República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1106717-9 B1

(22) Data do Depósito: 04/11/2011

(45) Data de Concessão: 20/10/2020

(54) Título: FERTILIZANTE FÓSFORO-POTÁSSICO FUNDIDO, PROCESSO PARA SUA OBTENÇÃO E PARA FERTILIZAÇÃO DE SOLOS

(51) Int.Cl.: C05B 13/02; C05D 1/04.

(73) Titular(es): MINERAÇÃO CURIMBABA LTDA.

(72) Inventor(es): MINORU YASUDA; GABRIEL WARWICK KERR DE PAIVA CORTES.

(57) Resumo: FERTILIZANTE FÓSFORO-POTÁSSICO FUNDIDO E PROCESSO PARA SUA OBTENÇÃO. A presente invenção refere-se a um fertilizante fósforo-potássico vítreo, amorfo, obtido pela fusão de matérias-primas contendo pentóxido de fósforo (P2O5), óxido de potássio (K2O), fornecedoras de SiO2 e silicatos, e fornecedoras de MgO e de CaO. O fertilizante da presente invenção é produzido através de um processo de fusão das matérias-primas seguida de resfriamento rápido que proporciona a formação de um material vítreo e amorfo contendo fases de fósforo e de potássio solúveis em ácido fraco.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"FERTILIZANTE FÓSFORO-POTÁSSICO FUNDIDO, PROCESSO PARA SUA OBTENÇÃO E PARA FERTILIZAÇÃO DE SOLOS".**

CAMPO DA INVENÇÃO:

[001] A presente invenção refere-se à produção e utilização de um fertilizante fósforo-potássico solúvel em ácidos fracos, fertilizante este produzido através de um processo de fusão das matérias-primas seguida de resfriamento rápido que proporciona a formação de um material vítreo e amorfo contendo fases de fósforo e de potássio solúveis em ácido fraco.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO:

[002] É conhecida a importância do fósforo e do potássio como fertilizante e por esse motivo tais compostos são amplamente utilizados, porém até o momento não conhecida nenhuma formulação que contenha, em um único produto, a combinação importante desses dois elementos, ambos solúveis em ácido fraco, tal como ácido cítrico, somando-se a um balanço importante de outros componentes como sílica, cálcia, magnésia e micronutrientes, como elementos complementares.

[003] Existem vários trabalhos que tratam de tentativas de obtenção de potássio de rochas alcalinas por calcinação ou por fusão e nenhum deles utiliza ou menciona a presença de fósforo no fertilizante final.

[004] O Brasil é um país agronomicamente forte e para o sucesso de produtividade das atividades agrícolas, uma grande quantidade de fertilizantes químicos a base de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) é normalmente utilizada para atender a demanda das plantas e gramíneas cultivadas. Tradicionalmente, o componente que supre a quantidade necessária de potássio nos fertilizantes NPK é o cloreto de potássio (KCl), enquanto que aqueles utilizados para o fósforo são o

superfosfatos, os triplofosfatos, e outros, além do termofosfato fundido Yoorin, um fosfato de cálcio e magnésio solúvel em ácido cítrico.

[005] Porém o uso do sal de cloreto de potássio apresenta vários inconvenientes dos quais cita-se alguns:

a)- Após a aplicação do adubo, se houver uma grande quantidade chuva, e se a chuva for forte e contínua, o cloreto de potássio será rapidamente solubilizado e levado para os declives do terreno, provavelmente rios, perdendo a função de fertilizar e carreando sais solúveis para rios e mananciais;

b)- Se, por outro lado, não houver a incidência de chuvas após a aplicação do adubo, o cloreto de potássio pode matar a planta que estaria sendo fertilizada por ele, por um fenômeno denominado "efeito salino".

c)- Também, o íon cloro, presente nos cloretos de potássio, confere sabor às folhas e aos frutos crescidas no solo onde foi utilizado esse tipo de fertilizante. Café ("fine cup") e tabaco têm seu sabor altamente prejudicado, motivo pelo qual o cloreto de potássio é substituído nessas culturas pelo sulfato de potássio e/ou sulfato de potássio e magnésio, muito mais caros.

d)- O Brasil hoje importa mais de 90% de todo cloreto de potássio utilizado na agricultura, número esse com tendência a crescer pelo aumento pronunciado do cultivo de cana-de-açúcar e de soja, e a necessidade vertical de atender a crescente demanda de alimentos, o que consequentemente representa uso de quantidades maiores de fertilizantes.

