

المحاضرة الثالثة غاز النتروجين ودورته في البيئة حقائق عن النتروجين مصادر استهلاك النتروجين ومدخلاته الى البيئة عنصر الفسفور ودورة البيئي دورة الفسفور مصادر الفسفور وطرق استهلاكه

❖ غاز النيتروجين

تعود تسمية النتروجين الى كلمة nitron وهي ذات اصل يوناني، ويقصد بها "الصودا الأصلية"، و"genes" تعني تكوين النيتروجين وهو خامس العناصر وفرة في الكون. يرمز للنيتروجين في الجدول الدوري بحرف N وهو من اللافلزات. ويشكل غاز النيتروجين ما نسبته (78%) من الهواء على الأرض غاز النيتروجين وهو غاز عديم اللون والرائحة وهو في الظروف الاعتيادية غير نشط وبصورة غاز في درجة الحرارة وقياس الضغط القياسيين. يشبه النتروجين الماء في حالته السائلة لكونه عديم اللون والرائحة، كما أنه لا فلز ويتكون من ذرتين... غاز النيتروجين هام لاشكال الحياة على الأرض، لأنه يدخل في تكوين البروتينات ويمكن العثور عليه في كافة الأنظمة الحية، ومركبات النيتروجين متواجدة في المواد العضوية والأغذية والأسمدة والمتفجرات والسموم، كما يكون الكثير من المركبات الهامة كالأمونيا (النشادر) وحمض النيتريك والسيانيد. ويستعمل ايضا في صناعة الأسمدة والنتروجين وهو عنصر مهم جداً في الحياة، وفي نفس الوقت يكون ضاراً للبيئة اذ زاد عن حد معين، فما هو غاز النيتروجين

ما هي الأمونيا التي تنتج خلال دورة غاز النيتروجين

تصنع الامونيا بعملية هابر ويرمزها هو الأمونيا (NH_3)، حينما يتفاعل النيتروجين مع الهيدروجين مكوناً غاز الأمونيا. ويتصف هذا الغاز بكونه عديم اللون وله رائحة نفاذة. يستخدم كغاز تبريد وما يزيد عن 80% من هذا الغاز يساهم في صناعة الاسمدة النيتروجينية ويساهم كذلك في صناعة البلاستيك والاصباغ والمبيدات الحشرية. وتم استغلال النتروجين في صناعة الاسمدة الكيميائية للحصول على نمو اسرع للمحاصيل الزراعية وكان للافراط في استعماله اثار سلبية على البيئة من اذ تلوث المياه الجوفية والسطحية.

❖ الدور البيئي للنيتروجين

يكون النتروجين مع الأوكسجين عدد من الأوكاسيد المختلفة هي: الأوكسيد النتروجيني N_2O وأكسيد النتروجين NO وثنائي أكسيد النتروجين NO_2 وثلاثي أكسيد النتروجين N_2O_3 وخماسي أكسيد النتروجين N_2O_5 . يتم يتوفر النيتروجين في حالات أكسدة +1 و +3 و 0 و -3، ويتوافر في البيئة كمركبات غازية كالنايتروجين الحر (N^2) وأوكسيد النيتريك (NOx) وأوكسيد النيتروز (N_2O) والامونيا (NH_3) أو النترات (NO_3^-) أو النتريت (NO_2^-) أو الأمونيوم (NH_4^+) أو كالنايتروجين العضوي في صورة مواد نباتية أو مركبات عضوية أخرى. وهو مكون رئيسي للأحماض النووية والبروتينات، والكلوروفيل النباتي. والأشكال المذابة الرئيسية من النيتروجين هي الأمونيوم والنترات.

وبين الجدول (1) الحدود المثالية لتراكيز أنواع النيتروجين في التربة والمياه الجوفية والمياه السطحية، التي تشمل اختلافات في كل من المكان والزمان في الحالات غير الملوثة والملوثة. يوضح هذا الجدول أن هناك اختلافات كبيرة (عدة رتب في القيمة) في التراكيز.

