النيتروجين
و الأسمدة النيتروجينية

afa

معهد البوتاس الدولي & الإتحاد العربي للأسمدة

معهد البوتاس الدولي: الموقع على الإنترنت
P. O. Box 569 CH-8810 ; Horgen, Switzerland
www.ipipotash.org
الإتحاد العربي للأسمدة
P. O. Box: 8100 Nasrcity 11371; Cairo, Egypt
www.afa.com.eg

النيتروجين

العنصر الغذائي الأساسي الأكثر احتياجا لمعظم النباتات

ا.د. منير جميل الروسان
منسق معهد البوتاس الدولي
جامعة العلوم و التكنولوجيا الأردنية
mrusan@just.edu.jo

النيتروجين والأسمدة النيتروجينية

النيتروجين هو العنصر الغذائي الأساسي الأكثر استهلاكا واحتياجا للمحاصيل الزراعية

العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات

لكي يتمكن أي نبات من استكمال دورة حياته و النمو طبيعيا و إنتاج منتج زراعي ذو قيمة اقتصادية و ذو قيمة غذائية صالح للاستهلاك من قبل الإنسان و الحيوان تحتاج كافة المحاصيل إلى مجموعة من العناصر الغذائية الأساسية و الضرورية لذلك.

يحتاج النبات إلى 16 عنصر غذائي حتى يستكمل دورة حياته حيث يأخذ بعضها من الهواء الجوي مثل الهيدروجين (+H)، والأكسجين (O_2)، والكربون (C) أما العناصر الأخرى فيأخذها من التربة والأسمدة المضافة:

1- العناصر الكبرى:

- النيتروجين ويمتص بواسطة النبات على هيئة (NH_4^+, NO_3^-)
- الفوسفور ويمتص بواسطة النبات على هيئة ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{--})
- البوتاسيوم ويمتص بواسطة النبات على هيئة أيون البوتاسيوم (K^+)

2- العناصر الثانوية:

- الماغنسيوم (Mg^+)
- الكالسيوم (Ca^{++})
- الكبريت ($SO_4^=$)

3- العناصر الصغرى:

- الحديد (Fe^{++}, Fe^{+++})
- الزنك (Zn^{++})
- المنجيز(Mn^{++}) ، النحاس (Cu^{++})، الموليبنم (MoO_4^-)

- البورون (-H_2BO_3 , - 4 (OH) B)، الكلور (-Cl)

و بالرغم من التفاوت الكبير في احتياجات النبات من هذه العناصر إلا أنها جميعا تعتبر أساسية و ضرورية و لا يمكن الاستغناء عن أي واحد منها ألا أن احتياجات النبات من النيتروجين هي الأكثر

أهمية عنصر النيتروجين للنبات:

تعزى الأهمية الكبرى للنيتروجين إلى الدور المتميز والمهم له في حياة النبات و في زيادة الإنتاج و زيادة غلة المحاصيل الزراعية. فالنيتروجين يدخل في تركيب البروتينات و الأحماض النووية والكلوروفيل والأنزيمات و الفيتامينات والمركبات العضوية النيتروجينية التي تلعب دوراً مهما في العمليات الحيوية و في عمليات تبادل المواد في النبات. ويعزى الدور البارز لهذا العنصر مقارنة بالعناصر الغذائية المعدنية الأخرى بالتالي:

1- حاجة النبات الكبيرة من هذا العنصر لإتمام نموه وتطوره

2- ندرة وجوده في التركيب المعدني الفلزي للصخور المتشكلة عنها التربة

3- سرعة تحولات مركباته وتبادلاتها ضمن التربة والبيئة المحيطة. فالنيتروجين يفقد عن طريق ماء الصرف لأن مركباته شديدة الذوبان في الماء كما أنه يفقد على شكل غاز بفعل بكتيريا عكس التأزت أو يمكن أن يتشكل النيتروجين العضوي في أجسام الكائنات الحية الذي يتمعدن بدوره بفعل كائنات حية دقيقة أخرى لينتج النيتروجين المعدني+NH_4 أو -NO_3.

لماذا إضافة النيتروجين للتربة ضرورة لكافة المحاصيل الزراعية؟

1- تعتبر المحاصيل الزراعية عبارة عن مصانع للغذاء وبالتالي فجودة السلع الغذائية وقيمتها الغذائية تعتمد أساساً على القيمة الغذائية للنبات وعلى مستوى تزويده بالعناصر الغذائية وعلى رأسها النيتروجين

2- النيتروجين عنصر غذائي أساسي و لا يمكن لأي نبات استكمال دورة حياته بدونه

3- النيتروجين يدخل في معظم العمليات الحيوية في النبات

4- النيتروجين مكون أساسي للبروتينات النباتية والحيوانية مما يعكس ضرورته في تغذية الإنسان.

5- النيتروجين مكون أساسي للأحماض الأمينية التي تنقل الصفات الوراثية من جيل إلى جيل.

6- النيتروجين مكون أساسي لمادة الكلوروفيل الضرورية لعملية التمثيل الغذائي الضوئي

7- النيتروجين يدخل في تركيب الأنزيمات والهرمونات والفيتامينات الضرورية لمعظم العمليات الحيوية في النبات.

8- النيتروجين يشجع النمو الخضري للنبات وبالتالي ينشط قدرة النبات على صناعة الغذاء.

9- جميع المحاصيل الزراعية تستهلك كميات كبيرة من النيتروجين وتفوق احتياجات النبات من النيتروجين احتياجات أي عنصر غذائي آخر.

10- تقدر محتوى النباتات من النيتروجين بحوالي 3-4%.

11- النيتروجين ضروري لصحة النبات ولجودة المنتج الزراعي والسلع الغذائية

12- للنيتروجين دور أساسي وحيوي في تغذية و صحة الإنسان.

13- أي عجز في تزويد النبات بالنيتروجين يؤدي حتما إلى قلة الإنتاج وانخفاض غلة المحصول وتقليل ونقص في القيمة الغذائية للمنتج.

14- النبات المزوّد جيداً بالنيتروجين يؤدي إلى نمو أكثر غزارة مما يوفّر و يؤمّن غطاءاً نباتياً أكثر للأراضي الزراعية فيقلل من إمكانية انجراف التربة ويزيد من كفاءة استخدام الأسمدة المضافة الأخرى (شكل رقم 1) و كذلك كفاءة استخدام الماء من التربة (شكل رقم 2) ويمنع من تسرب المياه إلى المياه الجوفية وبالتالي يحميها من التلوث.