[006] Em anos recentes, estudiosos têm discutido a importância dos adubos de origem natural quando disponibilizados no solo, ao mesmo tempo que destacam os malefícios causados pelo uso indiscriminado de fertilizantes químicos. Esses estudos mostram também fatos relativamente novos, como a constatação da importância

da presença de sílica amorfa e de micronutrientes disponíveis no solo que são liberados gradativamente em presença de micro-organismos naturalmente existentes no solo ou propositadamente adicionados, sem os malefícios dos adubos químicos. Alguns desses estudos são a seguir apontados para melhor ilustrar o tema em questão.

[007] A Trygon Agricultural Solutions menciona a sabedoria e experiência adquiridas por numerosos fazendeiros envolvidos em diferentes cultivos no sentido de que mesmo utilizando as melhores técnicas agrícolas, viam suas produtividades gradativamente diminuídas, ao mesmo tempo que a solicitação de fertilizantes aumentava. A agricultura moderna tem ignorado a presença de silício nos solos. Aproximadamente, cada tonelada de solo contém cerca de 277 kg de silício. Ou seja, qualquer tipo de planta que cresce no solo está em contato com enormes quantidades de compostos de silício e assim mesmo os técnicos de agricultura não consideram o silício como elemento essencial. A agricultura moderna considera o silício como não essencial desde cerca dos meados de 1800, quando silício artificial foi introduzido. Em 1890, considerava-se que carbono, hidrogênio, oxigênio nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio e ferro, eram nutrientes essenciais. Entre 1922 e 1954, manganês, cobre, zinco, molibdênio, boro e cloro foram adicionados, totalizando 16 elementos essenciais necessários para o crescimento da planta. Passaram-se muitos anos até que o último dos elementos essenciais, o cloro, fosse também considerado. Os fisiologistas de plantas estão ativamente engajados em determinar quais outros elementos poderiam ser adicionados à lista dos dezesseis elementos acima mencionados e que são considerados essenciais para as plantas. Em 1964, o níquel, por exemplo, foi sugerido como candidato. Hoje existem mais de 20 elementos que são considerados como benéficos para as plantas, mas o silício continua não está incluído nessa lista.

[008] Já foi verificado que o silício promove a absorção de outros nutrientes tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e zinco, além de outros. Vários estudos têm demonstrado que o silício tem significante influência no crescimento acumulativo de plantas tais como cana-de-açúcar, cevada, trigo e centeio. O cultivo da soja mostra um declínio marcante no crescimento em ausência de silício. Altas concentrações de silício nas bordas dos tecidos das plantas aumenta sua resistência ao ataque de fungos e outros organismos e o silício também aumenta a resistência da planta a efeitos salinos além de reduzir o efeito de toxidez causada por elementos como o alumínio, ferro manganês e outros metais pesados.

[009] Para que o silício seja disponibilizado para a planta é necessário que ele se encontre no estado amorfo, ou então que esteja presente como resultado da ação química exercida pela matéria orgânica, micróbios, ácidos e enzimas encontrados no solo, bem como argilas, que transformam a sílica presente em frações finas em ácido silícico, absorvível pela planta. A reação de transformação é a seguinte:

Matéria Orgânica + Micróbios + Ácidos e Enzimas + Frações Finas de Rochas contendo sílica e Argilas = Ácido Silícico