مياه فضلات ملغم لتر	سطحية مياه ملغم لتر	مياه جوفية ملغم لتر	تربة محلول ملغم لتر	تربة غم/كغم	
----	57 - 0.16	----	----	9.7 - 0.2	نايتروجين كلي
2.5-04	10.5-0.04	مقدار ضئيل - 35	280-1.3	----	NO3-
45-1.5	7.5-0.004	مقدار ضئيل 9-	28-1.4	----	NH4

جدول (1)مديات التراكيز المثالية للنايتروجين في التربة، المياه الجوفية والمياه السطحية

للأمونيوم قابلية جيدة على الذوبان في الماء، ويمتاز بقدرة عالية على الامتزاز على مواقع تبادل الكاتيونات ذات الشحنة السالبة للجسيمات الغروية (المعادن الطينية والمواد العضوية). وتقوم المعادن الطينية بعملية حجز الأمونيوم من خلال تثبيته Ammonium fixation ومن أكثر المعادن مساهمة بعملية التثبيت هي معادن الإلايت، الفيرميكيولايت والمونتموريلونايت. إذ تثبت الأمونيوم بإحكام بين الشبكات المعدنية. اغلب هذا الأمونيوم الممسوك يرتبط بشكل غير معكوس ولا يمكن تبادله مع المحلول الكلي. كمية تثبيت الأمونيوم هي أقل بكثير بالمقارنة مع الكميات الممتازة على مواقع التبادل الكاتيوني. الأمونيوم هو حامض ضعيف وتحت ظروف قاعدية يتحول إلى أمونيا متطايرة:



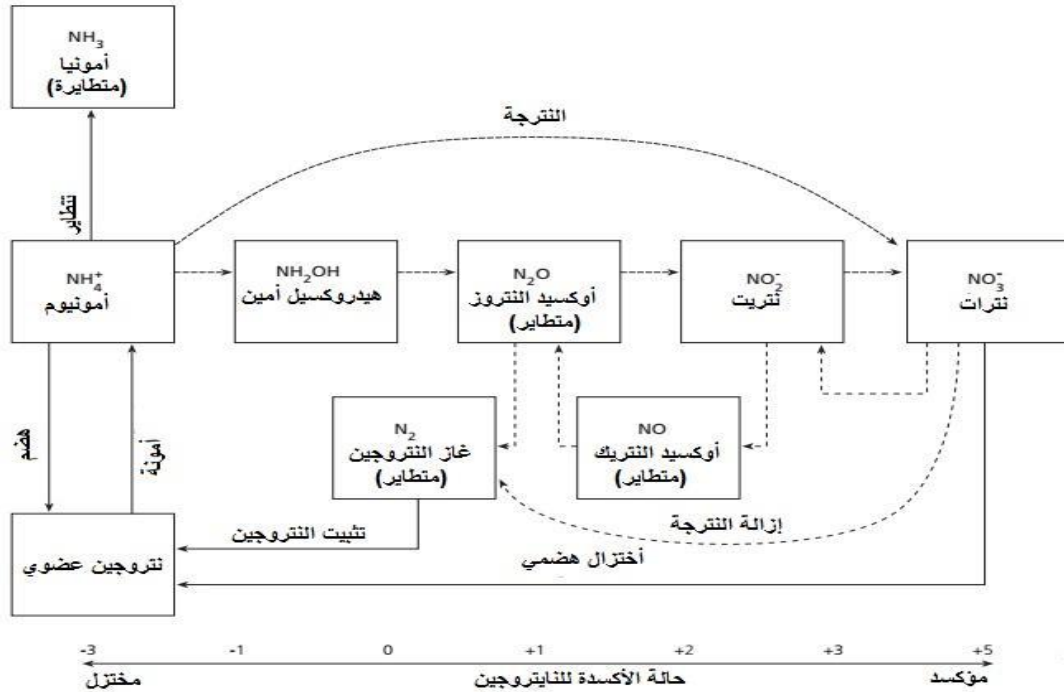
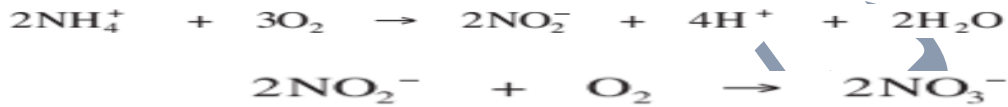
كذلك النترات متميزة بقابلية على الذوبان في المياه على غرار الأمونيوم، ولكن النترات ذات حركة أسرع في التربة لأنها لا تمتاز على جزيئاتها بسبب شحنتها السالبة لذا فإنها تتحرك نوعاً ما وتنتقل ببساطة باتجاه المصب مع رطوبة التربة أو المياه السطحية أو المياه الجوفية ثم يتم امتصاصها بواسطة الكائنات الحية أو تتغير من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال. على الرغم من أن النيتروجين هو نيتروجين مائي مغذي رئيسي غير عضوي، فهو كأي مادة سامة للنباتات والحيوانات والبشر بتركيزات مرتفعة. ومن المعروف لدى الكثيرين أن ارتفاع تراكيز النترات أو النتريت في مياه الشرب يسبب اضطرابات دموية قاتلة في الرضع دون ستة أشهر من العمر، وتسمى ميثوغلوبينيميا الدم methemoglobinemia أو "متلازمة زرقة الطفل"، تتضمن أعراضها عدم قدرة الدم على حمل الأوكسجين. ارتفاع تركيز الأمونيوم في ماء التربة ومحلولها تكون ذات أثر سمي للنباتات. كما تكون الأمونيا الحرة في ظروف التربة القاعدية والمتحررة من الأمونيوم في المياه السطحية تكون شديدة السمية بالنسبة للأسماك.

