

Efeitos de diferentes plantas de cobertura e extrato orgânico sobre atributos químicos de um solo franco argilo arenoso

Effects of different coverage plants and organic extract on chemical attributes of a loaded arenos clay soil

Efectos de diferentes plantas de cobertura y extracto orgánico sobre los atributos químicos de un suelo arcilloso de arenos cargado

Recebido: 30/09/2022 | Revisado: 16/10/2022 | Aceitado: 18/10/2022 | Publicado: 23/10/2022

João Carlos de Souza Maia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6204-8112>
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil
E-mail: jotace@terra.com.br

Paulo Afonso Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8054-4072>
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil
E-mail: paulo.ferreira@ufmt.br

Juliana Pires Basílio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4915-927X>
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil
E-mail: julianapiresagro@gmail.com

Luciana Alves Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2975-9374>
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil
E-mail: lucianamartins_agro@outlook.com

Lauryane Cecchin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8131-5669>
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil
E-mail: lauryane.cecchin@gmail.com

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do cultivo de diferentes espécies de plantas de cobertura e diferentes composições de adubações em relação as principais características químicas do solo. O estado foi desenvolvido em área comercial no período de primeira safra dos anos de 2020 e 2021, composto pelos seguintes tratamentos: T1 - milho + adubação convencional, T2 - milho orgânico, T3 - milho organomineral, T4 - milho + biocarvão, T5 - mix de plantas de cobertura, T6 - milho + braquiária, T7 - milho + breviflora, T8 - mix de plantas de cobertura + biocarvão, T9 - milheto, T10 - plantio direto + mix de plantas de cobertura. Amostras de solo foram coletadas no período de novembro e dezembro de cada ano e submetidas a análise em relação as principais características químicas do solo. De modo geral, os valores de pH do solo tiveram acréscimo do ano de 2020 para 2021, demonstrando que os manejos de cobertura e de adubação utilizados proporcionaram aumento do pH do solo. Para os valores de alumínio e saturação por alumínio, CTC efetiva, soma de bases e saturação por bases não houve variação significativa para os tratamentos. Os manejos T1, T3 e T6 apresentaram maiores teores de cálcio. Houve maior disponibilidade de nutrientes no solo em função da cobertura vegetal, principalmente para teores de potássio e fósforo.

Palavras-chave: Zea mays; Urochloa sp.; Fertilidade do solo; Matéria orgânica do solo; Sistema de plantio direto.

Abstract

This work aimed to evaluate the effect of the cultivation of different species of cover crops and different fertilizer compositions in relation to the main chemical characteristics of the soil. The state was developed in a commercial area in the period of the first harvest of the years 2020 and 2021, composed of the following treatments: T1 - corn + conventional fertilization, T2 - organic corn, T3 - organomineral corn, T4 - corn + biochar, T5 - mix of cover crops, T6 - corn + Brachiaria, T7 - corn + breviflora, T8 - mix of cover plants + biochar, T9 - millet, T10 - no-tillage + mix of cover plants. Soil samples were collected in the period of November and December of each year and submitted to analysis in relation to the main chemical characteristics of the soil. In general, soil pH values increased from 2020 to 2021, demonstrating that the cover and fertilization managements used increased soil pH. For the values of aluminum and aluminum saturation, effective CTC, sum of bases and saturation by bases there was no significant variation for

the treatments. Managements T1, T3 and T6 showed higher calcium contents. There was greater availability of nutrients in the soil as a function of the vegetation cover, mainly for potassium and phosphorus contents.