[0010] M.J.Hodwon e A.F. Sangster, Silicon and Abiotic Stress, Oxford Brookes University, UK, Glendon College, York University, Canadá, verificaram que existe considerável evidência de que o silício é benéfico para o crescimento de plantas, sendo hoje rotineiramente adicionado como um fertilizante. Reduções no crescimento e na produtividade tem sido frequentemente reportadas quando o silício é fornecido em quantidades menores do que as consideradas ótimas para determinada cultura de plantas. A deficiência em silício no solo pode também acarretar efeitos bastante complexos em outros nutrientes. Por exemplo, a melhora no crescimento de pepinos pela ação do silício depende do desequilíbrio no suprimento de fósforo e zinco. Existe

também uma considerável quantidade de trabalhos publicados sobre os efeitos do silício na toxidez mineral. O silício pode ter efeito benéfico no crescimento de plantas em condições salinas e parece que o silício restringe a absorção do sódio para o crescimento de plantas sensíveis e que este mecanismo é um bloqueio do fluxo de passagem transpiracional. Estudos feitos por W.J. Host e H. Marchner, da Alemanha, mostram claramente a importância do silício no bloqueio da toxidez provocada pelo manganês. Vários outros estudos têm demonstrado a importância do silício na prevenção da toxidez provocada por metais pesados. A toxidez provocada pelo alumínio é também diminuída ou eliminada pela presença do silício.

[0011] O pedido de patente PI0803713-2 descreve um processo para preparação de um fertilizante potássico, vítreo, totalmente solúvel, que apresenta alto poder de fertilização devido à alta solubilidade do potássio, assim como de outros nutrientes no solo. O processo de produção do fertilizante descrito naquele documento compreende as etapas de (a) preparação de uma mistura contendo de 40 a 80%, em peso, de rocha alcalina em pó e de 20 a 60%, em peso, de calcário em pó, (b) fusão da mistura assim obtida, (c) resfriamento brusco do material fundido e (d) moagem do material resultante.

[0012] Superfosfatos e triplofosfatos são também utilizados como fertilizantes, porém seu uso contribui para uma acidificação excessiva do solo, requerendo quantidades crescentes de calcários moídos usados em uma operação adicional chamada de "calagem". O poder de neutralização dos super e triplofosfatos é zero. No caso do termofosfato Yoorin esse fenômeno não ocorre por ser derivado de fusão e apresentar um poder de neutralização superior a 60% quando comparado com o calcário (= 100%).

[0013] É, portanto, um objetivo da presente invenção fornecer um fertilizante que propicie uma liberação aperfeiçoada tanto de fósforo

como potássio, além dos benefícios da presença de sílica amorfa disponível e micronutrientes, ao mesmo tempo que apresenta caráter de neutralização ácida do solo.

[0014] Abreu, C.A., do Instituto Agronômico de Campinas, em outubro de 2006, estudou a lixiviação de potássio aplicado no solo na forma de cloreto de potássio e de termofosfato potássico fundido, concluindo que o termofosfato potássico fundido proporcionou menores perdas de potássio no solo, maior disponibilidade desse elemento e maior concentração de cálcio, magnésio e fósforo.

[0015] Consequentemente é um objetivo da presente invenção disponibilizar economicamente, fertilizantes alternativos que propiciam uma liberação aperfeiçoada de fósforo e potássio no solo.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO:

[0016] A presente invenção refere-se a um fertilizante fósforo-potássico vítreo, amorfo, obtido pela fusão de matérias-primas contendo pentóxido de fósforo (P_2O_5), óxido de potássio (K_2O), fornecedoras de SiO2 e silicatos, e fornecedoras de MgO e de CaO.

[0017] A invenção refere-se, ainda, a um processo para preparação do fertilizante fósforo-potássico acima descrito compreendendo uma etapa de fusão de uma mistura das referidas matérias-primas seguida por uma etapa de resfriamento rápido.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO:

[0018] A presente invenção refere-se a um fertilizante fósforo-potássico, obtido pela fusão de matérias-primas contendo pentóxido de fósforo (P_2O_5) preferencialmente contido em minerais de fósforo tais como apatitas e fosforitas, óxido de potássio (K_2O) preferencialmente contido em minerais de potássio, tais como, rochas potássicas e fonolitos. Além disso, o fertilizante da presente invenção também contém matérias fornecedoras de SiO_2. Em uma concretização preferida, o fertilizante da presente invenção opcionalmente também

compreende como matéria-prima para sua obtenção, componentes tais como areias, supridores de SiO2 e silicatos; dunitos ou serpentinitas, fornecedores de SiO2 e MgO; magnesitas, fornecedores de MgO; dolomitas, fornecedores de CaO e MgO.