دورة النيتروجين داخل النبات:

النيتروجين هو اللبنة الأساسية لتكوين البروتين في النبات:

يقوم النبات ابتداءً و بصورة رئيسية في امتصاص النيتروجين على صيغة أنيون النترات (NO_3) من محلول التربة و كاتيون الأمونيوم (+NH_4) من وضعية التبادل الامتصاصي. إلا أن النبات لا يستخدم هذه الصيغ مباشرة و لكن بعد دخولها إلى النبات تمر بسلسلة تحولات معقدة وتدخل في المرحلة الأخيرة في تركيب المركبات العضوية النيتروجينية والأحماض الأمينية وأخيراً البروتين. ففي داخل النبات يتم اختزال النترات أنزيمياً وتدريجياً الى أمونيا:

$HNO_3 \rightarrow HNO_2 \rightarrow HNO)_2 \rightarrow NH_2OH \rightarrow NH_3 \rightarrow$ Amino acids Protein

بروتين أحماض امينية ← أمونيا ← هايدروكسيل أمين ← هايبونتريت ← نتريت ← نترات

و بعد تكون الأمونيا عن طريق اختزال النترات داخل النبات ترتبط الأمونيا أولا بالأحماض العضوية مكونة أحماض أمينية أولية وهي المركبات الأولية الضرورية و الأساسية لتكوين البروتين. و في هذا السياق فإن مستوى التغذية النيتروجينية هو الذي يحدد حجم وفعالية تكوين البروتين وبقية المركبات النيتروجينية العضوية في النبات كالأنزيمات والأحماض النووية والكلوروفيل والفيتامينات وغيرها. كما يقوم بفعاليات النمو الأخرى.

هذا وأن النترات عموماً تُختزل داخل النبات بقدر ما تُستخدم الأمونيا الناتجة لتصنيع المركبات العضوية النيتروجينية. و مع أن النترات غير مضر للنبات إلا أن تراكمها بكميات كبيرة في أنسجة النبات و بالتالي تراكمها في المنتجات الزراعية كالأعلاف والخضروات وغيرها إلى مستويات أعلى من المستوى المطلوب قد تؤثر سلباً على جودة المنتج و صلاحيته للاستهلاك من قبل الإنسان والحيوان. كما أن امتصاص كميات زائدة عن الحاجة من الأمونيا فإن تراكمها في النبات يحدث ما يسمى بالتسمم الأموني للنبات.

مؤشرات و أعراض النقص و الزيادة في النيتروجين في النبات:

يؤدي نقص النيتروجين في النبات إلى بطء في النمو و خاصة في الأجزاء الخضرية, فالأوراق تكون صغيرة ذات لون أخضر باهت مما يعيق تكوين الكلوروفيل, كما تصبح السيقان رفيعة وضعيفة التفرع و يسوء تكوين وتطور أعضاء التكاثر ونضج الحبوب وتنخفض بشكل واضح الغلة إضافة إلى انخفاض البروتين فيها و انخفاض القيمة الغذائية للمنتج.

في المقابل فإن تغذية النباتات بالنيتروجين بصورة كافية يزيد من تكوين المواد النيتروجينية العضوية في النبات و يؤدي إلى تكاثر وتقوية أوراق وسيقان النباتات و تنمو وتتفرع جيدا, كما أنه يزداد تكوين الثمار مما يؤدي إلى زيادة الغلة ونسبة البروتين فيها و إنتاج سلعة زراعية ذات قيمة غذائية عالية.

كيف تبدأ و تتطور أعراض نقص النيتروجين في النبات؟

يبدأ ظهور أعراض نقص النيتروجين أولاً في مركز الورقة ثم ينتشر إلى حوافها. وعند النقص الشديد والمزمن فإن اللون الأخضر الباهت للأوراق يتحول إلى ألوان مختلفة تبعاً لنوع النبات تتدرج من اللون الأصفر البرتقالي إلى الأحمر ثم تبدأ الأوراق بالجفاف ومن ثم الموت المبكر.

أعراض نقص النيتروجين (لوحة 1):

1- صغر حجم الأوراق واصفرارها وسقوطها مبكرة مبتدئة بالأوراق السفلى
2- الأوراق ملونه بلون أخضر باهت مائل إلى الصفرة في المراحل الأولى ثم يتطور ليتحول إلى البني كلما تقدمت مراحل النمو. تشابه هذه المظاهر تلك التي تسببها برودة الجو أو الرطوبة الزائدة أو نقص الرطوبة المستمر
3- عادة تظهر هذه الألوان على الأوراق السفلية ثم تمتد إلى الأعلى وتختلف حدة هذه الأعراض من نبات إلى آخر
4- ضعف نمو المجموع الجذري والخضري
5- السوق رفيعة وقصيرة

6- ضعف الفروع وموت البراعم الأبطية
7- ضعف الأزهار.
8- انخفاض محصول البذور والثمار.
9- تأخر تفتح البراعم الخضرية والزهرية، وكذلك بطء استكمال تكوين الأزهار والأوراق.

هل يمكن إضافة النيتروجين بكميات كبيرة؟

هل لزيادة النيتروجين في النبات آثار سلبية؟ (لوحة 2)

إن الإسراف و المغالاة بإضافة السماد النيتروجيني بكميات زائدة تفوق الحاجة يؤدي إلى:

1- زيادة غزيرة غير اعتيادية في النمو الخضري مما يجعل النبات غض و السيقان والأفرع ضعيفة والأوراق عصيرية ورخوة مما يؤدي إلى زيادة قابلية النبات للإصابة في الأمراض الفطرية والتكسر والرقاد والتأخر في نضج الثمار والبذور.
2- إطالة فترة النمو الخضري على حساب النمو ألثمري فيؤخر النضج.
3- ضعف الساق في محاصيل الحبوب فيؤدي إلى ظاهرة الرقاد.
4- مواصفات رديئة للثمار.
5- مقاومة ضعيفة للنبات للإجهاد البيئية و البيولوجية.
6- انخفاض في نسبة الزيت في ثمار الزيتون و النباتات الزيتية الأخرى.
7- انخفاض في نسبة فيتامين C في الحمضيات.

مصادر النيتروجين للنبات

- التثبيت البيولوجي بفعل بعض ميكروبات التربة ذاتية التغذية أو المتعايشة و ذلك عن طريق تثبيت النيتروجين الجوي.
- التثبيت بفعل البرق وتفريغ الشحنة الكهربائية وذلك يعمل على تحويل النيتروجين الجزيئي الموجود في الجو إلى أمونيا.
- البقايا العضوية الحيوانية والنباتية التي تضاف إلى التربة والتي تتحلل تحت تأثير خصائص التربة ونشاط الكائنات الحية الدقيقة لتغطي ما تحتويه من عناصر غذائية معدنية ومن ضمنها بشكل أساسي النيتروجين.
- التربة حيث يتواجد على صبغ معدنية (NH_4NO_3) أو من المادة العضوية بعد تحللها وإطلاقها الصبغ المعدنية.
- الأسمدة العضوية المضافة إلى التربة.
- الأسمدة المعدنية النيتروجينية .

مدونة المرجع الزراعي http://agri-science-reference.blogspot.com

كيف يتواجد النيتروجين في التربة ؟

- الجزء الأكبر (النسبة الأكبر) من نيتروجين التربة مخزن في المادة العضوية على شكل نيتروجين عضوي.
- يتحلل النيتروجين العضوي في التربة بفضل الكائنات الدقيقة ليتحول إلى نيتروجين معدني على هيئة أمونيوم ونيترات.
- الصيغة الميسرة والقابلة للامتصاص من قبل النباتات هي الصيغ المعدنية (أمونيا ونترات).
- الأمونيوم هي الصيغة المشحونة بشحنة موجبة وبالتالي تتجه الأمونيوم بمعظمها إلى الألتصاف أو الإدمصاص على سطوح حبيبات التربة مما يحميها من التسرب إلى المياه الجوفية.
- النترات هي الصيغة المشحونة بالشحنة السالبة لذا تتواجد في محلول التربة وتبقى قابلة للتسرب للمياه الجوفية وتلويثها.

