

الجامعة الأردنية
كلية الهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة الكيميائية
صناعات اردنية 0905101

الفوسفات

الفوسفات في الكيمياء غير العضوية هو ملح لحمض الفوسفوريك. وفي الكيمياء العضوية فالفوسفات أو الفوسفات العضوي (بالإنجليزية: Organophosphate) هو استر لحمض الفوسفوريك. والفوسفات له أهمية كبيرة في الكيمياء الحيوية وكيمياء الأرض الحيوية (بالإنجليزية: Biogeochemistry). وهو أحد الثروات المعدنية للعالم الإسلامي وخصوصا المغرب ومصر والأردن وفلسطين.

الفوسفات مركب معدني يحتوي على أيون رابع أكسيد الفسفور³⁻ (PO₄) والفسفور هو أحد الخامات اللافلزية التابعة للمجموعة النيتروجينية رقمه الذري (15) ووزنه الذري (30,97) ولايتواجد في الطبيعة في شكله الذاتي حيث أنه سريع التفاعل مع الأكسجين . وتطلق كلمة فوسفورايت على رواسب الفوسفات التي يمكن تعدينها وإستغلالها اقتصادياً بينما يطلق مصطلح الصخور الفوسفاتية على الصخور التي تحتوى على نسب غير عالية من الفوسفات .

يعد الأردن أحد أكبر منتجي ومصدري الفوسفات والأسمدة الكيماوية عالمياً. حيث أن الأردن ينتج سنوياً حوالي 5175 ألف طن من خلال أربع شركات، بالإضافة إلى إنتاج شركة فودجي الاردن للأسمدة التي تنتج يومياً 1350 طناً من فوسفات الامونيوم و1670 طناً من اليوريا.

وينتج مجمع الاسمدة الصناعي الذي تشارك فيه الحكومة الاردنية وشركة مناجم الفوسفات ثنائي فوسفات الامونيوم وحمض الكبريتيك والفوسفوريك وفلوريد الالمنيوم، كما أن الشركة الهندية الكندية للكيماويات تنتج حامض الفوسفوريك.

وبالإضافة إلى إنتاج الاسمدة المركبة والتي تقوم الشركة اليابانية الاردنية بإنتاجه وتصدره كاملاً إلى اليابان تقوم شركة هييرو اغري-الاردن بإنتاج حامض الفوسفوريك والاسمدة المركبة وثنائي فوسفات الامونيوم.

الخصائص والصفات :

التركيب الكيميائي : تضم صخور الفوسفات حوالي (200 معدن) من مجموعة الأباتيت وتركيبه الكيميائي ($Ca_3(PO_4)_2$) في أغلب الأحيان . والفوسفات لا يذوب في الماء بينما يتفاعل مع حمض الكبريتيك ليعطي سماد السوبر فوسفات وحمض الفوسفوريك ويعطي سماد الفوسفات النيتروجيني بالتفاعل مع الأمونيا كما يعطي حمض الفوسفوريك بالتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك .

الخواص الطبيعية : تتباين ألوان صخور الفوسفات ما بين الداكنة والفاتحة نتيجة لتواجد المواد العضوية وتظهر إما على شكل رواسب فتاتية أو متصلبة بحيث تكون المادة الصلبة فيها إما جيرية أو سليسية وغالبا ماتحتوى هذه الرواسب على بعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم . والخواص الطبيعية لمجموعة معادن الأباتيت هي :

- الشكل البلوري : سداسي
- اللون : أصفر أو أسود مائل إلى الأخضر وأحياناً أزرق
- الصلابة : 5 - الكثافة النوعية : 2,3

تواجده في الطبيعة :

تتواجد معظم صخور الفوسفات في الطبيعة في أحد الصور التالية :

- 1- صخور فوسفات من أصل رسوبي :** وهي أهم الرواسب من حيث الانتشار والحجم والإستغلال حيث تشكل حوالى (80%) من الرواسب العالمية ويتراوح تركيز خامس أكسيد الفوسفور فيها ما بين (20%-30%) وهي رواسب بحرية حبيبية مثل رواسب الفوسفات في مصر و دول شمال أفريقيا ورواسب الفوسفات في شمال المملكة العربية السعودية وفي العراق والأردن .
- 2- صخور فوسفات من أصل نارى :** وهي ناتجة من صخور سيانيت النيفلين وصخور الكربوناتيت والبيروكسينات المحتوية على قدر كبير من المعادن الفوسفاتية التي من أهمها معدن الأبائيت وهذه الرواسب غير شائعة ومن أمثلها رواسب خنبي في روسيا .
- 3- رواسب الجوانو :** وهي ناتجة من تراكم مخلفات الطيور البحرية فوق الصخور الجيرية مثل رواسب جزيرة نيورا في المحيط الهادى .