Keywords: Zea mays; Urochloa sp.; Soil fertility; Soil organic matter; No-tillage system.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del cultivo de diferentes especies de cultivos de cobertura y diferentes composiciones de fertilizantes en relación con las principales características químicas del suelo. El estado se desarrolló en un área comercial en el período de la primera cosecha de los años 2020 y 2021, compuesta por los siguientes tratamientos: T1 - maíz + fertilización convencional, T2 - maíz orgánico, T3 - maíz organomineral, T4 - maíz + biochar, T5 - mezcla de cultivos de cobertura, T6 - maíz + Brachiaria, T7 - maíz + breviflora, T8 - mezcla de plantas de cobertura + biocarbón, T9 - mijo, T10 - labranza cero + mezcla de plantas de cobertura. Las muestras de suelo fueron colectadas en el período de noviembre y diciembre de cada año y sometidas a análisis en relación a las principales características químicas del suelo. En general, los valores de pH del suelo aumentaron de 2020 a 2021, lo que demuestra que los manejos de cobertura y fertilización utilizados aumentaron el pH del suelo. Para los valores de aluminio y saturación de aluminio, CTC efectivo, suma de bases y saturación por bases no hubo variación significativa para los tratamientos. Los manejos T1, T3 y T6 presentaron mayores contenidos de calcio. Hubo mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo en función de la cobertura vegetal, principalmente por los contenidos de potasio y fósforo.

Palabras clave: Zea mays; Urochloa sp.; Fertilidad del suelo; Materia orgánica del suelo; Sistema de labranza cero.

1. Introdução

Os sistemas agrícolas atuais visam o aumento da produtividade e a intensificação e especialização da produção agrícola (Smith, 2015), em grande parte associados ao aumento do uso de agroquímicos. Consequentemente, as alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são aceleradas (Rosenzweig et al., 2014). Entretanto, o aumento da produtividade em um sistema agrícola sustentável está atrelado à ciclos ecológicos internos, reduzindo a dependência de insumos não renováveis e externos, otimizando o uso de água e energia, a saúde do solo e a degradação do meio ambiente (Altieri et al., 2012; Notaris et al., 2021).

A queda nos teores de matéria orgânica, acidez, capacidade de troca catiônica, a dinâmica, disponibilidade e teores de macro e micronutrientes no solo estão relacionados a perda da qualidade química do solo, afetando negativamente a saúde do solo (Cardoso & Andreote, 2016). Práticas de gestão integrada de culturas foram desenvolvidas e associadas a conservação e melhoria das propriedades do solo (Wang et al., 2006; Agegnehu & Amede, 2017; He et al., 2019). Entre elas, estão a rotação/sucessão de culturas, plantio direto, cultivo de culturas de cobertura, a integração lavoura-pecuária e a adição de fertilizantes orgânicos (Yin & Al-Kaisi, 2004; Ohno et al., 2009; Haney et al., 2012; Lemaire et al., 2015; He et al., 2016; Wen et al., 2016; Coser et al., 2018).

A implementação de uma gestão alternativa ao fertilizante mineral é uma tendência crescente na produção agrícola sustentável (Ren et al., 2019). A prática da associação de fertilizantes químicos e adubos orgânicos está vinculada a melhoria das propriedades do solo, como o aumento e transformação da matéria orgânica e atividade biológica de solo, além de proporcionar redução quantitativa na aplicação de adubos químicos (Ricci et al., 1995; Rizzi et al., 1998; Bulluck et al., 2002, Malta et al., 2019). Fertilizantes orgânicos estão associados a ciclagem e liberação de nutrientes e fixação de nitrogênio (Philippot et al., 2013; Ling et al., 2014; Finzi et al., 2015; Assis et al., 2020; Ji et al., 2020; Wu et al., 2020). Segundo Higashikawa et al. (2017), a adubação orgânica proporciona maior efeito benéfico sobre propriedades físico-química do solo, comparada a adubação mineral e os efeitos da adubação organomineral na fertilidade variam de acordo com as doses de compostos orgânicos.

A avaliação dos atributos químicos do solo é essencial para análise da influência das práticas agrícolas em relação ao potencial de produção das culturas e a saúde do solo. Estes fatores estão diretamente relacionados a fertilidade do solo e consequentemente, a disponibilidade e dinâmica dos nutrientes no solo e sua capacidade em suprir as necessidades para o desenvolvimento das culturas. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do cultivo de diferentes espécies de

plantas de cobertura e diferentes composições de adubações em relação as características químicas do solo.

