

Performance of early corn fertilized with aquatic macrophytes submitted to composting and vermicomposting processes

Desempenho de milho precoce adubado com macrófitas aquáticas submetidas aos processos de compostagem e vermicompostagem

Rendimiento del maíz temprano fertilizado con macrófitas acuáticas sometidos a procesos de compostaje y vermicompostaje

Recebido: 30/08/2022 | Revisado: 20/09/2022 | Aceitado: 06/10/2022 | Publicado: 12/10/2022

Gênesis Alves de Azevedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4786-9278>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: genesis.azevedo@unesp.br

Kátia Luciene Maltoni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6619-4504>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: katia.maltoni@unesp.br

João Antônio da Costa Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7956-5124>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: joao.ac.andrade@unesp.br

Gláucia Amorim Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2474-4840>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: glauucia.a.faria@unesp.br

Epitácio José de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3094-1237>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: epitacio.agro@gmail.com

James Ribeiro de Azevedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3319-6161>
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: james.azevedo@ufma.br

Resumo

Com o aumento contínuo dos custos de produção agrícola torna-se importante o uso de processos que permitam a reciclagem de nutrientes oriundos de resíduos orgânicos. Desse modo, objetivou-se utilizar compostos e vermicompostos, a partir de macrófitas aquáticas, na produção agrícola de milho (*Zea mays* L.) e avaliar o desempenho biométrico e produtivo das plantas em resposta à adubação orgânica. O experimento foi conduzido na Fazenda da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira. Foram produzidos dois compostos orgânicos à base macrófitas aquáticas, um compostado e outro vermicompostado. O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizado, com oito tratamentos, sendo três constituídos de compostos com – 20, 40, 60 dias e três com vermicompostos – 20, 40, 60 dias, um com adubação NPK e um sem adubação, contendo em cada parcela 10 plantas úteis. Os compostos e vermicompostos foram eficientes para crescimento e produtividade do milho, não apresentando diferença entre os tipos de compostos apenas para umidade e número médio de grãos por fileira e, para o tempo de compostagem apenas para altura, umidade e número médio de grãos por fileira e número médio de fileiras por espiga. Entre o tratamento controle (Solo) e a testemunha (NPK) apenas umidade de grãos não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Estes resultados mostram o potencial da macrófita aquática como adubo orgânico vermicompostado, sendo o melhor resultado com 60 dias de compostagem.

Palavras-chave: Composto orgânico; Produtividade; *Zea mays* L.

Abstract

With the increase in the production of agricultural waste becomes the use of processes that is important for the production of organic or organic nutrients. This way, the objective was to use ecomposts, composed from aquatic macrophytes in the agricultural production of (*Zea mays* L.) corn and to evaluate the biometric and productive performance of the plants in response to organic triggering. The silting experiment at the São Paulo State University of Ilha Sol Farm. There were two composts based on aquatic macrophytes, one composted and the other vermicomposted. The Montado was in a randomized block design, with eight treatments, three days with three

composite compounds – 20, 40, 60 days – 20, 40, 60, one with NPK fertilization and one without fertilization, containing 10 useful plants in each plot. The efficient composts were composed for and corn productivity, not presenting the types of growth only for the magnitude and the average number of grains per highlight and, for the composting time only for height, abundance and average number of grains in full and average number of des per ear. Between the control treatment (Soil) and the control (NPK) only grain moisture showed no statistical difference between treatments. These results show the potential of the aquatic macrophyte as an organic vermicompost fertilizer, with the best result being 60 days of composting.

Keywords: Organic compost; Productivity; *Zea mays* L.

Resumen

Con el continuo aumento de los costos de producción agrícola, cobra importancia el uso de procesos que permitan el reciclaje de nutrientes de los residuos orgánicos. Así, el objetivo fue utilizar compostas y vermicompostas, a partir de macrófitas acuáticas, en la producción agrícola de maíz (*Zea mays* L.) y evaluar el comportamiento biométrico y productivo de las plantas en respuesta a la fertilización orgánica. El experimento fue realizado en la Granja de la Universidad Estatal de São Paulo, Campus Ilha Solteira. Se produjeron dos compuestos orgánicos a base de macrófitas acuáticas, uno compostado y otro vermicompostado. El experimento se montó en un diseño de bloques al azar, con ocho tratamientos, tres de compostas con - 20, 40, 60 días y tres con vermicompostas - 20, 40, 60 días, uno con fertilización NPK y uno sin fertilización, conteniendo en cada parcela 10 plantas útiles. Las compostas y vermicompostas fueron eficientes para el crecimiento y productividad del maíz, sin diferencia entre los tipos de compostas solo para humedad y número promedio de granos por hilera, y para el tiempo de compostaje solo para altura, humedad y número promedio de granos por hilera. de hileras por mazorca. Entre el tratamiento testigo (Suelo) y el testigo (NPK) solo la humedad del grano no presentó diferencia estadística entre tratamientos. Estos resultados muestran el potencial de la macrófita acuática como fertilizante orgánico vermicompostado, siendo el mejor resultado 60 días de compostaje.

Palabras clave: Compost orgánico; Productividad; *Zea mays* L.