الاستخدامات :

يعتبر الفوسفور أحد أهم العناصر الكيميائية للنبات والحيوان ويدخل في جميع الوظائف الحيوية . وتحصل النباتات على الفوسفور من التربة بينما تحصل الحيوانات على الفوسفور من النباتات التي تتغذى عليها ومن هنا تبرز أهمية الفوسفات في حياة الإنسان . ويمكن إستعراض بعض إستخدامات الفوسفات كالتالى :

- 1- صناعة الأسمدة :** وهي تمثل حوالى (77%) من إستخدامات الفوسفات حيث يتم تفاعل الفوسفات مع الأحماض لإنتاج السوبر فوسفات وفوسفات النيتروجين والأسمدة المركبة كما يمكن طحن الصخور الفوسفاتية وإضافتها مباشرة إلى التربة الحامضية وتمثل هذه الطريقة حوالى (4%) من إستخدامات الفوسفات ويحتوى السوبر فوسفات على (14-25%) من خامس أكسيد الفوسفور بينما يحتوى كل من الفوسفات النيتروجيني والأسمدة المركبة على (40-45%) من خامس أكسيد الفوسفور القابل للتحلل والإمتصاص .
- 2- صناعة الفوسفور الحرارى و حامض الفوسفوريك :** و تمثل هذه الصناعة حوالى (8%) من إستخدامات الفوسفات ويتم إستخدامها في معالجة أسطح المعادن مثل الألمنيوم والنحاس والحديد المغلف بالنيكل وفي المنظفات الكيميائية والمبيدات الحشرية .
- 3- إعداد الفوسفات كغذاء للمواشى :** و تمثل هذه الصناعة حوالى (6%) من إستخدامات الفوسفات حيث يستخدم الفوسفات المكلس والحاوى على نسبة قليلة من عنصر الفلور في تغذية قطعان المواشى .
- 4- صناعات متعددة للفوسفات :** و تمثل نسبة (5%) من إستخدامات الفوسفات و تستخدم في منظفات الغسيل الصناعية والمنزلية .

إن الاهتمام الدولي بالفوسفات أمر طبيعي ، باعتباره يدخل في جملة من الصناعات التحويلية والتي من أهمها الأسمدة الكيميائية ، مما يجعله موردا هاما يحظى بطلب متزايد من طرف أغلبية دول العالم وخصوصا تلك التي تهتم بالإنتاج الزراعي وتدافع عن أمنها الغذائي ، الذي أصبح مرتبطا إلى حد ما بقدرة البلد في الحصول على هذه الأسمدة باعتبار ذلك عاملا لرفع كمية الإنتاج الزراعي وهذا ما يجعل الطلب على الأسمدة الكيميائية يحظى بعناية كبيرة في السوق الدولية ، ولذا ليس غريبا أن يسعى المغرب إلى الاحتكار الكلي للأسمدة الفوسفاتية التي تشكل في الظرف الحالي ما يقارب 80% من الإنتاج العالمي للأسمدة.

إن الزيادة الملحوظة في استخدام خامات [الفوسفات] يدل على أهميتها وهو ما يؤكد الحاجة الماسة في الحصول عليها ، كما يظهر من خلال ديناميكية الإنتاج العالمي للفوسفات في الفترات الزمنية الآتية (مليون طن): في 1960 تم إنتاج 42 وفي 1969 أنتجت 77، أما في 1974 انتج العالم 110 وفي سنة 1980 وصل الإنتاج إلى 132 وفي سنة 1990 تم إنتاج 162 وفي 1996 انخفض الإنتاج إلى 133، أما في سنة 2001 وصل الإنتاج إلى 128.

من خلال هذه المعلومات يتضح أن استهلاك العالم [للفوسفات] في العقود الأربعة الأخيرة شهد ارتفاعا كبيرا، لا سيما أن الدولة التي تملك احتياطات كبيرة من هذه المادة بإمكانها التحكم في أسعار هذا المورد في السوق الدولية. وبالقطع فإن المغرب يوجد ضمن الدول المعروفة في إنتاج الفوسفات بحكم احتواء أراضيها على 45,1% من احتياط العالم للفوسفات (هذا إذا ما استثنيت احتياطات الصحراء الغربية المحتلة من طرف المغرب). وهو ما مكّنه من التأثير على عدد كبير من الدول المرتبط نموها بمدى تطور الإنتاج الزراعي.

