



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

PLÍNIO JOSÉ PATRIOTA VITORINO

**CRESCIMENTO DE MILHO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO FOSFATADA
VIA RADICULAR E FOSFITO VIA FOLIAR**

POMBAL - PB

2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**CRESCIMENTO DE MILHO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO FOSFATADA
VIA RADICULAR E FOSFITO VIA FOLIAR**

Plínio José Patriota Vitorino

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Josinaldo Lopes Araújo Rocha.

POMBAL - PB

2019

V845c

Vitorino, Plínio José Patriota.

Crescimento de milho submetido à adubação fosfatada via radicular e fosfite via foliar / Plínio José Patriota Vitorino. – Pombal, 2019.

37 f. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019. "Orientação: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha". Referências.

1. Milho – Cultura. 2. Adubação Fosfata. 3. Fosfite de Potássio. I. Rocha, Josinaldo Lopes Araújo. II. Título.

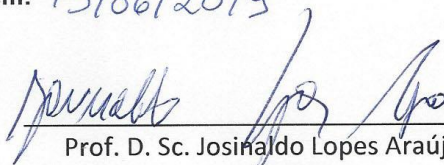
CDU 633.15(043)

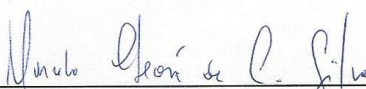
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

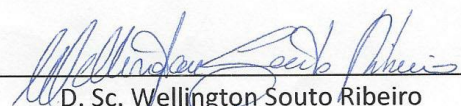
CRESCIMENTO DE MILHO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO FOSFATADA VIA
RADICULAR E FOSFITO VIA FOLIAR

Plínio José Patriota Vitorino

Aprovado em: 19/06/2019


Prof. D. Sc. Josinaldo Lopes Araújo Rocha
Orientador


Prof. D. Sc. Marcelo Cleón de Castro Silva
Examinador


D. Sc. Wellington Souto Ribeiro
Examinador

A Deus, meus pais e aos
meus professores...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos

Ao meu pai Aderbal Vitorino Gomes

Minha mãe Maria Margarida Batista Patriota e Gomes

Professor Josinaldo Lopes Araújo Rocha, pelos valiosos ensinamentos, paciência, confiança, orientação e apoio fornecidos durante o curso.

Ao Laboratorista Franciezer Vicente de Lima

A Universidade Federal de Campina Grande

Ao Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar

Aos estudantes Elidayane da Nóbrega Santos, Rita Magally, e todos os amigos que de alguma forma me ajudaram a chegar neste momento.

CRESCIMENTO DE MILHO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO FOSFATADA VIA RADICULAR E FOSFITO VIA FOLIAR

RESUMO

A adubação fosfata é reconhecidamente de baixa eficiência em função da forte interação que há entre este elemento e os componentes da fase sólida mineral do solo. Portanto, faz-se necessário estabelecer estratégias para diminuir as doses a serem aplicadas e aumentar a eficiência do uso de P. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento do milho com diferentes doses de fósforo e fosfito via foliar. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições. No estágio v9, as seguintes variáveis foram analisadas: desenvolvimento vegetativo da planta como altura e diâmetro de caule, a massa seca de parte aérea, caule e raízes, teores e acúmulo de fósforo (P) nestes tecidos com os quais foi estimada a eficiência de utilização de P. A adubação fosfata do milho, cultivado em Luvisolo crômico no estágio inicial é fundamental para incrementar seu crescimento e a produção de massa seca. A adubação fosfata do milho na fase inicial de crescimento favorece os teores e acúmulos de P nos tecidos da planta. O fosfito aplicado via foliar não produz benefício adicional no crescimento, produção de biomassa ou nutrição fosfata do milho.

Palavra-chave: Fosfato, adubação fosfata, fosfito de potássio, *Zea mays*

GROWTH OF CORN SUBMITTED TO PHOSPHATE FODDER VIA RADICULAR AND PHOSPHITE VIA FOLIAR

ABSTRACT

Phosphate fertilization is known to be of low efficiency due to the strong interaction between this element and the mineral solid phase components of the soil. Therefore, it is necessary to establish strategies to decrease the doses to be applied and to increase the efficiency of the use of P. This work had as objective to evaluate the growth and development of corn with different doses of phosphorus and phosphite via foliar. The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 5 x 2 factorial scheme with four replications. In stage v9, the following variables were analyzed: vegetative development of the plant as height and stem diameter, dry mass of shoot, stem and roots, contents and accumulation of phosphorus (P) in these tissues with which it was estimated the efficiency of utilization of P. The corn phosphate fertilization, cultivated in the Luvisol Chromic at the initial stage, is fundamental to increase its growth and the production of dry mass. Phosphate fertilization of the corn in the initial phase of growth favors the levels and accumulations of P in the tissues of the plant. Foliar applied phosphite does not produce any additional benefit in the growth, biomass production or corn phosphate nutrition.

Keyword: Phosphate, phosphate fertilization, potassium phosphite, *Zea mays*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Aspectos gerais sobre a cultura do milho.....	12
2.2. Adubação fosfatada	13
2.3. Resposta do milho à adubação fosfatada	15
2.4. Efeitos dos fosfitos sobre as plantas e sua interação com o fosfato	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Tratamentos delineamento experimental e condução do experimento	19
3.2. Variáveis analisadas	22
3.3. Análise estatística	22
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que pertence à família Gramineae/Poaceae, com origem no teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana (*Zea mays* ssp. mexicana (Schrader) Iltis, há mais de 8.000 anos e que é cultivada em muitas partes do Mundo (Estados Unidos da América, República Popular da China, Índia, Brasil, França, Indonésia, África do Sul, etc.). A sua grande adaptabilidade, representada por variados genótipos, permite o seu cultivo desde o Equador até ao limite das terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros, encontrando-se, assim, em climas tropicais, subtropicais e temperados (BARROS et al., 2014).

O milho é produzido de norte a sul do Brasil, e tem intensificado sua importância no cenário mundial. Entre os anos-safra 2007/08 e 16/17, o Brasil foi responsável, em média, por 8,09% da produção mundial de milho, situando-se na terceira posição. Os maiores produtores foram Estados Unidos e China, com as médias de 35,47% e 21,6%, respectivamente, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Os três países são responsáveis por cerca de 57% da produção mundial (CONAB., 2018).

Nesse mesmo período, o Brasil foi responsável por 17,8% do total de milho exportado, ocupando também a terceira posição mundial, logo atrás dos Estados Unidos e da Argentina. Somando-se o volume de exportação destes três países com o quarto colocado, a Ucrânia, tem-se 83,4% das exportações totais (CONAB., 2018).

Para Garcia et al. (2006) o milho, arroz, trigo e a soja são os grãos que dominam o mercado agrícola no mundo. Essa quantidade produzida se deve ao crescimento da produtividade nos países em desenvolvimento, devido ao crescimento populacional e sua grande utilização na alimentação humana e animal, e sua utilização em rotação de culturas, bem como a cobertura do solo que a palhada do milho proporciona.

Segundo Queiroz et al (1999) a cultura do milho está dispersa por toda a região do nordeste brasileiro, gerando renda para a população rural e contribuição na alimentação animal. Sendo explorada nos mais diversos tipos de cultivos, desde convencionais, quando usada para subsistência até os mais tecnológicos, priorizando o máximo potencial da cultura.

Para Konzen et al (2018) em sua maioria, os solos brasileiro são ácidos. Principalmente no cerrado, onde são caracterizados por baixas concentrações de

cálcio e magnésio, valores elevados de alumínio e baixos teores de fósforo. Souza et al. (2016) afirma que em condições de cerrado, o fósforo é um nutriente muito importante para produção agrícola, já que sua disponibilidade em condições naturais é baixa. Desta forma a adubação fosfatada é imprescindível nos sistemas agrícola do cerrado, sendo uma operação onerosa para o produtor.

O P, apesar de seu papel fundamental como componente energético, sua concentração nos tecidos vegetais pode variar de 1,0 a 10,0 g/kg da matéria seca, sendo que a faixa de suficiência para a maioria das culturas pode variar de 1,2 a 3,0 g/kg (MENDES, 2007).

Para Mendes (2007), a deficiência de fósforo provoca distúrbios severos no metabolismo e desenvolvimentos das plantas. Ocasionalmente um menor perfilhamento em gramíneas, redução no número de frutos e sementes. Os primeiros sintomas de deficiência nas folhas mais velhas são clorose ou redução no brilho e um tom verde-azulado. O excesso provoca deficiência de micronutrientes, como Fe e Zn.