[0019] No fertilizante fósforo-potássico da presente invenção praticamente todo o P_2O_5 juntamente com o K_2O e SiO_2 contidos no fertilizante são solúveis em ácido fraco, tal como ácido cítrico, e não em água, o que faz com que este fertilizante seja um corretor de acidez do solo especialmente quando há a presença de CaO, MgO e K2O disponíveis, podendo evitar a necessidade de calagem, sendo também um fornecedor de SiO2 vítreo, amorfo, solúvel em ácido cítrico e não em água, garantindo as necessidades de uma planta.

[0020] As matérias-primas utilizadas para fornecimento dos diversos componentes para a preparação do fertilizante da presente invenção podem ser selecionadas, por exemplo, de misturas de rochas alcalinas do Planalto de Poços de Caldas e Rochas Fosfáticas naturais de diferentes procedências e origens que posteriormente são fundidas e resfriadas rapidamente em água, transformando-se em um material vítreo e amorfo, com as fases de potássio, fósforo e silício solúveis em ácidos fracos.

[0021] Todavia, as rochas alcalinas do Planalto de Poços de Caldas e Rochas Fosfáticas são aqui citadas como concretizações preferidas, porém não restringem a invenção tendo em vista que podem ser usadas, com a mesma finalidade, outras fontes de potássio e fósforo que não os aqui mencionados, sejam de origem natural ou sintética, sem prejuízo da qualidade pretendida para obter-se potássio e pentóxido de fósforo solúvel em ácidos fracos e não em água.

[0022] Preferivelmente, a matérias-primas iniciais utilizadas também compreendem sílica, cálcia, magnésia e micronutrientes que tem papel vantajoso na obtenção do fertilizante de potássio e fósforo

aqui descrito e sua adição ao processo mesmo quando proveniente de outras fontes não são restritivos à invenção.

[0023] As proporções dos componentes P_2O_5, K_2O, SiO_2, CaO, MgO bem como a de micronutrientes, quando presentes, podem variar sem alterar as características desejadas para o fertilizante vítreo, amorfo, final. Portanto, tais proporções não são limitativas do escopo da presente invenção.

[0024] O processo para preparação do fertilizante fósforo-potássico da presente invenção compreende uma etapa de fusão das referidas matérias-primas seguida por uma etapa de resfriamento rápido. As matérias-primas selecionadas são homogeneizadas e fundidas em processo contínuo e vazadas concomitantemente em água para uma resfriamento rápido impedindo a recristalização, solidificando-se em pequenas partículas amorfas, vítreas que, após drenadas da água, são secas e moídas preferencialmente em malha de 100 mesh, para obter-se o fertilizante PK (fósforo-potássico) desejado.

[0025] A etapa de fusão da mistura de matérias-primas pode ser realizada em qualquer equipamento que atenda a condição necessária para a fusão tal como acima descrita. O importante é que a fusão seja realizada em temperaturas altas o suficiente para obter-se a referida fusão e manutenção em um líquido suficientemente fluído para que possa ser vertido. Para essa finalidade podem ser utilizados, por exemplo, fornos elétricos a arco, fornos de indução a cadinho revestido de carbono, fornos de reverbero de cuba ou rotativos. Usualmente a temperatura de fusão varia em torno de 1200ºC a 1700ºC.

[0026] De acordo com uma concretização preferida da invenção, o material de partida tem uma granulometria menor que 5 cm, porém o tamanho de partícula requerido em cada processo variará em função do tamanho do forno, tal como ocorre com a temperatura. Para um forno de 20 t de carga, por exemplo, pode-se trabalhar com a mesma

temperatura acima mencionada e com tamanho máximo das matérias-primas de até 20 cm.

[0027] Após a fusão é realizado um resfriamento rápido que pode ser feito ao ar ou em água, a temperatura ambiente. De forma geral a quantidade de água utilizada no resfriamento é de cerca de 80 litros de água/kg de líquido fundido.

[0028] Finalmente, após o resfriamento o material obtido é convenientemente moído para poder ser aplicado como fertilizante. Quando o resfriamento é realizado em água, este é seguido por uma etapa de secagem do material antes da etapa de moagem.

[0029] O vidro fundido resultante é um fertilizante fósforo-potássico contendo também quantidades importantes de sílica, cálcia, magnésia e micronutrientes, altamente desejável em todas as etapas de adubação, para quaisquer gramíneas, vegetais, leguminosas, frutas, etc., já que é quase um adubo completo, um PK, faltando unicamente o nitrogênio que, por outro lado, já se encontra no ar e muitas vezes no próprio solo através de gramíneas que o liberam para a planta. O fertilizante da invenção apresenta vantagem adicional de não conter cloretos e ainda poder conter um grande quantidade de micronutrientes incorporados naturalmente com as rochas utilizadas no processo.

[0030] A magnésia (MgO), Cálcia (CaO) e Sílica (SiO2) são preferencialmente adicionados durante o processo de obtenção do fertilizante da presente invenção para favorecer um bom funcionamento do processo de fusão no forno com menor viscosidade do líquido formado e um emprego mais econômico da energia elétrica além de contribuir para uma melhor solubilidade posterior do fósforo e do potássio contidos. A viscosidade do banho fundido é função dos eutéticos dos componentes da mistura a da temperatura do processo. Para uma dada mistura, quanto maior a temperatura do material fundido menor sua viscosidade. Quanto mais formadores de eutéticos de baixo

ponto de fusão compuserem a mistura a fundir, menores serão as temperaturas de fusão. Uma vez fundido, a viscosidade será dependente da temperatura, ou seja, maior temperatura, menor viscosidade. Quanto menor a temperatura do processo, mantido outros parâmetros como tempo, quantidade, isolamento, etc., menor será a energia gasta para fundir o material. É nisso que o potássio introduzido na mistura se traduz: o óxido de potássio é um fundente por natureza, formando com outros óxidos, componentes de baixo ponto de fusão e já iniciando formação de líquidos a temperaturas tão baixas como aquelas próximas dos 700^0C. E, mais do que isso, a presença da magnésia e da cálcia contribuem para um melhor poder de neutralização do solo, enquanto a sílica apresenta-se com maior nível de solubilidade quando medida em testes de incubação (indica a quantidade de sílica que a planta consegue absorver) e de solubilidade em ácidos fracos.

[0031] As rochas alcalinas de Poços de Caldas úteis no processo de produção do fertilizante da presente invenção tem solubilidade muito baixa em ácidos fortes, como ácidos clorídrico, nítrico e sulfúrico, tanto em temperaturas ambientes ou aquecidas. A extração dessas rochas, também em diversos extratores tradicionais como, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido acético, cloreto de amônia, mistura de ácidos sulfúrico e clorídrico, mostra valores baixíssimos, sempre menores que 0,12% de K_2O extraído após 24 horas de contato com agitação. Por esse motivo várias tentativas tem sido feitas no sentido de obter-se uma forma de potássio solúvel a partir das rochas potássicas do Planalto de Poços de Caldas. Algumas dessas tentativas foram bem sucedidas, porém não foi dada nenhuma continuidade talvez pela baixa economicidade do processo industrial de transformação e/ou pelo baixo rendimento na sua utlização como fertilizante.

[0032] O processo de fusão de matérias-primas contendo potássio

e também matérias-primas contendo fósforo de acordo com a presente invenção, que conta também com a participação de elementos coadjuvantes como magnésia, cálcia, sílica e microelementos, e concomitante ao resfriamento brusco em água, provê um material final vítreo, amorfo, com os resultados esperados para um fertilizante contendo potássio e fósforo solúveis em ácido cítrico, insolúveis em água, além de sílica vítrea, magnésia, cálcia e micronutrientes.