❖ دورة النيتروجين

هي دورة التي بواسطتها يتم تحويل النيتروجين المتوفر في الغلاف الجوي إلى مركبات عضوية مختلفة، وهي واحدة من أبرز العمليات في الطبيعة وأكثرها أهمية حيث تشارك في الحفاظ على الكائنات الحية. أثناء الدورة، تنشط بكتيريا التربة في تحويل النيتروجين الجوي إلى مركب الأمونيا، والذي تتطلبه النباتات لكي تنمو. لتقوم بعدها بكتيريا أخرى بتحويل الأمونيا إلى الأحماض الأمينية والبروتينات التي تستهلكها الحيوانات التي تأكل النباتات. ترجع مركبات النيتروجين إلى التربة من خلال النفايات الحيوانية، فتعمل البكتيريا على تحويل النيتروجين الموجود في النفايات إلى غاز النيتروجين، وإرجاعه إلى الغلاف الجوي وهكذا.

تقوم المنتجات الأولية كالنباتات الخضراء والأشجار والطحالب بالإضافة إلى بعض البكتيريا بامتصاص النيتروجين بصورة نترات مائية أو أمونيوم. مركب الأمونيوم في الأساس سام إذ تجمع داخل الخلايا، لذا يهضم بسرعة ويحول إلى نيتروجين عضوي. كما وتستخدم بعض النباتات كالسبلة والبرسيم، وبعض النباتات الأخرى البكتيريا المثبتة للنايتروجين أو البكتيريا الزرقاء، القادرة على تثبيت أو مسك النيتروجين الجوي (N₂) في التربة هذه العملية يطلق عليها تثبيت النيتروجين nitrogen fixation.

وهذا هو سبب ادراج النباتات البقولية في الدورة الزراعية للمحاصيل من اجل تحسين خصوبة التربة المنخفضة من خلال زيادة كمية نيتروجين التربة وتقليل الطلب على استخدام الأسمدة الكيميائية. يمكن توفير النيتروجين العضوي عن طريق التحلل والتمعدن اللاحق للمادة العضوية عن طريق الفطريات والبكتيريا عضوية التغذية وهذه البكتيريا تحصل على كاربون خليتها من الكاربون العضوي. يتم أكسدة النيتروجين العضوي أولا إلى أحماض أمينية وأخيراً إلى أمونيوم، بعملية الأمونة ammonification. وعند توفر تهوية، تعمل البكتيريا ذاتية التغذية على أكسدة الأمونيوم (حالة أكسدة -3) الى نترات (حالة أكسدة +5) في عملية النتجة nitrification متعددة الخطوات انظر الشكل (2) ويمكن تلخيص عملية النتجة الكلية كعملية من خطوتين:

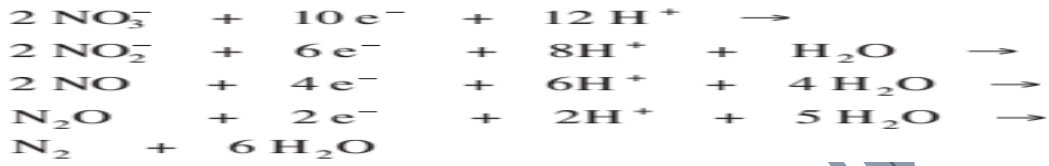


شكل (3) يوضح دورة النتروجين في الطبيعة

بكتيريا Nitrosomonas تستكمل الخطوة الأولى، وهي أكسدة الأمونيوم إلى نتريت، وبكتيريا Nitrobacter تستكمل الخطوة الثانية، وهي الأكسدة النهائية وتتضمن تحويل النتريت الى نترات. النترتت فعال جداً، وخطوة التفاعل الثانية تحدث بسرعة كبيرة. لهذا السبب، فان تواجد النترتت في التربة يكون بكميات صغيرة وأنواع النيتروجين الأولية في المحاليل المائية هي الأمونيوم والنترات. يستلزم حدوث عملية النتجة توافر الأوكسجين، وبالتالي لا يحدث التفاعل إلا في التربة الجيدة التهوية أو المياه السطحية. عملية النتجة تقوم بها بكتريا حية لذا يعتمد معدل عملية التفاعل وسرعته إلى حد كبير على العوامل البيئية مثل درجة الحرارة ودرجة الحموضة. في درجات حرارة أقل 10 مئوية يتم تثبيط التفاعل. بين 10 درجة مئوية وحوالي 32 درجة مئوية يرتفع معدل التفاعل مع درجة الحرارة. ويكون الرقم الهيدروجيني الأمثل للنتجة بين 6.6 ---- 8 ينبتأ التفاعل عند درجة حموضة أقل من 6 ويصل الى حالة من الركود عند الرقم الهيدروجيني أقل من 4.5 .