كمية النيتروجين في التربة الزراعية

نيتروجين التربة:

إن نسبة النيتروجين في الترب الزراعية تتعلق بعوامل عديدة منها عوامل محيطة بالتربة مثل (الحرارة – الرطوبة _ نوع وكثافة الغطاء النباتي) وعوامل تتعلق بطبيعة التربة نفسها مثل خواصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. بشكل وسطي يمكن القول إن نسبة النيتروجين تتراوح بين (0.2-0.5%) من الوزن الجاف للتربة وذلك في الطبقة السطحية (0 – 30 سم).

و تعتمد أساسا كمية النيتروجين في الترب على كمية الدبال فيها, ومتوسط نسبته في التربة يتراوح بين 0.4 -0.15% . في حين أن القسم الأكبر من نيتروجين التربة (99%) يتواجد على شكل مركبات عضوية (نيتروجين عضوي غير جاهز للامتصاص من قبل النبات). و للاستفادة من هذا المصدر لا بد في البداية من تأكسد و تمعدن هذه المركبات العضوية بوساطة أحياء التربة الدقيقة إلى مركبات معدنية نيتروجينية جاهزة للنبات وهي الأمونيا والنترات. إلا أن هذه العملية المعقدة بطيئة و تعتمد على العديد من خواص التربة الطبيعية والفيزيائية و الكيميائية, و بالتالي لا يمكن اعتباره مصدرا كافيا و مضمونا لتزويد النبات باحتياجاته من النيتروجين الأمر الذي يستوجب الاعتماد والتركيز على استخدام الأسمدة المعدنية النيتروجينية المصنعة.

أشكال النيتروجين في التربة الزراعية:

يتواجد النيتروجين في التربة بالأشكال التالية:

مدونة المرجع الزراعي http://agri-science-reference.blogspot.com

1- الشكل العضوي: وهو الشكل الأكثر كمية إذ يعتبر الخزان الاحتياطي للنيتروجين في التربة (بروتينات _ مركبات نيتروجينية عضوية أخرى) يتحول بفعل ونشاط الكائنات الحية الدقيقة المتواجدة في التربة مع الزمن إلى الشكل المعدني (NO_3^- NH_4^+) القابل للامتصاص من قبل النبات علماً أن النيتروجين بالشكل العضوي غير قابل للامتصاص مباشرة.

2- الشكل الغازي: و هو النيتروجين الجزيئي N_2 الناتج عن التبادل الغازي بين الغلاف الجوي وفراغات التربة باعتبار يشكل ٧٨٪ من مكونات الغلاف الجوي. أو هو عبارة عن غاز النشادر الناتج عن تحلل وتفسخ المواد العضوية أو بعض أكاسيد النيتروجين الغازية. يتواجد هذا الشكل إما ذائباً في محلول التربة أو مدمصاً على سطوح حبيباتها أو محجوزاً في فراغاتها وهو غير قابل للامتصاص مباشرة من قبل النبات

3- الشكل المعدني: وهو الشكل القابل للامتصاص من قبل النبات ونسبته تتراوح بين الصفر وال ٥٪ من النيتروجين الكلي و هو ينتج عن تمعدن المادة العضوية أو عن طريق الإضافات السمادية أو مع الهطولات المطرية. يوجد النيتروجين المعدني بهيئتين (NO_3^-, NH_4^+) حيث أن الشكل الأمونياكي يوجد مدمصاً على سطوح غرويات التربة أو ذائب في محلولها أما الشكل النتراتي يتواجد حراً في التربة ويتحرك مع حركة محلولها.

إن الأشكال النيتروجينية المذكورة ترتبط مع بعضها البعض حيث يتحول النيتروجين من شكل إلى آخر وهذا التحول تتأثر حدته بالظروف المحيطة بالتربة وظروف التربة نفسها وخاصة نشاطها الميكروبيولوجي وهذا التحول يجري ضمن سلسلة من العمليات البيولوجية و الكيماوية و الفيزيائية ضمن دورة يطلق عليها دوره النيتروجين

ما هي إمكانية فقدان النيتروجين من التربة و تبعيتها على البيئة:

الكميات المتبقية من النيتروجين المضاف للتربة و التي لم يتم امتصاصها من قبل النبات يصبح عرضة إلى:

1- التسرب إلى المياه الجوفية على شكل نترات مما يؤدي إلى تلوثها.

2- الانتقال إلى المياه السطحية من خلال الجريان السطحي و انجراف التربة مما يشجع عملية الإثراء الغذائي.

3- التطاير إلى الجو على شكل أمونيا و أكاسد النيتروجين و بالأخص أكسيد النيتروجين الثنائي مما يؤدي إلى تحطيم طبقة الأوزون و تشجيع ظاهرة الانحباس الحراري.

لذا لا بد من العمل الجاد إلى رفع كفاءة التسميد النيتروجيني و تقليا ما أمكن من الفاقد

لحماية البيئة و لتقليل كلفة التسميد على المزارع و بالإمكان تحقيق ذلك من خلال الاختيار الصحيح لمصادر النيتروجين و لطرق إضافتها و بشكل عام من خلال وضع برنامج تسميدي نيتروجيني ناجح.

دورة النيتروجين (شكل رقم 3):

يتعرض النيتروجين العضوي و حتى المعدني المضاف علي شكل أسمدة معدنية للتربة الي مهاجمة الكائنات الدقيقة بحثا عن الطاقة أو لإمتصاصه و استخدام النيتروجين في أجسامها فتتحول المواد العضوية النيتروجين إلى مركبات أمينية ومن ثم إلى امونيوم (النشدرة Ammonification). ومن ثم يتحول الأمونيوم إلى نترات مروراً بمرحلة تكوين النتريت (النترجة Nitrification). الأمونيوم والنترات تمتص من قبل النبات فتتحول داخل النبات إلى أشكال عضوية مختلفة من بروتينات وأحماض أمينية وغيرها ثم تعود هذه المركبات العضوية إلى التربة على شكل بقايا محاصيل أو بقايا تغذية حيوانية (أسمدة بلدية) أو أسمدة خضراء. أما كائنات التربة الدقيقة فإنها تستخدم النيتروجين المعدنية [NO_3^-, NH_4^+] في بناء أجسامها ثم تعود هذه المركبات العضوية المشكلة لأجسام هذه الكائنات بعد نفوقها إلى التربة لتتابع تحللها من جديد ضمن دورة النيتروجين. تمر عملية تحلل المادة العضوية عبر سلسلة من التفاعلات وفق المراحل التالية:

المرحلة الأولى: مرحلة التحول إلى المركبات الأمينية:

تهاجم الكائنات الحية الرمية المادة العضوية وبمساعدة عمليات الهضم الأنزيمية فتتحول من مركبات نيتروجينية معقدة إلى مركبات أمينية أقل تعقيداً بالإضافة إلى إنتاج الطاقة وغاز ثاني أكسيد الكربون.