1. Introdução

O alto custo dos fertilizantes sintéticos e a dependência de importações, de fontes de nutrientes como fósforo e potássio, elevam o custo da produção agrícola e podem limitar a produtividade de grãos, (Ramos, 2017). Assim, a busca por alternativas a esses fertilizantes se dá tanto pelo alto custo e sua crescente demanda, como pela procura por produtos orgânicos, que vem aumentando e determina mudanças nos sistemas de produção, pois não permitem o uso de fertilizantes químicos sintéticos e agrotóxicos (Portugal *et al.*, 2016).

A partir do aproveitamento de resíduos naturais podem ser obtidos insumos orgânicos para uso agrícola (Portugal *et al.*, 2016). Dentre os diversos materiais de origem orgânica com potencial para aproveitamento na agricultura, como fonte alternativa de nutrientes para as plantas, pode-se citar as macrófitas aquáticas submersas, flutuantes ou emersas, que são removidas dos corpos d'água por interferirem em atividades econômicas, como a interrupção temporária da geração de energia elétrica devido à obstrução das entradas de água para turbinas geradoras (Dugdale *et al.*, 2013).

A biomassa das macrófitas pode ser aproveitada na fitorremediação, como fertilizante, biogás, como ração animal e em tanques para piscicultura como alimento, tratamento de efluentes, entre outros (Souza *et al.*, 2021).

Os processos de compostagem e vermicompostagem são úteis uma vez que reduz o volume das macrófitas, promove a homogeneização do material, aumenta a concentração de macro e micro nutrientes no produto final, com destaque para o processo de vermicompostagem, que além de reduzir o tempo para maturação do composto e interferir na estabilidade do material, tornando-o mais assimilável pelas plantas quando adicionado ao solo (Tonetti *et al.*, 2018).

O uso agrícola das macrófitas após compostagem representa uma alternativa interessante para destinação desse resíduo que, além de evitar problemas ambientais e produzir fertilizantes orgânicos, promove a reciclagem da matéria orgânica, uma vez que o resíduo é tratado naturalmente e se transforma em biomassa nutritiva para plantas, o processo de compostagem ocorre pela ação de microrganismos, enquanto na vermicompostagem ocorre uma relação simbiótica entre minhocas e microrganismos presentes no trato digestório destas (Valente *et al.*, 2018).

A incorporação ao solo de composto ou vermicomposto, introduz uma importante fonte de matéria orgânica, cuja função no solo está vinculada ao fornecimento de nutrientes às plantas, principalmente fósforo (P), elemento limitante ao desenvolvimento da agricultura em solos intemperizados de ambientes tropicais, nesses solos, o componente orgânico representa parte considerável do conteúdo disponível de P (Tonetti *et al.*, 2018).

Diante disso, na cultura do milho a deficiência em fósforo, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento, acarreta redução do tamanho médio de espiga, representado pelo número de espigas por unidade de área, e crescimento da parte aérea, além da diminuição do sistema radicular da plantas, , conseqüentemente, redução na produção final de grãos (Borin *et al.* 2017).

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a resposta produtiva do milho (*Zea mays* L.) quando adubado com composto ou vermicomposto, produzidos a partir das macrófitas aquáticas.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido de dezembro de 2020 a maio de 2021, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE da Faculdade de Engenharia/UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando coordenadas geográficas, latitude: 20° 22' 11" S, longitude: 51° 25' 9" O, com altitude de 335 metros. O clima da região é classificado como tropical (Aw), segundo Köppen, com chuvas no verão e inverno seco, com temperatura e precipitação médias anuais de 23,5° C e 1.370 mm anual (Alvares *et al.*, 2013).

O experimento foi desenvolvido em duas etapas, na primeira foram produzidos compostos orgânicos (Composto e Vermicomposto), a partir de macrófitas aquáticas, e na segunda etapa estes compostos foram testados a campo, tendo sido incorporados ao solo nos sulcos de plantio. O milho (*Zea mays*), variedade DKB 390 PRO3, híbrido precoce, foi selecionado como planta indicadora, por apresentar boa tolerância a temperaturas mais elevadas e plantio em baixas altitudes (Saito, 2017).

As macrófitas aquáticas utilizadas foram removidas do reservatório da Usina Hidrelétrica de Jupia (UHE-J), situada no Rio Paraná, entre os municípios e Três Lagoas (MS) e Castilho SP) (20°46'45"S, 51°37'45"O). Estas são periodicamente removidas da tomada de água das unidades geradoras, devido a obstrução que causam. No reservatório da UHE-J as macrófitas de maior ocorrência são *Egeria densa*, *Egeria najas*, *Ceratophyllum demersum*, *Salvinia auriculata*, *Merremia* sp., *Typha latifolia* e *Cyperus* spp. (Marcondes *et al.*, 2006). Antecedendo a preparação dos compostos, as macrófitas foram depositadas em local aberto para redução da umidade e, conseqüentemente, do volume. Após um período de 90 dias, as macrófitas foram recolhidas para beneficiamento, isto é, remoção de materiais inorgânicos indesejados, que ocorrem misturados às macrófitas (plásticos, objetos metálicos, poliestireno).