في ظل ظروف اختزل بسيطة، بسبب تحلل المواد العضوية بواسطة بيولوجية أو أكسدة الباييريت فإن عملية إزالة النتريجة denitrification تكسر النترات حالة الأكسدة +5 الى نتروجين N_2 حالة الأكسدة 0 من خلال وسائط بما في ذلك النتريت وأكسيد النتريك وأكسيد النيتروز:

عملية الاختزال تحدث بفعل البكتريا لذا فإن إزالة النتريجة تخضع لدرجة الحرارة وحموضة التربة ويلاحظ أن عملية إزالة النتروجين هي ليست عكس عملية النتريجة. النواتج الوسطية أو أكسيد النتريك أو أكسيد النيتروز هي غازات يمكن أن تتطاير من النظام قبل اكتمال تفاعل إزالة النتروجين. كل من أكسيد النتريك وأكسيد النيتروز هما غازات دفيئة، وبالتالي فإن انبعاثاتهما تساهمان في الاحتباس الحراري العالمي.



تقوم الكائنات الحية الدقيقة باستهلاك كميات كبيرة من النتروجين غير العضوي الذي يتحول بالتالي الى جزء من المادة العضوية. وتسمى هذه العملية السكون immobilization وهو التفاعل المعاكس للتمعدن. بالإضافة لامتنصاص النبات، السكون هو عملية اختزال هضمي. ويتحرك السكون بشكل أسرع من التمعدن عندما يكون النتروجين محدودا بالنسبة للكربون العضوي. وهذا يعني أن نسبة كربون : نايتروجين هي من تحدد التمعدن أو السكون. ان النسبة المثالية لأحياء التربة المختلفة بالنسبة لكتلة فإن النسبة المثالية للكربون : نايتروجين هي 1:20. وعليه، إذا كانت نسبة كربون : نايتروجين أقل من 20 ، يسود التمعدن ونسبة كربون : نايتروجين أكبر من 20 تسفر عن سكون واضح. النتروجين المقيد غير متوفر بشكل مؤقت لامتنصاص النبات. النتروجين المقيد غير متوفر بشكل مؤقت لامتنصاص النبات. وتعتبر الأمونة والنتريجة ونزع النتروجين وهضم النترات والأمونيوم عمليات اساسية لدورة النتروجين. أن تثبيت النتروجين وتتطاير الأمونيوم هي ضئيلة نسبيا بالمقارنة مع تدفقات النتروجين الأخرى. الشكل (2) هو مخطط توضيحي لكامل دورة النايتروجين بما في ذلك تثبيت النايتروجين، الأمونة، النتريجة، ونزع النتروجين.

❖ دعم الإنسان لدورة النتروجين

تدعم الأنشطة البشرية بشكل كبير دورة النتروجين العالمية الطبيعية بعدة طرق. أولاً، يؤدي

- 1- بسبب احتراق الوقود الاحفوري الى اضافة 20-30 مليون طن سنويا من أنواع النتروجين القابلة للتفاعل الى الجو.
 - 2- تثبيت اكثر من 40 مليون طن من النتروجين الجوي المثبت في التربة بواسطة النباتات البقولية.
 - 3- ارتفاع معدلات التثبيت الاصطناعي بعملية هابر بوش المخترعة عام 1913 من 5 مليون طن قبل الحرب العالمية الثانية الى اكثر من 95 مليون طن في الوقت الحاضر من نتروجين جوي الى امونيوم NH_4^+ لإنتاج الأسمدة الاصطناعية.
- ونتيجة لذلك، ارتفع معدل تثبيت النتروجين اصطناعيا من قبل البشر أكثر من عمليات التثبيت الطبيعية في النظم الإيكولوجية الأرضية.

