



Teor e Acúmulo de Nutrientes em Milho após Aplicação de Adubos Fosfatados e *Arachis pintoi* em Neossolo Regolítico⁽¹⁾

Arnaldo Joaquim de Souza Junior⁽²⁾; Aline Oliveira Silva⁽³⁾; Uemeson José dos Santos⁽⁴⁾; Gustavo Pereira Duda⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES;

⁽²⁾ Estudante de graduação; UFRPE - Unidade Acadêmica de Garanhuns; Garanhuns, Pernambuco; arnaldojoaquimsj@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante de pós-graduação em ciência do solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras; Minas Gerais; alineoliveirasilva6@gmail.com; ⁽⁴⁾ Estudante de pós-graduação em produção agrícola; UFRPE- Unidade Acadêmica de Garanhuns; Garanhuns, Pernambuco; uemeson.jose@gmail.com; ⁽⁵⁾ Professor associado; UFRPE - Unidade Acadêmica de Garanhuns; Garanhuns, Pernambuco; gpduda@gmail.com

RESUMO A deficiência no fornecimento de nutrientes influencia no crescimento e produtividade das culturas. O estudo foi realizado com objetivo de avaliar o efeito das aplicações do amendoim forrageiro e esterco bovino com os fosfatos naturais, visando obter resultados dos efeitos desses sobre as características químicas do solo e o crescimento de plantas de milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na região de Garanhuns-PE, utilizando Neossolo Regolítico. Os tratamentos foram: Solo (controle - SOLO); Fosfato de Araxá (FA); Fosfobahia (FB); Fosfato de Gafsa (FG); Superfosfato Simples (SS); Termofosfato de Yorin (TF); Amendoim forrageiro (AF); Fosfato de Araxá + Amendoim forrageiro (FA+AF); Fosfobahia + Amendoim forrageiro (FB+AF); Fosfato de Gafsa + Amendoim forrageiro (FG+AF); Superfosfato Simples + Amendoim forrageiro (SS+AF); Termofosfato de Yorin + Amendoim forrageiro (TF+AF); Esterco bovino (EB); Fosfato de Araxá + Esterco bovino (FA+EB); Fosfobahia + Esterco bovino (FB+EB); Fosfato de Gafsa + Esterco bovino (FG+EB); Superfosfato Simples + Esterco bovino (SS+EB). As plantas foram conduzidas por dois cultivos consecutivos, avaliadas e amostradas, quando atingiram os 45 DAS. Foi analisado o teor e acúmulo de fósforo (P) e Potássio (K) nas plantas. O crescimento das plantas de milho foi beneficiado com a aplicação dos fosfatos naturais em associação com o amendoim forrageiro e o esterco bovino. O acúmulo de P nas plantas foi elevado com a aplicação de superfosfato simples com o amendoim forrageiro. A aplicação de resíduos orgânicos com fosfato natural proporcionou maiores aportes de biomassa seca e altura das plantas de milho.

Termos de indexação: Resíduos orgânicos, Fosfatos naturais.

INTRODUÇÃO

O suprimento inadequado de fósforo nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do milho

acarreta redução no número de espigas por unidade de área e, conseqüentemente, redução na produção final de grãos (Mengel & Kirkby, 1987). Devido a baixa disponibilidade deste nutriente no solo, o fertilizante fosfatado é um dos mais aplicados na agricultura brasileira, sendo encontrados diversos adubos fosfatados no comércio, os quais diferem em concentração e solubilidade.