Após limpeza do material, amostras foram coletadas para análise química e averiguação da possibilidade de uso agrícola desse material, segundo as exigências do MAPA N.º 02 de maio de 2016, (MAPA, 2016) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Teores totais de arsênio, chumbo, cromo, mercúrio e selênio encontrados nas macrófitas aquáticas, determinados pelo método EPA, tolerâncias máximas de contaminantes admitidos em adubos orgânicos e condicionantes do solo segundo MAPA (Instrução Normativa IN SDA nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016)

Contaminante	Unidade	Mac	Tolerâncias máximas
Arsênio	(mg kg ⁻¹)	2,2	20,00
Chumbo	(mg kg ⁻¹)	16,3	150,00
Cromo hexavalente	(mg kg ⁻¹)	34,6	50,00
Mercúrio	(mg kg ⁻¹)	< 0,1	1,00
Selênio	(mg kg ⁻¹)	< 0,1	80,00

Fonte: Autores.

Tabela 2. Resultados analíticos das macrófitas aquáticas (MAC) para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), carbono orgânico (CO), relação C:N, pH, condutividade elétrica (CE), umidade (Umidade), densidade úmida (DU), densidade seca (DS IN17), capacidade de retenção de água (¹CRA 10, ²CRA 10) e capacidade de troca catiônica (¹CTC, ²CTC), segundo MAPA (Instrução normativa Nº 61, 08 de julho de 2020 para análise química de compostos orgânicos).

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CO	C/N
MAC	-----(g kg^{-1})-----					-----(mg kg^{-1})-----			(g kg^{-1})	--(mg kg^{-1})--	-----(g kg^{-1})-----		
MAC	15,0	1,7	68,0	13,7	1,9	3,7	52,6	61,2	14,5	1,6	78,3	192	12,8
Amostra	pH	CE	Umidade	DU	DS	¹ CRA	² CRA 10	¹ CTC	² CTC				
MAC	-	(dS m^{-1})	(% m m^{-1})	-----(kg m^{-3})-----	(% v v^{-1})	(% m m^{-1})	-----(mmolc kg^{-1})-----						
MAC	7,2	1,4	57,5	670,0	284,5	69,0	239,3	655,2	439,0				

Fonte: Autores.

As macrófitas secas foram transferidas para 12 pequenas composteiras com capacidade para 0,14 m³ localizadas na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia, UNESP/Campus de Ilha Solteira (SP). Durante o período de permanência nas composteiras o material recebeu 5L de água a cada dois dias, mantendo a umidade do material entre 40 – 60% do volume, temperatura entre 30° e 45°C, temperatura recomendada para o processo de compostagem/vermicompostagem (Sartori, 2011). A temperatura foi aferida diariamente, com termômetro digital do tipo espeto (modelo Minipa MV-363, -10 à 200°C).

As composteiras foram separadas em 2 grupos, seis delas receberam minhocas da espécie *Eisenia foetida*, de uso comum em processos de vermicompostagem e por apresentar rápidos crescimento e propagação (Dal Bosco *et al.*, 2017). Estas foram adicionadas, em quantidade equivalente a 1,0 kg de minhoca por m³ de material preparado (Ricci, 1996), produzindo o vermicomposto e as demais produziram o composto.

O tempo de permanência das macrófitas nas composteiras variou em 20, 40 e 60 dias de compostagem (ddc). A cada 20 dias, quatro composteiras paravam de receber água, duas com vermicomposto, que foram peneiradas (20 mm) para remoção das minhocas e duas com composto, alguns dias depois, quando secos, foram ensacados e armazenados. Ao final de 60 ddc foram produzidos 3 compostos (20, 40 e 60 ddc) e 3 vermicompostos (20, 40 e 60 ddc).

Na área experimental, antes da incorporação dos compostos ao solo, foi realizada uma gradagem aradora intermediária (disco de 32,5 cm de diâmetro), com a finalidade de romper os torrões do solo e nivelar o terreno, proporcionando uma superfície mais regular e adequada ao uso da semeadora, em seguida (dia 17/nov/2020) utilizou-se a enxada rotativa (modelo Stihl FS160 de 16 pás), no dia 28/nov/2020 foi feita nova gradagem (grade intermediária - disco de 32,5 cm) para controle de plantas daninhas e nivelamento do terreno para a sulcação.

Um sulcador adubador (Baldan SAB Séries) com duas linhas foi utilizado para marcar as linhas de cultivo, com espaçamento de 0,5 m entre linhas, onde as sementes de milho foram introduzidas, 3 sementes por metro, na linha de cultivo. Os compostos (COMP) e vermicompostos (VERM) foram introduzidos nas linhas de plantio na dose de 20 t ha⁻¹, equivalente à 18 kg de insumo por parcela experimental.

Para comparação foi estabelecido um tratamento com adubação química (NPK 08-28- 16), na quantidade de 0,25 t ha⁻¹ ou 0,225 kg/parcela, seguindo as recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo - Boletim 100 (Van Raij, 1997), e outro tratamento sem nenhuma adição de adubo orgânico ou mineral (testemunha). Durante o período experimental a irrigação foi realizada diariamente por meio de pivô central, com vazão de 12 mm (12 L/m²) aplicada entre o começo da manhã e o final de tarde.