الفوسفات في الأردن

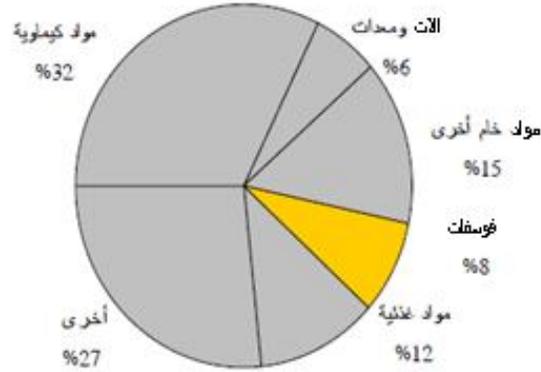
يعتبر الفوسفات واحدا من أهم المعادن الموجودة في الأردن ويتواجد في منطقة الطفيلة وفي منطقة الشبيبة في معان التي يقدر الاحتياطي المؤكد من خام الفوسفات فيها بحوالي 1.5 مليار طن.

تقدر سلطة المصادر الطبيعية الأردنية أن تشكيلات الفوسفات تغطي حوالي 60 في المئة من إجمالي مساحة الأردن، لا سيما في حزام واسع على بعد 300 كيلومتر يمتد من الشمال إلى الجنوب وتعتبر غالبية تلك الاحتياطات قابلة للاستثمار اقتصاديا. يقدر مجموع خام الفوسفات في الأردن ضمن المناجم التي تحت التشغيل بما يصل إلى 1459 ملايين طن حتى 31 ديسمبر 2008. الشركة الوحيدة المرخص لها في الأردن لاستكشاف الفوسفات هي شركة مناجم الفوسفات الأردنية. عملية الاستكشاف تنطوي على حفر آبار بعمق حوالي 40 مترا ضمن مسافات محددة تليها عملية التحليل النوعي والكمي للعينات الخام ثم تصنف من أجل تحديد الجدوى الاقتصادية من الاحتياطات. في الوقت الراهن تغطي شركة مناجم الفوسفات الأردنية مساحة إجمالية تبلغ 52 كيلومترا مربعا في مناجم في الأحساء وآل الأبيض، و 258 كيلومتر مربع في الشبيبة وذلك لأغراض الاستكشاف والاستخراج.

ويعتبر الفوسفات الأردني غني بعنصر اليورانيوم الذي يصل تركيزه إلى 70 جزء في المليون ، ويتواجد الفوسفات في 62/60% من مناطق المملكة ، ويذهب معظم الفوسفات المستخرج لصناعته الاسمدة لزيادته المحاصيل الزراعيه بالإضافة الى امكانيه استخراج بعض المعادن النادره والعناصر المشعه ، ومن بين هذه العناصر يوجد اليورانيوم الذي يمكن الحصول عليه اثناء عمليه تحويل الفوسفات الى اسمده او حمض الفسفور وتحتوي خامات الفوسفات الصحراوي على 200 جرام من اليورانيوم في الطن الواحد .

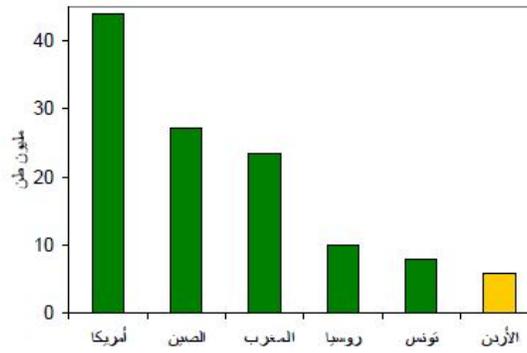
وقد بلغت قيمة الصادرات من الفوسفات الخام ما قيمته 91 مليون دينار من اجمالي الصادرات الوطنية لعام 2000.