2. Metodologia

O estudo foi desenvolvido em área comercial da Fazenda Muller no município de Nova Xavantina – MT sobre as coordenadas 14°45'52.41"S e 52°21'52.68"O, na altitude de 326 m, em Latossolo Vermelho Amarelo com textura franco argilo arenosa e as características químicas conforme a Tabela 1, destinada principalmente ao cultivo de soja e milho. De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo Aw, ou seja, clima tropical marcado por duas estações definidas, uma chuvosa (outubro - abril) e outra seca (maio - setembro).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.

Solo Área Experimental	pH		P	K	Ca	Mg	Ca+ Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	M.O
	H ₂ O	CaCl ₂	mg/dm ³					cmolc/dm ³				%		g/dm ³
	6,40	5,90	16,40	55,00	2,29	0,88	2,87	0,00	2,90	3,30	6,20	50,20	0,00	14,90

Fonte: Autores.

No período de primeira/segunda safra de 2020, o experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com dez tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por diferentes esquemas de manejos de cobertura vegetal e adubações: T1 - milho solteiro + adubação convencional, T2 - milho orgânico, T3 - milho organomineral, T4 - milho + biocarvão, T5 - mix de plantas de cobertura - milheto, crotalária, braquiária, T6 - milho + braquiária, T7 - milho + breviflora, T8 - mix de plantas de cobertura (milheto, crotalária, braquiária) + biocarvão, T9 - milheto, T10 - plantio direto + mix de plantas de cobertura (milheto, crotalária e braquiária).

Amostras de solo da camada de 0-20 cm foram coletadas entre os meses de novembro a dezembro dos anos de 2020 e 2021, armazenadas em sacos plásticos e enviadas ao Laboratório de Fertilidades do Solo da Universidade Federal do Mato Grosso. De acordo com a metodologia da EMBRAPA (2017), foram avaliados os seguintes atributos químicos do solo: potencial hidrogeniônico (pH) em água (H₂O) e clotero de potássio (KCl), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), cálcio + magnésio (Ca+Mg), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K) e matéria orgânica (MO). Os dados obtidos foram avaliados quanto à normalidade e a homogeneidade de variância, pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, submetidos a análise de variância e as médias comparadas por meio do teste Tukey à 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Sisvar® (Ferreira, 2000).

3. Resultados e Discussão

Verifica-se que de modo geral, os valores de pH do solo tiveram acréscimo do ano de 2020 para 2021, demonstrando que os manejos de cobertura utilizados e de adubação proporcionaram aumento do pH do solo. Costa et al (2019) estudando indicadores químicos de qualidade de solos sobre sistemas de produção verificou que o tipo de cobertura vegetal influenciou o pH do solo, indicando também o aumento de pH com a utilização de adubos orgânicos. A utilização de cobertura vegetal e adubos orgânicos induz o acúmulo de compostos orgânicos no solo, o que aumenta a liberação de ácidos orgânicos e consequentemente aumento de pH e CTC do solo (Tabela 2).

Para os valores de alumínio e saturação por alumínio, constatou-se que não houve influência em relação aos manejos de cobertura utilizados, não havendo variação significativa entre os tratamentos. Visualiza-se ainda que a saturação por alumínio se mostrou baixa no ano de 2020 com aumento significativo no ano 2021, fato que pode ser explicado pelo acúmulo

de resíduos de plantas orgânicas, fertilizantes a base de nitrogênio-fósforo-potássio e materiais nitrogenados que podem acidificar o solo (Jones, 1979; Bohnen, 1995). Alta saturação por alumínio em subsuperfície pode interferir no enraizamento de plantas e, conseqüentemente, em menor absorção de água e nutrientes, diminuindo o potencial de rendimento das culturas (Wilda et al., 2012; Malta et al, 2019). No entanto, a soma alumínio + hidrogênio que indica a acidez potencial, demonstrou que existe maior quantidade de hidrogênio influenciando o pH do solo. Segundo Lobato et al, (2004) para redução da acidez potencial do solo é necessário a adição de óxidos, hidróxidos ou carbonatos de cálcio e de magnésio.