As deficiências no fornecimento de fósforo influencia em seu crescimento e produtividade de muitas culturas (Postma et al., 2014; Wang et al., 2013), o não suprimento desse elemento é um dos fatores limitantes da produção de milho (*Zea mays*) (Pei et al., 2013). A fim de atender a demanda que as plantas têm de nutrientes é necessário a aplicação de fertilizantes, que incrementam a produção, suprimindo os nutrientes e auxiliando na recuperação da fertilidade natural dos solos (Chuan et al., 2013). Entretanto, os benefícios da aplicação de adubos fosfatados dependem da interação entre os níveis de fertilidade, e fatores de manejo empregados à cultura e ao solo (Kihara e Njoroge, 2013). Neste aspecto, tornam-se necessários estudos de modos de aplicação intermediários, para imprimir maior eficiência de uso do adubo fosfatado pelas plantas (Yost et al., 1979). Com essas considerações, esse estudo tem como hipótese que a solubilidade dos fosfatos naturais é alterada e, possivelmente, aumentada quando aplicadas em conjunto com esterco bovino e amendoim forrageiro, por dois cultivos consecutivos em um solo arenoso do Agreste Pernambucano. Com isso o objetivo geral desse trabalho foi avaliar o teor e acúmulo de P e K, após a aplicação de fontes fosfatadas, associadas a amendoim forrageiro e ao esterco bovino em um Neossolo Regolítico cultivado com milho em dois cultivos consecutivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Agreste do estado de Pernambuco, nas coordenadas geográficas Latitude 8° 53' 00" Sul, Longitude 36° 31' 00" Oeste e altitude de 823 m. O clima



predominante na região é o tropical chuvoso, com verão seco; e a estação chuvosa no período outono/inverno e início da primavera (Borges Junior et al., 2012).

O solo utilizado no experimento foi retirado de uma área sob cobertura natural de floresta xerófila, localizada no município de São João, na mesorregião do Agreste meridional do estado de Pernambuco, classificado como Neossolo Regolítico distrófico típico. Foi coletado a uma profundidade de 0-0,20 m, posto para secar ao ar, peneirado em malha de 4 mm e distribuído em vasos de 7 kg.

Tratamentos e amostragens

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com 18 tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 72 unidades experimentais. A dose de fosfato utilizada foi a de 80 kg de P_2O_5 ha^{-1} conforme a recomendação para o estado de Pernambuco (IPA, 2008).

Os tratamentos foram: Solo (controle - SOLO); Fosfato de Araxá (FA); Fosfobahia (FB); Fosfato de Gafsa (FG); Superfosfato Simples (SS); Termofosfato de Yorin (TF); Amendoim forrageiro (AF); Fosfato de Araxá + Amendoim forrageiro (FA+AF); Fosfobahia + Amendoim forrageiro (FB+AF); Fosfato de Gafsa + Amendoim forrageiro (FG+AF); Superfosfato Simples + Amendoim forrageiro (SS+AF); Termofosfato de Yorin + Amendoim forrageiro (TF+AF); Esterco bovino (EB); Fosfato de Araxá + Esterco bovino (FA+EB); Fosfobahia + Esterco bovino (FB+EB); Fosfato de Gafsa + Esterco bovino (FG+EB); Superfosfato Simples + Esterco bovino (SS+EB); Termofosfato de Yorin + Esterco bovino (TF+EB). O milho (variedade comercial 1058) foi semeado em três sementes por vaso, sendo feito o desbaste aos 15 DAS (dias após a semeadura). Aos 45 DAS, as amostras do material vegetal foram moídas, passadas por peneiras de 1 mm de malha, armazenados para a realização da análise química. Para realização dessas análises, passou-se pelo processo de digestão úmida com aquecimento por micro-ondas (marca CEM Mars-Xpress). Utilizou-se 200 mg do material vegetal e em seguida as amostras foram colocadas em tubos de teflon PFA (perfluoro alquóxi etileno, seguindo uma programação de aquecimento proposta por Almeida (2007). Posteriormente a digestão, as amostras foram aferidas com água destilada em um balão volumétrico de 50 mL. No extrato da digestão foram determinados os teores de fósforo (P). O fósforo foi determinado por colorimetria, no comprimento de onda de 725 nm e o K por fotometria de chama (Embrapa, 2009).