❖ مصادر استهلاك النتروجين ومدخلاته للبيئة

- 1- تطاير الامونيا، أو أكسيد النتريك و أكسيد النتروز هي مصارف في دورة النتروجين للنظم الإيكولوجية.
- 2- حصاد الكتلة الحيوية المحتوية على النتروجين والترشح أو الجريان السطحي للنتروجين المذاب إلى مناطق المصب.
- 3- تثبيت النتروجين بواسطة بكتيريا التربة، مصادر خارجية أخرى هامة من مصادر النتروجين هي مدخلات الأسمدة.
- 4- تدفق المياه الملوثة من مناطق المنبع، وترسب الغلاف الجوي.
- 5- وفي نظم الزراعة المكثفة، تضيف مدخلات نتروجين من خلال الأسمدة من 50 إلى أكثر من 250 كغم نتروجين ١ هكتارا سنة.
- 6- وتستمد المدخلات الناتجة عن ترسب الغلاف الجوي من انبعاثات النتروجين من خلال الصناعة وحركة المرور أكاسيد النتروجين والزراعة أساسا الأمونيا NH_3 .
- 7- يحدث أكبر انبعاث للأمونيا 83% أثناء تحلل الروث. ويرتبط تطاير الأمونيا من الروث ارتباطا إيجابيا بالرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة ومحتوى الرطوبة في السماد.
- 8- الأمونيا هي واحدة من أهم الغازات التي تعادل حامض النتريك في الغلاف الجوي وحامض الكبريتيك المتولدين على التوالي من أكسدة أكاسيد النتروجين NOX وثنائي أوكسيد الكبريت SO_2 .

❖ ميكانيكية وصول الامونيا الى سطح الارض

- ترسيب جاف: إزالة الغازات والهباء من الغلاف الجوي دون تدخل الهطول (المطر والتلج والبرد).
- ترسيب رطب: غسل الغازات والهباء الجوي من الغلاف الجوي بمحلول عن طريق هطول الأمطار.
- ترسيب خفي: إزالة الغازات والهباء الجوي من الغلاف الجوي من خلال الانتشار عبر سطح بيني بين الهواء والسطح الرطب، في ضباب وقطرات ندى. تلعب خشونة السطح دور بارز في عملية الترسيب الجاف والرطب الامونيون يترسب بحدود خمسة كم وتزداد شدة الترسيب مع خشونة السطح وطبيعة السطح المرتفعات ومناطق الغابات تحصد كمية أكبر من الرواسب.

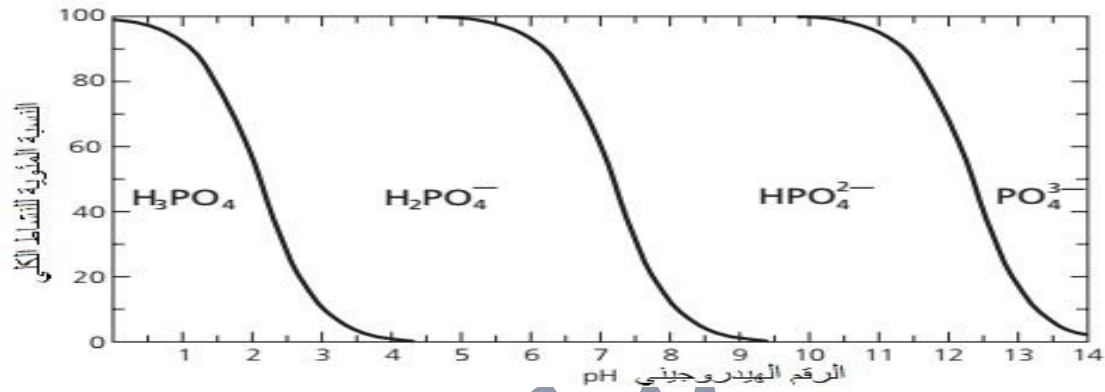
❖ الفسفور

عنصر كيميائي في الجدول الدوري، رمزه الكيميائي P و عدده الذري 15. يدخل في تركيب كافة الخلايا الحية، وبسبب نشاطه الكيميائي، فهو لا يوجد في الطبيعة بشكل حر.