الأهمية النسبية لصادرات الفوسفات مقارنةً بالقطاعات الاقتصادية الأخرى لعام 2000



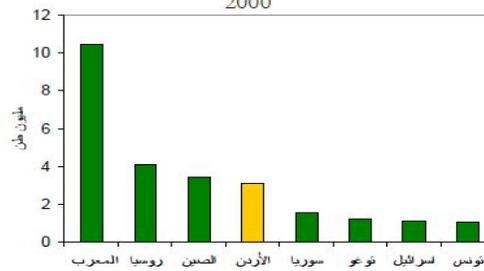
يحتل الأردن المركز السادس عالمياً في إنتاج الفوسفات الخام

الإنتاج العالمي من الفوسفات الخام لعام 2000



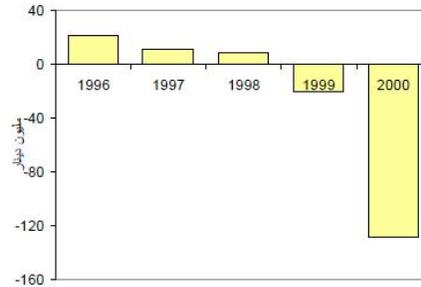
إلا أن الأردن يأتي في المركز الرابع عالمياً في تصدير الفوسفات وذلك لأن أمريكا وتونس تستهلك جزء كبير من إنتاجهما لتصنيع الأسمدة الفوسفاتية:

موقع الأردن عالمياً بين الدول المصدرة للفوسفات الخام لعام 2000



بلغت خسائر شركة الفوسفات في عام 2000 ، حوالي ٢٨ مليون دينار، ويُعزى ذلك إلى انخفاض قيمة مبيعات الشركة واحتساب عدد من المخصصات وإجراء بعض التعديلات المحاسبية أهمها مبلغ (50.9 مليون دينار) كمخصص ومصاريف التقاعد المبكر

صافي الأرباح (الخسائر) لشركة مناجم الفوسفات للفترة
1996-2000



مميزات نسبية للفوسفات الأردني:

احتياطي ضخ:

وجود احتياطي ضخ من الفوسفات الخام 900 مليون طن بإنتاج سنوي يقدر ب 5.4 مليون طن، وبنوعية متميزة

الموقع الجغرافي المتميز للأردن:

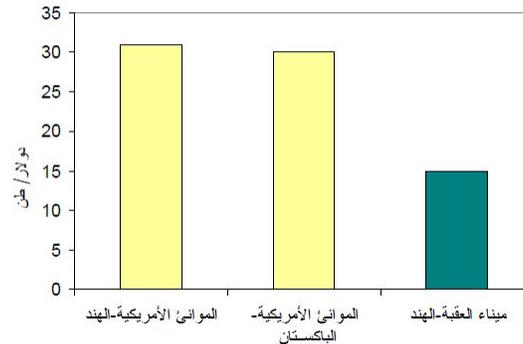
ينافس الأردن دول المغرب العربي المنتجة للفوسفات، وذلك لعدم حاجته للمرور في قناة السويس.

النوعية المتميزة للفوسفات الأردني:

تعتبر نسبة عنصر الكاديوم، المسبب للسرطان، في الفوسفات الأردني من أقل النسب في العالم.

يعتبر موقع الأردن منافسًا للعديد من الدول المصدرة للفوسفات وخاصةً بالنسبة للأسواق الآسيوية.

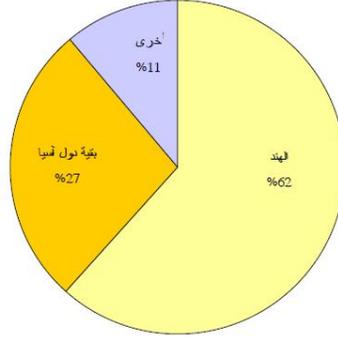
تكاليف الشحن البحري من بعض الموانئ إلى دول آسيا



تعتبر السوق الهندية السوق الرئيسية للفوسفات الأردني:

- الهند أكبر مستهلك للفوسفات في العالم يتم الحصول على أسعار جيدة للفوسفات الأردني في السوق الهندية، وهي السوق الرئيس للفوسفات الأردني.

التوزيع الجغرافي لصادرات الفوسفات الأردني الخام لعام 2000



طرق معالجة الخام :

تعتمد طرق معالجة الخامات الفوسفاتية على رفع نسبة خامس أكسيد الفوسفور إلى النسب المطلوبة تجارياً (30%-40%) وتختلف طرق المعالجة حسب حالة الخام وطبيعته وأهم الطرق المستخدمة هي :

- 1- الغسيل والتجفيف ثم إزالة الغبار مثل خامات مصر وجزيرة كريسمس في المحيط الهندي .
- 2- الفرز بالطريقة الجافة مثل خامات فلسطين أو بالطريقة الرطبة مثل خامات توجو .
- 3- الحرق للتخلص من المواد العضوية مثل خامات جبل عنق في المغرب أو للتخلص من كربونات الكالسيوم مثل خام عكاشات بالعراق .
- 4- التعويم للتخلص من السليكا مثل خامات السنغال وفلوريدا .
- 5- الفصل المغناطيسي للتخلص من المحتويات الحديدية مثل خامات توجو .

