

## Fósforo

Nº 2

### EDIÇÃO EM PORTUGUÊS

O fósforo (P) está presente em todas as células vivas, tanto nas plantas quanto nos animais. Nenhum outro nutriente pode substituí-lo quando está em falta. O P é um dos 17 nutrientes que as plantas necessitam para seu crescimento e reprodução. Também é considerado um dos três principais nutrientes, junto com nitrogênio (N) e potássio (K), os quais são denominados macronutrientes primários em decorrência das quantidades relativamente grandes usadas pelas plantas (**Tabela 1**) e da frequência com que sua deficiência limita o crescimento destas.

**Tabela 1.** Absorção e remoção de fósforo pelas culturas.

Cultura	Para produtividade de	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> absorvido	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> removido
	(kg/ha)		
Alfafa <sup>1</sup> (MS)	8.000	44	44
Algodão	680	29	19
Amendoim	1.814	21	10
Arroz	3.175	27	21
Batata	25.400	48	34
Capim <i>coast-cross</i>	8.000	44	44
Milho	4.000	41	25
Soja	1.630	30	20
Sorgo em grão	3.300	38	23
Tomate	40.000	47	17
Trigo de inverno	1.630	19	13
Trigo de primavera	1.630	21	15

**Nota:** Para converter P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em P, multiplicar por 0,4364.

MS = base de matéria seca (0% umidade).

Para mais culturas, acesse: <http://ipni.info/nutrientremoval>

O P deve ser adicionado ao solo quando seu fornecimento natural é muito baixo para a sustentação do crescimento adequado da planta.



FOTO IPNI SRINIVASAN

Plantas de milho deficientes em fósforo.

A manutenção de fornecimento adequado de P é essencial para que a planta fique saudável e alcance elevada produtividade.

### Fósforo nas plantas

O P é um componente vital no processo de conversão da energia do sol em alimentos, fibras e óleos nas plantas. Desempenha papel fundamental na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, na expansão celular e transferência de informações genéticas.

O P também propicia o crescimento adequado das raízes e das brotações precoces, acelera a cobertura do solo protegendo-o contra erosão, aumenta a qualidade dos frutos, vegetais e culturas de grãos e é vital para a formação das sementes. O teor adequado de P na planta aumenta a eficiência de uso da água, melhora a eficiência de outros nutrientes, como o N, contribui para o aumento da resistência a doenças em algumas plantas, ajuda as plantas a suportar as baixas temperaturas e o estresse hídrico, acelera a maturidade das plantas e protege o ambiente em decorrência do melhor crescimento das plantas.

### Fósforo nos solos

As raízes das plantas somente podem absorver P quando este está dissolvido na água do solo. Como a concentração de P no solo é muito baixa, o solo deve ser continuamente reabastecido com este nutriente a partir dos minerais e da matéria orgânica do



INTERNATIONAL  
PLANT NUTRITION  
INSTITUTE

AV. INDEPENDÊNCIA, 350, SALA 142, BAIRRO ALTO, 13419-160

PIRACICABA, SP, BRASIL

TELEFONE: (19) 3433-3254 | WEBSITE: <http://brasil.ipni.net>

TWITTER: @IPNIBRASIL; FACEBOOK: <https://www.facebook.com/IPNIBrasil>

solo para repor o P absorvido pelas plantas. As raízes das plantas geralmente absorvem P na forma de íons ortofosfato inorgânicos ( $\text{HPO}_4^{2-}$  ou  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). O P presente na matéria orgânica do solo não se torna disponível para a absorção pelas plantas até que os micro-organismos convertam os compostos orgânicos em fosfatos inorgânicos simples.

Muitos fatores do solo afetam a disponibilidade de P para as plantas, incluindo o tipo e a quantidade de minerais de argila, a concentração de P, os fatores que afetam a atividade radicular (tais como aeração e compactação), o teor de umidade do solo, a temperatura, o fornecimento adequado de outros nutrientes para as plantas e as propriedades radiculares da cultura. Além disso, o pH do solo (ácido ou alcalino) influencia muito a disponibilidade de P para as plantas (Figura 1).

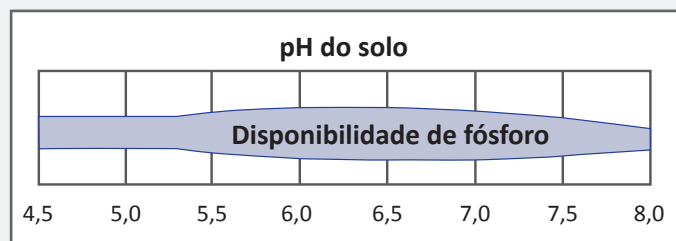


Figura 1. Efeitos do pH do solo na disponibilidade de fósforo para as plantas.

A presença do fungo micorrízico em associação com as raízes das plantas pode aumentar o volume de solo explorado e favorecer a absorção de P em muitas situações. Os fungos não fornecem P adicional para o solo, mas podem, em alguns casos, auxiliar na recuperação deste nutriente.

### Adubação dos solos com fósforo

Poucos solos contêm adequado suprimento de todos os nutrientes minerais exigidos para o crescimento adequado das culturas. As análises de solo e planta podem ser usadas para avaliar se há necessidade de adubação suplementar com fertilizante contendo P.