Análise estatística

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise da variância, as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa de estatística Sisvar (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de P nas plantas de milho, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, diferiram com as diferentes fontes de fosfato aplicadas em conjunto com fontes de material orgânico, para os dois ciclos de cultivo, observa-se que o tratamento (SS+EB), apresentou o maior teor de fósforo na parte aérea e no sistema radicular, diferindo estatisticamente do controle (SOLO) que apresentou resultados inferiores (**Tabela 1**). A fonte mais solúvel de fosfato, o super simples, foi o que apresentou maior eficiência, e segundo Guedes et al. (2009), as fontes de P de menor solubilidade apresentam menor eficiência do que os fosfatos solúveis em curto prazo porém em longo prazo seu efeito residual é geralmente maior. Já Foloni et al. (2008), afirmam que as fontes à base de superfosfatos apresentam solubilidade relativamente elevada em água, razão pela qual deve obter alta eficiência agrônômica a curto prazo. O potássio apresentou alto teor. Gamboa (1980) sugere uma maior necessidade de K em relação ao N e P, por ser ele um elemento de "arranque". Quanto ao teor de K, na parte aérea da planta, observa-se que, os tratamentos obtiveram resultados significativos, entretanto, as variáveis (FG+AF) e (TF+AF), apresentaram maiores teores de K, já o tratamento (FA+EB), expressou o menor teor, Com relação a raiz da planta, o tratamento (TF+AF) e (EB), demonstrou os maiores valores de acúmulo de K, tendo em vista que a variável (TF+EB) obteve os menores resultados (**Tabela 1**). Os resultados permitem inferir que o potássio proveniente dos tratamentos incorporado ao solo foi intensamente absorvido pelas plantas. Primo et al. (2012), quando afirmaram que o nitrogênio e o potássio são os elementos mais exigidos pela cultura do milho e, por isso, são extraídos em maior quantidade pelas plantas. O acúmulo de P em plantas de milho, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, diferiram com as diferentes fontes de fosfato aplicadas em conjunto com fontes de material orgânico (**Tabela 2**). O acúmulo de fósforo na parte aérea (folhas, bainhas e colmo) das plantas de milho, observou-se efeito significativo para os diferentes fosfatos naturais aplicados juntos com amendoim forrageiro ou esterco bovino uma vez que tanto no primeiro quanto no segundo o tratamento SS+AF apresentou o melhor resultado, onde a adição de material orgânico levou ao aumento do acúmulo de P em plantas que foram adubadas com



super simples, entretanto os tratamentos SOLO, EB, AF e FB foram os menores valores, com 6,71; 10,32; 10,52 e 12,84 mg planta⁻¹ respectivamente. Durante o segundo ciclo de cultivo o acúmulo de P o melhor tratamento foi o SS+AF. Em ambos os cultivos SOLO, AF e EB foram os que apresentaram os menores valores de acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas de milho, por terem sido esses tratamentos sem a adição de fosfato indica que o fornecimento desse nutriente ao solo e a planta é importante para que a planta o acumule mais o nutriente. Para o acúmulo de K na planta o tratamento (SS+AF) demonstrou os maiores resultados tanto para o acúmulo na raiz quanto para a parte aérea, já o tratamento (SOLO), apresentou os menores valores de acúmulo na planta. Esses resultados confirmam ainda mais a eficiência dos adubos fosfatados combinado com resíduo orgânico.

CONCLUSÕES

A adição do amendoim forrageiro ou esterco bovino concomitantemente com os fosfatos naturais promoveu maior eficiência no aumento do teor e no acúmulo de P e K na planta.

A aplicação de amendoim forrageiro juntamente com os fosfatos naturais constitui-se uma importante alternativa para o aumento na melhoria da qualidade de solos cultivados com milho.