O solo da área experimental foi classificado por Dematte (1986), e atualizado segundo o sistema brasileiro de classificação de solo (Santos *et al.*, 2018) como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa (areia= 505 g kg⁻¹, argila = 432g kg⁻¹ e silte = 63 g kg⁻¹) determinada pelo método da pipeta (Teixeira *et al.*, 2017).

A avaliação da fertilidade (Tabela 3) no local de cultivo foi realizada no início do período experimental (dezembro/2020), na profundidade de 0,0 a 0,20 m de acordo com Raij *et al.* (2001).

Tabela 3. Análise de fertilidade antes da incorporação dos compostos ao solo.

P-resina (mg/dm ³)	MO (g/dm ³)	pH (CaCl ²)	K ⁺	Ca	Mg
18	21	5,2	4,2	17	12
Al	SB	CTC	V%	m	H+Al
0	33,2	64,2	52	0	31

P-resina = Fósforo, MO = Matéria Orgânica, pH = pH, K⁺ = Potássio, Ca = Cálcio, Mg = Magnésio, Al = Alumínio, SB = Soma Bases, CTC = Capacidade de Troca Catiônica, V% = Sat. Bases, m = Sat. Al, H+Al = Ac.Pont. Fonte: Autores.

O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizado, com oito tratamentos (Figura 1), sendo três com Composto – 20, 40, 60 ddc, três com Vermicomposto – 20, 40, 60 ddc, um com adubação NPK 08-28-16 e um sem adubação, produzindo quatro blocos, com oito tratamentos e quatro repetições por tratamento, totalizando 32 parcelas experimentais, contendo seis linhas e 9 plantas/linha, das quais foram consideradas para avaliação as duas linhas centrais e 5 plantas em cada linha (10 plantas úteis por parcela), obedecendo os limites de bordadura de 2 linhas e 2 metros lineares.

Ao final do período experimental, maio de 2021, foram avaliados o número médio de folhas (NF-contagem direta); comprimento do sistema radicular (CSR-régua graduada); altura da planta (ALT- régua graduada de 3 metros); diâmetro do colmo (DC-paquímetro digital); volume do sistema radicular (VSR-Becker 8L); massa fresca (MFSR) e seca (MSSR) do sistema radicular e massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) parte aérea; número de espigas por planta (NE/P-contagem direta); altura de inserção da primeira espiga (AIE-régua graduada); comprimento médio de espigas (CME- de madeira); diâmetro médio de espigas (DME-cochinho de madeira); massa de espigas (ME-balança digital); massa de grãos (MG- debulhador de milho manual e balança digital); umidade de grãos (UG-analisador de umidade da marca GEHAKA AGRI modelo G650); Número médio de grãos/fileira (NMGF); Número médio de fileiras/espiga (NMFE); Massa de 1000 grãos (M1000G).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk), seguido da análise de variância (ANOVA) para determinar se as diferenças observadas são significativas ou não e os desdobramentos estatísticos foram utilizados para verificar se a interação entre os fatores apresentou diferenças significativas. As médias foram então comparadas pelo teste de Dunnett utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2019). O teste de Dunnett (Dunnett, 1984) foi utilizado para comparar as médias de cada um dos tratamentos com o controle (NPK) e com a testemunha (Solo).

3. Resultados e Discussão

A utilização do COMP e do VERM, produzidos a partir dos processos de compostagem e vermicompostagem das macrófitas aquáticas, em diferentes tempos, proporcionou efeitos significativos ($p < 0,05$), ($p < 0,01$) e não significativo ($p \geq 0,05$), para as variáveis analisadas nas fontes de variação, tipo de compostagem (TIPO), tempo de compostagem (TEMPO) e em suas interações.

Analisando os efeitos da aplicação dos compostos (COMP e VERM) na implantação da cultura do milho, notou-se que o tipo de compostagem influenciou a maioria das variáveis avaliadas (ALT, DIAM, NF, NEP, CSR, VSR, MFPA, MSPA, MFSR, MSSR, AIE, CME, DME, ME, MG, NMFE, M1000G), com exceção da UG e NMGF (Tabelas 4, 5 e 6), tendo o produto da vermicompostagem (VERM) produzido os melhores resultados para a cultura do milho. No processo de vermicompostagem, as minhocas não aumentam o teor de nutrientes no húmus, mas sim, aumentam sua disponibilidade, uma vez que na forma orgânica bruta, encontram-se indisponíveis às plantas, e, pós processo, tornam-se solúveis e facilmente assimiláveis pelas raízes na forma mineral, o húmus, por meio de reações de troca ou mecanismos de quelação, pode reter

nutrientes liberados da matéria orgânica (Veras, 2014), esse fato pode explicar o maior crescimento em altura (ALT) das plantas de milho adubadas com vermicomposto, devido à exposição a uma maior concentração de nutrientes.

Ao avaliar o efeito de diferentes fontes de adubo orgânico sobre a produção de raízes de rabanete, Assis *et al.*, (2016), observaram que a massa fresca das raízes aumentou com a aplicação do húmus de minhoca, comportamento ratificado pelos achados deste trabalho, onde a MFSR passa de 114,92 g na presença de COMP, para 203,79 g na presença de VERM, dando destaque ao processo de vermicompostagem das macrófitas aquáticas. O milho apresentou melhor resposta para as variáveis biométricas na presença de VERM, em comparação ao material orgânico fruto da compostagem.