طاقة + ثاني أكسيد الكربون + مركبات أمينيه لمادة العضوية

المرحلة الثانية: مرحلة تحول المركبات الأمينية إلى أمونيا (النشدرة):

وفي هذه المرحلة تهاجم المركبات الناتجة من المرحلة الأولى كائنات حية أخرى (مختلط التغذية Heterophic) لتحللها إلى مركبات أقل تعقيداً مثل الأمونيا بالإضافة إلى انتاج الطاقة وفق التالي:

طاقة + قواعد + أمونيا . ماء + مركبات أمينيه

$$R - OH + NH_3 + \text{طاقة} \rightarrow R - NH_2 + H_2O$$

ينتج عن هذه التفاعلات CO_2 وطاقة ونواتج أخرى، الكائنات الحية الدقيقة تحصل من جراء

مدونة المرجع الزراعي http://agri-science-reference.blogspot.com

ذلك على الطاقة وعلى قسم من النيتروجين اللازم لبناء جسمها. وأما الأمونيا الناتجة من هذا التحلل فتكون غازية، فهي إما تتحد مع الماء أو تتحد مع أحد الحموض العضوية الموجودة في التربة لتتحول بذلك من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة المتأينه NH_4. ويمكن للأمونيا NH_3 أن تنطلق من التربة بحالتها الغازية إلى الجو. إن الأمونيا الناتجة من التحلل السابق يكون مصيرها الآتي:

1- تتحول الأمونيا إلى أيون النترات بفضل بكتيريا خاصة.

2- يمتص النبات الأمونيا على شكل أيون الأمونيوم.

3- بعض معادن الطين تثبت الأمونيوم ضمن نسيجها البللوري لا يمكن إزاحته بتفاعلات التبادل الكاتيوني.

4- قسم تستخدمه الكائنات الحية الدقيقة في تغذيتها.

5- القسم المتبقي يمكن أن يؤكسد بفعل بعض ميكروبات التربة إلى نترات.

النترجة Nitrification:

وهي عبارة عن تحويل النيتروجين الأمونياكي بفعل عميلة أكسدة أنزيمية تقوم بها أنواع متخصصة من البكتريا وعادة يتم تقسيم مرحلة النترحة إلى مرحلتين.

1- تكوين النتريت: وتقوم بها بعض الكائنات الدقيقة حيث تحصل على الطاقة من جراء عملية الأكسدة, و يلاحظ في هذا التفاعل تحرر الهيدروجين مما يمكن أن يؤدي إلى تشكيل حموضة في التربة.

$$2NH_4 + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + \text{طاقة}$$

2- تكوين النترات: وهي عبارة عن تحويل الشكل النتريتي إلى الشكل النتراتي (أكسدة) بفعل البكتريا منتجة طاقة.

$$NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^- + \text{طاقة}$$

وإذاً فإن نيتروجين المادة العضوية قد تحول من مركباته المعقدة إلى أمونيا أو نترات، وفي هذه الحالة يستطيع النبات أن يستفيد منه بصورتيه المعدنيتين. و نتيجة لاستفادة النبات من نيتروجين المادة العضوية فإن التربة تفقد جزءً لا بأس فيه من النيتروجين. ولتعويض هذا الفاقد كان لا بدّ من إيجاد توازن، ويمكن ذلك عن طريق تثبيت النيتروجين الجوي. وكما هو معلوم فإن النيتروجين في الجو يوجد على شكل غازي لا يمكن للنبات أن يستفيد منه إلا بعد تثبيت نيتروجين الجو هذا في التربة. وتقوم بهذه المهمة بعض الكائنات الحية التي تستخدم

النيتروجين الغازي لتكوين البروتينات في أجسامها. كما يمكن تثبيت النيتروجين الجوي بأكسدته تحت تأثير الشرارة الكهربائية أو البرق، إذ يتأكسد النيتروجين إلى أكسيد النيتروجين NO ومن ثم إلى نتريت NO_2 وبوجود المطر إلى نترات NO_3.

الميزان النيتروجيني في الترب الزراعية:

هو عبارة عن العلاقة بين المخارج التي من خلالها تستهلك العناصر الغذائية أو تفقد من طبقة التربة حيث نمو وانتشار وامتصاص الجذور و المداخل أو المصادر التي من خلالها تضاف العناصر الغذائية إلى التربة الزراعية. ويكون الميزان الغذائي لعنصر ما سلبياً عندما تكون المخارج أكثر من المداخل. و في معظم الترب الزراعية يكون الميزان النيتروجيني سالبا و يعود ذلك الى ديناميكية النيتروجين العالية و سرعة و سهولة فقدانه من التربة مما يستدعي ضرورة إضافة الأسمدة النيتروجينية باستمرار لتعديل هذا الميزان.

مخارج الميزان النيتروجيني في التربة الزراعية:

1- امتصاص النبات:
2- الفقد بالغسل:
3- الفقد الغازي للنيتروجيني:
4- الانجراف:

مداخل الميزان النيتروجيني في التربة الزراعية:

2- التثبيت البيولوجي للنيتروجين الجوي: ويمكن تقسم هذا التثبيت إلى:
أ- التثبيت اللاتعايشي
ب- التثبيت التعايشي للنيتروجين
2- النيتروجين المضاف إلى التربة مع الهطولات المطرية:
3- النيتروجين المضاف على هيئة أسمدة معدنية وعضوية:

أنواع الأسمدة النيتروجينية:

هناك نوعان للأسمدة النيتروجينية:

1- الأسمدة النيتروجينية العضوية و هي عبارة عن مخلفات نباتية أو حيوانية تضاف إلى التربة و بعد تحللها تمد التربة بالمواد العضوية والتي بدورها تتحلل ببطء و يتحول النيتروجين العضوي الغير ميسر للنبات إلى نيتروجين معدني على شكل نترات و امونيوم وهي الصيغ القابلة للامتصاص من قبل النبات. إلا أن نسب العناصر الغذائية منخفضة في هذه الأسمدة ولا تفي باحتياجات النبات من النيتروجين.

مدونة المرجع الزراعي http://agri-science-reference.blogspot.com

2- الأسمدة النيتروجينية المعدنية و هي عبارة عن مواد مصنعة تعتمد أساسا علي تثبيت النيتروجين الجوي (N_2) اصطناعيا منتجة أنواع مختلفة من الأسمدة النيتروجينية (شكل رقم4).

الأسمدة النيتروجينية المعدنية:

تقسم الأسمدة المعدنية النيتروجينية إلى قسمين رئيسيين:

1- الأسمدة المعدنية البسيطة و هي الأسمدة التي تحتوي على عنصر النيتروجين فقط كعنصر سمادي رئيسي مثل سلفات الأمونيوم [$(NH_4)_2SO_4$] و اليوريا [NH_2-CO-NH_2]

الأسمدة المعدنية المركبة و هي الأسمدة المحتوية على أكثر من عنصر سمادي من العناصر الرئيسية الثلاثة (النيتروجين و الفوسفور و البوتاسيوم). وتصنع الأسمدة المركبة إما على شكل محبب أو معلق أو سائل. في حالة احتواء السماد المركب للعناصر الرئيسية الثلاثة معاً تدعى الأسمدة الكاملة. و في هذه الحالة يتم التعبير عن مكونات السماد من العناصر الغذائية بالكميات النسبية. حيث يعبر عن النيتروجين على شكل N والفوسفور على شكل P_2O_5 والبوتاسيوم على شكل K_2O. فالسماد المركب الذي تكون صيغته 5 - 10 - 10 مثلاً يعني أنه يحتوي على ٥٪ نيتروجين كلي و 10% فوسفور قابل للإذابة و 10%بوتاسيوم قابل للذوبان. وعلى ذلك فإن الطن الواحد (1000 كغم) من هذا السماد يحتوي على 50 كغم N و 100 كغم P_2O_5 و100 كغم K_2O. ومن أهم مميزات استخدام الأسمدة المركبة كونها تخفض من نفقات النقل والتعبئة والتخزين والإضافة و تؤمن تزويد النبات باحتياجاته من العناصر السمادية بصورة متوازنة