ومن أشهر الاسمدة الفوسفاتية انتاجاً في الاردن سماد ثلاثي سوبر فوسفات. حيث يتم انتاج هذا السماد وفقاً للمعادلة التالية:

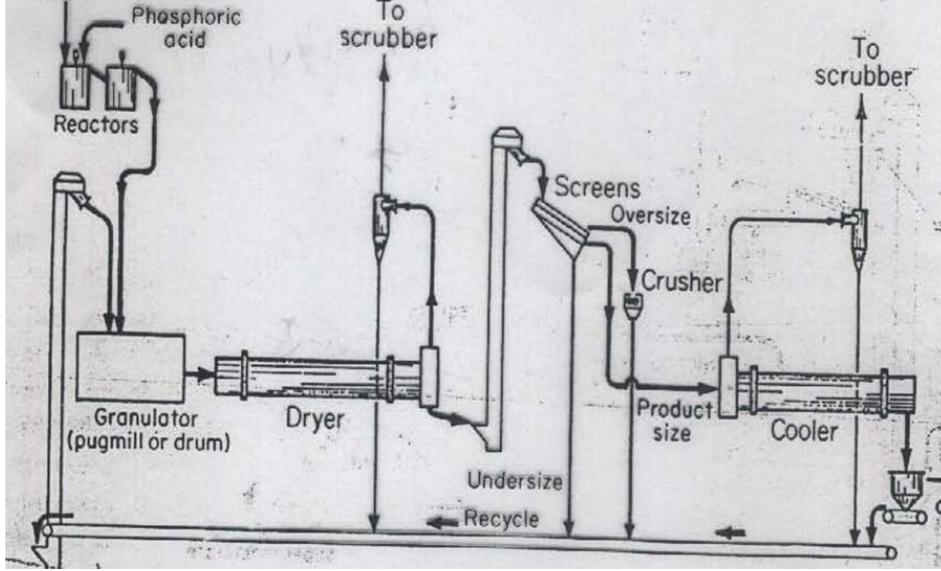


وذلك بإضافة حمض الفوسفوريك على صخور الفوسفات. أما خطوات معالجة خام الفوسفات لإنتاج هذا السماد فتمثل بالتالي:

1. يتم خلط صخور الفوسفات مع حمض الفوسفوريك في مفاعلين كيميائين على التوالي.
2. ينقل الطين الناتج ويرش داخل المنظم.
3. النواتج الخارجة من المنظم تجفف وتغربل ويتم طحن الكتل الكبيرة ثم يتم إعادة تبريدها.
4. الناتج النهائي ينقل ويخزن وتعالج لمدة 4 إلى 6 أسابيع.

5. الغاز الناتج من المنظم والمبرد يجمع في جهاز خاص ويخلط بالماء لازالة سيليكات الفلورايد.

هذه الخطوات موضحة بالشكل التالي:



التلوث العام الناجم عن تصنيع الأسمدة الفوسفاتية يشمل:

- العوالق الهوائية :

تسبب عوالق مركبات الفوسفات وغيرها من العوالق الملوثة للهواء, من خلال ملامستها للجلد و العين وتوغلها داخل الجهاز التنفسي, أمراضاً مختلفة كالتهاب القصبات والانتفاخ الرئوي والربو و زيادة أمراض العيون, وتؤثر المعلقات أيضاً على النباتات حيث تعيق عمليتي التبادل الغازي و النتج

- الفلور:

للفلور الناتج عن صناعة الفوسفات تأثير واضح في النبات الطبيعي, حيث أظهرت الدراسات في مناطق الغابات المجاورة لمصانع الأسمدة الفوسفاتية , إن أوراق الأشجار و القمم النامية تصاب بحروق, وإذا استمر التلوث بالفلور فإن الأشجار تنتهي إلى الموت, وينتقل الفلور المتراكم في أنسجة النباتات إلى الحيوانات التي تتغذى بالنباتات ومن ثم إلى الإنسان عن طريق الحيوانات التي يتغذى بها أو بمنتجاتها

- مركبات الكبريت :