Desse modo, para as variáveis biométricas, a utilização da vermicompostagem melhorou as características químico-físicas do material orgânico, nesse caso, das macrófitas aquáticas. Os tempos de compostagem e, ou, vermicompostagem (20, 40 e 60 dias) apresentaram diferenças estatísticas para as variáveis DIAM, NF, NEP, CSR, VSR, MFPA, MSPA, MFSR, MSSR, AIE, CME, DME, ME, MG, NMGF e M1000G, tendo os períodos de 40 e 60 dias produziram os melhores resultados. Apenas ALT, UG e NMFE não foram influenciados pelo tempo de compostagem, demonstrando que a altura das plantas está diretamente associada ao tipo de compostos orgânicos no solo, em função dos processos de compostagem, não havendo relação com o tempo de compostagem dos materiais. A umidade dos grãos (UG) apresentou resposta que pode estar associada a fatores genéticos da planta/cultivar e ao tempo de colheita do milho ao final do ciclo, não sugerindo relação com os tipos de compostos adicionados no solo ou ao tempo de compostagem/vermicompostagem destes. Já o número médio de fileiras por espiga (NMFE) pode indicar influência do tipo de adubo orgânico (COMP ou VERM) utilizado e pelo adensamento de sementeira na cultura do milho, já que o aumento no fornecimento de nutrientes às plantas desencadeia um maior crescimento das espigas de milho e, conseqüentemente, o aumento no número de fileiras (Cancellier, 2010).

O menor tempo de decomposição das macrófitas aquáticas, 20 dias, (Tabela 4)) não foi suficiente para garantir bom desempenho no crescimento das plantas de milho. Isto pode ser justificado com base no relatado por Kiehl (1998), em relação a maturidade do composto, que ocorre quando a decomposição microbiológica se completa e a matéria orgânica é transformada em húmus, mais rico em nutrientes, podendo então proporcionar melhor crescimento das plantas, o que não ocorreu com 20 dias de compostagem. Loureiro *et al.*, (2007) avaliando a compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares aos 19, 55 e 69 dias, verificaram que 19 dias, isto é, o menor tempo não foi suficiente para garantir a taxa de reprodução das minhocas em quantidades mínimas para produção de húmus, e a compostagem com esterco bovino aos 19 dias não apresentou diminuição de volume de pilha, mudança na cor do material e a textura se manteve.

Ao comparar os tratamentos à testemunha e ao controle (Tabelas 4, 5 e 6), isto é, os tratamentos Solo e NPK foi possível perceber que a adubação com NPK apresentou resultados superiores para todas as variáveis, em função da maior concentração dos macronutrientes nos tratamentos, nas condições em que foi estabelecido o experimento, indicando haver necessidade de adubação para as variáveis da planta, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, exceto UG, a única variável com resultados semelhantes entre os tratamentos e Solo e os tratamentos e NPK, isto é, sem diferenças estatísticas entre os tratamentos, demonstrando que em função dos valores não significativos para Solo e NPK não há necessidade da adubação química para exercer influência na umidade de grãos (UG) de milho, já que, como mencionado anteriormente, é uma variável sem correlação com o tipo de adubação.

Analisando separadamente os tratamentos controle (Solo) e testemunha (NPK) percebe-se que o NPK por se apresentar na forma iônica, tem seus nutrientes prontamente disponíveis para as plantas, assim são absorvidos com maior facilidade e o resultado é mais rápido (Malaquias, 2017), além disso, esse tipo de adubo apresenta composição química definida, o que resulta em bom aproveitamento pelas plantas, e explica a diferença expressiva entre o tratamento sem adubação (Solo) e o tratamento que recebeu adubação mineral (NPK).

Tabela 4. Valores médios de altura (ALT), diâmetro (DIAM), número de folhas (NF), número de espigas/planta (NEP), comprimento do sistema radicular (CSR), volume do sistema radicular (VSR) do milho, bem como média geral, coeficiente de variação (CV), valor F, para as fontes de variação tipo de compostagem (TIPO), tempo de compostagem (TEMPO), tipo de compostagem (TIPO) x tempo de compostagem (TEMPO), tratamento adicional (ADC) x fatorial (FATORIAL), tratamento controle – Solo (ADC 1) x testemunha – NPK (ADC 2) para experimento conduzido com milho, em campo