❖ الدور البيئي وتواجد الفسفور

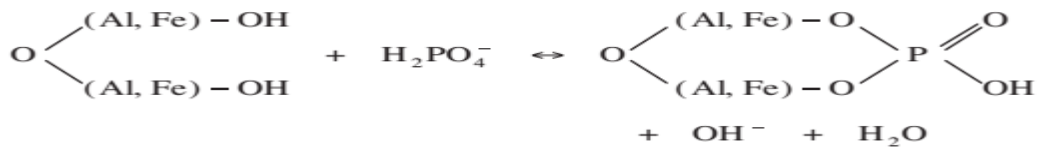
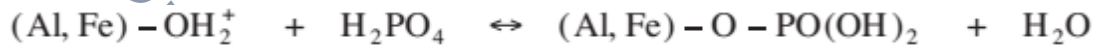
الفسفور هو المغذي النباتي الرئيسي الثاني. في الكائنات الحية، ويكون الفوسفور جزءا من البروتينات الاحماض النووية. فوسفات إلى اواصر أستر فوسفات في ثلاثي فوسفات الأدينوزين (adenosine triphosphate) وثنائي فوسفات الأدينوزين (adenosine diphosphate) هي مخزن الطاقة الرئيسي واواصر نقل الطاقة في الخلايا. ثلاثي فوسفات الأدينوزين هو نيوكليوتيدات عالية الطاقة لديها سكر ريبوز (الأدينوزين) وثلاث مجاميع فوسفات. ويؤدي تكسر ثلاثي فوسفات الأدينوزين إلى إطلاق قدر كبير من الطاقة التي تستخدمها الخلية لأنشطتها المختلفة. لدى ثنائي فوسفات الأدينوزين سكر ريبوز ومجموعتين

فوسفات. يستخدم ثنائي فوسفات الاديوزين لتوليف ثلاثي فوسفات الاديوزين مع الطاقة المتحررة في التنفس الخلوي. عندما يتم استخدام ثلاثي فوسفات الاديوزين للأنشطة الخلوية، يتم إعادة تشكيل ثنائي فوسفات الاديوزين. في الخلايا النباتية، يتم إنتاج ثلاثي فوسفات الاديوزين في الميتوكوندريا وصناعات اليخضور. وإلى جانب تحويل الطاقة داخل الخلايا، يلعب الفوسفور دور في نمو الخلايا، وتحفيز نمو الجذور في وقت مبكر، وفي إنتاج الثمار والبذور. في البشر والحيوانات، يكون الفوسفور ضروري لنمو العظام والأسنان، المصنعة من فوسفات الكالسيوم. يتواجد الفسفور في البيئة كفسفور عضوي، أي كجزء من مواد عضوية حية أو ميتة، أو كمواد فوسفاتية غير عضوية، حامض الفوسفوريك (H_3PO_4) وقواعده المترافقة ($H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} و PO_4^{3-}) يتم اختصار أورتوفوسفات إلى فوسفات. وكما في حامض الكربونيك، فإن توزيع فصائل الفوسفات هو دالة للرقم الهيدروجيني



شكل (4) النسب المئوية لأنواع الفوسفات كدالة للرقم الهيدروجيني في محلول حامض فسفوريك 10 ملي مولاري.

الفوسفور الكلي يشمل جميع أنواع الفوسفور العضوي وغير العضوي ويتم تحديده من خلال تفاعل الموليبيديت الأزرق بعد هضم عينة المياه أو من خلال القياس المباشر ويتم تصفية عينات المياه عادة من خلال مرشح غشاء 0.45 مايكرون للتمييز بين الأجزاء الذائبة والحبيبية. المصدر الطبيعي الرئيسي للفوسفور غير العضوي الذائب هو معدن الأباتايت $Ca_5(F,Cl,OH)(PO_4)_3$ الفوسفات قليلة للذوبان في الماء ولا تتوفر بسهولة لامتصاص النبات. في ظل ظروف حامضية PH أكبر من 4.5 تكون أيونات الفوسفات راسب من فوسفات الحديد والالمنيوم عند تفاعلها مع أيونات الالمنيوم والحديد الذائبة وترسبها. ولها الأفضلية في الامتزاز على اسطح الأكاسيد وحواف المعادن الطينية. قدرة امتزاز المعادن الطينية للفوسفات هي أقل بكثير من قدرة امتزاز الأكاسيد الأحادية النصفية، بسبب سطح الحافة الصغير للمعادن الطينية. يؤدي الامتزاز الفوسفاتي المحدد على الأكاسيد الأحادية النصفية إلى تبادل ليغاندات OH و OH_2^+ مع الفوسفات تبادل ليغاند ، كما هو مبين في التفاعلات التالية:



في المعادلة الثانية نلاحظ تكون تركيب حلقي مع اثنين من جسور الاوكسجين O ، وفيه ترتبط الفوسفات بقوة. و يحدث هذا النوع من الامتزاز المحدد عند رقم هيدروجيني فوق نقطة الشحنة