Para CTC efetiva, soma de bases e saturação por bases não houve variação significativa para os tratamentos entre os anos avaliados. Segundo Souza et al., (2009) a capacidade de troca de cátions (CTC) está relacionada à soma das cargas negativas nas partículas microscópicas do solo, que reflete na retenção de cátions como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+), assim como alumínio (Al^+) e hidrogênio (H^+). Observa-se que os valores de soma de bases e CTC efetiva obtidos entre os diferentes manejos de cobertura são equivalentes, o que indica que esses sítios de troca catiônica estão ligados diretamente as bases presentes no solo, o mesmo resultado foi encontrado por Favarato et al., 2015 ao analisar atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura.

Tabela 2. Médias dos valores de pH em água (H₂O) e cloreto de potássio (KCl), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (t), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) em amostras de solo submetidas a diferentes sistemas de cobertura para os anos de 2020 e 2021.

Tratamento	pH		Al	H+Al	SB	t	V	m
	H ₂ O	KCl						
-----cmolc.dm ⁻³ -----								
-----%-----								
2020								
Milho solteiro + adubação convencional	5.98 a ¹	5.50 a	0.00 a	3.00 b	12.78 a	12.78 a	81.18 a	0.00 a
Milho orgânico	5.05 ab	4.62 a	0.25 a	4.44 ab	11.21 a	11.46 a	71.25 a	3.29 a
Milho organomineral	5.76 ab	5.18 a	0.00 a	4.08 ab	12.05 a	12.05 a	74.72 a	0.00 a
Milho + biocarvão	5.72 ab	5.06 a	0.00 a	4.50 ab	11.40 a	11.40 a	71.35 a	0.00 a
Mix de plantas de cobertura	5.16 ab	4.76 a	0.00 a	4.44 ab	10.87 a	10.87 a	71.03 a	0.00 a
Milho + Braquiária	4.85 b	4.53 a	0.18 a	6.18 a	9.60 a	9.78 a	60.76 a	2.35 a
Milho + Breviflora	5.20 ab	4.58 a	0.00 a	5.28 ab	10.44 a	10.44 a	66.02 a	0.00 a
Mix de plantas de cobertura + biocarvão	5.23 ab	4.54 a	0.18 a	3.96 ab	9.23 a	9.41 a	70.25 a	2.43 a
Milheto	5.41 ab	4.9 a	0.00 a	3.42 b	10.17 a	10.17 a	75.05 a	0.00 a
Plantio direto + mix de plantas de cobertura	5.58 ab	5.01 a	0.00 a	4.02 ab	12.14 a	12.14 a	75.10 a	0.00 a
CV (%)	6.98	9.06	185	19.7	11.6	5.23	10.2	190
2021								
Milho solteiro com adubação convencional	6.29 a	6.02 a	0.00 a	5.40 a	10.28 a	10.28 a	65.79 a	19.31 a
Milho orgânico	5.93 a	5.84 a	0.25 a	6.77 a	10.01 a	10.27 a	59.64 a	21.95 a
Milho organomineral	6.53 a	6.30 a	0.00 a	6.59 a	10.86 a	10.86 a	62.23 a	21.92 a
Milho + biocarvão	6.31 a	6.34 a	0.00 a	4.68 a	10.17 a	10.17 a	68.98 a	17.83 a
Mix de plantas de cobertura	6.16 a	6.07 a	0.15 a	5.46 a	9.82 a	9.96 a	64.06 a	19.27 a
Milho + Braquiária	5.97 a	5.54 a	0.29 a	7.07 a	8.92 a	9.21 a	55.75 a	22.29 a
Milho + Breviflora	6.42 a	5.61 a	0.25 a	6.89 a	9.77 a	10.03 a	58.68 a	22.16 a
Mix de plantas de cobertura + biocarvão	6.61 a	5.88 a	0.18 a	5.16 a	10.36 a	10.54 a	67.16 a	18.91 a
Milheto	6.41 a	6.2 a	0.00 a	5.10 a	9.94 a	9.94 a	66.24 a	18.54 a
Plantio direto + mix de plantas de cobertura	6.18 a	6.02 a	0.07 a	5.70 a	9.92 a	10.00 a	63.57 a	19.76 a
CV (%)	6.13	5.76	149	15.9	7.16	6.28	7.24	150

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). Fonte: Autores.

A análise química da Tabela 3, apresenta os valores médios de teor cátions trocáveis (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), fósforo (P) e matéria orgânica (MO). Observa-se que para o ano de 2020 houve variação para quantidade de cálcio entre os tratamentos realizados. Os manejos com “milho solteiro com adubação convencional”, “milho organomineral” e “milho + braquiária” apresentaram maiores teores de cálcio, no entanto, não diferiram estaticamente dos manejos com “milho orgânico”, “mix de plantas de cobertura”, “mix de plantas de cobertura + biocarvão”, “milheto” e “plantio direto + mix de plantas de cobertura (milheto + crotalária + braquiária)”. Para valores de magnésio, não foi observada variação entre os tratamentos, porém, verifica-se que ocorreu aumento nos níveis de magnésio no solo no ano de 2021 comparado a 2020.

A soma de cálcio + magnésio não apresentou variação entre os manejos em nenhum dos anos avaliados. De modo geral, foi observado aumento nos teores de magnésio e redução nos teores de cálcio no segundo ano, em relação ao primeiro, o que pode estar relacionado as propriedades químicas próximas desses nutrientes, como o raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade (Orlando Filho et al., 1996). Conseqüentemente, pode ocorrer competição pelos sítios de adsorção no solo, e na absorção pelas raízes, o que leva a interferência nos processos de adsorção e absorção entre os nutrientes e possível desequilíbrio na relação para ambos dependendo da forma que se encontra no solo e seu fornecimento via calagem e coberturas vegetais. Verifica-se ainda que a presença de cálcio e magnésio é de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, sendo o cálcio relacionado à estruturação das células e o magnésio ligado diretamente à molécula de clorofila, já que apresenta seu átomo centralizado nessas moléculas (Taiz & Zeiger, 2013).

Tabela 3. Médias dos valores de cálcio + magnésio (Ca+Mg), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K) e matéria orgânica (MO) em amostras de solo submetidas a diferentes sistemas de cobertura para os anos de 2020 e 2021.

Tratamento	Ca+Mg	Ca	Mg	K	P	MO
	-----cmolc.dm ⁻³ -----			-----mg.dm ⁻³ -----		g.kg ⁻¹
2020						
Milho solteiro com adubação convencional	9.63 a	8.00 a	1.63 a	122.72 a	30.13 a	6.74 a
Milho orgânico	8.33 a	7.60 ab	1.60 a	112.18 ab	20.82 ab	6.79 a
Milho organomineral	8.90 a	8.13 a	0.77 a	122.72 a	14.06 bc	6.51 a
Milho + biocarvão	9.03 a	6.73 bc	2.30 a	92.42 ab	17.60 bc	6.42 a
Mix de plantas de cobertura	8.17 a	7.53 ab	0.63 a	105.59 ab	14.94 bc	6.38 a
Milho + Braquiária	7.77 a	8.00 a	0.35 a	71.33 b	19.39 abc	7.01 a
Milho + Breviflora	7.90 a	5.83 c	2.07 a	64.75 b	14.16 bc	6.81 a
Mix de plantas de cobertura + biocarvão	8.03 a	7.40 ab	0.63 a	71.33 b	14.30 bc	6.31 a
Milheto	7.97 a	7.47 ab	0.50 a	85.83 ab	13.79 bc	6.30 a
Plantio direto + mix de plantas de cobertura	9.47 a	7.60 ab	1.87 a	104.27 ab	7.71 c	6.52 a
CV (%)	5.34	11.74	78.8	25.36	18.22	10.34
2021						
Milho solteiro com adubação convencional	10.00 a	6.36 a	3.64 a	107.96 a	5.17 b	6.10 a
Milho orgânico	9.27 a	5.67 a	3.61 a	288.22 a	32.44 ab	6.42 a
Milho organomineral	10.51 a	6.30 a	4.21 a	134.97 a	15.36 ab	6.67 a
Milho + biocarvão	9.91 a	6.21 a	3.70 a	102.03 a	33.23 a	5.89 a
Mix de plantas de cobertura	9.48 a	5.91 a	3.58 a	130.36 a	32.23 a	6.09 a
Milho + Braquiária	8.73 a	5.70 a	3.03 a	75.02 a	35.14 a	6.34 a
Milho + Breviflora	9.54 a	5.94 a	3.61 a	89.51 a	38.01 a	6.64 a
Mix de plantas de cobertura + biocarvão	10.12 a	6.18 a	3.94 a	92.15 a	39.13 a	6.08 a
Milheto	9.67 a	6.06 a	3.61 a	106.64 a	16.07 b	6.18 a
Plantio direto + mix de plantas de cobertura	9.36 a	5.88 a	3.48 a	97.42 a	18.26 ab	6.31 a
CV (%)	8.89	6.57	39.19	36.72	11.94	8.08

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). Fonte: Autores.

Para valores de potássio (K), verifica-se que houve variação entre os tratamentos apenas para o ano de 2020, em que os manejos de Milho solteiro com adubação convencional e Milho organomineral obtiveram os maiores teores, no entanto, não diferindo estatisticamente de Milho orgânico, Milho mais biocarvão, Milheto e Mix de Plantas de cobertura (Milheto + Crotalária + braquiária). Para o ano de 2021, os manejos foram semelhantes entre si, indicando que as coberturas vegetais utilizadas foram suficientes para suprir a demanda das culturas e manter os níveis do nutriente no solo. Segundo Brady (1989) o potássio é um nutriente muito requerido para culturas cultivadas, podendo ter a mesma demanda de nutrientes como nitrogênio. Torres, (2008) verificou que houve maior acúmulo de potássio em as gramíneas como (milheto, sorgo e braquiária) no primeiro ano e segundo ano de pousio.

Em relação aos valores de fósforo (P), constata-se que houve variação significativa entre os tratamentos para ambos os anos avaliados, o que demonstra variabilidade no aporte de fósforo entre as coberturas de solo utilizadas. Observa-se que no ano de 2020 a utilização de Milho solteiro com adubação convencional, Milho orgânico e Milho e Braquiária indicaram maiores de teores do nutriente, ao passo que Mix de Plantas de cobertura (Milheto + Crotalária + braquiária) indicou menor quantidade, o que pode ser explicado pela quantidade de plantas no sistema, pois demanda pelo nutriente se torna maior para produção de massa seca. No segundo ano, verifica-se que o manejo de Milho solteiro com adubação convencional e milheto indicaram menor quantidade de nutriente, o que aponta a perda de fósforo no sistema convencional, ao passo que os demais manejos obtiveram aumento nas quantidades de fósforo, sendo semelhantes entre si.

Para conteúdo de matéria orgânica, verifica-se que não houve variação significativa entre os tratamentos nos anos avaliados, não ocorrendo incremento de matéria orgânica entre os dois anos avaliados, no entanto, verifica-se que o incremento de matéria orgânica no solo é um processo lento, que pode ser influenciado positivamente pela ausência de revolvimento do solo e permanência de resíduos culturais na sua superfície (Chiodini, B. M., et al, 2013). Segundo Fraga & Salcedo, (2004), a matéria orgânica associada a adubação mineral, refletem em alternativas viáveis para produção agrícola sustentável, promovendo a melhoria da qualidade do solo.

4. Conclusão

A utilização de diferentes coberturas vegetais influencia nos atributos químicos do solo.

Houve maior disponibilidade de nutrientes ao solo em função da cobertura vegetal, principalmente para teores de potássio e fósforo.

Referências

- Agegnehu, G., & Amede, T. (2017). Integrated soil fertility and plant nutrient management in tropical agro-ecosystems: A review. *Pedosphere*, 27(4), 662-680.
- Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R., & Petersen, P. (2012). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 1-13.
- Assis, R. M. A. de, Carneiro, J. J., Medeiros, A. P. R., Carvalho, A. A. de, Honorato, A. C. da, Carneiro, M. A. C., Bertolucci, S. K. V., & Pinto, J. E. B. P. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic manure enhance growth and accumulation of citral, total phenols, and flavonoids in *Melissa officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, 158, 112981.
- Chiodini, B. M., Silva, A. G., Negreiros, A. B., & Magalhães, L. B. (2013). Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. *Revista Cultivando o Saber*, 6(1), 181-190.
- Bulluck, L. R., Brosius, M. G., Evanylo, K., & Ristaino, J. B. (2002) Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, 19(2), 147-160.
- Cardoso, E. J. B. N., & Andreote, F. D. (2016). *Microbiologia do solo*. (2ª ed.): ESALQ.
- Coser, T. R., Ramos, M. L. G., Figueiredo, C. C. de, Carvalho, A. M. de, Cavalcante, E., Moreira, M. K. R., Araujo, P. S. M., & Oliveira, S. A. de. (2016) Soil microbiological properties and available nitrogen for corn in monoculture and intercropped with forage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(9), 1660-1667.

- Costa, H. S., Santos, T. S., Cândido, J. S., Jesus, L. M., Souza, T. A. A., & Martins, J. C. (2019). Indicadores químicos de qualidade de solos em diferentes coberturas vegetais e sistemas de manejo. *Revista Fitos*, 13(1), 42-48.
- Ebeling, A. G., Anjos, L. H. C. dos, Perez, D. V., Pereira, M. G., & Valladares, G. S. (2008). Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. *Bragantia*, 67(2), 429-439.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.
- Fraga, V. S., & Salcedo, I. H. (2004). Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society of America Journal*, 68 (1), 215-224.
- Finzi, A. C., Abramoff, R. Z., & Spiller, K. S. (2015). Rhizosphere processes are quantitatively important components of terrestrial carbon and nutrient cycles. *Global Change Biology*, 21, 2082-2094.
- Haney, R. L., Franzluebbers, A. J., Jin, V. L., Johnson, M-V., Haney, E. B., White, M. J., & Harmel, R. D. (2012). Soil organic C:N vs. water-extractable organic C:N. *Open Journal Soil Science*, 02(3), 269-274.
- He, Z., Pagliari, P. H., & Waldrip, H. M. (2016). Applied and environmental chemistry of animal manure: a review. *Pedosphere*, 26(6), 779-816.
- He, Z., Tazisong, I. A., Yin, X., Watts, D. B., Senwo, Z. N., & Torbert, H. A. (2019). Long-Term Cropping System, Tillage, and Poultry Litter Application Affect the Chemical Properties of an Alabama Ultisol. *Pedosphere*, 29(2), 180-194.
- Higashikawa, F. S., & Menezes Júnior, F. O. G. (2017). Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. *Revista Scientia Agraria*, 18(2), 1-10.
- Ji, L., Ni, K., Wu, Z., Zhang, J., Yi, X., Yang, X., Ling, N., You, Z., Guo, S., & Ruan, J. (2020). Effect of organic substitution rates on soil quality and fungal community composition in a tea plantation with long-term fertilization. *Biology and Fertility of Soils*, 56(5), 633-646.
- Lemaire, G., Gastal, F., Franzluebbers, A., & Chabbi, A. (2015). Grassland-Cropping Rotations: An avenue for agricultural diversification to reconcile high production with environmental quality. *Environmental Management*, 56(5), 1065-1077.
- Ling, N., Sun, Y., Ma, J., Guo, J., Zhu, P., Peng, C., Yu, G., Ran, W., Guo, S., & Shen, Q. (2014). Response of the bacterial diversity and soil enzyme activity in particle-size fractions of Mollisol after different fertilization in a long-term experiment. *Biology and Fertility of Soils*, 50(6), 901-911.
- Lobato, E., & de Sousa, D. M. G. (2004). Cerrado: correção do solo e adubação. Distrito Federal: Embrapa Cerrados.
- Malavota, E. (2002). Adubos e adubações. São Paulo: Editora NBL.
- Malta, A. O. de, Pereira, W. E., Torres, M. N. N., Malta, A. O. de, Silva, E. S. da., & Silva, S. I. A. da. (2019). Atributos físicos e químicos do solo cultivado com graviola, sob adubação orgânica e mineral. *PesquisAgro*, 2(1), 11-23.
- Mundo, N. (2008). Ocorrência de solos ácidos. (Tese de doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Notaris, C. de, Jensen, J. L., Olesen, J. E., Silva, T. S. da, Rasmussen, J., Panagea, I., & Rubæk, G. H. (2021). Long-term soil quality effects of soil and crop management in organic and conventional arable cropping systems. *Geoderma*, 403, 115383.
- Ohno, T., He, Z., Tazisong, I. A., & Senwo, Z. N. (2009) Influence of tillage, cropping, and nitrogen source on the chemical characteristics of humic acid, fulvic acid, and water-soluble soil organic matter fractions of a long-term cropping system study. *Soil Science*, 174(12), 652-660.
- Philippot, L., Raaijmakers, J. M. & Lemanceau, P., & van der Putten, W. H. (2013). Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology*, 11(11), 789-799.
- Ren, C., Liu, S., van Grinsven, H., Reis, S., Jin, S., Liu, H., & Gu, B. (2019). The impact of farm size on agricultural sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 220, 357-367.
- Ricci, M. S. F. dos., Casali, V. W. D., Cardoso, A. A., & Ruiz, H. A. (1995). Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(8), 1035-1039.
- Rizzi, L. C., Rabelo, L. R., Morini Filho, W., Savazaki, E. T., & Kavati, R. (1998). Cultura do maracujá - azedo. Campinas: CATI.
- Rosenzweig, C., Jones, J. W., Hatfield, J. L., Ruane, A. C., Boote, K. J., Thorburn, P., Antle, J. M., Nelson, G. C., Porter, C., Janssen, S., Asseng, S., Basso, B., Ewert, F., Wallach, D., Baigorria, G., & Winter, J. M. (2013). The agricultural model intercomparison and improvement Project (AgMIP): protocols and pilot studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 166-183.
- Smith, P. (2015). Malthus is still wrong: we can feed a world of 9-10 billion, but only by reducing food demand. *Proceedings of the Nutrition Society*. 74(3), 187-190.
- Souza, T. T., Lima, A. B., & Teixeira, W. G. O aumento da capacidade de troca de cátions (ctc) do solo através da aplicação de carvão vegetal em um latossolo amarelo na Amazônia central. 61º Reunião Anual da SBPC, 2009. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/61ra/resumos/resumos/5950.htm>>, acesso em: 10/03/2021.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. (5ª. ed.): Artmed.
- Torres, J. L. R., & Pereira, M. G. (2008). Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(40), 1609-1618.

Wang, X. B., Cai, D. X., Hoogmoed, W. B., Oenema, O., & Perdok, U. D. (2006). Potential effect of conservation tillage on sustainable land use: A review of global long-term studies. *Pedosphere*. 16(5), 587–595.

Wen, Z. H., Shen, J., Blackwell, M., Li, H., Zhao, B., & Yuan, H. (2016). Combined applications of nitrogen and phosphorus fertilizers with manure increase maize yield and nutrient uptake via stimulating root growth in a long-term experiment. *Pedosphere*, 26(1), 62–73.

Wu, Z. X., Li, H. H., & Liu, Q. L. (2020) Application of bio-organic fertilizer, not biochar, in degraded red soil improves soil nutrients and plant growth. *Rhizosphere*, 16.

Yin, X., & Al-Kaisi, M. M. (2004). Periodic response of soybean yields and economic returns to long-term no-tillage. *Agronomy Journal*. 96(3), 723–733.