Fontes de variação	ALT ------(cm)-----	DIAM -----	NF -----	NEP -----	CSR (cm)	VSR (cm ³)
	Valor F					
TIPO	29,76**	93,56**	28,56**	34,24**	314,50**	386,94**
TEMPO	2,85 ^{ns}	19,72**	4,00*	8,37**	38,80**	48,59**
TIPO x TEMPO	0,11 ^{ns}	3,19 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,10 ^{ns}	4,38*
FATORIAL	7,14**	27,88**	7,40**	10,46**	78,86**	98,58**
ADC x FATORIAL	0,05 ^{ns}	9,79**	1,67 ^{ns}	1,29 ^{ns}	6,47*	106,29**
Controle x Testemunha	48,32**	231,99**	43,82**	73,69**	549,04**	757,13**
TRAT	12,01**	54,45**	11,78**	18,18**	135,69**	193,76**
Média Geral	257	36	15	2	32	143
CV (%)	5	2	2	7	2	7
TIPO	Médias					
COMP	243,56 B	34,50 B	14,63 B	1,99 B	29,17 B	95,17 B
VERM	269,67 A	36,78 A	15,26 A	2,34 A	34,93 A	170,45 A
TEMPO						
20	248,78 A	34,61 B	14,71 B	2,00 B	30,33 C	112,21 C
40	258,81 A	35,98 A	15,06 A	2,21 A	32,00 B	128,43 B
60	262,25 A	36,33 A	15,06 A	2,29 A	33,83 A	157,79 A
ADC						
Controle – Solo	228,88 B	33,27 B	14,42 B	1,65 B	26,29 B	81,08 B
Testemunha -NPK	286,50 A	39,50 A	15,77 A	2,55 A	39,47 A	263,45 A

^{ns}, * e ** valores não significativos, significativos a 5 e 1 % respectivamente, médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de significância ($p \geq 0,05$) pelos testes F e Tukey, para as fontes de variação TIPO, TEMPO e TRAT ADC, respectivamente. Fonte: Autores.

A altura de inserção de espiga (AIE) do milho (Tabela 5), foi maior (97,31 cm) nos tratamentos que receberam vermicomposto, em detrimento dos tratamentos que receberam composto (89,25 cm), Carvalho *et al.*, (2004) encontraram valores de 1,06 a 1,16 m para altura de inserção da primeira espiga utilizando adubo verde (feijão guandu e crotalária), valores superiores aos observados neste trabalho, porém alturas variando de 0,90 – 1,00 m foram consideradas normais para cultivares de milho precoce, de acordo com Soares *et al.*, (2021).

O maior valorda AIE na presença de VERM pode ser atribuída ao húmus produzido pelas minhocas, como também relatado por Vione, (2018), ao observarem que o bom desempenho no crescimento vegetativo das plantas de sorgo forrageiro, estava diretamente relacionado a aplicação de produto da vermicompostagem, o que foi atribuído ao húmus produzido pelas minhocas e adições ocorridas via trato digestivo e bactérias intestinais, que contribuem para que o húmus produzido se torne ainda mais rico nutricionalmente e pela taxa de conversão de material orgânico para forma mineral ser maior no processo de vermicompostagem, tornando os nutrientes prontamente disponíveis para as plantas em menor tempo e em maiores concentrações em relação a compostagem (Vione & Natale, 2018).

Tabela 5. Valores médios de massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, massa fresca (MFSR) e seca (MSSR) do sistema radicular, altura de inserção da 1ª espiga (AIE) e comprimento médio de espiga (CME) do milho, média geral, coeficiente de variação (CV), e valor F, para as fontes de variação tipo de compostagem (TIPO), tempo de compostagem (TEMPO), TIPO x TEMPO, tratamento adicional (ADC) x fatorial (FATORIAL), tratamento controle – Solo (ADC 1) x testemunha – NPK (ADC 2) para experimento conduzido com milho em campo

Fontes de variação	MFPA	MSPA	MFSR	MSSR	AIE	CME
	------(g)-----				------(cm)-----	
	Valor F					
TIPO	530,75**	426,28**	532,92**	642,27**	36,54**	55,47**
TEMPO	51,51**	21,01**	73,63**	81,03**	4,79*	9,40**
TIPO x TEMPO	32,18**	19,15**	0,24 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,83 ^{ns}
FATORIAL	139,63**	101,32**	136,13**	161,15**	9,28**	15,18**
ADC x FATORIAL	22,48**	0,01 ^{ns}	68,52**	74,61**	3,09 ^{ns}	5,72*
Controle x Testemunha	578,34**	317,59**	986,40**	1126,27**	31,06**	171,96**
TRAT	185,57**	117,74**	247,94**	286,66**	11,50**	36,23**
Média Geral	580	523	167	114	93	17
CV (%)	1	2	6	7	4	3
TIPO						
COMP	549,93 B	483,99 B	114,92 B	63,59 B	89,25 B	15,81 B
VERM	616,56 A	561,88 A	203,79 A	150,57 A	97,31 A	17,58 A
TEMPO						
20	564,18 C	511,20 B	131,58 C	81,25 C	90,37 B	16,03 B
40	585,66 B	517,80 B	157,77 B	105,30 B	94,50 A	16,77 A
60	599,90 A	539,80 A	188,72 A	134,67 A	94,96 A	17,29 A
TRAT ADC						
Controle - Solo	509,30 B	465,08 B	86,52B	36,97B	84,50B	14,57A
Testemunha -NPK	629,77 A	581,51 A	295,92 A	236,47 A	97,37 A	19,96 A

^{ns}, * e ** valores não significativos, significativos a 5 e 1 % respectivamente, médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de significância ($p \geq 0,05$) pelos testes F e Tukey, para as fontes de variação TIPO, TEMPO e TRAT ADC, respectivamente. Fonte: Autores.

A utilização dos dois diferentes compostos (COMP e VERM) resultaram em diferenças estatísticas para DME, ME, MG, NMFE e M1000G, apenas UG e NMGF não foram influenciados pelos compostos (Tabela 6). Os maiores valores para DME, ME, MG, NMFE e M1000G foram expressos nos tratamentos que utilizaram vermicomposto com 60 dias de vermicompostagem. A interação TIPO x TEMPO não exerceu influência no comprimento médio de espigas (CME), e consequentemente também não influenciou a massa de grãos (MG), em programas de melhoramento de milho visando ao aumento de massa de grãos, deve-se considerar o tamanho da espiga, pois o tamanho atua indiretamente para o aumento da massa de grãos (Fancelli & Dourado-Neto, 2019). Isso explica os resultados (Tabela 5) para comprimento médio de espigas (CME), no qual teve menor crescimento nos tratamentos com composto (COMP) e, consequentemente obteve-se menor massa de grãos (MG), (Tabela 6), corroborando autores que afirmam que são duas variáveis produtivas diretamente ligadas.

Os diferentes tempos de compostagem influenciaram estatisticamente as variáveis DME, ME, MG e M1000G com destaque para o uso do vermicomposto com 60 dias de compostagem, indicando que o tempo de compostagem é um fator importante no preparo do vermicomposto, uma vez que à adubação com compostos imaturos e com baixa estabilidade tendem a apresentar na sua composição menos nutrientes disponíveis para as plantas, em virtude da menor mineralização da matéria orgânica (Nascimento, 2019) e consequentemente acarretando menor ME, MG e M1000G nas plantas de milho. Os adubos orgânicos tem grande importância para o desenvolvimento vegetativo das plantas, influenciando de forma indireta a fase reprodutiva das plantas de milho e interferindo no DME (Nascimento, 2019).

Os tempos de compostagem não influenciaram as variáveis UG, NMFE, NMGF, Kappes *et al.*, (2013) utilizando adubação orgânica e doses de N em cobertura, também não observaram diferenças entre tratamentos para NMFE e NMGF,

levando a inferir que esta variável está mais ligada às características genéticas da cultivar do que a práticas de manejo no campo.

A interação TIPO x TEMPO, explicita diferenças estatísticas apenas para ME e M1000G. No entanto, a interação entre o tratamento controle (Solo) e a testemunha (NPK), só não mostrou diferenças para UG% (Tabela 6), as demais variáveis apresentaram diferenças entre seus tratamentos a 1% de probabilidade estatística, demonstrando que a adubação com NPK promoveu incremento no teor de nutrientes do solo, o que convergiu para um DME superior a 7 cm, ME superior a 380 gramas, MG= 263 gramas e M1000G superior a 400 gramas.

Tabela 6. Valores médios para diâmetro médio de espigas (DME), massa de espigas (ME), massa de grãos (MG), umidade de grãos (UG), número médio de fileiras/espiga (NMFE), número médio de grãos/fileira (NMGF), massa de 1000 grãos (M1000G), bem como média geral, coeficiente de variação (CV), valor F, para as fontes de variação tipo de compostagem (TIPO), tempo de compostagem (TEMPO), TIPO x TEMPO, tratamento adicional (ADC) x fatorial (FATORIAL), tratamento controle – Solo (ADC 1) x testemunha – NPK (ADC 2) para experimento conduzido com milho em campo

Fontes de variação	DME (cm)	ME (g)	MG	UG (%)	NMFE (unidade)	NMGF	M1000G (g)
	Valor F						
TIPO	45,86**	347,50**	747,30**	0,01 ^{ns}	123,32**	2,66 ^{ns}	324,06**
TEMPO	4,12*	62,30**	135,53**	1,80 ^{ns}	0,39 ^{ns}	7,28**	59,43**
TIPO x TEMPO	0,42 ^{ns}	3,88*	0,15 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,12 ^{ns}	4,25*
FATORIAL	10,99**	95,97**	203,73**	1,02 ^{ns}	25,10**	3,49*	90,29**
ADC x FATORIAL	8,85**	212,76**	786,68**	0,02 ^{ns}	8,55**	0,08 ^{ns}	11,06**
Controle x Testemunha	176,64**	51,75**	49,18**	0,30 ^{ns}	392,16**	38,28**	308,42**
TRAT	34,35**	106,34**	264,93**	0,78 ^{ns}	75,17**	7,97**	110,13**
Média Geral	16	326	214	27	17	35	361
CV (%)	3	2	2	0,72	2	3	2
TIPO							
COMP	4,85 B	284,42 B	169,15 B	26,95 A	16,20 B	34,56 A	330,66 B
VERM	5,95 A	344,53 A	223,39 A	26,94 A	17,60 A	35,35 A	386,43 A
TEMPO							
20	5,16 B	292,07 C	175,01 C	27,05 A	16,95 A	33,79 B	338,30 C
40	5,33 B	315,22 B	199,10 B	26,90 A	16,93 A	35,05 A	357,70 B
60	5,71 A	336,13 A	214,71 A	26,88 A	16,82 A	36,05 A	379,64 A
TRAT ADC							
Controle - Solo	4,02 B	341,42 B	239,87 B	26,97 A	15,10 B	32,50 B	321,74 B
Testemunha -NPK	7,75 A	381,60 A	263,97 A	26,90 A	19,45 A	37,70 A	415,96 A

^{ns}, * e ** valores não significativos, significativos a 5 e 1 % respectivamente, médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de significância ($p \geq 0,05$) pelos testes F e Tukey, para as fontes de variação TIPO, TEMPO e TRAT ADC, respectivamente. Fonte: Autores.