Rezende et al. (2005) afirma que a prática de adubação foliar é conhecida há mais de 100 anos, embora só recentemente estudada mais a fundo. Apesar das vantagens do seu uso, a adubação foliar tem serias restrições. Pois os sais solúveis de NPK somente devem ser usados em baixas concentrações para não ocorrer queima nas folhas.

No mercado existem diversos produtos para fornecimento de nutrientes via foliar, recentemente desenvolvidos, cuja eficiência necessita de estudos para sua confirmação. É o caso do fosfito de potássio (KH_2PO_3), que diferentemente das fontes tradicionais do elemento (ácido fosfórico), apresenta maior velocidade de penetração, transporte e redistribuição nas plantas (PELÁ et al., 2009).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos gerais sobre a cultura do milho

O milho pertence à classe Liliopsida, família Poaceae, gênero *Zea*, sendo classificado cientificamente como *Zea mays* L. Os primeiros registros do cultivo do milho datam de 7.300 anos atrás, e foram encontrados em pequenas ilhas próximas ao litoral do México. Seu nome, de origem indígena caribenha, significa "sustento da vida". Foi a alimentação básica de várias civilizações importantes ao longo dos séculos, sendo que os Olmecas, Maias, Astecas e Incas reverenciavam o cereal na arte e religião (VORPAGEL., 2010).

A palavra milho vem do latim, vulgar milium, oriundo do número mil, pela quantidade de grãos em cada espiga. O nome milho, já era utilizado antes mesmo da introdução da espécie *Zea mays* na Europa. Em Portugal o milho era conhecido por milho zaburro, milho grande, graúdo, milho, milho grosso. Já no Brasil, os índio tupi conheciam como avati, auti e abati (MILHO., 2018).

Na América do sul, o milho já era cultivado a pelo menos 4000 anos. Era plantado por índios americanos em montes, usando um sistema complexo que variava a espécie plantada de acordo com o seu uso. Esse método foi substituído por plantações de uma única espécie (SINDMILHO e SOJA., 2018).

Com início das grandes navegações do século XVI e colonização da América, o milho se expandiu para outros continentes. Hoje é amplamente cultivado e consumido em todo o mundo, só perdendo para o arroz e o trigo. No Brasil, o cultivo do milho teve início com os índios, principalmente os guaranis, que tinham na sua base alimentar o milho. E com a chegada dos europeus, houve um aumento no consumo e incorporação de outros produtos à base de milho (SINDMILHO e SOJA, 2018).

A Região Nordeste do Brasil apresenta condições climáticas favoráveis ao cultivo de milho. Contudo, no estado da Paraíba, as produções desta cultura têm sido pouco expressiva, em termos de área cultivada, produtividade e qualidade. Esta dificuldade, em maior parte, é devido ao manejo nem sempre adequado das culturas, o elevado custo de produção, a carência de programas de inovação e difusão de tecnologias apropriadas ao processo produtivo. Além disso, as áreas onde normalmente o milho é cultivado pertence às classes de solos mais representativas

são Cambissolo, Neossolos Flúvicos e Vertissolos, que em sua maioria são ricos em cálcio, magnésio e potássio, mas com baixa disponibilidade de fósforo (SILVEIRA et al., 2006).

2.2. Adubação fosfatada

Nos últimos anos, a cultura do milho no Brasil, vem passando por importantes mudanças tecnológica, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção. Entre essas tecnologias destaca-se a conscientização dos produtores da necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada. Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao manejo adequado, o qual inclui entre outras práticas, a rotação de culturas, plantio direto, manejo da fertilidade através da calagem, gessagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (esterco, compostos, adubação verde, etc.) (COELHO et al., 2006).

Fertilizantes fosfatados são utilizados intensamente na agricultura haja vista que a baixa disponibilidade de P, principalmente nas condições brasileiras, frequentemente limita a produtividade das culturas (FREITAS et al., 2009). Além disso, a baixa eficiência de absorção de fósforo pelas culturas e a elevada taxa de fixação deste elemento em grande parte dos solos, aumentam ainda mais a necessidade de aplicação desse elemento em solos agrícolas, o que eleva os riscos de contaminação do solo, uma vez que esses fertilizantes constituem uma via de entrada de metais pesados no solo (CAMPOS et al., 2005; FREITAS et al., 2009).

O fosfato é a forma mais oxidada de fósforo (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-}), que é absorvida e metabolizada por todas as espécies vegetais. Contudo, a adubação fosfata é reconhecidamente de baixa eficiência em função da forte interação que há entre este elemento e os componentes da fase sólida mineral do solo. Esta baixa eficiência resulta na aplicação anual de milhares de toneladas de fertilizantes fosfatados no mundo para assegurar boas produtividades pelas culturas. Além disso, as rochas fosfatadas são recursos naturais não renováveis cuja duração é especulada em cerca de 200 anos (DAWSON & HILTON, 2011). Portanto, atualmente, em relação ao fósforo na produção vegetação, as pesquisas têm focado especialmente o uso eficiente deste nutriente pelas plantas e a eficiência da adubação fosfatada

(ROBERTS & JOHNSTON, 2015; HEUER et al., 2017) e no uso de novas tecnologias com os produtos à base de fosfitos.

Há consenso entre os pesquisadores brasileiros que não há possibilidade de elevar a produção de alimentos sem elevar o consumo de fertilizantes fosfatados. Contudo, as projeções que consideram vários cenários da produção agrícola no Brasil, indicam que o incremento da demanda por fertilizantes fosfatados de 2,2 Tg (teragrama) 2016 para 4,6 Tg em 2050, será insustentável, a menos que sejam estabelecidas estratégias para aumentar a eficiência de utilização deste nutriente (WITHERS et al., 2018).

O aumento das doses de P no milho pode trazer muitos benefícios adicionais como aumento da tolerância aos estresses ambientais com o estresse hídrico e aumento da produtividade (USMAN, 2013; WU et al., 2018). Entretanto, a aplicação de doses extras de fósforo com este objetivo deve ser utilizada de forma racional, tendo em vista que a escassez de fósforo no planeta é uma realidade muito próxima. Portanto, atualmente, em relação ao fósforo, as pesquisas têm focado especialmente o uso eficiente deste nutriente pelas plantas e a eficiência da adubação fosfatada (ROBERTS & JOHNSTON, 2015; WIEL et al., 2016; HEUER et al., 2017) e no uso de novas tecnologias como os produtos à base de fosfitos.

Para Farias (2009) quando se adiciona fosforo ao solo, começa as reações de adsorção e precipitação. Uma parte é adsorvida por minerais secundários da fração argila principalmente hidróxidos de ferro e alumínio, outra precipita com íons de Fe e alumínio na solução. Em grande parte de solos do semiárido com ph entre neutro e alcalino parte desse P é adsorvida pelos minerais secundários da fração argila principalmente em minerais 2:1 e baixos teores de oxi-hidróxidos de Fe e Al e parte precipita com Ca^{2+} da solução do solo.

Segundo veloso (2012) dentre as principais limitações de solos no cerrado está associado a elevada acidez e baixos teores de fósforo com elevado poder de fixação desse nutriente. Este mesmo autor afirma que no estado do Pará a predominância de Latossolos e Argissolos, onde o fósforo é o principal nutriente que limita a cultura e que para obter uma produtividade de 3 a 6 t/ha de grãos recomenda – se aplicações de 90 kg P_2O_5 ha⁻¹.

Para Resende (2006) em solos do cerrado a fração de fósforo aproveitável é relativamente baixa no primeiro ano. O efeito residual passa a ser um componente

importante para avaliação agronômica e econômica, porém os experimentos de campo de longa duração são escassos sendo difícil considerar satisfatoriamente o efeito residual.

2.3. Resposta do milho à adubação fosfatada

As respostas à aplicação de fósforo em milho têm sido altas e frequentes por causa do baixo teor de fósforo disponível na maioria dos solos brasileiros, apesar do fósforo total estar presente em quantidades razoáveis (50 a 350 ppm). A análise do solo se mostra útil para discriminar respostas do milho à adubação fosfatada. Essas doses devem ser aplicadas no sulco de plantio e ser ajustadas para cada situação, levando-se em conta, além dos resultados da análise de solo, o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizada pelos agricultores. (COELHO et al., 2008). Segundo Souza et al (2013) deve ser ressaltado que 77 a 86% do fósforo na Planta é translocado para os grãos de milho..