كما يمكن تقسيم الأسمدة المعدنية النيتروجينية إلى:

أسمدة نتراتية تحتوي النيتروجين على صيغة نترات - NO_3مثل نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$

2- أسمدة أمونياكية تحتوي النيتروجين على صيغة الأمونيومNH_4+ مثل سلفات الأمونيوم $[(NH_4)_2SO_4]$

3 -أسمدة أمونيتراتية تحتوي النيتروجين على الصيغتين النترات و الأمونيوم مثل نترات الأمونيوم $[NH_4NO_3]$

4- أسمدة أميدية تحتوي النيتروجين على صيغة أميد NH_2 مثل اليوريا NH_2-CO-NH_2

5-الأسمدة السائلة التي تحتوي النيتروجين على صيغ مختلفة وبنسب متفاوتة و ذلك حسب طريقة تصنيعها أو تحضيرها

الأسمدة المعدنية النيتروجينية:

1- سلفات الأمونيوم (كبريتات الأمونيوم):

تحتوي كبريتات الأمونيوم على 21% من النيتروجين على شكل أمونيوم، ولها تأثير حامضي في التربة حيث أن النباتات تستخدم كاتيون الأمونيوم بشكل أسرع وبكميات أكبر من أنيون الكبريتات فيتراكم الكبريتات في التربة و يؤدي إلى تحميضها. وهو ملح أبيض اللون متبلور و سهل الذوبان في الماء، و قابليته الهيكروسكوبية غير عالية، لهذا فعند الظروف الاعتيادية للخزن يتميع قليلا ويحتفظ بصفة التناثر بشكل جيد. و الأمونيوم يثبت في التربة بواسطة التبادل الأيوني مما يحفظها في التربة. ولا ينصح بإستعمالها في الأراضي الحامضية لمدة طويلة، إلا إذا أضيفت كربونات الكالسيوم كمادة مصلحة.

2- كلوريد الأمونيوم:

ملح متبلور أبيض اللون وجيد الذوبان في الماء يحتوي على 24-26%نيتروجين وله تأثير حامضي حيث أن النباتات تستخدم كاتيون الأمونيوم بشكل أسرع وبكميات أكبر من انيون الكلوريد فيتراكم الكلوريد في التربة و يؤدي إلى تحميضها .

كما أن الأسمدة الأمونياكية بشكل عام لها تأثير فسيولوجي حامضي حيث أن امتصاص كاتيونات الأمونيوم من قبل النبات يقابلها خروج كاتيونات الهيدروجين من داخل النبات بكميات متكافئة ي محلول التربة للمحافظة على التوازن الأيوني و التعادل الكهربائي داخل أنسجة النبات, و هذا يؤدي ى تحميض التربة. لهذا فأن الاستخدام المنتظم والطويل الأمد لأسمدة الامونيوم و بالأخص في الترب الفقيرة بالقواعد يؤدي إلى زيادة ملحوظة في حموضة التربة و انخفاض درجة تشبع التربة بالقواعد وزيادة درجة التشبع بالألمنيوم والهيدروجين ونتيجة لذلك تتردى ظروف نمو النبات وتنخفض كفاءة الأسمدة وتزداد الحاجة إلى معالجة التربة بمركبات الكالسيوم المناسبة لاستصلاحها.

3- اليوريا $CO(NH_2)_2$:

تحضر صناعياً بمعاملة الأمونيا مع غاز ثاني أكسيد الكربون بوجود عامل مساعد و تحت ضغط عال:

$$2NH_3 + CO_2 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$$

تحتوي اليوريا على 46% نيتروجين وتعتبر من الأسمدة النيتروجينية الصلبة الأكثر تركيزاً و هي سهلة الذوبان في الماء و ذات شحنة متعادلة و لذا لا تثبت في التربة. اليوريا لها تأثير حامضي و

مدونة المرجع الزراعي http://agri-science-reference.blogspot.com

عند إضافتها للتربة يتم تأكسدها بواسطة بكتيريا التأزت Azotobacterأو تتميأ كما يلي:

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow (NH_4)_2CO_3$$

اليوريا سماد بلوري ناعم وأبيض جيد الذوبان في الماء. وقابليته الهيكروسكوبية تحت درجة حتى 20م ليست بعالية نسبياً إلا أنها بزيادة درجة الحرارة تزداد بشكل واضح ، ويمكن عند خزنها أن تتميع ، وتقوم الصناعة في الوقت الحالي بتصنيع يوريا حبيبية ذات حجم 1-3 مم وتحتوي على رطوبة 0.3% حيث تمتلك صفات فيزيائية محسنة وعملياً لا تتميع وتحتفظ جيداً بصفتها التناثرية .

كما أن عملية تحبيب اليوريا قد تتصاحب مع تكوين نسبة عالية من مادة الكارباميل السامة للنبات و لذا فإن كميته في اليوريا المصنعة يجب أن لا تزيد عن 1% حيث أن هذه الكمية لا تؤثر سلبيا على النبات إذا أضيفت بالكميات و الطرق المناسبة.

4- نترات الأمونيوم: NH_4NO_3

يتم إنتاجها بمعادلة حامض النتريك بالامونيا : $NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$

و تصنع هذا السماد على شكل بلورات بيضاء أو صفراء أو على هيئة حبيبات ذات حجم 1-3 مم وذات أشكال مختلفة. نترات الامونيوم جيدة الذوبان في الماء وتعتبر سماداً ذا تركيز عال حيث تحتوي على 34-35% نيتروجين ويمكن استعماله تحت جميع المحاصيل وفي كل الترب.

نترات الامونيوم البلورية وغير المحببة لها قابلية هيكروسكوبية عالية، وتتميع عند التخزين، ولهذا يجب خزنها في أكياس لا تسمح بنفوذ الماء وفي خزانات جافة. هذا و يتم حاليا إنتاج نترات امونيوم محببة ضعيفة الهيكروسكوبية وأقل تميعاً وتحتفظ بقابلية تناثر أفضل.

5- نترات الكالسيوم: $Ca(NO_3)_2$

تحتوي على 13-15% نيتروجين ويتم الحصول عليها بمعادلة حامض النتريك مع كربونات الكالسيوم أو الكلس :

$$2HNO_3 + CaCO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

وهو ملح بلوري أبيض اللون ، يذوب بالماء جيداً ويمتلك قابلية هيكروسكوبية عالية, ولتقليل قابلية الهيكروسكوبية فأن نترات الكالسيوم البلورية يتم تحبيبها باستخدام أغشية وأغلفة لا تنفذ الرطوبة من خلالها . نترات الكالسيوم تعتبر أسمدة قاعدية، حيث أن النباتات تستخدم آنيون النترات بكميات أكثر من كاتيون الكالسيوم و لذا يبقى الكالسيوم في التربة محدثا تفاعلا قاعديا في التربة .و لذا ينصح باستخدامها في الترب الحامضية الفقيرة بالقواعد.

6 - نترات الصوديوم: ($NaNO_3$)

تحتوي على 15-16% نيتروجين وهي حاليا تصنع بكميات غير كبيرة وهي ملح بلوري ناعم ذو لون أبيض أو أصفر _ بني ، تذوب بالماء جيداً وذات قابلية هيكروسكوبية حيث تتميع في حالة حفظها في ظروف رطبة و غير ملائمة ، علماً بأنه عند حفظها بشكل جيد فأنها لا تتميع وتحتفظ بشكلها المتناثر. نترات الصوديوم تعتبر أسمدة قاعدية، حيث أن النباتات تستخدم آنيون النترات بكميات أكثر من كاتيون الصوديوم و لذا يبقى الصوديوم في التربة و يؤدي الى تفاعل قلوي .و لذا ينصح باستخدامها في الترب الحامضية الفقيرة بالقواعد.

7 - نترات البوتاسيوم: (KNO_3)

يحتوي على 13.8% نيتروجين و 36.5% بوتاسيوم (44% أكسيد البوتاسيوم) ويتم تصنيفه من تفاعل نترات الصوديوم مع كلوريد البوتاسيوم. ويتميز هذا السماد بذائبية عالية واحتواءه على عنصر البوتاسيوم وشائع الاستخدام في شبكات الري المضغوط.

$$NaNO_3 + KCl \rightarrow KNO_3 + NaCl$$

8- فوسفات أحادي الأمونيوم: ($NH_4H_2PO_4$)

يحتوي على 11% نيتروحين و 21% فوسفور ويتم تحضيره من معاملة الأمونيا مع حامض الفوسفوريك. يتميز هذا السماد بذائبية عالية في الماء وله تأثير حامضي على الترب بسبب محتواه من الشق الفوسفاتي ويصنع على شكل حبيبات تضاف مباشرة إلى التربة.

$$(NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4)$$

9- فوسفات ثنائي الأمونيوم: ($(NH_4)_2HPO_4$)

يحتوي هذا السماد على 16-21% نيتروجين و 21-23% فوسفور ويتم تحضيره من معاملة الأمونيا مع حامض الفوسفوريك. ويتميز هذا السماد بذائبية عالية في الماء وبتأثيره المتعادل على التربة ويصنع على شكل حبيبات

$$2NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow (NH_4)_2HPO_4$$

10- سماد فوسفات اليوريا $CO_2(NH_2)_2H_3PO_4$

يحتوي على 17.7% نيتروجين و 19.6% فوسفور ويتم تحضيره بمعاملة اليوريا مع حامض الفوسفوريك. ويعتبر هذا السماد من الأسمدة العالية الذائبة والحديثة

$$CO_2(NH_2)_2 + H_2PO_4 \rightarrow CO_2(NH_2)_2H_3PO_4$$

مدونة المرجع الزراعي http://agri-science-reference.blogspot.com

11- الأسمدة المركبة السائلة و الصلبة

وهي تحتوي على نسب مختلفة من النيتروجين و الفوسفور و البوتاسيوم و ذلك حسب طريقة تصنيعها و تحضيرها.

12- أسمدة الامونيوم السائلة:

الأمونيا اللامائية NH_3: تعتبر من الأسمدة النيتروجينية العالية التركيز حيث تحتوي على 82.3% نيتروجين، ويتم إنتاجها من خلال ضغط غاز الامونيا. و هي عديمة اللون وهي عبارة عن سائل متحرك كثافته 0.61 على درجة 20م ودرجة غليانه 34 م و لذا يتبخر الأمونيا بسرعة عند التخزين في قوارير مفتوحة, لهذا فهي تخزن ونتقل في خزانات فولاذية أو صهاريج تتحمل ضغطاً عالياً .

الأمونيا المائية (الماء الامونياكي) NH_4OH: محلول مائي للامونيا و نسبة النيتروجين حوالي 20% وهو سائل عديم اللون أو أصفر ذو رائحة نفاذة للامونيا (كحول نشادري) . قابليته للتبخرية غير عالية . يخزن وينقل في صهاريج أو خزانات مغلقة. و النيتروجين في الماء الامونياكي يكون على شكل NH_3 و NH_4OH علماً بأن الأول أكبر كمية من الثاني لهذا تكون هناك إمكانية لفقدان النيتروجين بواسطة تطاير NH_3 سواء عند الشحن أو الخزن أو الإضافة. كما أن استخدام الماء الامونياكي كسماد يكون أكثر سهولة وأمانة من الامونيا اللامائية.

أهمية أسمدة الامونيوم السائلة :

أن أفضلية الأسمدة السائلة تكمن في تصنيعها واستخدامها حيث أنها أرخص بكثير من الأسمدة الصلبة. فعند تصنيع الأسمدة السائلة لا توجد ضرورة لبناء خزانات لحامض النتريك ولعمليات بلورة وتبخير وتحبيب وتجفيف السماد مما يقلل من تكلفة الإنتاج.

إدارة التسميد النيتروجيني

لتكون عملية التسميد فعالة وتعطي النتائج المرجوة منها فيجب تحديد العناصر الرئيسية الأربعة التالية:

- نوع السماد المراد إضافته.
- طريقة الإضافة.
- موعد الإضافة
- معدل الإضافة

استهلاك و احتياجات المحاصيل من النيتروجين:

تختلف النباتات في احتياجاتها من الأسمدة و يعتمد ذلك على الظروف المناخية و نوع و صفات التربة.

الطبيعية و الفيزيائية والكيميائية، كما تختلف احتياجات المحاصيل الخضرية حسب نمط

الزراعة في الحقول المكشوفة أو الزراعة المكثفة داخل البيوت المحمية. ويمكن تحديد الاحتياجات السمادية بعد تحديد استهلاك النبات من العنصر الغذائي و كمية الغلة المتوقعة و كمية العنصر المخزونة في التربة و المتيسرة للنبات. و يوضح الجدول التالي (جدول رقم1) الكميات التي تستهلكها المحاصيل المختلفة مع إمكانية الأخذ بالملاحظات التالية:

ملاحظات عامة:

1- يعتمد استهلاك النبات للنيتروجين على عدة عوامل أهمها نوع وصنف ومقدار الغلة للمحصول.

2- الحبوب الناضجة في محاصيل الحبوب تحتوي على ٧٠٪ من كمية كل من النيتروجين والفوسفور المستهلكة و ٢٥٪ من كمية البوتاسيوم المستهلك حيث أن معظم البوتاسيوم يبقى في الأجزاء الخضرية للنبات.

3- المحاصيل الورقية والجذرية (بطاطا، شمندر سكري) تحتوي على 30% من كمية النيتروجين المستهلك و 70% من كمية البوتاسيوم المستهلك

4- للحسابات التقريبية للاحتياجات الغذائية للمحاصيل الزراعية يمكن اعتماد التقديرات العامة التالية:

أ- طن واحد من الحبوب يحتوي على (25) كغم نيتروجين (4) كغم فسفور و (5) كغم بوتاسيوم

ب- طن واحد من المادة الجافة للمجموع الخضري فقط للمحاصيل العلفية وللخضار يحتوي على (20) كغم نيتروجين، (2) كغم فسفور و (20) كغم بوتاسيوم

طرق الإضافة

تختلف طريقة إضافة الأسمدة المذكورة سابقاً تبعاً لنوع السماد، نوع المحصول، النمط الزراعي، نوع التربة وموسم النمو. و من المهم إضافة الأسمدة النتروجينية للترب بطريقة بحيث تؤدي إلى تقليل الفرصة في ضياعها عن طريق الغسل أو التطاير أو تحولها إلى صيغة غير جاهزة. و أهم الطرق هي:

- **النثر:** تعتبر طريقة النثر من أوسع الطرائق استخداما في إضافة السماد بسبب ملائمتها وبساطتها وفيها يتم نثر السماد بصورة متجانسة على سطح التربة قبل تحضير عملية البذار . عموما يتم اختيار طريقة إضافة السماد نثرا عندما تتطلب الإضافة كميات كبيرة من السماد أو عندما يكون المحتوى الأولي للعنصر الغذائي في التربة عالي نسبيا أو عند احتمال مرور النبات بفترة من الجفاف خلال فصل النمو.

- **التسميد البادئ:** تستخدم هذه الإضافة فقط في حالة الرغبة في الحصول على نمو أولي

مدونة المرجع الزراعي http://agri-science-reference.blogspot.com

سريع أو في حالة كون مستوى خصوبة التربة منخفض جدا وان تجهيز السماد محدود بسبب عدم توفره أو كلفته العالية. وفي حالة إضافة السماد البادئ فتوضع معدلات سما دية اقل بكثير مع البذرة أو قربها للتعجيل من النمو المبكر للمحصول. وتكون الأسمدة في هذه الحالة ملامسه للبذور، ولا يتأثر إنبات البذور إذا كانت الأسمدة المستعملة من النوع غير المركز وكانت كمياتها قليلة.

- **التسميد الخطي:** وضع الأسمدة على شكل شريط طولي على أحد جانبي خط البذور، أو على كلا الجانبين، أو على بعد 5-7 سم عن البذور عند تسميد المحاصيل المزروعة على خطوط. إذا كانت الكمية المضافة كبيرة فمن المفضل أن ينثر جزء منها وقلبه في التربة قبل الزراعة عند تهيئة مرقد البذور.

- **الإضافة خلال ماء الري:** وتتم هذه الطريقة بإضافة الأسمدة النيتروجينية والأسمدة المركبة الذائبة خلال ماء الري للمحاصيل المختلفة التي تزرع علي خطوط. يوضح الجدول التالي (جدول رقم 2) تركيز العناصر الغذائية و درجة حموضة و ملوحة المحاليل السمادية لأهم الأسمدة النيتروجينية.

موعد الإضافة:

يكون سلوك النيتروجين ديناميكيا جدا بعد إضافة للتربة و حالما يضاف النتروجين للتربة تحدث عدة عمليات تعرضه للفقد من التربة الزراعية.

1- الأسمدة النيتروجية: تضاف الأسمدة النيتروجية بعد الزراعة وفي عدة دفعات حتى لا يحدث لها غسيل مع ماء الري، حيث تضاف هذه الأسمدة بكميات قليلة في البداية ثم تزاد هذه الكميات حسب المعدل لكل محصول وتكون مواعيد الإضافة كل ثلاثة أيام في الزراعات المكثفة (الزراعة المحمية) والمحاصيل قصيرة الموسم (الكوسا، البطيخ ... ألخ) وكل أسبوع للمحاصيل طويلة الموسم (الطماطم، الباذنجان ... الخ)

2-الأسمدة المركبة المحببة: وتضاف هذه الأسمدة قبل الزراعة ونثراً فوق السماد العضوي.

3- الأسمدة المركبة الذائبة: وتضاف هذه الأسمدة خلال ماء الري بعد الزراعة بحيث تبدأ بالأنواع عالية النسبة في النيتروجين، وبعد ذلك الأنواع المتوازنة خلال فترة التزهير، والأنواع العالية في نسبة البوتاسيوم خلال فترة القطاف.

4- أضف النيتروجين في أقرب وقت ممكن لاحتياج المحصول.

5- تجنب الفترات التي يكون فيها الفقد عالي للنتروجين.

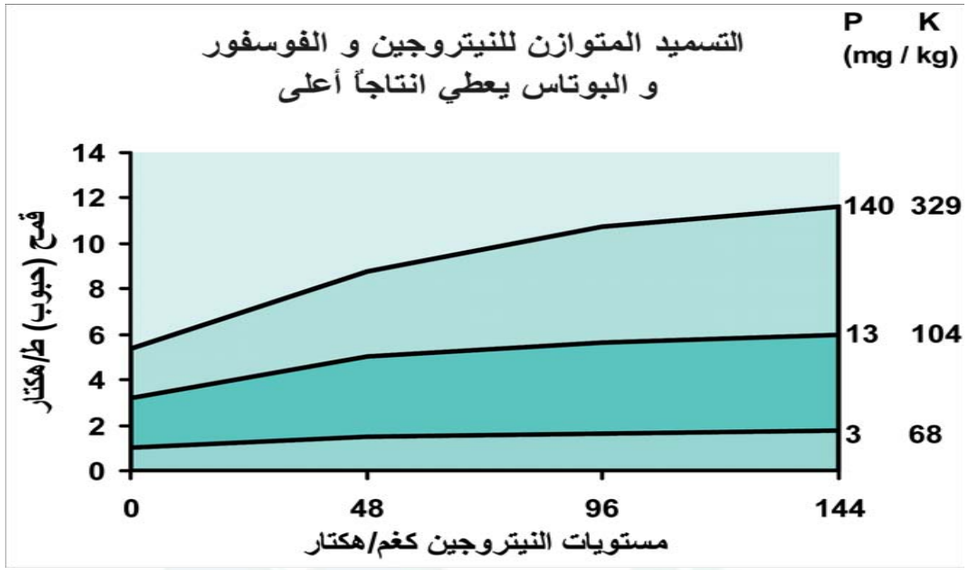
جدول رقم1 : متوسط استهلاك المحاصيل الزراعية من العناصر الغذائية الأساسية (نيتروجين, فوسفور بوتاسيوم.