يظهر التلوث بحمض الكبريت على هيئة كبريت الهيدروجين H_2S وثاني أكسيد الكبريت SO_2 وثلاثي أكسيد الكبريت SO_3 حيث تتفاعل مع الماء في الجو لتشكل أكاسيد الكبريتات وتعتبر هذه الملوثات المكون الرئيسي للأمطار الحامضية وتؤدي بالتالي إلى رفع درجة حموضة التربة و إذا ذام حمض الكبريت يؤدي إلى السعال وأعراض مرضية في الجهاز التنفسي, كما أن يؤثر غاز كبريت الهيدروجين H_2S في الجهاز العصبي ويثبط عمليات الأكسدة في الخلايا, والتركيز المسموح به لهذا الغاز 0,15 ملغ /م³ لمدة 24 ساعة

- المعادن الثقيلة :

يمثل الكاديوم في الأسمدة الفوسفاتية خطراً يهدد جودة التربة و صحة الإنسان من خلال سلسلة الغذاء ويمكن خفض نسبة الكاديوم في الأسمدة باستخدام الصخور الفوسفاتية ذات محتوى منخفض من الكاديوم أو بإزالة الكاديوم إما من الصخر الفوسفاتي أو من حمض الفوسفور ويؤدي استخدام الأسمدة المتكرر إلى رفع سويات الكاديوم في التربة الزراعية

- النشاط الإشعاعي :

تعد الصناعة الفوسفاتية إحدى المصادر الهامة للتلوث بالمواد المشعة الطبيعية وتساهم هذه الصناعة في رفع مستويات النكليات المشعة الطبيعية في البيئات المجاورة عند رمي المخلفات دون معالجة، لأن الصخور الفوسفاتية تحتوي على تراكيز عالية نسبياً من نكليات سلسلة اليورانيوم ويؤدي طرح مادة الفوسفوجبسوم والتي تقدر كميتها الناتجة عن هذه الصناعة بنحو 20% من المادة الخام إلى نشر التلوث الإشعاعي لاحتوائها على الراديوم والبولونيوم، ودلت الدراسات الحديثة على أن البولونيوم لوحظ تواجد بتركيز مرتفعة في المياه الجوفية المجاورة لأكوام الفوسفور جبسوم كذلك غاز الرادون المنطلق من أكوام الفوسفوجبسوم من الملوثات الإشعاعية على الرغم من ضالة نسبة ما ينبثق مندراته الناتجة عن تفكك الراديوم

خصائص الفوسفات الجيد:

1. النسبة العالية من P_2O_5/CaO وذلك للتقليل من كمية الحمض اللازمة للتفاعل
2. $\frac{Al_2O_3 + Fe_2O_3}{P_2O_5} \leq 10-12\%$
3. $Fe_2O_3/P_2O_5 \leq 8\%$
4. $MgO/P_2O_5 \leq 6-7\%$ وذلك للتقليل من مركبات الفوسفات المعقدة الناتجة من العمليات المختلفة حيث يصعب التخلص منها.
5. كميات أقل من $CaCO_3$
6. كميات قليلة من المركبات العضوية
7. كميات قليلة من الكلور
8. الفوسفات يجب ان يكون سهل الطحن والكسر وذلك توفيراً للطاقة. كما يجب ان يكون سريع التفاعل مع الحمض.

الأسعار العالمية:

تتأثر الأسعار العالمية للأسمدة الفوسفاتية بمستوى العرض والطلب وكذلك بأسعار البترول والطاقة وأسعار المواد الخام مثل الكبريت والبتواسيوم ويلاحظ أن أسعار الأسمدة الفوسفاتية ممثلة بأسعار ثلاثي سوبر فوسفات وثنائي فوسفات الأمونيوم كما هو موضح في الجدول التالي

العام	أسعار ثلاثي سوبر فوسفات	أسعار ثنائي فوسفات الأمونيوم
1974	300 دولار للطن	300 دولار للطن
1988	157 دولار للطن	196 دولار للطن
2001	147 دولار للطن	147 دولار للطن

أما بالنسبة لأسعار صخور الفوسفات فهي غير معلنة ويتم تحديدها بين المستهلكين والمنتجين إلا أنها تتراوح بين (30-42 دولار للطن) حسب جودتها . وقد بلغ سعر الفوسفات المغربي حوالي (46 دولار للطن) في عام (2004م) . أما سعر الفوسفات المصري

الذى يحتوى على نسبة (30%) خامس أكسيد الفوسفور (P_2O_5) فقد بلغ (100 جنيه/طن) فى السوق المحلى و (34 دولار/طن) للتصدير فى عام (2006م) .