[0033] Principais características das matérias-primas preferidas utilizadas para a fabricação do fertilizante fósforo-potássico desse pedido de invenção são apresentadas a seguir:

Rochas Alcalinas:

[0034] O maciço alcalino de Poços de Caldas, situado na divisa dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, com sua maior parte do lado de Minas Gerais, apresenta uma área de 800 km^2. São rochas de complexidade petrográfica muito grande, com idades variando de 87 até 53 milhões de anos.

[0035] Na parte centro-sul e sudeste desse maciço, uma alteração hidrotermal provocou modificações profundas nas composições química e mineralógicas das rochas alcalinas. A modificação mais importante foi a destruição parcial ou total dos feldspatos, nefelina e agirina, acompanhada da formação de sericita e novos feldspatos, dando origem ao que se denomina hoje na região de "rocha potássica". Essa rocha apresenta teores em K_2O que variam de 8 a 15% e um teor médio de 11% K_2O em quantidades superiores aos 3 milhões de toneladas.

[0036] Exemplo de Rocha Potássica usada na presente invenção - Análise Química Típica, %

Óxidos, %	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	P_2O_5
Seco PF=1,6	59,9	17,7	4,69	14,3	0,80	0,13
Calcinado	60,9	18,0	4,76	14,5	0,80	0,13

Apatita:

[0037] A Apatita é um mineral do grupo dos fosfatos podendo se apresentar como hidroxiapatita (apatita hidroxilada), fluorapatita (apatita contendo flúor) e clorapatita (apatita contendo cloro), apresentando em sua estrutura cristalina, respectivamente, íons hidroxila, fluoreto e cloreto. Sua fórmula geral é $Ca_3(PO_4)_2(OH, F, Cl)$.

[0038] Exemplo de Apatita usada na presente invenção – Análise Química Típica, %

Umidade + Perda ao Fogo	P_2O_5	CaO	MgO	SiO_2+RI(1)	Fe_2O_3
5,75 (material natural)	32,8	45,2	0,87	3,13	4,59
Zero (material calcinado)	34,8	48,0	0,92	3,32	4,87

(1) RI=SiO_2 Total + Resíduo Insolúvel. Este teste é padronizado pelo Governo Brasileiro. No ataque ácido para solubilização da amostra o resíduo insolúvel é basicamente SiO_2 e uma quantidade muito pequena de outros óxidos não solubilizados pelo método, geralmente menores que 1%, e que são considerados juntos com a sílica.

Fosforita:

[0039] A Fosforita é uma rocha sedimentar contendo elevada concentração de minerais fosfatados, geralmente mais impura que as apatitas, necessitando de concentração prévia para permitir sua utilização econômica. Por ser um mineral mais impuro, geralmente está associado a altas concentrações de óxidos de ferro.

[0040] Exemplo de Concentrado de Fosforita usado na presente invenção – Análise Química Típica, %

Umidade + Perda ao Fogo	P2O5	CaO	MgO	SiO2+RI(1)	Fe2O3
18,1 (material natural)	29,9	39,3	0,35	1,19	9,74
Zero (material calcinado)	36,5	48,0	0,42	1,45	12,0

(1) RI=SiO_2 Total + Resíduo Insolúvel. Este teste é padronizado pelo Governo Brasileiro. No ataque ácido para solubilização da amostra o resíduo insolúvel é basicamente SiO_2 e uma

quantidade muito pequena de outros óxidos não solubilizados pelo método, geralmente menores que 1%, e que são considerados juntos com a sílica.

Outras Matérias-primas Utilizadas:

[0041] Matérias-primas ricas em óxidos de silício, como areias, quartzo moído, silicatos de diferentes procedências e qualidades, podem ser utilizados para corrigir o teor em SiO2 desejado final no fertilizante.

[0042] Matérias-primas ricas em magnésia, tais como Magnesita calcinada ou sinterizada, dolomita calcinada, outras ricas em silicatos de magnésio, tal como o serpentinito ou o dunito ou olivinas, também podem ser usados para corrigir os teores em MgO e SiO_2 no fertilizante desejado.

Exemplo:

[0043] Foram produzidas sete fornadas de fertilizantes com valores crescentes de potássio, exceto para o teste número 3 em que não se utilizou rocha potássica na formulação, ou seja, sem presença de potássio a título de comparação com os demais testes que apresentaram as seguintes análises após secagem:

[0044] Análise Química de Testes de Fertilizante Fosforo-Potássico, %

Teste	T.P_2O_5	C.P_2O_5	T.K_2O	C.K_2O	T.SiO_2	C.SiO_2	CaO	MgO	PN
1	21,6	20,5	0,47	0,46	19,3	19,1	30,6	13,3	60,5
2	19,2	18,6	0,96	1,16	23,6	23,1	27,0	13,3	64,7
3	23,4	18,4	Fusão sem rocha (sem K)		16,9	15,8	31,3	13,0	59,0
4	18,8	16,7	2,10	2,15	26,4	26,3	26,6	12,9	62,0
5	16,9	16,2	3,70	3,68	26,5	25,4	24,3	10,9	61,8
6	17,2	16,8	4,30	4,24	24,2	23,6	25,3	11,9	60,9
7	14,0	13,7	5,36	4,96	28,8	28,5	21,4	18,8	58,5

Nomenclatura:

T. P_2O_5= Pentóxido de Fósforo Total

C. P_2O_5 = Pentóxido de Fósforo Solúvel em Ácido Cítrico

T. K_2O = Óxido de Potássio Total

C. K_2O = Óxido de Potássio Solúvel em Ácido Cítrico

T. SiO_2 = Dióxido de Silício Total

C. SiO_2 = Dióxido de Silício Solúvel em Ácido Cítrico

CaO e MgO = Óxidos de Cálcio e Óxidos de Magnésio totais

[0045] A análise dos dados constantes na tabela supra permite observar que o processo de fusão com resfriamento brusco em água garantiu praticamente que todo o fósforo e potássio contidos nas amostras dos fertilizantes sejam solúveis em ácido cítrico, condição desejada para uma fácil absorção pela planta e sem os riscos de solubilização fácil em água e consequente perda do nutriente por lixiviação.

[0046] Além disso, os resultados demonstraram também que praticamente todo o SiO_2 contido também ficou solubilizado, garantia de reposição do elemento pela planta e que quantidades desejáveis de cálcia e magnésia estão presentes, garantindo um poder de neutralização de aproximadamente 60%, eliminando ou reduzindo a necessidade de calagem do solo antes da adubação.

[0047] Observa-se também a importância da presença do K_2O nos componentes das cargas dos fornos 1, 2, 4, 5, 6 e 7, responsável pela melhor solubilidade em ácido cítrico do P_2O_5, SiO_2 e melhoria também do poder de neutralização dos fertilizantes obtidos.

REINVIDICAÇÕES

1. Fertilizante fósforo-potássico consistindo em um produto vítreo, amorfo obtido a partir de matérias-primas contendo:

pentóxido de fósforo (P_2O_5);

óxido de potássio (K_2O);

uma fornecedora de SiO_2 e silicatos que é selecionada do grupo consistindo em areias, dunitos e serpentinitas;

uma fornecedora de MgO selecionada do grupo consistindo em magnesita, dunitos, serpentinitas, e dolomitas; e

dolomitas como uma fornecedora de CaO,

o fertilizante fósforo-potássico, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos 14,0% de pentóxido de fósforo total com base no peso total do fertilizante.

2. Fertilizante fósforo-potássico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a matéria-prima contendo pentóxido de fósforo é selecionada do grupo consistindo em apatitas e fosforitas.

3. Fertilizante fósforo-potássico de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a matéria-prima contendo óxido de potássio é selecionada do grupo consistindo em rochas potássicas e fonolitos.

4. Fertilizante fósforo-potássico de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que compreende ainda micronutrientes.

5. Processo para preparação de um fertilizante fósforo-potássico como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que compreende uma etapa de fusão de uma mistura das referidas matérias-primas seguida por uma etapa de resfriamento rápido.

6. Processo de fertilização de solos, caracterizado pelo fato

de se aplicar ao solo de uma cultura um fertilizante, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 4.