صفر، وبالتالي في مدى واسع من الرقم الهيدروجيني. لذا ارتباط أيونات الفوسفات بقوة في التربة المحتوية على أكاسيد احادية نصفية. في ظل ظروف مختزلة، حيث يختزل الحديد إلى الحديدوز، وهو أكثر قابلية للذوبان. ويؤدي هذا الذوبان الاختزالي لهيدروكسيدات الحديد إلى امتزاز الفوسفات على هيدروكسيدات الحديد ليتم تحريرها إلى المحلول أيضاً. في ظل هذه الظروف، يتم التحكم في تركيز الفوسفات عن طريق ذوبان فوسفات الحديدوز فيفيانائيت $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ويكون ناتج ذوبان الفيفيانائيت أعلى بكثير من فوسفات الحديد، فإن الفوسفات تكون أكثر قابلية للذوبان ولهذا السبب فهي متحركة في بيئات حامضية إلى بيئات لاهوائية محايدة. وعند حموضة تربة اعلى من السبعة يترسب الفوسفات إلى فوسفات الكالسيوم، وذلك أساساً في شكل هيدروكسي اباتائيت و $Ca_5(PO_4)_3OH$ فلور أباتائيت $Ca_5(PO_4)_3F$ وتساهم تفاعلات الفوسفات مع الحديد والألمونيوم وأكاسيد احادية نصفية والكالسيوم بشكل جماعي بتثبيت الفوسفات phosphate fixation . وبسبب تثبيت الفوسفات، يكون تركيز الفوسفات المذاب في الغالب أقل من واحد على عشرين أو أقل من تركيز النيتروجين أو البوتاسيوم. والجدول رقم (3) بعض المديات النموذجية لتراكيز أنواع الفوسفور في التربة والمياه الجوفية والمياه السطحية، بما في ذلك التغيرات في المكان والزمان في الحالات غير الملوثة والملوثة.

تربة غم/ كغم	محلول تربة ملغم/ لتر	مياه جوفية ملغم/ لتر	مياه سطحية ملغم/ لتر	مياه فضلات ملغم/ لتر
5.6-0.01	-----	-----	-----	-----
-----	7.8-0.02	6.6-0.005	2.1-0.01	8-3
-----	7.8-0.004	4.2- مقدار ضئيل	1.9-0.003	6-3

جدول (3) نسب الفسفور في بعض مكونات البيئة

❖ حقائق ومعلومات عن غاز النيتروجين

اكتشف النيتروجين من قبل الصيدلاني والطبيب دانيال رذرفورد عام 1772. ويستعمل النيتروجين السائل كمبرد، لتخزين الحيوانات المنوية والبويضات وغيرها من الخلايا المستخدمة في البحوث العلمية أو عمليات الإخصاب. كما يستعمل النيتروجين السائل أيضاً لتجميد الأطعمة بسرعة، ويساعد في الحفاظ على النكهة، والملح، والرطوبة. لغاز النيتروجين دوراً في تشكيل الشفق. وينتج نحو 150 طن من الأمونيا سنوياً باستخدام عملية هابر. والمتفجرات المستخدمة في إنتاج الديناميت، تحتوي على النيتروجين والأوكسجين والكربون.

❖ دورة الفسفور

تشابه دورة الفوسفور دورة النيتروجين تقريباً خلال السلسلة الغذائية. لكنها أقل تعقيداً من دورة النيتروجين، وذلك لأن الفوسفور يحدث في أشكال أقل وليس هناك مركبات غازية متطايرة. تستخدم المنتجات الرئيسية الفوسفات الذائب من قبل النباتات الخضراء والطحالب والاشنات وبعض البكتيريا عضوية التغذية. هذه الكائنات تحول الفوسفات غير العضوي إلى فوسفور