Bastos (2010) em seu trabalho testou doses de fósforo em seis tipos de solos diferentes (Latossolo Amarelo coeso – LAx, Argissolo Acinzentado – PAC, Neossolo Flúvico – RU, Neossolo Quartzarênico – RQ, Luvisolo Crômico órtico – TCo, e Luvisolo Crômico pálico – TCp). As doses foram recomendadas pela capacidade máxima de absorção de fósforo de cada tipo de solo. (0, 10, 20 e 30% da CMAP). Ele concluiu que a massa de matéria seca da parte aérea da planta apresentou um resultado melhor no Luvisolo Crômico pálico, com a dose de 10% da CMAP. O solo que proporcionou os maiores teores de fósforo na planta foi o Neossolo Flúvico, com a dose de 30% da CMAP e a CMAP pode ser usada como referência nas recomendações de adubações fosfatadas.

Ono et al (2009) avaliou duas fontes de P em cultivos sucessivos de soja e milho, sendo o superfosfato triplo (44% de P_2O_5 total) e o fosfato natural de Arad (33% de P_2O_5 total e 10% solúvel em ácido cítrico a 2% 1:100). A fonte de fosfato natural de Arad (FNA) foi utilizada sob duas formas. Na primeira, considerou-se o P total (Arad T), enquanto que, na segunda forma, apenas a fração de P solúvel em ácido cítrico a 2% (Arad SA). Assim, obtiveram-se três fatores de estudo (1- Arad T; 2- Arad SA; 3- SFT), cada um com seis níveis de P (0, 56, 112, 224, 336 e 560), expressos em mg dm⁻³, definidos com base no valor do P remanescente do solo estudado. As culturas responderam à adubação fosfatada independentemente da fonte. Para o milho, como

cultura em sucessão a soja, o FNA tendeu a equiparar-se ao SFT nos atributos avaliados (produtividade de grãos e teores de P na folha). Na sucessão soja-milho o índice de eficiência agrônômica (IEA) do Arad SA foi superior ao do Arad T.

Silva et al (2011) Desenvolveu seu trabalho com cama de galinha na qual avaliou a disponibilidade de fósforo para o milho. Os tratamentos constaram de doses de cama-de-frango (15,22; 30,44; 60,88; 91,32 e 121,76 g vaso⁻¹, correspondendo a 4; 7; 14; 21 e 28 t ha⁻¹, respectivamente), determinou – se as doses de fósforo no solo de acordo com a necessidade de P segundo recomendações de Sousa & Lobato (2002). A dose considera adequada foi 244 Kg/ha de P₂O₅ correspondendo a dose 14 T/ha. As épocas de incubação foram 0, 7, 15 e 30 dias antes do plantio e mais um adicional (adubação mineral). A cama-de-frango utilizada foi originada de quatro lotes: 1º lote, criação de fêmea pesada (57 dias); 2º lote, criação de macho pesado (43 dias); 3º lote, criação de chester (55 dias) e 4º lote, criação chester (55 dias). O tratamento adicional foi com superfosfato simples 5,9 g/vaso recomendação Sousa & Lobato (2002). As doses de cama-de-frango são superiores às do tratamento mineral, em todas as características avaliadas (altura das plantas e biomassa seca de folhas e colmos). Com a dose de 21 t ha⁻¹ de cama-de-frango e 30 dias de incubação no solo, obtém-se as maiores alturas das plantas, maiores produções de biomassa seca de folhas e colmos e maiores teores de P no solo antes e após 45 dias do plantio das plantas de milho.

Orioli Junior (2008) testou seis tratamentos (0 – 180 – 270 – 360 – 450 e 540 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em três anos agrícolas 1990/91; 1991/92; 1992/93. As doses de fósforo foram estabelecidas multiplicando-se quantidades de até 10 kg de P₂O₅ por 1% da argila. A fonte de fósforo empregada foi o termofosfato magnesiano (18,6 % de P₂O₅ total e 17,2 % de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico 20 g L⁻¹, na relação 1:100), sendo a quantidade aplicada calculada com base na concentração total de P no fertilizante. A adubação fosfatada corretiva com termofosfato magnesiano promoveu incrementos significativos na produtividade de grãos de milho nos três cultivos, sendo que doses superiores a 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicadas apenas no primeiro ano, foram eficientes na manutenção da produção até o terceiro ano. Uma produção relativa de 90% esteve associada a uma concentração de P no solo ao redor de 15 mg dm⁻³ (nível crítico). A dose mais elevada de termofosfato promoveu nos dois primeiros anos

uma redução na acidez potencial e aumentos significativos na saturação por bases, valor de pH e teores de Ca e Mg no solo.

Silva (2014) em seu trabalho utilizou tratamentos que consistiram na combinação de quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) com quatro doses de P₂O₅ (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) seguindo as recomendações de P₂O₅ de Paiva et al., (2012). A melhor combinação das doses de N e de P₂O₅ recomendadas para a produção de grãos foi de 70 kg ha⁻¹ de N combinados com 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Os níveis críticos de N na folha e de P no solo e na folha associados à produção de máxima eficiência econômica de grãos de milho foram, respectivamente, de 32,93 g kg⁻¹, de 7,97 mg dm⁻³ e de 3,11 g kg⁻¹.

2.4. Efeitos dos fosfitos sobre as plantas e sua interação com o fosfato

Os ânions fosfitos (H₂PO₃⁻, HPO₃⁻²) são formas reduzidas de fósforo (P), análogas aos fosfatos originadas a partir da redução do FOSFATO (MCDONALD et al., 2001; ACHARY ET AL., 2017; BISSON et al., 2017). Atualmente muitos trabalhos têm demonstrado que os fosfitos podem melhorar a qualidade dos frutos de espécies hortícolas pelo incremento nos teores de sólidos solúveis, teores de antocianinas, ácido ascórbico dentre outros (GLINICKI et al., 2010, ESTRADA-ORTZ et al., 2013). Além disso, há relatos de que estes ânions podem atuar atenuando estresses abióticos como o estresse hídrico (GONÇALVES et al., 2015) E A RADIAÇÃO UV-B (OYARBURO et al., 2015).

Da mesma forma, a ação bioestimulante dos fosfitos sobre as plantas têm sido reportadas (Gómesz-Merino e Trejo-Téllez, 2015) a exemplo do aumento da emergência de tubérculos, área foliar e colonização micorrízica (TAMBASCIO et al., 2014). Da mesma forma, Olivieri et al. (2012) observaram que a aplicação de fosfito nos tubérculos de batata e nas folhas, proporcionou uma elevação nos teores de pectina nos tecidos da periderme e do córtex dos tubérculos. De acordo com os autores, também houve aumento da concentração e da atividade de inibidores da poligalacturonases e proteases nestes tecidos.

Apesar das plantas não utilizarem diretamente os fosfitos como fonte de fósforo, elas efetivamente absorvem estes íons (BISSON et al., 2018). Neste sentido, López-Arredondo & Herrera-Estrella (2012) descobriram que plantas transgênicas contendo o gene PtxD (classe de enzima oxidoreductase NAD-dependente que catalisa

a oxidação de fosfito a fosfato, com consequente redução de NAD para NADH) de *Pseudomonas stutzeri* exigiu 30% -50% menos P quando fertilizado com fosfito para alcançar um nível similar de produtividade em comparação com plantas fertilizadas com fosfato.

Para Gomes (2011) a utilização do fosfito apresenta algumas vantagens como baixo custo, prevenção e controle de doenças causadas por fungos, melhor amadurecimento, conservação e qualidade superior de frutos na pós-colheita e um melhor estado nutricional da planta. Porém o fosfito pode ter um efeito semelhante do glyphosate, apresentando as mesmas injúrias devido o glyphosate ter um grupo fosfito em sua fórmula estrutural.

Ávila (2009) Conduziu seu trabalho combinando duas concentrações de P em solução nutritiva (1,6 mg/L = baixa concentração de P e 20 mg/L = adequada concentração de P) e duas formas de P (totalmente na forma fosfatada (Pi) e $\frac{3}{4}$ fornecido na forma de Pi + $\frac{1}{4}$ fornecidos na forma de fosfito (Phi). Sob baixa concentração de P, a substituição de $\frac{1}{4}$ de fosfito por fosfito na adubação interfere negativamente no crescimento de sistema radicular e da parte aérea do milho. Contudo, sob suprimento adequado de P, esse efeito é pouco pronunciado. O acúmulo de P na massa seca aérea e os teores foliares de P inorgânico solúvel em ácido são reduzidos pela substituição de $\frac{1}{4}$ de fosfato por fosfito na adubação fosfatada. No caso de plantas cultivadas sob baixo suprimento de P, a eficiência de utilização do nutriente é também reduzida.

A presença de fosfito na solução promove inibição na absorção de fosfato pelo milho. A substituição de fosfato por fosfito na adubação fosfatada promove a elevação dos teores lignina nos tecidos foliares da planta. O mesmo efeito é evidenciado para a atividade de peroxidases, em caso de plantas cultivadas com adequado fornecimento de P. Esse comportamento evidencia o efeito do fosfito nos mecanismos de defesa do milho (ÁVILA et al., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido de 02/11/2018 a 17/12/2018 em condições de casa de vegetação, na Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar do Campus de Pombal - PB. O município de Pombal situa-se a uma altitude média de 184 metros, cujas coordenadas geográficas são 06°46"de latitude sul, 37°48"de longitude oeste.

3.1. Tratamentos delineamento experimental e condução do experimento

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizados (DIC) em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco doses de fósforo (0, 100, 200, 300, e 400 mg/dm³) e dois tratamentos referentes a aplicação foliar com KCl 4,46g/L e fosfito de potássio seguindo a recomendação do produto 10 ml/L, com quatro repetições cada tratamento. Cada repetição consistiu de um vaso contendo 10 L de solo com uma planta.

Amostras de um Luvisolo Crômico foram coletadas em área do Campus da UFCG, Pombal (PB) na camada de 0 a 20cm. Após sua secagem ao ar e posterior peneiramento, o solo foi analisado quimicamente e fisicamente (Tabela 1) de acordo com as metodologias preconizadas pela (EMBRAPA, 2011). A fonte de fósforo a ser utilizada foi o superfosfato simples.

Tabela 1. Atributos químico e físicos do solo utilizado nos experimentos

Atributos químicos	Valor	Atributos físicos	Valor
pH (CaCl ₂)	6,03	Areia (gkg ⁻¹)	636,8
H+Al	0,50	Silte (gkg ⁻¹)	97,2
Al ³⁺	0,50	Argila (gkg ⁻¹)	266,0
P (mg kg ⁻¹)	9,17	Ds (g cm ⁻³)	1,36
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,40	Dp (g cm ⁻³)	2,64
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,04	Porosidade (m ³ m ³)	0,48
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,8	Classe textural	Franco-arenosa
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,30		
M.O (gkg ⁻¹)	7,40		
CTC (cmol _c dm ⁻³)	9,54		

Na adubação com nitrogênio e potássio, foram utilizados como fontes a ureia e o cloreto de potássio, respectivamente. As doses de N e K (200 mg/dm³) foram divididas em quatro parcelas, sendo a primeira realizada em fundação, e as outras três doses aplicadas a cada 10 dias. As aplicações foliares com as soluções de KCl e com fosfito foram realizadas de acordo com as fases fenológicas do milho, a primeira foi realizada em V4 e a segunda em V8.



Figura 1. Aspecto geral do experimento mostrando as parcelas experimentais com as plantas de milho no estágio V3. Fonte: Autor



Figura 2. Milho em fase de desenvolvimento V8. Fonte: Autor

As sementes foram semeadas diretamente nos vasos, colocando – se três sementes de milho por vaso da variedade Ag 1051. Realizando – se a irrigação com água de abastecimento (0,3 dS/m⁻¹) duas vezes ao dia, nas horas mais frescas. Uma no início da manhã e outra ao final da tarde. Após 15 dias foi feito o desbaste, quando as plantas estavam com quatro folhas completas.

3.2. Variáveis analisadas

Na fase fenológica v9, as plantas foram separadas em raízes, caules e folhas e levadas à estufa de secagem (60-65 °C) para obtenção da matéria seca das raízes (MSR), do caule (MSC) e das folhas (MSF), e a partir destes dados, estimou-se a relação parte aérea/raiz (RPAR = (MSF+MSC)/MSR) e a massa seca total (MST). Nesses tecidos foi determinados os teores fósforo total, de acordo com Malavolta et al. (1997). De posse dos teores e dos dados de fitomassa seca produzida em cada parte, foi estimados os acúmulos de P pela planta.

Com os dos dados de acúmulo de P nas partes da planta foi obtidos a eficiência de utilização de P (EUP), a eficiência de absorção de P (EAb) e a eficiência agrônômica de P (EA) de acordo com a expressão descrita em (Roberts & Johnston., 2015):

$$EUP = \frac{MS^2}{QF},$$

Onde MS = massa seca produzida pela parte aérea em g/planta e Q = quantidade de P acumulado na parte aérea (mg/planta).

3.3. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e regressão polinomial linear e quadrática, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar 5.1 (FERREIRA., 2011).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 2), não houve efeito ($p>0,05$) das doses de P, do fosfito e da interação doses de P e fosfito sobre a altura de planta, diâmetro do caule, massa seca de caule e massa seca de raízes. As demais variáveis avaliadas foram influenciadas pelas doses de P e, em alguns casos, como os teores de P em folhas, caule e raízes, o acúmulo de P nas folhas e a eficiência de utilização de P também foram influenciados pela interação entre os fatores doses de P e fosfito foliar.

Tabela 2. Quadrados médios da análise de variância para **altura** de planta (ALT), diâmetro do caule (DIAM), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC), de raízes (MSR) e total (MST), teores de P nas folhas (TPF), caule (TPC), raízes (TPR), acúmulos de P nas folhas (APF), caule (APC) e raízes (APR) e total (APT) índice de translocação de P (ITP) e eficiência de utilização de P (EUP).

FV	GL	ALT	DIAM	MSF	MSC	MSR
Fósforo (P)	4	244,2750ns	10,4857ns	268,7984**	1323,8045ns	129,2113ns
Fosfito (Phi)	1	200,2562ns	0,160022ns	0,050410ns	974,3664ns	44,8592ns
P x Phi	4	261,2250ns	4,0453ns	43,3597ns	1068,6017ns	47,2332ns
Erro	30	126,9229	3,248713	35,7372	679,6905	49,1070
CV (%)	-	13,14	7,69	13,31	41,78	22,56
		MST	TPF	TPC	TPR	APF
Fósforo (P)	4	2923,6897*	23,7210**	2,9216 **	0,9962 **	82636,62**
Fosfito (Phi)	1	612,1498ns	0,5894ns	0,2658ns	0,2142ns	1121,688ns
P x Phi	4	1592,6702 ns	11,8465**	0,8792**	0,7083**	23757,62*
Erro	30	885,8596ns	1,732815	0,1430	0,1419	5546,588
CV (%)	-	21,51	23,70	13,77	25,42	29,06
		APC	APR	APT	ITP	EUP
Fósforo (P)	4	36654,22**	1951,23**	253732,95**	39,2225*	864,7272**
Fosfito (Phi)	1	10413,55ns	322,78ns	2559,25ns	35,1576ns	285,6682ns
P x Phi	4	2485,518ns	574,89ns	18064,76ns	17,6644ns	1497,7985**
Erro	30	4289,176986	281,85	11034,21	13,8137ns	184,8845
CV (%)		38,03	36,01	22,11	4,15	30,02

*, ** e ns: significativo a 5%, 1% e ns, respectivamente, pelo teste de F.

O crescimento das plantas representado pela altura de plantas (Figura 3A) e diâmetro do caule (Figura 3 B) foram pouco afetados pelas doses de P. Para a altura

de plantas não houve ajuste de função de regressão, entretanto, houve um acréscimo na altura proporcionada pelo fosfito na dose zero de fosfato via radicular. Para o diâmetro, o ajuste foi linear crescente, tanto com fosfito quanto sem fosfito via foliar, entretanto, o incremento desta variável na maior dose de P, em média foi de apenas 7,5%.

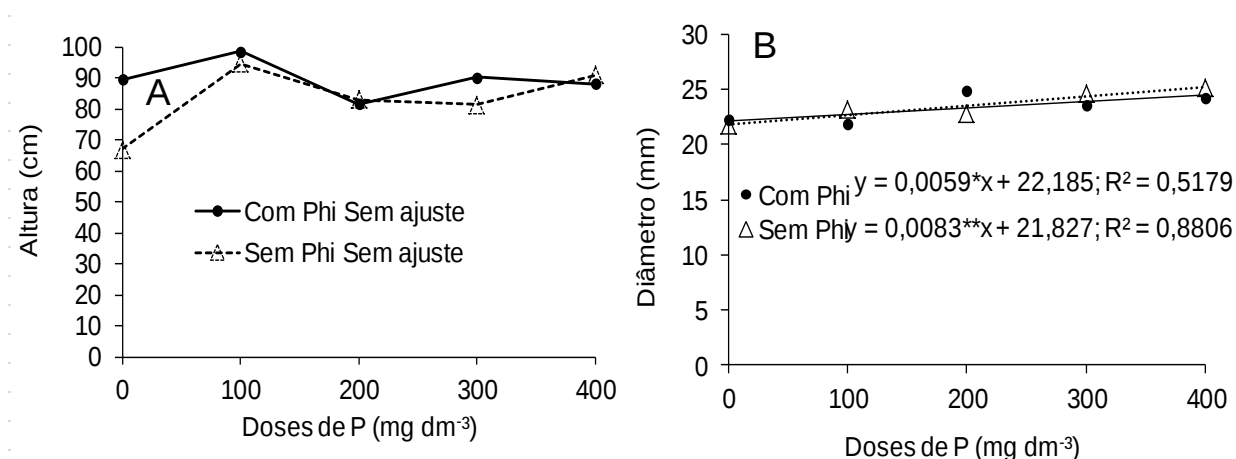


Figura 3. Altura de planta (A) e diâmetro (B) do caule de milho em função de doses de fósforo com e sem adubação foliar com fosfito (Phi). * e **: significativo à 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.

A produção de massa seca de folhas (Figura 4A) teve um comportamento linear crescente com as doses de P aplicadas, mas com pequena diferença entre os tratamentos de adubação foliar com fosfito. A massa seca de caule (Figura 4B) apresentou ajuste quadrático em função das doses de P. Observou-se que na maior dose de P, esta variável foi desfavorecida pela adubação foliar com fosfito. A massa seca de raízes (Figura 4C), para ambos os tratamentos de adubação foliar, não se ajustou aos modelos de regressão testados, embora tenha sofrido um incremento na primeira dose de P, especialmente com fosfito via foliar. Por sua vez, a massa seca total (Figura 4D) apresentou comportamento similar a massa seca do caule. Com a aplicação de fosfito via foliar a produção máxima 150,28g/planta ocorreu com 258 mg P/dm³, representando incremento de 55% em relação à dose zero de P. Contudo, sem a aplicação de fosfito via foliar, a produção obtida na maior dose de P foi de 184,12 g/planta, representando um incremento de 38% em relação à dose zero no tratamento sem fosfito via foliar.

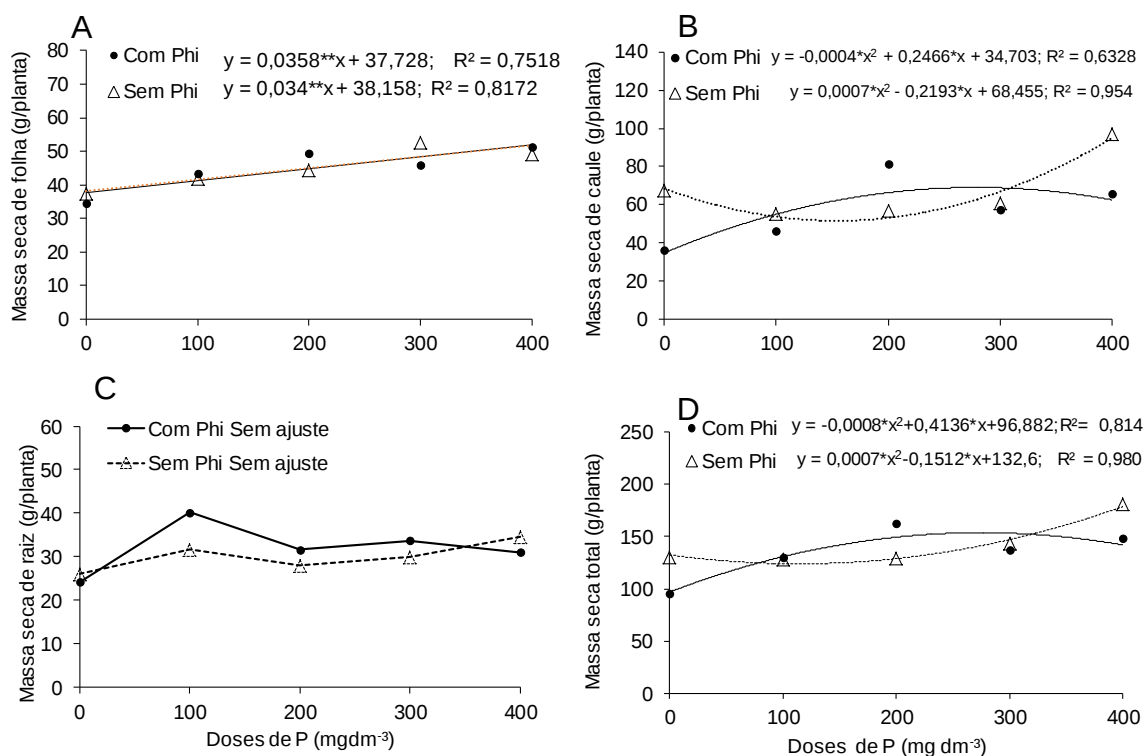


Figura 4. Massa seca milho de folhas, caule, raízes e total do milho em função de doses de fósforo com e sem adubação foliar com fosfito (Phi). *, e ns: significativo à 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste t.**

O efeito positivo das doses de P sobre o crescimento e produção de massa seca do milho deve-se aos baixos teores desnutriente no solo (Tabela 1) e às funções que este nutriente exerce nas plantas, tais como componentes dos fosfolipídios, ATP, DNA, RNA, açúcares fosfatos e outras moléculas fundamentais no crescimento dos vegetais (MARSCHNER., 2012).

De acordo com os resultados da figura 4D, houve decréscimo na produção de massa seca total em duas situações: na menor e maior dose de P. A influência do fosfito sobre o crescimento das plantas foi assunto em outros trabalhos. Araujo et al. (2014 e 2016) estudaram a influência do fosfito aplicado via radicular e via foliar em feijoeiro. Os autores observaram que o fosfito não substitui o fosfato na nutrição fosfatada da cultura, provocando fitotoxidez quando as plantas se encontram sob suprimento inadequado de fosfato. Entretanto, quando foi fornecido via radicular, na proporção fosfito:fosfato 25:75, houve incremento de 10-15% na produção de matéria seca da cultura. Em trabalho realizado em solução nutritiva, com plantas jovens de milho, Ávila et al. (2011) observaram que a produção de massa seca não foi afetada

pelos tratamentos com fosfito, contudo, a substituição de fosfato por fosfito em 25%, incrementou a respostas bioquímicas associadas à estresses ambientais tais como a atividade da enzima guaiacol peroxidase e biossíntese de lignina.

Finalmente destaca-se que, a diminuição da produção de massa seca total na maior dose de P com a aplicação de fosfito via foliar, provavelmente deveu-se à toxidez provocada pelo excesso de P na planta, em função do P “extra” fornecido pelo fosfito.

Os teores de P nas folhas com a aplicação foliar de fosfito não se ajustaram às doses de P (Figura 5A). Contudo, houve ajuste quadrático para esta variável em quando o fosfito não foi aplicado, cujo valor máximo foi obtido com 261 mgP/dm³. No caule (Figura 5B) os teores de P elevaram-se crescentemente de forma linear com a aplicação de fosfito via foliar e quadrática na ausência de fosfito via foliar. Se a aplicação de fosfito, o teor máximo neste compartimento foi obtido com a dose de 270 mgP/dm³. Nas raízes (Figura 5C), houve ajuste quadrático com as doses de P apenas quando o fosfito foi aplicado. Quando o fosfito não foi aplicado, embora a tendência geral tenha sido de aumento, não houve ajuste dos modelos de regressão testados. Nas menores e maiores doses de P, o fosfito elevou os teores deste nutriente nas raízes.

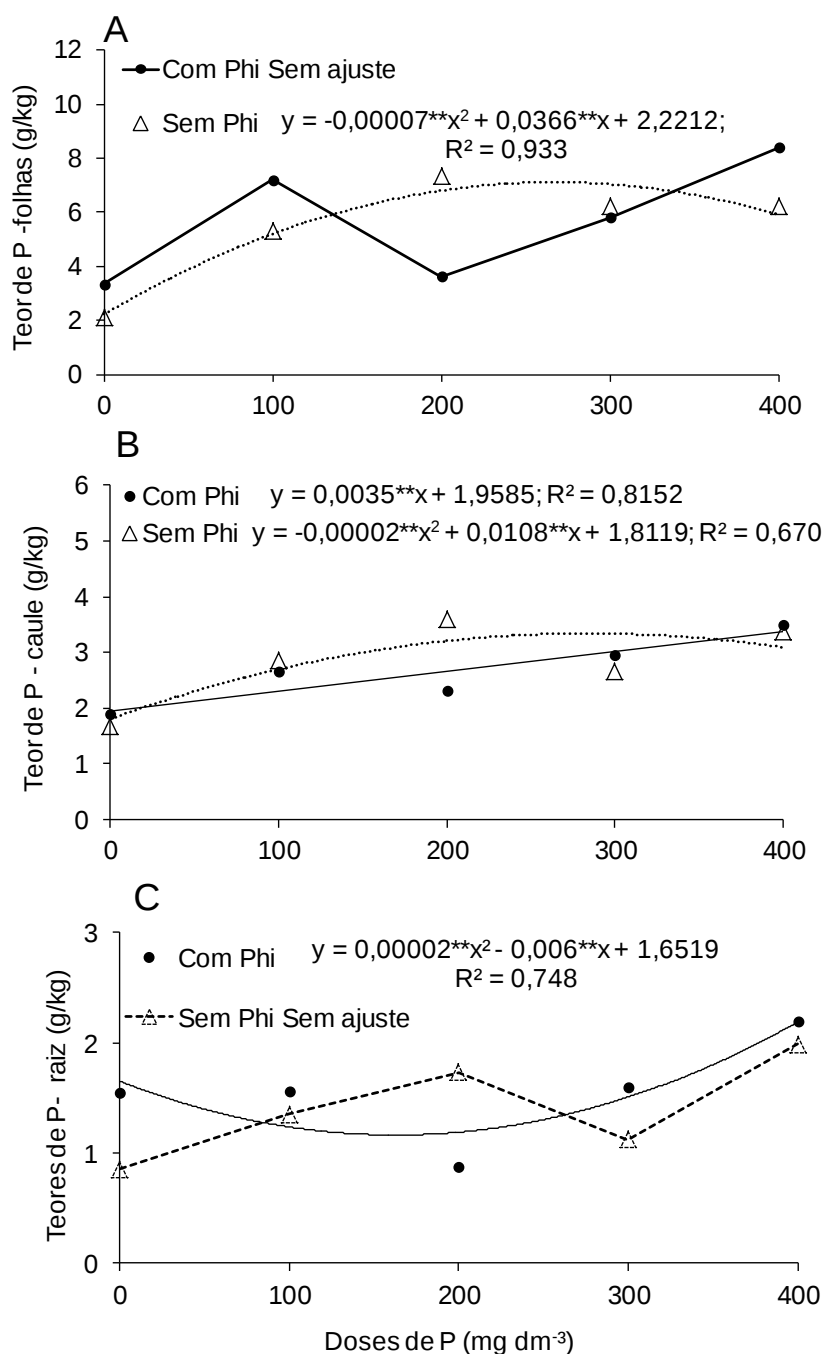


Figura 5. Teores de P em folhas (A), caule (B), raízes (C) do milho em função de doses de fósforo com e sem adubação foliar com fosfito (Phi). *, e ns: significativo à 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste t.**

As quantidades acumulada de P nas folhas (Figura 6A) aumentaram de forma linear crescente no tratamento com fosfito via foliar e de forma quadrática no tratamento sem aplicação de fosfito. Sem a aplicação de fosfito o acúmulo máximo se deu com 292 mg P/dm³. Nas raízes (Figura 6B) os acúmulos de P, com ou sem adubação foliar com fosfito não se ajustaram aos modelos de regressão testados,

embora a tendência geral seja de aumento com o aumento das doses de P no solo, com comportamento semelhante aos teores de P nesta parte da planta. No caule (Figura 6C) a houve aumento linear crescente da quantidade acumulada de P, com ou sem fosfito via foliar, com destaque para o tratamento sem fosfito. Por sua vez, as quantidades totais acumuladas (Figura 6D), também elevava-se de forma linear crescente com as doses de P aplicadas no solo, mas sem qualquer distinção clara entre os tratamentos de adubação com fosfito via foliar.

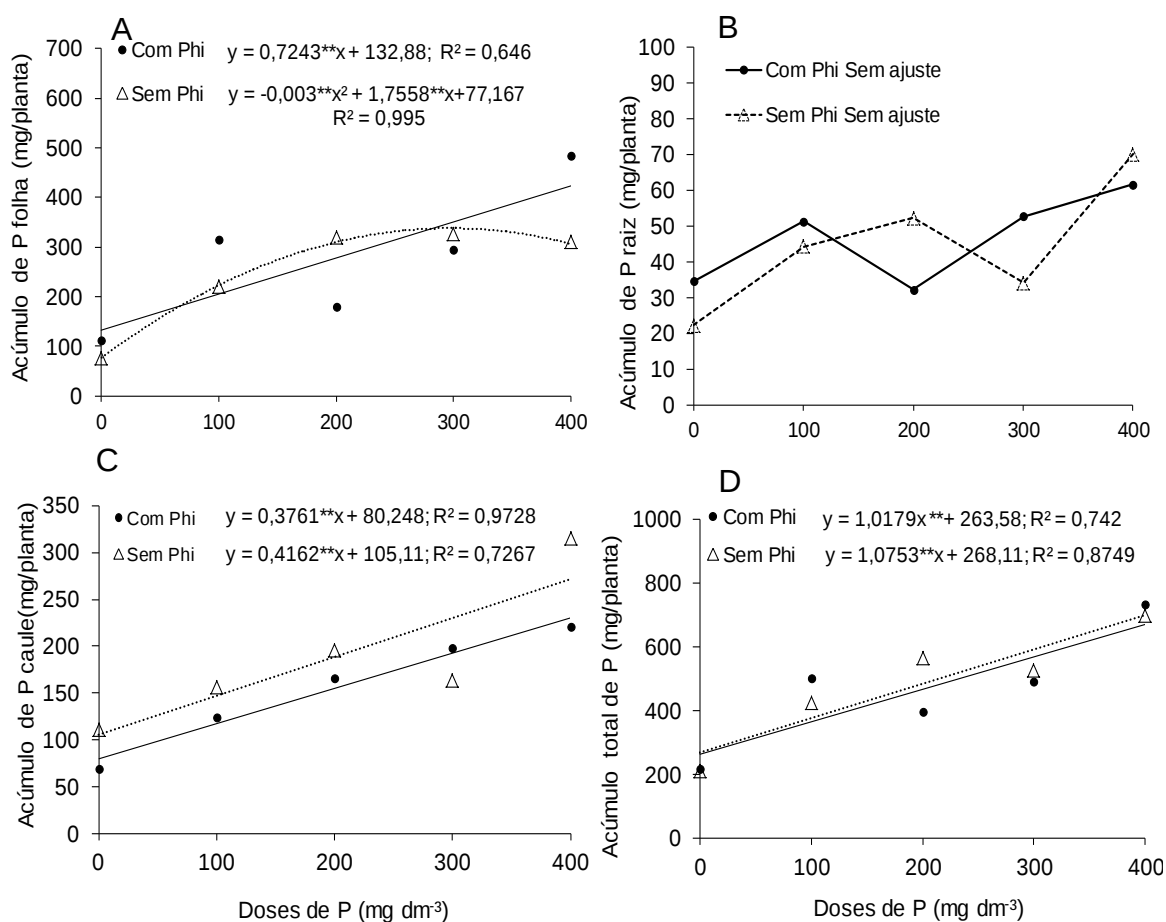


Figura 6. Acúmulo de P em folhas, caule, raízes e total no milho em função de doses de fósforo com e sem adubação foliar com fosfito (Phi). *, e ns: significativo à 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste t.**

O índice de translocação não foi afetado pelas doses de P nem pela adubação foliar com fosfito (Figura 7A). Estes resultados corroboram com os obtidos por Araujo et al. (2016), que também não observaram influência do fosfito via foliar sobre a translocação de P em feijoeiro. A eficiência de utilização de P (Figura 7B) decresceu

de forma quadrática sem a aplicação de fosfito via foliar. Este decréscimo deve-se à resposta elevada da planta em aumento de massa seca nas doses mais baixas de P, em virtude da baixa disponibilidade de P no solo (Malavolta et al., 2006), assim como foi observado por (ARAUJO et al., 2013). Com a aplicação foliar de fosfito, esta variável não se ajustou aos modelos de regressão testados, contudo, houve um pico na dose de 200 mg/dm³ de P, que coincide com o valor máximo observado para a produção de massa seca total (Figura 4A).

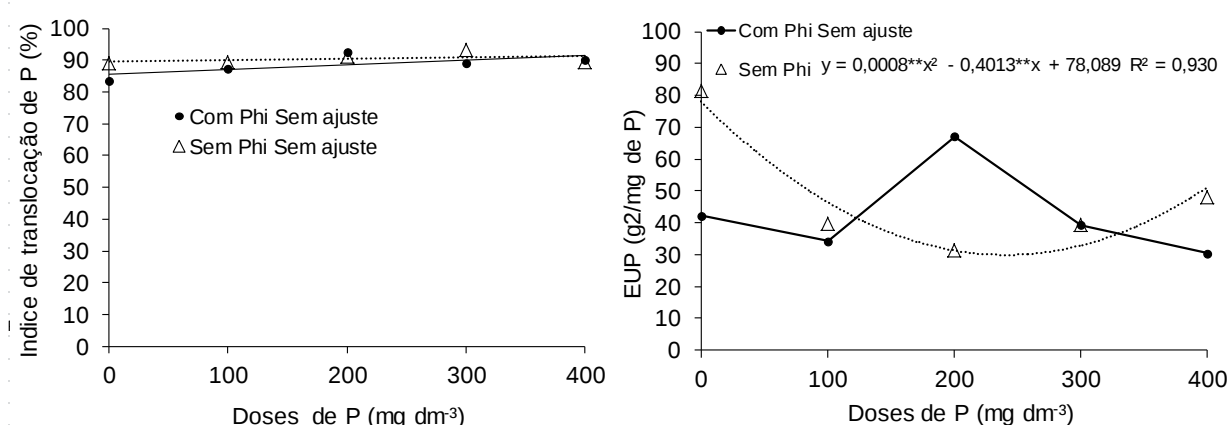


Figura 7. Índice de translocação de P (A) e eficiência de utilização de P (B) no milho em função de doses de fósforo com e sem adubação foliar com fosfito (Phi). *, e ns: significativo à 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste t.**

Pelo teste de Tukey para o fator adubação foliar (Tabela 3), observou-se aumento de 7,5% na altura de plantas e decréscimo de 14,6% e 5,5% na massa seca de caule e total, respectivamente com fosfito aplicado via foliar, independentemente das doses de P via radicular. Nas demais variáveis relacionadas como o crescimento do milho não houve efeito significativo da aplicação de fosfito. A aplicação de fosfito via foliar, proporcionou incremento no acúmulo de P nas folhas mas diminuiu o acúmulo total deste nutriente no caule (-17,4%) e à eficiência de utilização de P em 11,1%. Para as demais variáveis relacionadas com a nutrição fosfatada do milho, não houve efeito da adubação foliar com fosfito.

Por estes resultados, é possível supor que a aplicação foliar com fosfito incrementou o acúmulo de P nas folhas, mas não elevou a produção de massa seca da planta, fato possivelmente associado a não metabolização do fosfito pelo milho

(ÁVILA et al., 2011; ARAUJO et al., 2016). Por outro lado, o decréscimo no caule, pode está relacionados com a influência do fosfito no transporte de P na planta, ou seja, é possível, que tenha havido uma maior demanda de fosfato nas folhas adubada com fosfito, tendo em vista que o fosfito pode interferir negativamente em processos metabólicos envolvendo o fosfato. Os mecanismos fisiológicos e, ou, bioquímicos da toxicidade por fosfitos são pouco compreendidos em vegetais. De acordo com Varadarajan et al. (2002), em fungos, a inibição do crescimento ocorre por causa do acúmulo de poli e pirofosfatos e da inibição de várias enzimas da via glicolítica e também da enzima pentose-fosfato desses organismos.

Tabela 3. Altura de planta (ALT), diâmetro do caule (DIAM), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC), de raízes (MSR) e total (MST), teores de P nas folhas (TPF), caule (TPC), raízes (TPR), acúmulos de P nas folhas (APF), caule (APC), raízes (APR) e total (APT) índice de translocação de P (ITP) e eficiência de utilização de P (EUP) em função da aplicação (+Phi) ou não (-Phi) com fosfito via foliar.

Fosfito	ALT	DIAM	MSF	MSC	MSR	MST	TPF	TPC
	cm	mm	-----g/planta-----				-----g/kg-----	
+Phi	89,75 a	23,36 a	44,89 a	57,46 b	32,12 a	134,47 b	5,68 a	2,67 a
-Phi	83,47 b	23,49 a	44,96 a	67,33 a	30,00 a	142,29 a	5,43 a	2,82 a
	TPR	APF	APC	APR	APT	ITP	EUP	
	-----g/kg-----		-----mg/planta-----			%	g ² /mg P	
+Phi	1,56 a	277,7 a	155,5 b	46,5 a	467,2 a	88,6 a	42,6 b	
-Phi	1,40 a	251,1 b	188,3 a	44,5 a	483,1 a	90,5 a	47,9 a	

Para cada variável em cada coluna, médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey (p< 0,05).

5. CONCLUSÕES

A adubação fosfata do milho, cultivado em Luvisolo crômico no estágio inicial é fundamental para incrementar seu crescimento e a produção de massa seca.

A adubação fosfata do milho na fase inicial de crescimento favorece os teores e acúmulos de P nos tecidos da planta.

O fosfito aplicado via foliar não produz benefício adicional no crescimento, produção de biomassa ou nutrição fosfata do milho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHARY, V.M.; RAM, B.; MANNA, M.; DATTA, D.; BHATT, A.; REDDY, M.K.; AGRAVAL, P. Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. *Plant Biotechnology Journal*, v. 15, p. 1493–1508, 2017.
- ALMEIDA, M. L. DE.; SANGOI, L.; NAVA, I. C.; GALIO, J.; TRENTIN, P. S.; RAMPAZZO, C. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.2, p.189-194, mar-abr, 2003.
- ÁVILA, F. W. Fosfito no crescimento, nutrição fosfatada e aspectos da indução de resistência em milho. Dissertação de mestrado. Lavras. 2009.
- ÁVILA, F.W.; FAQUIN, V.; ARAUJO, J.A.; MARQUES, D.J.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; LOBATO, A.K.S.; RAMOS, S.J. & BALIZA, D.P. Phosphite supply affects phosphorus nutrition and biochemical responses in maize plants. *Australian Journal Crop Science.*, 5:646-653, 2011.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G.; A cultura do milho. Universidade de Évora, departamento de fitotecnia. p 4. 2014.
- BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V. DA.; SILVA, I. DE F. DA.; RAPOSO, R. W. C.; OLIVEIRA, F. DE A.; ALBUQUERQUE, A. W. DE. Resposta do milho a doses de fósforo¹. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.14, n.5, p.485–491, 2010.
- BISSON, C.; ADAMS, N.B.P.; STEVENSON, B.; BRINDLEY, A.A.; POLUVIOU, D.; BIBBY, T.S.; BAKER, P.J.; HUNTER, C.N.; Hitchcock, A. The molecular basis of phosphite and hypophosphite recognition by ABC-transporters. *Nature Communications*, 2017. <http://dx.doi.org/doi: 10.1038/S41467-017-01226-8>.
- CAMPOS, M. L.; SILVA, F. N.; FURTINI NETO, A. E.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J; ANTUNES, A. S. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.361-367, 2005.
- COELHO, A. M. A cultura do milho. Nutrição e adubação do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008, 132 p
- COELHO, A. M. Adubação e Nutrição do Milho. Circular técnica, 78. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, dez, 2006. 1-10 p.

CONAB, A Cultura do Milho: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2007 a 2017. Compêndio de Estudos Conab / Companhia Nacional de Abastecimento. v. 14. Brasília: Conab, 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 2011. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro. 225 p.

ESTRADA-ORTIZ, E.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F.C.; NÚÑEZ-ESCOBAR, R.; SANDOVAL-VILLA, M. The effects of phosphite on strawberry yield and fruit quality. J. Soil Sci. Plant Nutrition, v. 13, p.612–620, 2013. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000049>

FARIAS, D. R. DE.; OLIVEIRA, F. H. T. DE.; SANTOS, D.; ARRUDA, J. A. DE.; HOFFMANN, R. B.; NOVAIS, R. F. Fósforo em solos representativos do estado da Paraíba. i - isothermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo(1). R. Bras. Ci. Solo, 33:623-632, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema de análise estatística computacional. Ciênc. agrotec. vol.35 no.6 Lavras Nov./Dec. 2011.

FREITAS, E. V. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOULART, D. F.; SILVA, J. P. S. Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.1899-1907, 2009.

