Original Article

EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOCARVÃO, CAMA DE FRANGO E FORMULADO NPK NO ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRA EM TERRA MULATA

EFFECT OF BIOCHAR, POULTRY LITTER AND NPK ON THE NUTRITIONAL STATUS OF ORANGE ON TERRA MULATA

Ederlon Flávio da Veiga MOLINE[1]; José LAVRES JÚNIOR[2]; Darcilene Pereira da SILVA[3]; Charles Roland CLEMENT[4]; Newton Paulo de Souza FALCÃO[4]

1. Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho – UNESP, bolsista FAPEAM, Jaboticabal, SP, Brasil. ederlon_flavio@hotmail.com; 2. Pesquisador, Doutor, Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, Piracicaba, SP, Brasil; 3. Engenheira Agrônoma, Mestre em Agricultura no Trópico Úmido-INPA, Manaus, AM, Brasil; 4. Pesquisador, Doutor, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, AM, Brasil.

RESUMO: O cultivo de laranjeira em Terra Mulata tem apresentado limitações nutricionais sendo necessário o uso de adubos nas áreas agrícolas. A aplicação de biocarvão associado à outra fonte de nutrientes pode ser uma alternativa viável para aumentar a eficiência dos adubos e diminuir perdas nestas áreas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do biocarvão, da cama de frango e do formulado NPK, no estado nutricional de laranjeiras Pera-Rio cultivadas em um Latossolo Amarelo distrófico com horizonte A antrópico (Terra Mulata). O estudo foi desenvolvido em uma propriedade rural de terra firme em Manacapuru (AM) em um delineamento de blocos casualizados com oito tratamentos utilizando biocarvão, cama de frango e formulado NPK (4-14-8) aplicados de maneira isolada e associados. Para avaliação foram retiradas duas amostras em períodos distintos de folhas para determinação do estado nutricional. Os adubos aplicados não aumentaram a eficiência na disponibilidade dos teores de N, P, Fe e Zn, ficando este último abaixo da faixa de teor adequado. Já para os teores de K, o adubo cama de frango e suas combinações aumentaram sua disponibilidade, e os maiores teores de Mg foram encontrados no tratamento controle.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrus sinensis*. Solos amazônicos. Biocarvão. Nutrição de plantas.

INTRODUÇÃO

Os solos da Amazônia, em sua grande maioria, são altamente intemperizados, ácidos, com baixa CTC e baixa fertilidade natural (VIEIRA; SANTOS, 1987). Em contraste, manchas de solos de coloração escuras em toda a extensão da Amazônia mudam esta situação, especialmente em relação à fertilidade. Os Latossolos com horizonte A antrópico conhecidos também como Terra Mulata são solos advindos da intensa atividade agrícola humana antepassada que depositavam seus resíduos orgânicos e os eliminavam através da "queima controlada" originando o biocarvão, responsável por elevar o teor de matéria orgânica, diminuir a lixiviação e aumentar a fertilidade do solo (SOMBROEK, 1966; FALESI, 1972; SOMBROEK et al., 2002; FALCÃO et al., 2003).

O cultivo da laranjeira Pera-Rio tem avançado em áreas de Terra Mulata no Amazonas e apresentado limitações nutricionais ao desenvolvimento das plantas. Com isto, o uso indiscriminado por parte dos produtores rurais de adubos comerciais minerais e/ou orgânicos é aplicado nos plantios sem critérios de recomendação. Porém, levando-se em conta a deficiência encontrada nas plantas e a já presente fertilidade encontrada neste solo, seria mais adequado à aplicação de nutrientes especificamente e dispensável a aplicação de adubos de maneira desordenada, o que aumenta o custo de produção e ocasiona danos ambientais.

As desordens nutricionais são relatadas por Falcão et al. (2001) que descrevem baixos teores de K em solos com horizonte A antrópico, possivelmente pela fertilidade deste solos advir de fontes orgânicas e o K ter origem mineral. Falcão & Borges (2006) citam baixos teores de Mn nesses solos. Entretanto, mesmo contendo altos teores totais de P, Ca, Mg e Zn, nem sempre irá refletir em alta disponibilidade para as plantas, pois essas concentrações são desproporcionais nestes solos, o que torna os nutrientes passíveis de interação, combinações e outros fenômenos resultando na indisponibilidade.

O uso do biocarvão pode auxiliar no equilíbrio destas interações e disponibilizar nutrientes retidos para a solução do solo, isso porque atua no complexo de trocas como um colóide retendo nos micro e mesoporos de superfície (GLASER et al., 1998). Associado a adubos orgânicos e/ou minerais, o biocarvão os retém nos grupos carboxílicos e fenólicos carregados negativamente, diminuindo a lixiviação e

Received: 01/04/13
Accepted: 05/09/14

melhorando a eficiência dos adubos (LIMA et al., 2013). Petter et al. (2012) relatam o efeito positivo da combinação de biochar de *Eucalyptus* e fertilizante para a cultura de arroz, onde resultou no aumento de produção.

A análise foliar das folhas de laranjeira pode identificar o estado nutricional das plantas estabelecendo a relação do que está disponível no solo para absorção e o nível de nutriente nas folhas, sendo uma importante ferramenta para a melhoria dos critérios de recomendação de adubação em solos antropogênicos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do biocarvão, da cama de frango e do formulado NPK (4-14-8) e suas combinações no estado nutricional de laranjeiras em implantação em um Latossolo Amarelo com A antrópico (Terra Mulata).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante dois anos (2009 a 2011), em uma propriedade rural de Terra Firme no ramal da Costa do Laranjal em Manacapuru-AM (3º 18'33"S e 60º33'21"W, altitude média de 34 metros acima do nível do mar). Segundo Koppen, a área integra o quadro macroclimático do tipo AmW (tropical chuvoso e úmido), caracterizado pela alta umidade, em torno de 85%, com variações de temperatura entre 31º C e 23º C e temperatura média de 26º C. A precipitação anual está em torno de 2.250 mm (KOUMROUYAN; SANTANTA, 2008; SALLES; CAVALCANTI FILHO, 2009).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições e oito tratamentos, em cada parcela foram plantadas seis mudas de laranjeira com o espaçamento de 6,0 x 5,0 m em covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 m obtidas em viveiros de produtores da região com enxerto laranja Pera-Rio e porta-enxerto limão Cravo, priorizando a uniformidade, tamanho (30 cm), porte e aparência física.

O solo da área experimental foi um Latossolo Amarelo com horizonte A antrópico (Terra Mulata) que nunca recebeu calagem e adubação e tinha as seguintes características químicas: pH 5,0; P 32,27 mg kg^{-1}, K 0,17 $cmol_c$ kg^{-1}, Ca 0,80 $cmol_c$ kg^{-1}, Mg 0,25 $cmol_c$ kg^{-1}, saturação por alumínio de 18%.

Os tratamentos foram: Controle (sem adição de adubo), Biocarvão, Cama de frango, Formulado NPK (4-14-8), Biocarvão + Cama de frango, Biocarvão + Formulado NPK (4-14-8), Cama de frango + Formulado NPK (4-14-8) e Biocarvão + Cama de frango + Formulado NPK (4-14-8). Foi realizada uma adubação na cova com N, P e K em cada tratamento para atender a necessidade nutricional da laranjeira conhecendo-se a composição química dos adubos (Tabela 1), a base média foi de 3,5 t ha^{-1} de cama de frango (85% MS), 3,5 t ha^{-1} de biocarvão de mata de capoeira e 200 kg ha^{-1} do formulado NPK (4-14-8), aplicados isoladamente e em combinação entre os adubos. Um ano após o plantio foi realizada a adubação em cobertura, na área de projeção da copa da laranjeira sem incorporação, utilizada a mesma recomendação usada em cova.

Tabela 1. Características químicas do biocarvão de mata de capoeira e cama de frango utilizados no experimento em Manacapuru, AM.

Adubos	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
	---------- g kg^{-1} ----------					------- mg kg^{-1} -------	
Biocarvão	1,74	0,56	1,40	8,56	2,28	2245	16
Cama de frango	3,14	1,23	3,84	131,36	6,28	3504	410

A coleta das folhas seguiu a recomendação de Malavolta et al. (1997), onde foi obedecida à ordem de retirada de 10 folhas na altura mediana da planta (terço médio da copa) no período de 18 e 24 meses após a instalação do experimento, retirada a terceira ou quarta folha a partir do início do ramo, repetido para todas as seis plantas (parcela) de cada tratamento e respeitado cada ponto cardeal. Depois foram misturadas todas as folhas da parcela e formada uma amostra composta. Em laboratório as amostras foram secas, trituradas e analisadas por metodologias propostas por Malavolta et al. (1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de N e P não diferiram entre os tratamentos, apenas o teor de K apresentou diferença significativa (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio em folhas de laranjeira Pera-Rio em Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações aos 18 e 24 meses após a instalação do experimento.

Tratamentos	Atributos químicos das folhas		
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
	---------- g kg^{-1} ----------		
Controle[1]	23,87 ^{ns}	1,93 ^{ns}	12,78 c
BIO[1]	25,46 ^{ns}	1,64 ^{ns}	18,76 b
CF[1]	26,30 ^{ns}	1,64 ^{ns}	22,69 ab
NPK[1]	24,92 ^{ns}	1,89 ^{ns}	22,38 ab
BIO + CF[1]	25,08 ^{ns}	2,04 ^{ns}	26,13 a
BIO + NPK[1]	23,71 ^{ns}	1,82 ^{ns}	21,77 ab
CF + NPK[1]	23,38 ^{ns}	1,88 ^{ns}	23,65 ab
BIO + CF +NPK[1]	26,44 ^{ns}	1,92 ^{ns}	25,28 a
Média	**24,89**	**1,84**	**21,68**
	DMS1= 6,37	DMS2= 0,77	DMS3= 5,19
Controle[2]	27,19 ^{ns}	1,37 ^{ns}	9,10 d
BIO[2]	23,07 ^{ns}	1,29 ^{ns}	11,39 cd
CF[2]	25,18 ^{ns}	1,21 ^{ns}	20,40 a
NPK[2]	27,57 ^{ns}	1,33 ^{ns}	16,83 abc
BIO + CF[2]	26,23 ^{ns}	1,33 ^{ns}	20,66 a
BIO + NPK[2]	26,33 ^{ns}	1,38 ^{ns}	14,28 bcd
CF + NPK[2]	27,12 ^{ns}	1,35 ^{ns}	18,11 ab
BIO + CF +NPK[2]	25,59 ^{ns}	1,46 ^{ns}	19,64 ab
Média	**26,03**	**1,34**	**16,30**
	DMS1= 6,80	DMS2= 0,34	DMS3= 5,62
Faixa de teor adequado*	24-26	1,2-1,7	10-14

As médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio. [1]Amostras coletadas 18 meses após a instalação do experimento. [2]Amostras coletadas 24 meses após a instalação do experimento. *Teores de nutrientes foliares considerados ideais para a cultura da laranjeira (MALAVOLTA; PRATES, 1994).

O teor médio de N encontrado nas folhas de laranjeiras apresentou-se semelhantes em todos os tratamentos no mesmo período avaliado, mas na primeira avaliação os resultados encontrados no tratamento controle (23,87 g kg^{-1}), biocarvão + formulado NPK (23,71 g kg^{-1}) e cama de frango + formulado NPK (23,38 g kg^{-1}) ficaram abaixo do teor adequado (24 - 26 g kg^{-1}) recomendado por Malavolta & Prates (1994) e na segunda avaliação somente o tratamento biocarvão (23,07 g kg^{-1}). Já para o teor médio de P verificou-se em todos os tratamentos os teores acima do recomendado por Malavolta & Prates (1994) 1,2 - 1,7 g kg^{-1}. Lehmann et al. (2003) afirmam que as concentrações de N nas Terras Pretas de Índio e Terra Mulata são, em geral, muito mais altas que nos solos adjacentes, portanto não podendo ser generalizado, pois nem sempre resultam em N prontamente disponível para as plantas.

Bernardi et al. (2000) observaram o incremento de N e P nas folhas de laranjeira Valência em condições de implantação em substrato a partir do momento que houve a aplicação de adubo mineral/sintético. Os valores foram

considerados acima do considerado adequado e a importância do balanço nutricional na fase inicial da cultura refletirá na produção de frutos. Portanto, os resultados do presente experimento não corroboram, pois o incremento na adubação não influenciou no aumento de teores de N e P nas folhas da laranjeira. Já em pesquisa com plantas adultas, Mattos Júnior et al. (2004) correlacionaram a maior produção de frutos do tangor Murcott com a concentração de 29 g kg^{-1} de N foliar, resultados concordantes com o do presente trabalho.

Os teores médios de K foram maiores nos tratamentos fertilizados em relação ao tratamento controle, obtido os maiores resultados nos tratamentos biocarvão + cama de frango (26,13 g kg^{-1}) e biocarvão + cama de frango + formulado NPK (25,28 g kg^{-1}), e na amostragem feita aos 24 meses, os tratamentos biocarvão + cama de frango (20,66 g kg^{-1}) e cama de frango (20,40 g kg^{-1}) foram superiores. As médias dos teores, de forma geral, ficaram acima do teor adequado (10 - 14 g kg^{-1}) para as folhas da laranjeira, exceto no tratamento controle da segunda amostragem (9,10 g kg^{-1}), sendo a prática da adubação uma importante ferramenta para suprir os baixos teores encontrados na Terra Mulata e consequentemente suprir a demanda nutricional da planta.

Bernardi et al. (2000) observaram em adubações limite com K, os teores de 14,09 a 24,78 g kg^{-1} nas folhas do porta-enxerto limão Cravo em viveiro, da menor para a maior dose (0,42 para 4,67 g por planta) e Mattos Júnior et al. (2004) encontraram no teor foliar de tangor Murcott 14 g kg^{-1} de K com aplicação de 270 kg ha^{-1} de K_2O, concentrações semelhantes ao encontradas neste experimento. Os teores foliares de nutrientes podem divergir em função de fatores como fertilidade e disponibilidade no solo, variedade, combinação copa/porta-enxerto, idade e interação entre nutrientes (SMITH, 1966). Vieira (1988) relata que nos solos antropogênicos a concentração de K é baixa naturalmente no perfil devido à procedência pobre do material que deu origem a esta fertilidade, situando na maioria das vezes os teores próximos do limite inferior da faixa considerada adequada, sendo recomendado adubação complementar com alguma fonte de K. A falta de K nos solos antropogênicos e os altos teores de Ca e Mg, podem induzir a um desbalanço nutricional, afetando a sua absorção e, com isso, ocasionar um desequilíbrio dos nutrientes catiônicos essenciais ao crescimento das plantas (MALAVOLTA, 2006).

No trabalho de Prado et al. (2009) a adubação com N, P e K proporcionou acúmulo de maiores quantidades na parte aérea das mudas de citros comparado ao tratamento controle sem adubação, corroborando com o presente trabalho e demonstrando que a nutrição adequada da planta está totalmente ligada a capacidade do solo em fornecer nutrientes para as plantas.

O teor de Ca foliar não variou em função aos adubos aos 18 meses após a instalação do experimento, somente aos 24 meses. Já o Mg, houve em ambas as amostragens realizadas, o mesmo não ocorrendo para os teores de Fe e Zn (Tabela 3).

Os adubos não influenciaram nos teores de Ca aos 18 meses, porém aos 24 meses, o tratamento controle apresentou a maior média (33,68 g kg^{-1}) juntamente com o tratamento biocarvão (31,81 g kg^{-1}), se relacionado a aplicação de fertilizantes com a queda de Ca nas folhas da laranjeira, e destacado nenhum dos tratamentos atingirem o teor adequado de concentração do nutriente (35 - 40 g kg^{-1}). Mattos Júnior et al. (2001) relatou que os teores obtidos com a análise foliar não dependem unicamente da disponibilidade do nutriente no solo, pois estão sujeitos a influências de vários outros fatores, inclusive interações entre outros nutrientes, que sobrepõe as concentrações de outros nutrientes que se encontrariam normalmente em menor teor, fato que ocorre na Terra Mulata, onde os altos teores de Ca se complexam com os altos teores de P tornando-os indisponíveis para o uso pela planta. Comportamento semelhante pode ser percebido nos teores de Mg, onde a maior média foi encontrada no tratamento controle (5,25 g kg^{-1}) e na avaliação feita aos 24 meses mantém-se a mesma semelhança entre os dados, onde é observada a maior média do teor de Mg para o tratamento controle (3,57 g kg^{-1}).

Fidalski e Auler (2008) encontraram teores máximos de Ca nos pomares de plantas adultas nas folhas de laranjeira Pera de 35 - 38 g kg^{-1} e teores inferiores a 3 g kg^{-1} de Mg em experimento implantado em um Argissolo Vermelho distrófico com adubações.

Tabela 3. Teores de Cálcio, Magnésio, Ferro e Zinco em folhas de laranjeira Pera-Rio em Terra Mulata submetido a adubações isoladas e em combinações coletadas em 18 e 24 meses após a instalação do experimento.

Tratamentos	Atributos químicos das folhas			
	Cálcio	**Magnésio**	**Ferro**	**Zinco**
	---------- g kg^{-1} ----------		---------- mg kg^{-1} ----------	
Controle[1]	22,09 ^{ns}	5,25 a	188,27 ^{ns}	12,63 ^{ns}
BIO[1]	16,48 ^{ns}	4,33 ab	160,62 ^{ns}	10,73 ^{ns}
CF[1]	16,76 ^{ns}	3,39 bc	118,91 ^{ns}	7,33 ^{ns}
NPK[1]	17,18 ^{ns}	3,37 bc	159,74 ^{ns}	7,31 ^{ns}
BIO + CF[1]	14,96 ^{ns}	3,40 bc	192,34 ^{ns}	9,02 ^{ns}
BIO + NPK[1]	18,99 ^{ns}	3,32 bc	177,69 ^{ns}	10,07 ^{ns}
CF + NPK[1]	20,31 ^{ns}	2,90 bc	183,89 ^{ns}	10,67 ^{ns}
BIO + CF +NPK[1]	19,06 ^{ns}	2,47 c	212,87 ^{ns}	12,25 ^{ns}
Média	**18,23**	**3,55**	**174, 29**	**10,00**
	DMS1= 8,76	DMS2= 1,67	DMS3= 107,71	DMS4= 8,69
Controle[2]	33,68 a	3,57 a	208,33 ^{ns}	13,67 ^{ns}
BIO[2]	31,81 a	3,45 a	186,00 ^{ns}	12,67 ^{ns}
CF[2]	15,56 b	1,73 b	153,00 ^{ns}	3,67 ^{ns}
NPK[2]	22,11 ab	2,49 ab	198,67 ^{ns}	6,33 ^{ns}
BIO + CF[2]	19,16 ab	2,19 ab	210,33 ^{ns}	8,33 ^{ns}
BIO + NPK[2]	22,56 ab	2,71 ab	188,67 ^{ns}	8,33 ^{ns}
CF + NPK[2]	19,21 ab	1,68 b	185,00 ^{ns}	7,00 ^{ns}
BIO + CF +NPK[2]	14,33 b	1,35 b	116,33 ^{ns}	6,67 ^{ns}
Média	**17,09**	**2,40**	**180,72**	**8,29**
	DMS1= 15,25	DMS2= 1,54	DMS3= 133,06	DMS4= 12,80
Faixa de teor adequado*	35-40	2,5-3,0	130-300	25-49

As médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna (DMS), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. BIO: Biocarvão; CF: Cama de frango; NPK: Formulado combinado com adubos comerciais sintéticos/minerais contendo nitrogênio, fósforo e potássio. [1]Amostras coletadas em 18 meses após a instalação do experimento. [2]Amostras coletadas em 24 meses após a instalação do experimento. *Teores de nutrientes foliares considerados ideais para a cultura da laranjeira (MALAVOLTA; PRATES, 1994).

O teor médio de Ca nas folhas de laranjeira Pera (35,90 g kg^{-1}) observado por Santana et al. (2007) foi o maior que os demais macronutrientes, o que se situa no padrão normal em plantas cítricas segundo Rodriguez (1980) e Mattos Júnior et al., (2001) por serem plantas que possuem altas concentrações de Ca em sua biomassa. No entanto, os teores de Ca foliar do presente experimento ficaram abaixo do teor adequado e com médias gerais menores que os nutrientes N e K, não corroborando desta forma com os trabalhos citados.

Os adubos não influenciaram nos teores foliares de Fe e Zn na laranjeira. Na recomendação de Malavolta & Prates (1994) para o teor de Fe adequado de 130-300 mg kg^{-1} somente o tratamento cama de frango (118,91 mg kg^{-1}) na primeira amostragem e o tratamento biocarvão + cama de frango + formulado NPK (116,33 mg kg^{-1}) na segunda amostragem obtiveram concentrações abaixo desta, e para os teores de Zn a recomendação de 25-49 mg kg^{-1} não foi alcançada por nenhuma média dos tratamentos apresentados.

Os teores foliares de Zn na pesquisa realizada por Mattos Júnior et al. (2001) encontraram a média de 25,69 mg kg^{-1} sendo considerada baixa por este autor, citado como o nutriente mais limitante à produção de laranjeira Pera, sendo comum esta deficiência nos solos

brasileiros e no cultivo de laranjas. Este ainda relata tal descrição como os parâmetros de interpretação não regionalizados não conseguirem diagnósticos corretos nas interpretações de solos e folhas, além da possível interação que ocorre com este nutriente. Ainda neste experimento verificam-se os altos teores de Fe (368,02 mg kg^{-1}), resultado das altas concentrações deste nutriente nos solos tropicais, apesar de geralmente os teores de Fe ser baixo nos solos antropogênicos (CUNHA et al., 2007).

Duenhas et al. (2005) em seu experimento com utilização de diferentes formas de aplicação de fertilizantes em laranjeira Valência, a média foliar para o micronutriente Zn de 30,1 mg kg^{-1}, concentração muito acima do encontrado no atual experimento.

Segundo Falcão et al. (2010) os teores de Fe presente nos solos antropogênicos são baixos, diferentemente dos outros solos da região, Latossolo e Argissolo, porém não interfere no estado nutricional das plantas. Cunha et al. (2007) atribuem as baixas quantidades de Fe disponível nos solos antropogênicos pelos altos teores de carbono orgânico que atua como complexante. Processo semelhante ocorre entre o P e Fe por terem interação negativa, diminuindo assim os teores, contudo o presente trabalho não corroborou com o descrito pelos autores.

CONCLUSÕES

A adubação não refletiu em melhorias no estado nutricional das plantas para os nutrientes N, P, Fe, Zn, devido os altos teores encontrados no solo.

Os teores de K responderam com a adubação em relação ao tratamento controle.

Para concentrações de Ca e Mg a adubação respondeu de forma negativa, existindo um desequilíbrio nutricional na fertilidade da Terra Mulata limitando a disponibilidade de nutrientes para uso das plantas.

ABSTRACT: Growing in orange on Terra Mulata has been submitted nutrient limitation requiring correction in agricultural areas. The application of biochar associated with another source of nutrients can be a viable alternative to increase the efficiency of fertilizers and reduce losses in the areas. The objective of this study was to evaluate the effect of biochar, poultry litter and NPK in the nutritional status of orange trees grown in an Oxisol with anthropogenic A horizon (Terra Mulata). The study was conducted in a rural property landfall in Manacapuru (AM) in a randomized block design with eight treatments using biochar, poultry litter and NPK (4-14-8) applied in isolation and associates. To review two samples were taken at different periods of sheets to determine the nutritional status. Fertilizers applied did not increase the efficiency in the availability of contents of N, P, Fe and Zn, being the latter below the range of suitable content. As for the K, compost chicken manure and their combinations increased their availability, and the highest levels of Mg were found in the control treatment.

KEYWORDS: *Citrus sinensis*. Amazonian soils. Biochar. Plant nutrition.

REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Macronutrientes em mudas de citros cultivados em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, v. 4, p. 761-767, out/dez. 2000.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da material orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007. http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000100010

DENEVAN, W. M. The Aboriginal Popolution of Amazonia. In: DENEVAN, W. M. (Ed). **The native populations of the American in 1942**. Madison: University of Winconsin, 1992. p. 205-234.

DUENHAS, L. H.; BOAS, R. L. V.; SOUZA, C. M. P.; OLIVEIRA, M. V. A. M.; DALRI, A. B. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja Valência sob fertirrigação e adubação convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 154-160, jan/abr. 2005.

FALCÃO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão hawaí (*Carica papaya* L.). **Acta amazonica**, Manaus, v. 36, n. 4, p. 401-406, 2006.

FALCÃO, N. P. S.; COMERFORD, N.; LEHMANN, J. Determining nutrient bioavailability of Amazonian Dark Earth soils: methodological challenges. In: LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS, W. I. (Ed.). **Amazonian Dark Earths; origin, properties, managements**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 255-270. http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-2597-1_14

FALCÃO, N. P. S.; CARVALHO, E. J. M.; COMERFORD, N. Avaliação da fertilidade de solos antropogênicos da Amazônia Central. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ARQUEOLOGIA BRASILEIRA, 11, 2001. Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Estado da Arte, 2001. p. 2.

FALCÃO, N. P. S.; MOREIRA, A.; COMENFORD, N. B. A fertilidade dos solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N., WOODS, W. (Ed). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, 2010. p. 420.

FALESI, I. C. **O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira (Parte I Zoneamento Agrícola da Amazônia)**. 1. ed. Brasília: IPEA, 1972. 67p.

FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M. Alterações químicas temporais nas faixas de adubação e entrelinhas do pomar, nutrição e produção de laranja após calagem superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 689-696, mar/abr. 2008.

GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. The Terra Preta phenomenon – a model for sustaible agriculture in the humid tropics. **Naturwissenschaften**, v. 88, n. 1, p. 37-41, jan. 2001. http://dx.doi.org/10.1007/s001140000193

KOUMROUYAN, A.; SANTANA, G. P. Química de elementos-traço nos sedimentos do Lago do Parú (Manacapuru – Amazonas), sob influência do pulso de inundação do baixo Rio Solimões. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 3, p.491-502, mai/jun. 2008. http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000300014

LIMA, S. L.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; TAMIOZZO, S.; BUCK, G. B.; MARIMON, B. S. Biochar as substitute for organic matter in the composition of substrates for seedlings. **Acta Scientia**, v. 35, n. 3. Jul/sep, 2013.

LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GERMAN, L. A.; McCANN, J.; MARTINS, G.; MOREIRA, A. Soil fertility and production potential. In: LEHMANN, J.; DIRCE, C.; GLASER, B.; WOODS, W. **Amazon Dark Earth, origin, properties and management**. Holanda, 2003. p. 124.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; PRATES, H. S. **Seja doutor de seu citros. Informações Agronômicas.** Piracicaba: POTAFOS, 1994. 1-16 p. (Arquivo do Agrônomo, 4)

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. **Calagem e adubação dos citros**. Campinas: IAC, 2001. 46p.

MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. CARVALHO, S. A. Superfícies de respostas do tangor Murcott à fertilização com N, P e K. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p.164-167, abr. 2004.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E.; SOLER, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO, M. T. M.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; PACHECO, L. P. Soil fertility and agronomic response of rice to biochar application in the Brazilian savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 5, p.699-706, 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000500010

PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; CAMAROTTI, G. S.; CORREIA, M. A. R.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e no crescimento de mudas de laranjeira Valência, enxertadas sobre limoeiro Cravo. **Ciência e Agrotécnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p.1560-1568, Nov/dez. 2009.

RODRIGUEZ, O. Nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.C.P. (Ed.). **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. p. 385-428.

SALES, L. T.; CAVALCANTI-FILHO, J. Informes sobre a pesca em Manacapuru, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, p. 1-8, 2009.

SANTANA, J. G.; LEANDRO, W. M.; NAVES, R. N.; CUNHA, P. P.; ROCHA, A. C. Estado nutricional da laranja Pera-Rio na região central do Estado de Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 40-49, 2007.

SMITH, P. F. Citrus nutrition. In: CHILDERS, N.P. (Ed.). **Nutrition of fruit crops: tropical, subtropical, temperate tree and small fruits**. Somerville: Somerset Press, 1966. p.174-207.

SOMBROEK, W. G. **Amazon Soils – A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region**. Wageningen: Center for Agriculture Publications and Documentation, 1966. 303p.

SOMBROEK, W. G.; KERN, D.; RODRIGUES, T.; CRAVO, M. S.; JARBAS, T. C.; WOODS, W.; GLASER, B. Terra Preta and Terra Mulata: Pré-Colombian Amazon Kitchen midden and agricultural fields, their sustainability and their replication. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 17., 2002, Thailand. **Anais**. Thailand: WSSS, 2002, p. 1-9.

VIEIRA, L. S. **Manual de Ciência do Solo – Com ênfase nos solos tropicais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 464p.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia: seus olhos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416p.