Várias pesquisas já estabeleceram a relação entre as concentrações de P no solo e a necessidade de adicionar fertilizante contendo este nutriente para alcançar crescimento ótimo. Outros estudos também identificaram a concentração de P exigida pelos tecidos das plantas para sustentar seu crescimento adequado. Testes diagnósticos de solo e folha podem ser usados como guia para a tomada de decisão quanto à adubação. Em sistemas de cultivo nos quais mais P é removido do solo durante a colheita do que está sendo repostado, as concentrações deste nutriente no solo diminuirão gradualmente. Por outro lado, se mais P for adicionado do que removido, este nutriente será acumulado e suas concentrações no solo aumentarão.

O cuidadoso manejo do solo deve objetivar o uso de todos os nutrientes de plantas, incluindo P. Sem manejo adequado, concentrações excessivamente altas de P podem, algumas vezes, ter perdas indesejáveis, estimulando o crescimento de algas em águas superficiais. A minimização das perdas de P em terras agrícolas envolve cuidadoso manejo do solo, bem como atenção de modo a evitar o transporte do nutriente para os mananciais de água.

O P é adicionado ao solo de muitas formas, incluindo fertilizantes comerciais, resíduos ou esterco de animais, biossólidos, restos culturais ou outros subprodutos. A reciclagem do P a partir de resíduos vem sendo utilizada há séculos, mas as necessidades atuais deste nutriente na moderna produção de alimentos excedem em muito esses recursos orgânicos.

A indústria de fertilizantes contendo P foi desenvolvida no século XIX para melhor suprir as necessidades nutricionais das culturas e fornecer formas de P prontamente disponíveis que podem ser facilmente transportadas e aplicadas ao solo. O fosfato de rocha é minerado a partir de depósitos geológicos ao redor do mundo e processado em muitos tipos de fertilizantes sólidos e líquidos. Como ocorre com todos os minerais terrestres, o P deve ser manejado cuidadosamente para evitar resíduos e propiciar o uso deste recurso a longo prazo.

Antigamente, o P dos fertilizantes era expresso como  $\text{P}_2\text{O}_5$  e esta notação é mantida até o presente. Como  $\text{P}_2\text{O}_5$  contém somente 44% de P, esta notação, algumas vezes, pode causar confusão.

Os fertilizantes contendo P reagem quimicamente com os minerais do solo, o que gradualmente reduz sua solubilidade. A aplicação de P bem próximo do momento em que as culturas o utilizam pode melhorar sua absorção pelas plantas. Quando os fertilizantes contendo P são aplicados de forma localizada no solo, essas reações são retardadas. As condições de estresse ambiental que diminuem a disponibilidade de P para as plantas (como solos frios), podem ser contrabalançadas pela aplicação deste nutriente próximo das sementes (denominada adubação starter ou inicial), mesmo quando há disponibilidade de quantidades adequadas de P para o desenvolvimento da cultura naquela safra.

### Sintomas de deficiência de fósforo

A primeira indicação de carência de P é, geralmente, a atrofia das plantas, que é difícil de diagnosticar. As folhas podem ficar deformadas. Em presença de deficiência severa, podem se desenvolver áreas necróticas em folhas, frutos e caules. As folhas mais velhas são afetadas antes das mais jovens por causa da redistribuição do P dentro da planta. Algumas plantas, como milho, podem apresentar coloração roxa ou avermelhada nas folhas mais baixas e nos caules quando o teor de P está baixo. Essa deficiência é associada com acúmulo de açúcares em plantas deficientes em P, especialmente durante épocas com baixas temperaturas. A carência de P pode reduzir a produtividade, a qualidade, o valor e a rentabilidade da cultura.

### Resposta das culturas a fósforo

A adubação com P aumenta a produtividade e o lucro dos agricultores em muitos tipos de solo ao redor do mundo. Os dados da Figura 2 ilustram a importância do P para o aumento da produtividade da cultura, diminuindo os custos de produção por unidade e aumentando a rentabilidade da cultura.

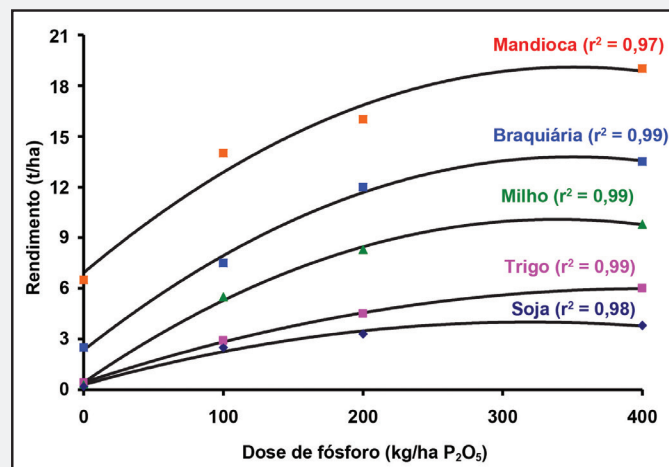


Figura 2. Respostas de algumas culturas a doses de fertilizantes fosfatados solúveis em água aplicados a lanço e incorporados em Latossolo argiloso do Cerrado, com disponibilidade de fósforo muito baixa.

Fonte: Baseada em Goedert e outros (1986, citados por SOUSA; LOBATO, 2004, p. 160).

### Referência

SOUSA D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (ed.). *Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 157-200.

### Leitura adicional

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiology*, Bethesda, v. 156, no.3, p. 997-1005, 2011. doi: 10.1104/pp.111.175232

SYERS, J. K.; JOHNSTON, A. E.; CURTIN, D. *Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use*. Reconciling changing concepts of soil phosphorus behaviour with agronomic information. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. (FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin, 18). Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fpn18.pdf>. Acesso em 9 ago. 2016.