REFERÊNCIAS

- BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANJOS, R. J.; SILVA, T. J. A.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, C. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16:380-390, 2012.
- CHUAN, L.; HE, P.; JIN, J.; LI, S.; GRANT, C.; XU, X.; QIU, S.; ZHAO, S.; ZHOU, W. Estimating nutrient uptake requirements for wheat in China. *Field Crops Research*. 146: 96–104. 2013.
- DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Itaguaí: Embrapa-CNPAB, 1995. 60 p.
- EMBRAPA. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. Brasília DF: Embrapa. 2º Ed. 627,2009
- FERREIRA, D.F. SISVAR software: versão 4.6. Lavras, DEX/ UFLA, 2003.
- FOLONI, J. S. S.; Tiritan, C. S.; Calonego, J. C.; Alves Júnior, J. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1147 - 1155, 2008.
- GAMBOA, A. La fertilización del maíz. Berna: Instituto Internacional de la Potasa, 1980. 72p. (Boletín II P, 5).
- GUEDES, E. M. S.; Fernandes, A. R.; Lima, E. do V.; Gama, M. A. P.; Silva, A. L. P. da. Fosfato natural de Arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizanta* em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. *Revista Ciências Agrárias*, 52:117-129, 2009
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO - IPA. Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3.ed. Recife, IPA, 2008. 212p.
- KIHARA, J.; NJOROGE, S. Phosphorus agronomic efficiency in maize-based cropping systems: A focus on western Kenya. *Field Crops Research*. 150: 1-8. 2013.
- MENGEL K & KIRKBY EA (1987) Principles of plant nutrition. 4a ed. Bern, International Potash Institute. 687p
- PEI, P.; JIN, Z.; LI, K.; YIN, H.; WANG, J.; YANG, A.. Identification and comparative analysis of low phosphate tolerance-associated microRNAs in two maize genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry*. 70: 221-234. 2013.
- POSTMA, J. A.; SCHURR, U.; FIORANI, F. Dynamic root growth and architecture responses to limiting nutrient availability: linking physiological models and experimentation. *Biotechnology Advances*, 32:53-65, 2014.
- PRIMO, D. C.; Menezes, R. S. C.; da Silva, T. O.; Garrido, M. S.; Cabral, P. K. T. Contribuição da adubação orgânica na absorção de nutrientes e na produtividade de milho no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7:81-88, 2012.
- YOST, R.S.; KAMPRATH, E.J.; LOBATO, E.; NADERMAN, G. Phosphorus response of corn on oxisol as influenced by rates and placement. *Soil Science Society of America Journal*, 43:338-343, 1979.



Tabela 1: Teor de P e K em plantas de milho cultivado em solo arenoso submetido à adubação fosfatada juntamente a amendoim forrageiro e esterco bovino, em dois cultivos consecutivos.

TRAT	P		K		P raiz		K raiz	
	mg.kg-1							
	1º Ciclo	2º Ciclo						
Solo	0,20 d	0,10 e	1,33 a	1,21 a	0,10 d	0,13 d	1,98 b	2,42 a
FA	0,23 c	0,13 d	1,32 a	1,18 a	0,14 c	0,13 d	1,71 c	2,36 a
FB	0,21 c	0,13 d	1,37 a	1,03 b	0,08 d	0,17 c	1,91 b	2,05 b
FG	0,24 b	0,14 d	1,31 a	1,21 a	0,15 c	0,18 c	1,97 b	2,43 a
SS	0,22 c	0,22 b	1,13 b	0,99 b	0,14 c	0,13 d	2,05 b	1,98 b
TF	0,24 b	0,14 d	1,39 a	1,04 b	0,15 c	0,18 c	1,54 c	2,07 b
AF	0,23 b	0,10 e	1,33 a	1,19 a	0,08 d	0,11 e	2,02 b	2,38 a
FAAF	0,19 d	0,14 d	1,18 b	1,11 a	0,13 c	0,14 d	1,46 d	2,23 a
FBAF	0,26 b	0,15 d	1,33 a	1,23 a	0,07 d	0,20 b	1,93 b	2,46 a
FGAF	0,25 b	0,15 d	1,45 a	1,22 a	0,13 c	0,20 b	1,41 d	2,44 a
SSAF	0,26 b	0,19 c	1,28 a	1,04 b	0,21 a	0,21 b	1,90 b	2,08 b
TFAF	0,26 b	0,14 d	1,31 a	1,27 a	0,09 d	0,10 e	2,08 b	2,55 a
EB	0,24 b	0,13 d	1,33 a	1,24 a	0,01 e	0,14 d	2,51 a	2,48 a
FAEB	0,19 d	0,13 d	0,95 b	1,02 b	0,14 c	0,18 c	1,54 d	2,03 b
FBEB	0,22 c	0,18 c	1,35 a	1,03 b	0,09 d	0,14 d	1,64 d	2,03 b
FGEB	0,20 d	0,22 b	1,31 a	1,21 a	0,12 c	0,18 c	1,64 c	2,41 a
SSEB	0,31 a	0,28 a	1,19 b	0,90 b	0,13 c	0,23 a	1,44 d	1,81 b
TFEB	0,23 b	0,15 d	1,27 a	0,88 b	0,17 b	0,14 d	1,41 d	1,76 b
MG	0,23	0,16	1,28	1,11	0,15	0,12	1,79	2,22
CV (%)	8,24	7,44	11,32	12,58	20,50	9,75	9,79	12,58