المحاصيل	الغلة	كغم ن/هـ/ سنة		
	طن/ هـ	N	P	K
شعير (حب)	2.2	40	8	10
شعير (قش)	2.5	17	3	30
قمح (حب)	2.7	56	13	14
قمح (قش)	3.8	22	3	33
شوفان (حب)	2.9	55	10	14
شوفان (قش)	5.0	28	8	75
ذرة (حب)	9.5	150	27	37
ذرة (قش)	11.0	110	19	135
الرز (حب) أصناف محلية	2.8	82	10	100
الرز (حب) أصناف محسنة	8.0	152	37	270
قطن (حب)	1.7	45	11	14
قطن (قش)	2.2	39	5	33
فول صويا	3.4	210	22	60
شمندر سكري	50	20	250	40
قصب سكر	75	110	27	250
تبغ (أوراق)	2.2	83	8	110
بطاطا (درنات)	27.0	90	15	140
بندورة (ثمار)	50.0	130	20	150
ملفوف	50.0	145	18	120
أشجار بساتين الفاكهة	مستوي الغلة	N	P	K
اللوزيات	متوسط	85	9	65
العنب	متوسط	110	15	110
البرتقال	متوسط	170	23	120
الليمون الحامض	متوسط	180	23	115
قصب سكر (قصب)	80	45	25	121
الموز	45	78	22	224

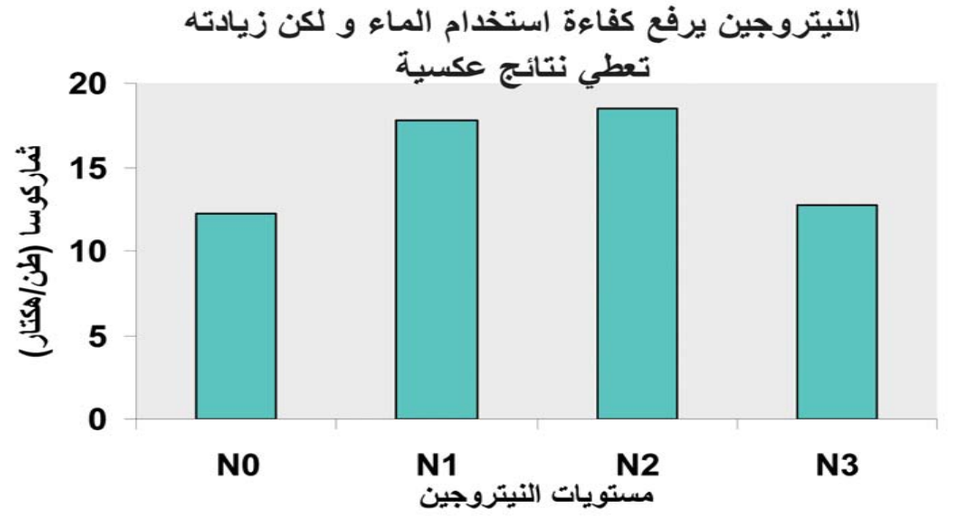
المصدر: منقل و كركبي ١٩٨٧

جدول رقم2: ملوحة (EC) وحموضة (pH) وتركيز المغذي في (10 ملي مول/لتر) لمحاليل الأسمدة

المركب	الرمز الكيميائى	العنصر الغذائي	التركيز (ملجم/لتر)	الملوحة (EC) دسى سمينز/م	درجة الحموضة (pH)
حامض النتريك	HNO_3	N	140	0.7	2.0
نترات الأمونيوم	NH_4NO_3	N	280	0.7	5.5
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2$	N	280	2.0	6.9
الأمونيا السائلة	NH_4OH	N	140	0.7	5.5
كبريتات الأمونيوم	$(NH_4)_2SO_4$	N	280	1.4	4.5
اليوريا	$CO(NH_2)_2$	N	280	2.7	7.0
فوسفات أحادى الأمونيوم	$NH_4H_2PO_4$	N	140	0.4	4.7
فوسفات ثنائى الأمونيوم	$(NH_4)_2HPO_4$	P	310	-	-
نترات البوتاسيوم	KNO_3	N	280	0.6	7.8
		P	310	-	-
		N	140	0.7	7.0



شكل رقم (1) : التسميد المتوازن ودور النيتروجين

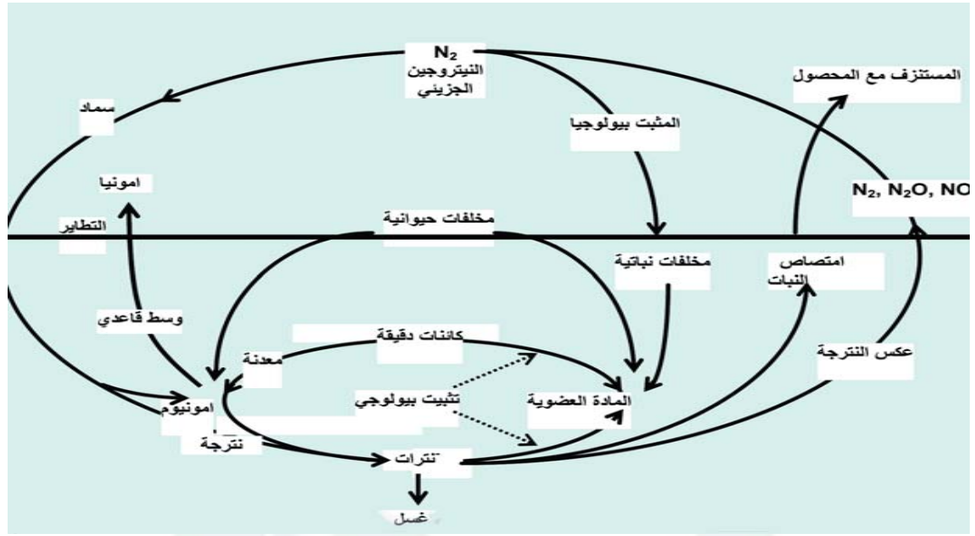


شكل رقم (2) : كفاءة استخدام الماء ودور النيتروجين

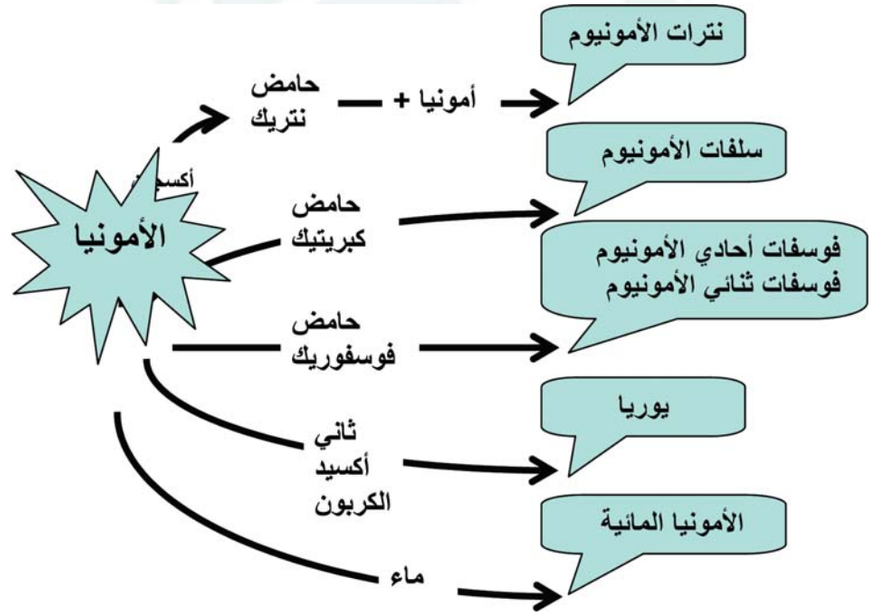
مدونة المرجع الزراعى http://agri-science-reference.blogspot.com

لوحة رقم1: علامات نقص النيتروجين

لوحة رقم2: علامات زيادة النيتروجين



شكل رقم (3) : دورة النيتروجين



شكل رقم (4) : إنتاج الأسمدة النيتروجينية