عضوي. ومن ثم، يتم نقل جزء من الفوسفور العضوي إلى السلسلة الغذائية وتترك البقايا خلفها في شكل فئات على سبيل المثال فوسفور في جذور النباتات. وعند موت جميع المواد العضوية الحية تصبح بقاياها. التحلل الميكروبي للمادة العضوية يعزل الفسفور المرتبط عضويا بالفوسفات غير العضوي. معدل دوران الفوسفور العضوي يكون سريع في ظروف مواتية للكائنات الدقيقة. إذا كانت نسبة الكربون : الفسفور العضوي 1:200 أو أقل تحدث عملية معدنة الفسفور بسهولة ويتحرر بسهولة ويصبح باستطاعة النبات امتصاصه بيسر ، اما اذا كانت نسبة الكربون : الفسفور العضوي 1:300 أو أكبر أي أقل من 2/كغم مادة عضوية تقوم الكائنات الحية استخدام الفسفور تستخدم معظم الفوسفور وتجمده في خلاياها بدلا من تحريره لامتناسص النبات. ويبقى جزء من الفسفور بشكل عضوي. بعض الفسفور العضوي يكون مرتبط ضمن بوليمرات دبال معقدة ولكن ما نسبته 60 % من الفسفور يوجد بشكل مركبات جزيئية صغيرة فوسفات الاينوزيتول *inositol phosphates* . أصل فوسفات الإينوزيتول هو بكتيري في الأصل وتتواجد أساسا في شكل أملاح الكالسيوم والحديد والالمنيوم الغير قابلة للذوبان. وهي تتمعدن ببطء. عموما، يرتبط الفوسفور العضوي للتربة بصورة جيد بمحتوى المادة العضوية والنيتروجين العضوي، ولكن نسبة الكربون : الفسفور العضوي تعرض تباينا أكبر من نسبة الكربون : النيتروجين، لأن الفسفور العضوي أقل ارتباطا مع بوليمرات الدبال الكبيرة من النيتروجين العضوي. كما ذكر أعلاه، فإن توافر الفوسفور يكون عموما منخفض، بسبب الفته مع الحديد والالمنيوم والاكاسيد الاحادية النصفية والكالسيوم. يعتمد توافر الفسفور على الرقم الهيدروجيني للتربة، وظروف الأكسدة والاختزال، ومحتوى المادة العضوية. الفوسفور المتوفر لامتناسص النبات هو الأكبر عند قيم رقم هيدروجيني بين 6 و 7، أو تحت ظروف لاهوائية. المحلول ويصبح متاحا لامتناسص النبات.

❖ مصادر الفسفور وطرق استهلاكه

تعد الاسمدة العضوية والكيميائية هي المصدر الرئيسي للفسفور في التربة الزراعية وقد تصل النسبة 1000 / هكتار سنوياً. ولمعرفة نسبة الفسفور في الاسمدة الحاوية عليه يبين الجدول رقم (4) انواع الاسمدة الفسفورية ومحتواها من الفسفور . وتستخدم مداخلات الغلاف الجوي للفسفور أساسا من حبيبات التربة المعلقة المتعرية بفعل الرياح، على الرغم من أنه قد تكون هناك مساهمة صغيرة من حرق المواد النباتية والوقود الأحفوري.

الذوبانية	الفسفور %	الصيغة الكيميائية	السماذ
عالية	9-8	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	سوبر فوسفات
عالية	20	$Ca(H_2PO_4)_2$	ثلاثي سوبر فوسفات
عالية	26	$NH_4H_2PO_4$	فوسفات أحادي الامونيوم
عالية	23	$(NH_4)_2HPO_4$	فوسفات ثنائي الامونيوم
واطئة	18	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	فوسفات ثنائي الكالسيوم
واطئة	16-12	$Ca_3(PO_4)_2$	فوسفات ثلاثي الكالسيوم

جدول (4) ذوبانية بعض صور الفسفور

السبب الرئيسي في خسارة الفوسفور تعود إلى حصاد المحاصيل والرعي، مما يؤدي إلى إزالة 5 إلى 40 كغم فسفوراً هكتاراً سنة. لكن إذا تم علف حيوانات الرعي بأعلاف تكميلية، عادة ما يكون هناك مدخل صاف من الفوسفور ناتج من مخلفات الحيوانات. ولأن الفسفور ارتباط معادن التربة، لذا يندر فقدان الفسفور بعملية الرش. لكن قد يحدث ترشيح الفوسفات في المناطق الزراعية بسبب الإضافات العالية للأسمدة بحيث تصبح قدرة ربط الفوسفات مشبعة. في حالة منسوب المياه الجوفية الضحل، قد يحدث اختراق فوسفات إلى المياه الجوفية. في المياه الجوفية اللاهوائية، يكون الفوسفات أكثر تنقل بكثير، بسبب عدم وجود هيدروكسيدات الحديد. ويحدث فقدان للفسفور في الاراضي الزراعية ناتج من تعرية التربة حيث تصل نسبة الفقد إلى 60 كغم فسفوراً هكتاراً سنة. وتنشط تعرية التربة في الاراضي الصالحة لزراعة اكثر من الاراضي العشبية والغابات وتزداد مع انحدار الارض والتي تترسب اسفل المنحدر او تستمر مع حبيبات التربة بالحركة نحو مجرى النهر.

وتتكون المدخلات الى البيئة من خلال المياه السطحية الخارجية من خلال ما تحمله المياه من الفضلات المطروحة بعد المعالجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وتصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة، والإطلاقات الصناعية. يستخدم الفوسفات، وبشكل أولي ثلاثي متعدد فوسفات الصوديوم، كمضاف منظف للغسيل للقضاء على الكالسيوم الحر خلال عملية الغسيل.