوري عبد القادر وحسن الدائمي ولطيف العيثاوي (1990) خصوبة التربة والأسمدة . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة بغداد .
- 7- عواد، كاظم مشحوت (1987) التسميد وخصوبة التربة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي بجامعة البصرة .
- 8- كو ،كي . لم (1987) المدخل الى ترب الحدائق والأسمدة والماء ترجمة نور الدين شوقي علي وثائر علوان فاضل وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة بغداد.
- 9- نجم عبد الواحد يوسف (1998) التسميد المتوازن والبيئة نشرة فنية رقم 10/1998 . الادارة العامة للثقافة الزراعية . جمهورية مصر العربية .
- 10- النعيمي ، سعدالله (1999) الأسمدة وخصوبة التربة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة الموصل .

خصوبة التربة والتسميد اعداد : أ.م.د باسم رحيم بدر

- 11- النعيمي ، سعدالله و سعيد اسماعيل و مظفر داود (1988) دور الأسمدة الكيميائية في الانتاج الزراعي، نشرة فنية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة الموصل .