Tabela 2: Acúmulo de P e K em plantas de milho em solo arenoso submetido à adubação fosfatada juntamente a amendoim forrageiro e esterco bovino em dois cultivos.

TRAT	P		K		P raiz		K raiz	
	mg.kg-1							
	1º Ciclo	2º Ciclo						
Solo	6,71 d	4,85 e	44,41 c	63,16 b	2,36 d	10,92 c	43,91 d	28,11 a
FA	25,20 c	14,19 c	152,07 a	118,15 b	7,71 c	13,66 b	74,77 c	34,58 a
FB	12,84 d	7,59 d	77,01 c	75,61 b	3,54 d	12,38 b	44,61 d	36,07 a
FG	22,08 c	12,71 c	118,71 b	123,73 a	8,15 c	13,13 b	114,21 b	27,61 a
SS	28,08 c	14,93 c	143,76 b	103,93 a	16,36 a	8,91 c	151,29 a	27,78 a
TF	29,97 b	14,18 c	152,04 a	105,72 a	9,34 b	12,12 b	109,17 b	36,39 a
AF	10,52 d	5,19 e	60,73 c	65,47 b	3,65 d	10,67 c	70,13 c	30,46 a
FAAF	21,13 c	12,84 c	138,18 b	100,18 a	11,03 b	10,36 c	107,98 b	30,77 a
FBAF	25,47 c	6,45 d	135,43 b	115,16 a	8,01 c	16,59 a	98,29 b	36,82 a
FGAF	22,96 c	12,91 c	132,15 b	125,26 a	8,19 c	19,08 a	77,43 c	33,71 a
SSAF	35,10 a	24,19 a	170,00 a	123,02 a	15,18 a	13,11 b	145,79 a	30,54 a
TFAF	32,11 b	8,98 d	152,45 a	128,71 a	9,93 b	9,30 c	138,08 a	33,93 a
EB	10,32 d	2,24 e	54,07 c	79,59 b	3,51 d	7,58 c	65,17 c	37,20 a
FAEB	20,34 c	17,39 b	119,28 b	124,01 a	7,05 c	18,02 a	79,05 c	40,09 a
FBEB	22,98 c	8,48 d	139,55 b	73,72 b	10,09 b	11,64 b	90,75 c	30,96 a
FGEB	19,71 c	12,86 c	136,02 b	128,59 a	11,18 b	13,40 b	75,79 c	33,89 a
SSEB	37,41 a	12,55 c	154,51 a	114,63 a	17,88 a	15,37 a	97,97 b	30,95 a
TFEB	28,09 b	18,84 b	157,70 a	95,75 a	10,85 b	13,78 b	101,78 b	40,40 a
CV (%)	18,91	20,13	13,01	17,14	23,17	19,2	18,22	27,25

*Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino.