

ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA SOJA CULTIVADA EM SOLOS COLETADOS EM TRÊS MUNICÍPIOS PARANAENSES

Flávio Henrique Cervantes^{1*}, Matheus Damasceno Demeneck¹, Dyovanna Palin¹,
Guilherme Grossi Filho¹, Ana Daniela Lopes²

SAP 20907 Data envio: 26/10/2018 Data do aceite: 08/12/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 4, out./dez., p.521-531, 2018

RESUMO - A produção de soja muitas vezes é limitada pelo alto custo de produção, e entre os insumos, os fertilizantes constituem-se como os mais onerosos. O aproveitamento de resíduos orgânicos é relevante, pois além de amenizar os impactos ambientais reduz os custos de produção. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito adubação mineral e orgânica sobre o crescimento e desenvolvimento inicial da soja semeada em solos previamente fertirrigados, ou não, com vinhaça de cana-de-açúcar. O experimento foi instalado em delineamento experimental casualizado, em esquema fatorial 3 x 3 [3 solos coletados em 3 municípios paranaenses, sendo Umuarama, Cidade Gaúcha e Tapejara x 3 tipos de adubação, sendo fertirrigação com vinhaça, adubação mineral (P e K) e aplicação de calcário], com 6 repetições por tratamento. As plantas foram cultivadas em vasos de polipropileno com capacidade de 9 L, mantidas em casa de vegetação pertencente à Universidade Paranaense (UNIPAR), localizada em Umuarama (PR). As avaliações foram realizadas 43 dias após a semeadura e consistiram na medição do comprimento da parte aérea (cm) e de raízes (cm), biomassa fresca e seca do caule (g), folhas (g) e raízes (g). A adubação mineral e a utilização de calcário favorecem o desenvolvimento inicial e o crescimento de plântulas de soja, superando a fertirrigação com vinhaça de cana-de-açúcar. Os solos estudados apresentaram poucos efeitos significativos sobre as variáveis estudadas, mesmo aqueles previamente fertirrigados por longos períodos e com altas doses de vinhaça.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merr., vinhaça, fertirrigação, fertilizante líquido, Argissolo.

MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION IN THE GROWTH AND INITIAL DEVELOPMENT OF SOYBEAN CULTIVATED ON SOILS COLLECTED IN THREE PARANIAN MUNICIPALITIES

ABSTRACT - Soybean production is often limited by the high cost of production and among inputs, fertilizers are the most costly. The use of organic waste is relevant, as it mitigates environmental impacts and reduces production costs. Given the above, the aim of the present study was to evaluate the mineral and organic fertilizer effect on the initial growth and development of soybean sown in previously fertirrigated soils, or not, with sugar cane vinasse. The experiment was installed in a randomized complete design, in a 3 x 3 factorial scheme [3 soils collected in in 3 cities of Paraná state: Umuarama, Cidade Gaúcha and Tapejara x 3 types of fertilization: fertigation with vinasse, mineral fertilization (P and K) and application of limestone], with 6 replicates per treatment. The plants were grown in polypropylene pots with capacity of 9 L, kept in a greenhouse belonging to the Paranaense University (UNIPAR), located in Umuarama (PR). The evaluations were performed 43 days after sowing and consisted in the measurement of shoot length (cm) and roots (cm), fresh and dry stem biomass (g), leaves (g) and roots (g). Mineral fertilization and the use of limestone favored the early development and growth of soybean seedlings, overcoming fertigation with sugarcane vinasse. The studied soils had few significant effects on the studied variables, even those previously fertirrigated for long periods and with high doses of vinasse.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merr., vinasse, fertigation, liquid fertilizer, Argisolo.

INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das principais plantas cultivadas no Brasil, sendo explorada numa extensa faixa aproximadamente de 35 milhões de hectares (BRASIL, 2017). O interesse por essa cultura é atribuído à qualidade nutricional dos grãos, que possuem elevado valor proteico e energético, com aproximadamente

40% de proteínas e 20% de óleo, associada ao alto rendimento de grãos. É importante não só como fonte de alimento, mas também por ser fonte de energia renovável, para produção de biodiesel. De origem chinesa, a soja foi introduzida no Brasil em 1882, e deste então vem sendo cultivada e aprimorada para o plantio em diversas regiões do país (CARVALHO et al., 2011).

¹Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Paranaense (UNIPAR), Campus Sede, Praça Mascarenhas de Moraes, 4282, Centro, CEP 87502-210, Umuarama, Paraná, Brasil. Email: flavio.corvantes@edu.unipar.br, mateus.demeneck@gmail.com, dyovanna.palin@edu.unipar.br, guilherme.filho@edu.unipar.br. *Autor para correspondência.

²Professora Dra, Universidade Paranaense (UNIPAR), Campus Sede, Praça Mascarenhas de Moraes, 4282, Centro, CEP 87502-210, Umuarama, Paraná, Brasil. Email: anadanielalopes@prof.unipar.br.

No Brasil, até meados dos anos 60 a soja não tinha importância econômica dentre as principais culturas. A produção concentrava-se na região Centro-sul até o início dos anos 80, e a partir daí a participação da região Centro-oeste aumentou significativamente (CARVALHO et al, 2011). Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás lideram a produção de soja no Brasil atualmente, com altas tecnologias e com maior disponibilidade de terras cultiváveis (BRASIL, 2017). O Brasil é o segundo maior produtor de soja no mundo, produzindo em 2017/18, em torno de 117 milhões de toneladas. A soja ocupa posições de destaque na economia brasileira, justificando a necessidade de pesquisas no sentido de aperfeiçoar o seu cultivo e reduzir os riscos de prejuízos (EMBRAPA, 2018).

O potencial de rendimento da soja é determinado geneticamente, no entanto, os tratos culturais e os fatores ambientais interferem nessa capacidade, limitando seu desenvolvimento em algum momento durante o ciclo. Entre essas técnicas culturais está a utilização correta dos fertilizantes orgânicos e minerais, proporcionando características físico-químicas do solo, como densidade, retenção de água, textura, estrutura, porosidade e condutibilidade térmica, as quais atuam aumentando a capacidade de troca de catiônica (CTC), soma de bases, além de promover uma ação quelante, evitando que alguns nutrientes necessários às plantas se insolubilizem (MIYSAKA; OKAMOTO, 1992).

A adição de matéria orgânica é fundamental à qualidade do solo caracterizando-se pela liberação gradativa de nutrientes, que reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, além da composição química do material orgânico utilizado (ZECH et al., 1997). Os principais resíduos utilizados para a adubação orgânica são dejetos de suínos e cama de frango. Alguns estudos foram realizados com aplicação de dejetos suínos em áreas de produção de grãos de soja com resultados satisfatórios, como eficiência na produtividade até a produção de 7.000 a 8.000 kg ha⁻¹ (AITA; GIACOMINI, 2008; GIACOMINI, 2008).

Dentre as fontes de matéria orgânica disponíveis para serem utilizadas como fertilizantes, destaca-se a vinhaça, obtida como subproduto da produção de álcool, e que se apresenta como um líquido marrom escuro de natureza ácida, poluente, corrosivo e de odor desagradável. A concentração de sódio na vinhaça de cana-de-açúcar é menor que na de beterraba e elevados valores desse íon são indesejáveis já que podem causar condições nocivas ao solo e às plantas (BLANCO et al., 2012). A vinhaça é caracterizada com alto poder poluente e alto valor fertilizante; o poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorre da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (FREIRE e CORTEZ, 2000).

O constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, cátions como o K, Ca e Mg, sendo que sua riqueza nutricional está ligada à origem do mosto.

Apesar de ser considerado um problema nas usinas e destilarias de álcool e açúcar, é rica em potássio, matéria orgânica, nitrogênio, enxofre, cálcio e teor de água, e por essa razão passou a ser aplicada nas lavouras de cana-de-açúcar com grande sucesso econômico. A aplicação da vinhaça, bem como a fertilização é uma prática adotada por praticamente todas as usinas e destilarias com a tecnologia conhecida e bem definida, apresentando resultados positivos na produtividade agrícola (PENHABEL, 2010).

A adição de vinhaça, juntamente com a incorporação de matéria orgânica, pode melhorar as condições físicas do solo e promover maior mobilização de nutrientes em função da também maior solubilidade proporcionada pelo subproduto líquido (SILVA et al., 2007). O benefício oriundo da aplicação da vinhaça consiste na sua utilização *in natura* através da fertirrigação em quantidades racionais. A aplicação desse subproduto em doses compatíveis com as características físicas e químicas do solo, devido ao incremento de produtividade agrícola, aumenta também a produção por hectare, tornando assim, um importante fator econômico, e tendo um aumento significativo na longevidade dos ciclos, apresentando um custo inferior ao da adubação mineral (PENHABEL, 2010).

Contudo quando aplicada em altas doses, a vinhaça pode acarretar efeitos indesejáveis como o comprometimento da qualidade da cana-de-açúcar para produção de açúcar e salinização do solo. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito adubação mineral e orgânica sobre o crescimento e desenvolvimento inicial da soja em solos previamente fertirrigados, ou não, com vinhaça de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Paranaense (UNIPAR), Campus III, em Umuarama (PR), com coordenadas geográficas de latitude 23° 45' 59" S, longitude 53° 19' 30" W e altitude de 442 m, durante os meses de junho a setembro de 2018. Em junho de 2018, foram semeadas 6 sementes de soja da variedade 5909ND, com ciclo semiprecoce de 125 dias para a maturação, previamente inoculadas com inoculante turfoso (Masterfix Soja[®]) contendo duas bactérias do tipo *Bradyrhizobium elkanii* e *B. japonicum*, seguindo as recomendações do fabricante para 120 g de sementes. Após a germinação, 8 dias, em média após a semeadura, foram mantidas 2 plantas por vaso de polipropileno com capacidade para 9 L, dispostos em bancadas.

O experimento consistiu na avaliação de plantas de soja (cultivar Nidera 5909) cultivadas em vasos contendo 3 amostras de solo tipo ARGISSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico (V<50%) (EMBRAPA, 2006), coletadas em 3 municípios paranaenses distintos (Umuarama, com coordenadas geográficas de 23°45'38" S, 53°16'16" W e 452 m de altitude; Tapejara, com coordenadas geográficas de 23°47'55" S, 52°55'53" W e 454 m de altitude e Cidade

Gaúcha, com coordenadas geográficas de 23°22'36" S, 52°52'54" W e 380 m de altitude.

As coletas foram realizadas com auxílio de uma pá de corte, enxada e enxadão. De cada área foram coletados 10 subamostras (0-20 cm), as quais foram misturadas em um balde e reservada uma porção de aproximadamente 500 g para análise do solo (Tabelas 1, 2

e 3). As unidades experimentais consistiram em vasos com capacidade de 9 L os quais foram preenchidos com solo previamente seco e peneirado (2 mm). Os solos foram corrigidos com calcário dolomítico (PRNT 75%), de acordo com a necessidade da cultura (Manual de adubação e calagem do Estado do Paraná, 2017) (Tabela 1).

TABELA 1 - Características químicas e físicas (areia, silte e argila) do solo 1 (Umuarama, Paraná).

pH*	P	Na ⁺	MO	Ca	K ⁺	CTC	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	----- mg dm ⁻³ -----	----- g dm ⁻³ -----	----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----		
4,90	36,35	5,43	16,94	1,96	0,14	5,51	50,30	88,00	2,00	10,00

*Valores de pH do solo em CaCl₂ (pH), fósforo (P), sódio (Na⁺), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), potássio (K⁺), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V). Fonte: Laboratório Rural de Maringá (2018).

TABELA 2 - Características químicas e físicas (areia, silte e argila) do solo 2 (Tapejara, Paraná).

pH*	P	Na ⁺	MO	Ca	K ⁺	CTC	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	----- mg dm ⁻³ -----	----- g dm ⁻³ -----	----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----		
5,50	14,28	3,66	17,61	1,89	0,16	5,13	52,23	88,00	2,00	10,00

*Valores de pH do solo em CaCl₂ (pH), fósforo (P), sódio (Na⁺), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), potássio (K⁺), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V). Fonte: Laboratório Rural de Maringá (2018).

TABELA 3 - Características químicas e físicas (areia, silte e argila) do solo 3 (Cidade Gaúcha, Paraná).

pH*	P	Na ⁺	MO	Ca	K ⁺	CTC	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	----- mg dm ⁻³ -----	----- g dm ⁻³ -----	----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----		
5,40	15,32	2,63	14,71	1,66	0,10	4,09	48,37	100,00	0,00	0,00

*Valores de pH do solo em CaCl₂ (pH), fósforo (P), sódio (Na⁺), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), potássio (K⁺), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V). Fonte: Laboratório Rural de Maringá (2018).

Para a fertirrigação com vinhaça procedeu-se a sua coleta na Usina Santa Terezinha, localizada no município paranaense de Tapejara, no início de maio. O produto foi imediatamente congelado e uma amostra de aproximadamente 1 L foi encaminhada para o Laboratório Laborsolo, em Londrina (PR), para análise de nutrientes e contaminantes (Tabela 4).

As dosagens de vinhaça a serem utilizadas na experimentação foram calculadas de acordo com a necessidade da cultura da soja e, levando em consideração os contaminantes e elementos químicos presentes no produto (Tabelas 4, 5 e 6) (Manual de adubação e calagem do Rio Grande do Sul, 2016; Manual de adubação e calagem do Estado do Paraná, 2017).

TABELA 4 - Contaminantes presentes na vinhaça. Valores de alumínio (Al), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb).

Al	Cd	Co	Cr	Hg	Pb
----- mg L ⁻¹ -----					
0,90	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

*N.D. = não detectado. Fonte: Laboratório Laborsolo, Londrina, PR (2018).

TABELA 5 - Elementos químicos presentes da vinhaça. Valores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), magnésio (Mg), molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se), silício (Si) e zinco (Zn).

B	Cu	Fe	Mn	Mg	Mo	Ni	Se	Si	Zn
----- mg L ⁻¹ -----									
0,14	0,06	14,28	5,50	249,50	0,02	N.D.	0,03	36,56	0,11

*N.D. = não detectado. Fonte: Laboratório Laborsolo, Londrina, PR (2018).

TABELA 6 - Tratamentos e dosagens usadas em cada tipo de solo no experimento.

Tratamentos	Amostras de solo coletados nos municípios paranaenses*		
	M1	M2	M3
Calcário (g)	2,88	2,53	3,40
Superfosfato simples (g) + cloreto de potássio (g)	1,12 + 0,60	2,0 + 0,60	1,18 + 0,66
Vinhaça (L)	5,10	8,90	8,10

*M1 = ARGISSOLO VERMELHO Distrófico coletado em Umuarama, M2 = ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico coletado em Tapejara e M3 = ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico coletado em Cidade Gaúcha.

Quarenta e três dias após a sementeira, as plantas foram avaliadas quanto ao comprimento da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm), biomassa fresca e seca da parte aérea, caule e folha (g) e biomassa fresca e seca das raízes (g).

As pesagens foram feitas com o auxílio de balança analítica de precisão, e para as medições utilizou-se régua de 30 cm. Para a estimativa do comprimento da parte aérea tomou-se como base o início do colo da planta até a última folha visível, sendo a mesma metodologia adotada para a estimativa do comprimento da raiz, a qual considerou o segmento radicular mais longo. As amostras foram secas em estufa com renovação e circulação de ar a $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, até atingirem biomassa constante.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×3 [3 amostras de solo coletadas em três municípios paranaenses, sendo Umuarama, Tapejara e Cidade Gaúcha \times 3 tipos de adubação, sendo fertirrigação com vinhaça, adubação mineral (P e K) e sem adubação, somente com aplicação de calcário], com 6 repetições, sendo duas plantas por repetição, totalizando 54 unidades

experimentais. Utilizou-se como fonte de fósforo o superfosfato simples (SSP) e potássio o cloreto de potássio (KCl).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk, e após a confirmação da parametricidade, à análise de variância a 5% de significância. Quando significativo, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a biomassa fresca da raiz não houve interação estatística ($p \leq 0,05$) entre tipos de adubação e solos, entretanto, observou-se diferença significativa para cada um dos fatores isoladamente. As plantas adubadas com SSP+KCl e aquelas cujo solo foi apenas corrigido com calcário não diferiram estatisticamente entre apresentando valores de massa fresca da raiz de 6,62 e 6,51 g, respectivamente. Entretanto, o tratamento fertirrigado com vinhaça diferiu dos demais apresentando reduzida biomassa fresca das raízes (1,26 g) (Figura 1).

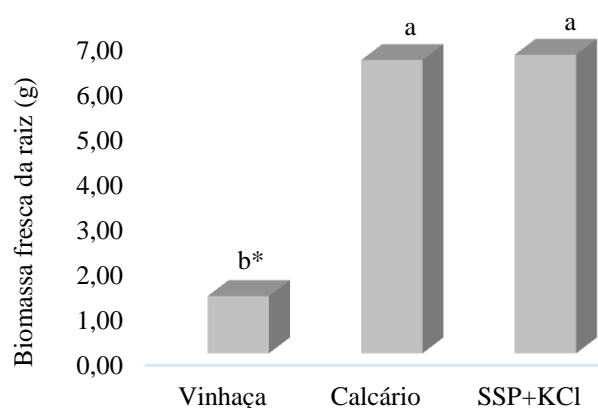


FIGURA 1 - Resposta da adubação mineral e orgânica sobre a massa fresca de raiz de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 49,06%.

A utilização da vinhaça concentrada desfavoreceu o aumento significativo da massa fresca da raiz da soja, resultando em plantas menores, com sistema radicular pouco desenvolvido. Todos os tratamentos fertirrigados com vinhaça apresentaram o solo encharcado, o qual prejudicou a germinação das sementes e consequentemente o desenvolvimento das plantas.

Em condições de encharcamento, os poros do solo são preenchidos por água dificultando a difusão de gases, como o oxigênio, comprometendo o desenvolvimento das plantas (PEZESHKI, 2001; PISICCHIO et al., 2010). Desta forma, o excesso de água atua como um fator de estresse podendo diminuir ou inibir a germinação de sementes, restringir o crescimento e

consequentemente afetar o seu estabelecimento e até mesmo interferir na sobrevivência ou mortalidade da planta (DANTAS et al., 2000; FERREIRA et al., 2009; MEDINA et al., 2009).

Os solos utilizados também apresentaram efeitos distintos sobre a biomassa fresca das raízes. O solo proveniente de Cidade Gaúcha diferiu dos demais ($p \leq 0,05$)

e apresentou maior efeito negativo sobre o desenvolvimento das raízes, as quais apresentaram menor massa fresca (3,18 g) quando submetidas a este tratamento (Figura 2). Os solos da cidade de Umuarama e Tapejara, por sua vez, não diferiram entre si, ambos apresentando valores médios similares (5,34 e 5,87 g) de biomassa fresca das raízes (Figura 2).

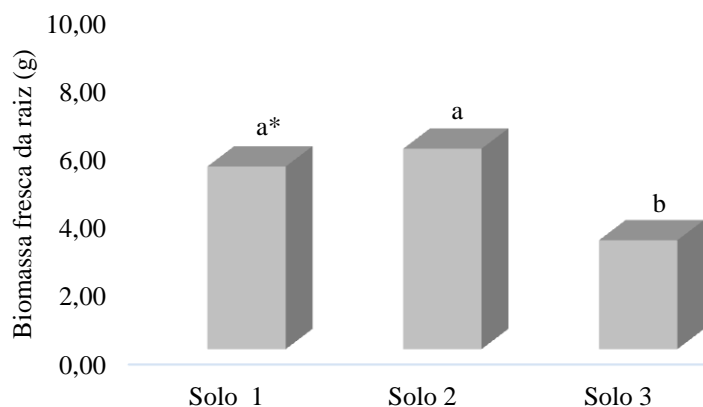


FIGURA 2 - Resposta dos solos coletados em diferentes localidades sobre a biomassa fresca de raízes de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 49,06%.

Ramos et al. (2008) verificaram o efeito negativo da utilização de vinhaça sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de amendoim e girassol, os quais verificaram que a aplicação de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça retardou a emergência e o desenvolvimento inicial das plantas. O efeito negativo da utilização de doses superiores a $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça sobre a produtividade de matéria seca da aveia preta também foi constatada ao comparar-se a produtividade obtida com adubação mineral, em que a

aplicação de 150 e $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça reduziu em 10,8 e 8,4% a produtividade da biomassa seca, respectivamente.

Para a biomassa seca das raízes, não se verificou interação significativa entre os tipos de adubação e solo, apresentando significância apenas para os tipos de adubação testados. Assim como para a biomassa fresca das raízes observou-se diferença entre o tratamento com vinhaça (0,16 g) e aqueles que utilizaram SSP+KCl (0,81 g) e apenas calcário (0,87 g) (Figura 3).

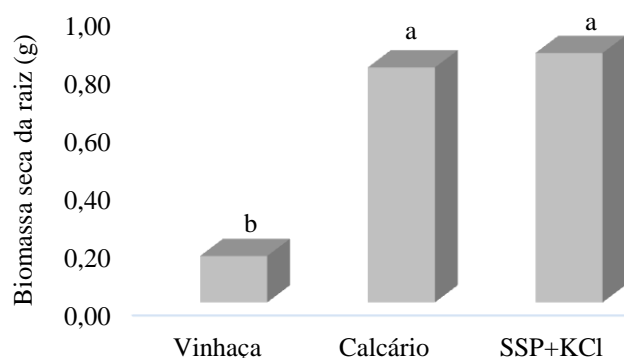


FIGURA 3 - Resposta da adubação mineral e orgânica sobre a massa seca de raiz de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 43,66%.

Para biomassa fresca do caule, não houve diferença estatística na interação dos fatores adubação e solos, entretanto, observou-se diferença significativa para os tipos de adubação testados. O tratamento à base de fertilização diferiu estatisticamente do tratamento no qual

foi utilizado somente calcário, mas não diferiu do tratamento com adubação mineral (SSP+KCl). A biomassa fresca média para o caule variou de 1,91 (tratamento com vinhaça) a 3,73 g (tratamento com calcário), evidenciando

mais uma vez o efeito negativo da vinhaça sobre os

parâmetros de crescimento da planta (Figura 4).

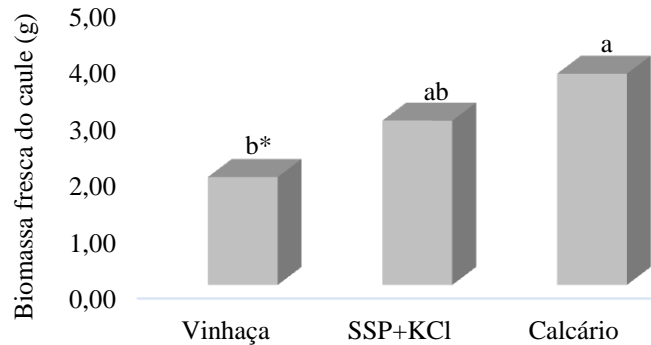


FIGURA 4 - Resposta da adubação mineral e orgânica sobre a biomassa fresca do caule de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 64,84%.

Brito et al. (2009) e Barros et al. (2010), analisando o teor de potássio, no lixiviado e no solo, após a aplicação de vinhaça, concluiu que a vinhaça reduziu o excesso de potássio no solo, o qual pode provocar a dispersão de argila ou desequilíbrio nutricional, o qual afeta negativamente as plantas. Portanto, a aplicação de potássio via vinhaça concentrada pode ter efeitos, em curto prazo, negativos ao desenvolvimento das plantas, uma vez que afeta o teor de argila e provavelmente o pH. Logo após a aplicação da vinhaça há uma ligeira redução no pH do solo, mas, com a degradação da matéria orgânica, há elevação no pH, principalmente nos Argissolos, mesmo tipo de solo utilizado neste trabalho.

Mesmo reduzindo o pH do solo, com o passar do tempo a matéria orgânica sofre degradação, possibilitando o aumento do pH. O efeito negativo, observado neste experimento, após aplicação da vinhaça no solo, se deu, provavelmente, devido ao curto intervalo de tempo para a aplicação e semeadura, o qual não foi suficiente para promover a decomposição da matéria orgânica mantendo o pH do solo baixo, o que influenciou o processo de

germinação e desenvolvimento da planta (MALAVOLTA, 1981; BRITO et al., 2007).

Robaina et al. (1983) analisando o efeito da vinhaça na produção de cana-de-açúcar, em treze experimentos, sendo oito sob solos de textura com argila inferior a 35%, e cinco experimentos instalados sob solos de textura mais argilosa (>35% de argila), verificaram que nos solos mais argilosos, apenas um experimento não apresentou resposta significativa à aplicação de vinhaça, já nos solos mais arenosos, apenas um, apresentou resposta significativa à aplicação de vinhaça, concluindo que a resposta da cana-de-açúcar, à aplicação de vinhaça é dependente do tipo de solo.

Para a variável massa seca do caule observou-se diferença significativa apenas para os tipos de adubação, sendo que os tratamentos com SSP+KCl e calcário superaram o tratamento com vinhaça. Os valores médios para biomassa seca do caule foram de 0,17; 0,86 e 0,87 g (Figura 5) para os tratamentos com vinhaça, SSP+KCl e calcário, respectivamente.

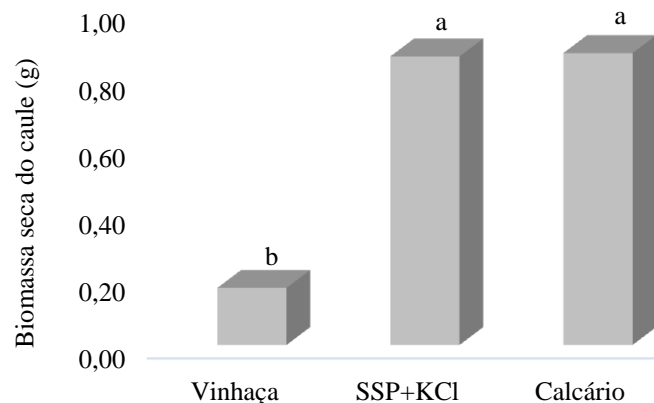


FIGURA 5 - Resposta da adubação mineral e orgânica sobre a massa seca do caule de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 27,65%.

Basso et al. (2013) observou aumento da produção da massa seca de aveia preta fertirrigada com vinhaça (100 m³ ha⁻¹), sendo que doses superiores a estas inibiram a produtividade. Segundo os autores, esta redução pode estar associada ao momento de aplicação da vinhaça, a qual foi realizada no estágio inicial de desenvolvimento da aveia, de forma similar ao que foi realizado neste trabalho, fato que também sugere uma possível explicação ao efeito negativo da aplicação da vinhaça sobre os parâmetros analisados.

Para biomassa fresca das folhas, não houve diferença estatística ($p \leq 0,05$) para a interação dos fatores adubação e solos. Para esta variável observou-se diferença entre os tipos de adubação avaliados, sendo que o tratamento com aplicação de calcário superou os demais apresentando 4,92 g de massa fresca da folha contra 3,16 e 1,57 g dos tratamentos com adubação mineral e orgânica, respectivamente (Figura 6).

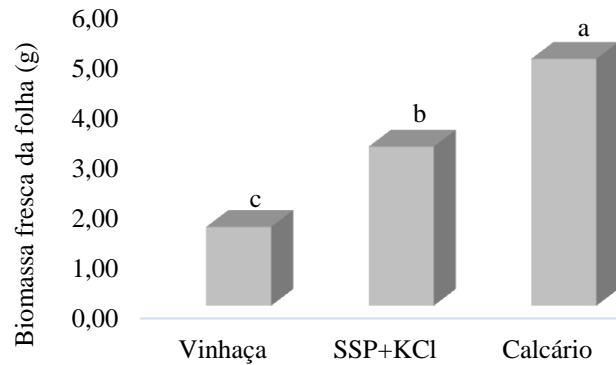


FIGURA 6 - Resposta da adubação mineral e orgânica sobre a massa fresca da folha de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 55,78%.

O uso da vinhaça concentrada como fertilizante é vantajoso devido à riqueza de matéria orgânica, potássio e enxofre. A vinhaça concentrada adquire estabilidade biológica podendo ser armazenada por um longo período e aplicada ao solo quando necessário. De acordo com os estudos de Rezende (1984), a utilização da vinhaça concentrada como biofertilizante líquido proporcionou uma redução significativa na massa fresca e seca da raiz, massa fresca e seca do caule, massa fresca e seca da folha, comprimento da parte aérea e comprimento da raiz, estudadas na alface, apresentando plantas menores, com menor número de folhas e menor massa fresca da folha. Além disso, o aumento da dose de vinhaça (2,91 m³ ha⁻¹) utilizada promoveu uma diminuição da massa fresca total.

Esse resultado demonstra, a princípio, a inviabilidade do uso da vinhaça concentrada como biofertilizante, conforme observado neste trabalho.

Para variável massa seca da folha não houve diferença estatísticas ($p \leq 0,05$) para a interação dos fatores adubação e solos, entretanto, observou-se diferença significativa para os tipos de adubação e solos testados. O parâmetro massa seca da folha foi influenciado pelo tipo de adubação testada, sendo que a adubação mineral (SSP+KCl e Calcário) superaram o tratamento com vinhaça. Os valores médios de massa seca da folha variaram de 0,31 g (fertirrigação) a 1,50 g para o tratamento com calcário (Figura 7).

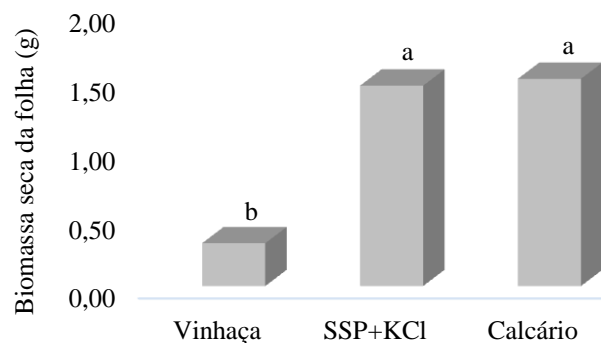


FIGURA 7 - Resposta da adubação mineral e orgânica sobre a biomassa seca da folha de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 27,19%.

Os diferentes solos também influenciaram a biomassa seca das folhas. Os solos denominados 2 e 3, provenientes de área de cultivo de cana-de-açúcar não diferiram entre si quanto à esta variável, apresentando valores médios de massa seca da folha de 0,91 g para o

solo de Cidade Gaúcha e 1,05 g para o solo coletado em Tapejara (Figura 8). O solo 1, por sua vez, coletado na cidade de Umuarama apresentou valor superior para a biomassa seca das folhas (1,30 g) diferindo dos demais (Figura 8).

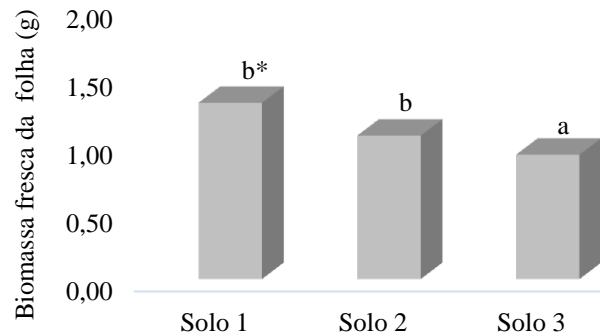


FIGURA 8 - Resposta dos solos coletados em diferentes localidades sobre a biomassa fresca de raízes de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 27,19%.

Casarini et al. (1985) e Camilotti et al. (2006), afirmam que os efeitos da aplicação de vinhaça são passageiros. Andrioli (1986), estudando os atributos físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de 1200 m³ ha⁻¹ de vinhaça, verificou que não houve alteração no teor de matéria orgânica nem porosidade total. Canellas et al. (2003), constataram que um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar teve aumento de carbono orgânico depois de 35 anos da aplicação de vinhaça.

Silva et al. (2007), alertam em relação à quantidade de vinhaça aplicada no solo como fertilizante, para que esta não exceda a capacidade de retenção de água pelo solo, que pode potencializar a perda de K por lixiviação. Também não foram encontradas diferenças para os teores de K trocável do solo, quando 50 e 100% da recomendação do K para a cultura do milho foram supridas com vinhaça (BEBÉ et al., 2008).

Estudos desenvolvidos por Camargo et al. (1983) e Andrioli (1986), mostraram que a aplicação de vinhaça não altera a densidade, a porosidade total, a macroporosidade nem a microporosidade do solo, devido

ao fato de não ocorrer aumento de matéria orgânica do solo, fato contestado com o trabalho de Canellas et al. (2003), que relataram aumento do teor de matéria orgânica e, com isto, melhoria nas condições físicas do solo em virtude de aplicações de vinhaça ao longo dos anos.

Os solos denominados 2 e 3 foram coletados na usina e consistem em solos submetidos a fertirrigação, sendo o solo 2 fertirrigado por 18 anos e o solo 3 por 12 anos, de acordo com a metodologia de aplicação da Usina. Contudo, mesmo sendo solos expostos à vinhaça por muitos anos, poucos efeitos significativos nas variáveis estudadas, com exceção do comprimento da parte aérea e da massa fresca da raiz foram observados.

Para variável comprimento da raiz, não houve diferença estatística ($p \leq 0,05$) para a interação dos fatores adubação e tipos de solo, entretanto, observou-se diferença significativa para os tipos de adubação testados, sendo os tratamentos SSP+KCL (35,38 cm) e calcário (38,35 cm) os que apresentaram valores médios de comprimento da raiz superiores ao tratamento com vinhaça (9,85 cm) (Figura 9).

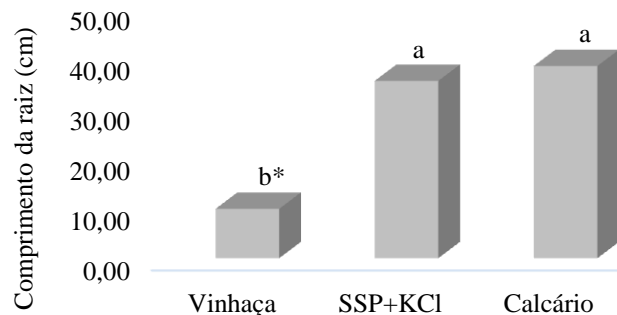


FIGURA 9 - Adubação mineral e orgânica no comprimento de raiz de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 20,80%.

Paulino et al. (2002), avaliando o efeito de doses de vinhaça na produção de colmos e enraizamento da cana-de-açúcar, cultivada em LATOSSOLO VERMELHO, em Londrina (PR), pelo período de cinco anos, concluíram que a aplicação da vinhaça, aumentou o enraizamento e a produção de colmos, e verificaram que 300 m³ ha⁻¹ proporcionou as maiores produções de colmo, açúcar e álcool.

Para comprimento da parte aérea, não houve diferença estatística ($p \leq 0,05$) para a interação dos fatores

adubação e tipos de solos, entretanto, observou-se diferença significativa para os tipos de adubação e solos testados, sendo os tratamentos SSP+KCL e calcário, aqueles com médias de comprimento da parte aérea superiores ao tratamento com vinhaça. Os valores médios para o comprimento da parte aérea foram de 31,36 cm, 30,83 cm e 16,43 cm para os tratamentos com calcário, SSP+KCL e vinhaça, respectivamente (Figura 10).

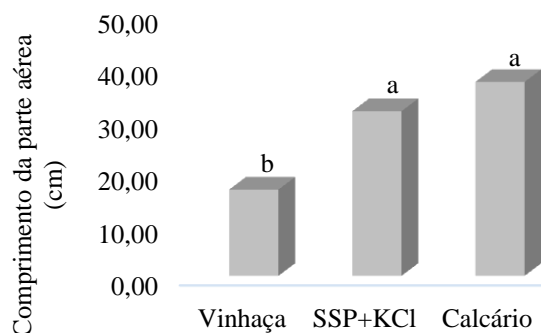


FIGURA 10 - Resposta da adubação mineral e orgânica no comprimento da parte aérea de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 35,06%.

O comprimento da parte aérea das plantas não variou significativamente ao comparar-se os solos 1 (30,83 cm) e solo 2 (32,80 cm), os quais diferiram estatisticamente do solo 3 (21,09 cm) (Figura 11). As plantas que assumiram maior altura foram aquelas adubadas com fertilizantes minerais (calcário e SSP+KCl),

sendo as plantas fertirrigadas com vinhaça aquelas com desenvolvimento mais afetado (Figura 10). A utilização da vinhaça concentrada desfavoreceu o aumento significativo nas características estudadas na cultura da soja, resultando em plantas menores.

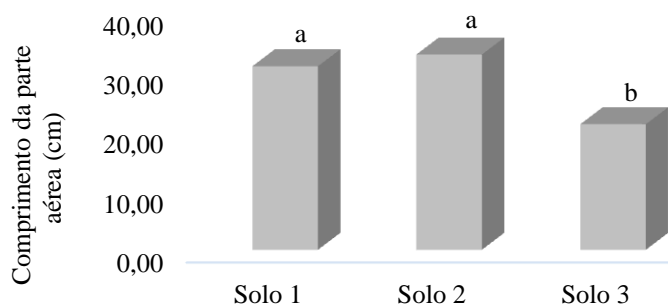


FIGURA 11 - Resposta dos solos coletados em diferentes localidades sobre o comprimento da parte aérea de plantas de soja. *Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro. CV = 35,06%.

Segundo Tejada e Gonzales (2005), a alta concentração de sódio e ácidos fúlvicos da vinhaça transportados para o interior do solo pode afetar negativamente a condutividade elétrica, a absorção de nutrientes pelas plantas e a estrutura do vegetal. Esta pode ser, portanto, uma explicação para os reduzidos valores de comprimento das raízes e parte aérea obtidos no experimento.

Todos os parâmetros de crescimento avaliados foram influenciados pela fertirrigação com vinhaça,

sugerindo que a dose recomendada, seguindo esta metodologia de aplicação, interfere nos eventos de germinação e desenvolvimento inicial da soja.

CONCLUSÕES

A adubação mineral e a utilização de calcário favorecem o desenvolvimento inicial e o crescimento de plântulas de soja, superando a fertirrigação com vinhaça de cana-de-açúcar.

Os solos estudados apresentaram poucos efeitos significativos sobre as variáveis estudadas, mesmo aqueles previamente fertirrigados por longos períodos e com altas doses de vinhaça.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Nitrato no solo com aplicação de dejetos líquidos de suíno no milho em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.5, p.2101-2111, 2008.
- ANDRIOLI, I. **Efeitos da vinhaça em algumas propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de textura média**. 1986. 104p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1986.
- BARROS, R.P.; VIÉGAS, P.R.A.; SILVA, T.L.; SOUZA, R.M.; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R.A.; BARRETTO, M.C.V.; MELO, A.S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.40, n.3, p.341-346, 2010.
- BASSO, C.J.; LAMEGOL, A.L.S.F.P.; SOMAVILLA, L.; BRIGOL, T.J. Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-preta/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.43, n.4, p.596-602, 2013.
- BRASIL. **Mais da metade da safra nacional de grãos é produzida em quatro estados**. 2017. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/05/mais-da-metade-da-safra-nacional-de-graos-e-produzida-em-quatro-estados>. Acesso em: 04 nov. 2018.
- BEBÉ, F.V.; SILVA, G.B.; BARROS, M.F.C.; CAMPOS, M.C.C. Desenvolvimento do milho e alterações químicas em solo sob aplicação de vinhaça. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v.8, n.2, p.191-196, 2008.
- BLANCO, J.G.; MUÑOZ, E.; RÍOS, L.H. Effects of a vinasse-microorganism blend application on a Vertisol with sugarcane. *Agronomia Colombiana*, v.30, n.1, p.116-123, 2012.
- BRITO, F.L.; ROLIM, M.M.; PEDROSA, E.M.R. Concentração de cátions presentes no lixiviado de solos tratados com vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.3, p.773-781, 2007.
- BRITO, F.L.; ROLIM, M.M.; PEDROSA, E.M.R. Efeito da aplicação de vinhaça nas características químicas de solos da zona da mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.4, p.456-462, 2009.
- CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S.; GERALDI, R.N. **Características químicas e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 30p.
- CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; MARQUES, M.O.; SILVA, A.R.; TASSO JÚNIOR, L.C.; NOBILE, F.O. Atributos físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.26, n.3, p.738-747, 2006.
- CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E.; SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.5, p.935-44, 2003.
- CARVALHO, E.R.; REZENDE, P.M.; ANDRADE, M.J.; PASSOS, A.M.A.; OLIVEIRA, J.A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes no solo. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.4, p.930-939, 2011.
- CASARINI, D.C.P.; CUNHA, R.C.A.; MASSET FILHO, B. Modificação da densidade da microflora em um solo tratado com vinhaça. *Revista DAE*, v.45, n.142, p.316-321, 1985.
- DANTAS, B.F., ARAGÃO, C.A., CAVARIANI, C., NAKAGAWA, J.; RODRIGUES, J.D. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, v.22, n.1, p.88-96, 2000.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (safra 2017/2018)**. Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 09 dez. 2018.
- FERREIRA, C.S.; PIEDADE, M.T.F.; FRANCO, A.C.; GONÇALVES, J.F.C.; JUNK, W.J. Adaptive strategies to tolerate prolonged flooding in seedlings of floodplain and upland populations of *Himatanthus succuba*, a Central Amazon tree. *Aquatic Botany*, v.90, n.1, p.246-252, 2009.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FREIRE, W.J.; CORTEZ, L.A.B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba. Agropecuária, 2000. 203p.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n.1, p.195-205, 2008.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3a. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10a. Ed. Porto Alegre: SBRS/Núcleo Regional Sul/Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de adubação e calagem do estado do Paraná**. Núcleo Estadual Paraná. Curitiba: SBRS/NEPAR, 2017. 482p.
- MEDINA, C.L.; SANCHES, M.C.; TUCCI, M.L.S.; SOUZA, C.A.F.; CUZZUOL, G. R.F.; JOLY, C.A. *Erythrina speciosa* (Leguminosae-Papilionoideae) under soil water saturation: morphophysiological and growth responses. *Annals of Botany*, v.104, n.4, p.671-680, 2009.

Adubação mineral e...

- MIYSAKA, S., OKAMOTO, H. Importância da matéria orgânica na agricultura. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1., 1992. **Anais...** Botucatu, SP, 1992.
- PAULINO, A.; MEDINA, C.; ROBAINA, C.; LAURANI, R. Produções agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. **Semina: Ciências Agrárias**, v.23, n.2, p.145-150, 2002.
- PENHABEL, L.A. Vinhaça: bio-fertilização e impacto ambiental. **Revista Cognitio**, [s.v.], n.1, [s.p.], 2010.
- PEREIRA, J.P.; ALVARENGA, E.M., TOSTES, J.R.P., FONTES, L.E.F. Efeito da adição de diferentes dosagens de vinhaça a um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico na germinação e vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n.2, p.147-150, 1992.
- PEZESHKI, S.R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v.46, n.1, p.299-312, 2001.
- PISICCHIO, C.M.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A.; SERT, M.A.; DEVANSO-FABRO, V.M.; MEDRI, M.E. *Heliocarpus popayanensis* (Malvaceae) tolera a hipoxia do substrato? **Acta Scientiarum**, Biological Sciences, v.32, n.2, p.201-209, 2010.
- RAMOS, N.P.; NOVO, M.C.S.S; UNGARO, M.R.G.; LAGO, A.A.; MARIN, G.C. Efeito da vinhaça no desenvolvimento inicial de girassol, mamona e amendoim em casa de vegetação. **Bragantia**, v.67, n.3, p.685-692, 2008.
- REZENDE, J.O. Vinhaça: outra grande ameaça ao meio ambiente. **Magistra**, v.1, [s.n.], [s.p.], 1984.
- ROBAINA, A.A.; VIEIRA, J.R.; AZEREDO, D.F.; BOLSANELLO, J.; MANHÃES, M.S. Doses e complementação mineral da vinhaça em socas de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, [s.v.], [s.n.], p.26-32, 1983.
- SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.108-114, 2007.
- TEJADA, M.; GONZALEZ, J.L. Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affects soil properties and yield. **European Journal of Agronomy**, v.23, n.1, p.336-347, 2005.
- ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, n.3/4, p.117-161, 1997.