GARCIA, J. C.; Mattoso, M. J.; Duarteê, J. de O.; Importância do milho em minas gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.7-12, jul./ago. 2006.

GLINICKI, R.; SAS-PASZT, L.; JADCZUK-TOBJASZ, E. The effect of plant stimulant/fertilizer resistim on growth and development of strawberry plants. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 18, 111–124, 2010. < http://www.insad.pl/files/journal_pdf/journal_2010_1/full10%202010_1.pdf>

GOMES, G. L. G. C. alterações metabólicas de plantas de milho submetidas à aplicação de glyphosate e fosfito. Dissertação de mestrado. Botucatu. 2011.

GÓMEZ-MERINO, F.C.; TREJO-TÉLLEZ, L.T. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. Scientia Horticulturae. 196:82–90, 2015. < [doi:10.1016/j.scienta.2015.09.035](http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.035)>

GONÇALVES, K.S.; PAZ, V. P. DA S.; SILVA, F. DE L.; HONGYU, K.; ALMEIDA, W. F. DE. Potassium Phosphite and Water Deficit: Physiological Response of Eucalyptus Using Multivariate Analysis. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 11, No. 3; 2019.

GONÇALVES, K.S.; SOUSA, A.P.; VELINI, E.D. Aplicação de reguladores vegetais e de fosfito de potássio em mudas de eucalipto submetidas à deficiência hídrica. *Irriga*, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 273-285, 2015. <<http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2015v20n2p273>>

HEUER, S.; GAXIOLA, R.; SCHILLING, HERRERA-ESTRELLA, L.; LOPEZ-ARREDONDO, D.; WISSUWA, M.; DELHAIZE, E.; ROUACHED, H. Improving phosphorus use efficiency: a complex trait with emerging opportunities. *The Plant Journal*, v. 90, p.868–885, 2017.

KONZEN, E. A. et al. Adubação e fertilidade do solo. 2011. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_45_1682005_11158.html. Acesso em: 09 nov. 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

McDONALD, A.E.; GRANT, B.R. & PLAXTON, W.C. Phosphite (Phosphorous acid): Its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, p.1505-1519, 2001.

MENDES, A. M. S. curso de manejo e conservação do solo e da água, 2007, Barreiras. Palestras... Barreiras: MAPA; SFA-BA: Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos - UEP Recife, 2007.

MICHELON, F. F. Produção de milho e soja na fazenda Boa Vista – Chiapetta – RS. Porto Alegre, Abril. 2015

MILHO. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Milho>> acessado em: 10 nov. 2018.

OLIVIERI, F.P.; FELDMAN, M.L.; MACHINANDIARENA, M.F.; LOBATO, M.C.; CALDIZ, D.O.; DALEO, G.R.; ANDREU, A.B. Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. *Crop Protection* 32: 1–6, 2012.

ONO, F. B.; MONTAGNA, J.; NOVELINO, J. O.; SERAFIM, M. E.; DALLASTA, D. C.; GARBIATE, M. V. Eficiência agronômica de superfosfato triplo e fosfato natural de arad em cultivos sucessivos de soja e milho. Ciênc. agrotec. Lavras, v. 33, n. 3, p. 727-734, maio/jun., 2009.

ORIOLI JUNIOR, V.; COUTINHO, E. L. M.; OTSUBO, A. A.; NETO, A. M. C. adubação fosfatada corretiva para a cultura do milho. Nucleus, v.5, n.2, out. 2008.

OYARBURO, N.S.; MACHINANDIARENA, M.F.; FELDMAN, M.L.; DALEO, G.R.; ANDREU, A.B.; OLIVIERI, F.P. Potassium phosphite increases tolerance to UV-B in potato. Plant Physiology and Biochemistry, 88 -1-8, 2015. < doi: 10.1016/j.plaphy.2015.01.003>

PELÁ, A.; RODRIGUES, M. S.; SANTANA, J. da S.; TEIXEIR, I. R. Fontes de fósforo para adubação foliar na cultura do feijoeiro. Scientia Agraria, Curitiba, v.10, n.4, p.313-318, July/Aug. 2009.

PIONEER. Quais os estádios fenológicos do milho. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/milho/pioneer-responde/90/quais-os-estadios-fenologicos-do-milho>>. Acessado em: 10 nov. 2018.

QUEIROZ, M. A. DE.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro. Petrolina - PE: Embrapa semiárido/Brasília – DF: Embrapa recursos genéticos e biotecnologia, nov 1999.

RESENDE, A. V. DE.; NETO, A. E. F.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 30:453-466, 2006.

REZENDE, P. M. DE.; GRIS, C. F.; CARVALHO, J. G.; GOMES, L. L.; BOTTINO, L.; Adubação foliar. I. Épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. Ciência e Agrotecnologia. Lavras: Univ Federal Lavras-ufla, v. 29, n. 6, p. 1105-1111, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/33678>>.

ROBERTS, T.; JONSTON, A.E. Phosphorus use efficiency and management in agriculture. Resources, Conservation and Recycling, v. 105, p. 275–281, 2015.

SANTANA, C. T. C. de. Comportamento de milho (*zea mays l.*) e propriedades físicas do solo, no sistema plantio direto, em resposta a aplicação de fertilizante organomineral. Botucatu – SP. Mar. 2012.

SILVA, G. F. DA.; OLIVEIRA, F. H. T. DE; PEREIRA, R. G.; SILVA, P. S. L. E; DIÓGENES, T. B. A.; SILVA, A. R. DA C. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na chapada do apodi, rn. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.18, n.12, p.1247–1254, 2014.

SILVA, T. R. DA.; MENEZES, J. F. S. M.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L DE A.; SANTOS, C. J. DE L.; GOMES, G. V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango¹. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.15, n.9, p.903–910, 2011.

SINDMILHO e SOJA. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/sindimilho/sobre-o-sindimilho/curiosidades/milho-e-suas-riquezas-historia/>>. Acessado em: 10 nov. 2018.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 416p.

SOUZA, D. M. G.; NUNES, R. de S.; REIN, T. A.; JUNIOR, J. de D. G. dos S. Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado. Planaltina – DF: Embrapa cerrados. Jun. 2016.

SOUZA, E. C. A. DE.; COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco¹. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.33, n.7, p103 I-I036,jul. 1998.

SOUZA, R. M. DE; SOBRAL, L. F.; VIEGAS, P. R. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. DE; FONTES JUNIOR, R. C.; VALENÇA, A. R. Exportação de fósforo pelo milho influenciada por doses de manutenção e efeito residual de fosfatos naturais¹. XXXIV congresso brasileiro de ciência do solo. Florianópolis. 2013.

TAMBASCIO, C.; COVACEVICH, F.; LOBATO, M.C.; DE LASA, C.; CALDIZ, D.; DOSIO, G.; ANDREU, A. The application of K phosphites to seed tubers enhanced emergence,early growth and mycorrhizal colonization in potato (*Solanum tuberosum*). American Journal of Plant Sciences, 5:132–137, 2014. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.51017>.

USMAN, K. Effect of phosphorus and irrigation levels on yield, water productivity, phosphorus use efficiency and income of lowland rice in Northwest Pakistan. Rice Science, v. 20, p. 61–72, 2013.

VARADARAJAN, D.K.; KARTHIKEYAN, A.S.; MATILDA, P.D. & RAGHOTHAMA, K.G. Phosphite, an analog of phosphate suppresses the coordinated expression of genes under phosphate starvation. Plant Physiol., 129:1-9, 2002.

VELOSO, C. A. C.; FRANZINI, V. I.; SILVA, A. R. B. e.; SILVA, A. R. Resposta do Milho à Adubação Fosfatada em um Latossolo Amarelo do Estado do Pará. Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483 ; 83. 2012.

VORPAGEL, A. G. inoculação de azospirillum, isolado e associado a bioestimulante, em milho, no noroeste do rs. Ijuí – RS, Junho. 2010.

WIEL, C.C.M.; LINDEN, C.G.; SCHOLTGEN, O.E. Improving phosphorus use efficiency in agriculture:opportunities for breeding, Euphytica, v.207, p.1–22, 2016.

WITHERS, P.J.A. et al. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. Nature Scientific Reports. 8:2537 | DOI:10.1038/s41598-018-20887-z, 2018.

ZHUANG WU, ZHI & QING YING, YE & BIN ZHANG, YUAN & FANG BI, YU & KE WANG, AN & DU, XU. Alleviation of drought stress in Phyllostachys edulis by N and P application. Scientific Reports. 8. 10.1038/s41598-017-18609-y. 2018.