O desdobramento TIPO x TEMPO (Tabela 7), mostra resultados significativos para VSR, MFPA, MSPA, ME e MG1000G e revela melhor resposta destas variáveis na presença de VERM, e nos maiores tempos de compostagem (60 dias), apenas a MFPA não sofre interferência do tempo de compostagem, indicando que a MFPA pode estar ligada a disponibilidade do N encontrado no adubo orgânico (Tabela 2), sem sofrer interferência dos tempos de compostagem. O nitrogênio é um constituinte essencial dos aminoácidos, principais integrantes de proteínas, atua na divisão celular e na produção de clorofila nas plantas (Stacciarini *et al.*, 2018). Assim, o aumento da MFPA das plantas parece relacionado ao conteúdo de N presente no vermicomposto, no qual encontra-se na concentração de 15g/kg⁻¹ de N presente nas macrófitas aquáticas, sendo suficiente para ocasionar maior concentração de clorofila nas folhas e, conseqüentemente, promovendo o maior crescimento de parte aérea das

plantas, já que a clorofila é responsável por captar a luz e garantir que as plantas de milho consigam produzir seu alimento por meio do processo da fotossíntese.

Ao observar o resultado quando a compostagem é realizada sem a presença de minhocas, verifica-se que o tempo de compostagem com melhores resultados também são os maiores (60 dias), no trabalho de Silva, (2019) no qual avaliou o efeito de corretivos orgânicos de resíduos de vinícola e biochar em diferentes tempos de compostagem na cultura do alface verificou que os corretivos orgânicos com 12 semanas de compostagem apresentaram maior estabilidade, sem fitotoxicidade e maior disponibilidade de nutrientes, interferindo diretamente no peso fresco e seco da cultura hortícola.

Na avaliação da interação (TIPO x TEMPO) apenas a MFPA e MSPA apresentaram diferença estatística nos tratamentos, na avaliação das parcelas experimentais, os tratamentos não apresentaram diferença estatística para MFSR, MSSR, AIE, CME. Na comparação dos tratamentos com o controle (Solo) e a testemunha (NPK) todas as variáveis apresentaram diferença estatística. No desdobramento entre os tipos de compostos orgânicos e o tempo de compostagem de cada material (TIPO x TEMPO), MFPA e MSPA das plantas de milho apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela7), com valores superiores na presença de VERM para 20, 40 e 60 dias de vermicompostagem.

No desdobramento entre os tipos de compostos e tempos de compostagem, notou-se diferença estatística para ME e M1000G (Tabela 7), com maior aumento da ME e M1000G nos tratamentos que receberam vermicomposto com 60 dias de vermicompostagem.

Tabela 7. Valores médios para volume do sistema radicular (VSR), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, massa de espigas (ME) e massa de 1000 grãos (M1000G), para a cultura do milho, no desdobramento da interação tipo de compostagem (TIPO) x tempo de compostagem (TEMPO), bem como *p*-valor.

TIPO	TEMPO (dias)			<i>p</i> -valor
	20	40	60	
		VSR (cm ³)		
COMP	81,01 bB	91,71 bB	112,81 aB	0,0003
VERM	143,41 bA	165,16 bA	202,77 aA	0,0001
<i>p</i> -valor	0,0001	0,0001	0,0001	
		MFPA (g)		
COMP	517,75 bB	550,37 bB	581,67 aB	0,0001
VERM	610,62 aA	620,95 aA	618,12 aA	0,1282
<i>p</i> -valor	0,0001	0,0001	0,0001	
		MSPA (g)		
COMP	463,92 bB	470,69 bB	517,37 aB	0,0001
VERM	558,49 aA	564,90 aA	562,24 aA	0,6224
<i>p</i> -valor	0,0001	0,0001	0,0001	
		ME (g)		
COMP	255,75 bB	287,42 bB	310,10 aB	0,0001
VERM	328,40 bA	343,02 aA	362,17 aA	0,0001
<i>p</i> -valor	0,0001	0,0001	0,0001	
		M1000G (g)		
COMP	304,13 bB	332,00 bB	355,86 aB	0,0001
VERM	372,47 bA	383,39 bA	403,42 aA	0,0001
<i>p</i> -valor	0,0001	0,0001	0,0001	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5 % de significância ($p \geq 0,05$) pelos testes Tukey e F, respectivamente. Fonte: Autores.

A comparação das médias dos tratamentos, por meio do teste de Dunnett, com a testemunha (Solo) e com o controle (NPK), mostram (Tabelas 8, 9 e 10) que DIAM, NF, CSR, VSR, DME, UG, NMFE e NMGF não diferem nem da testemunha

Solo e nem do controle NPK, esta situação indica que para essas variáveis não há diferenças entre o Solo e os tratamentos que receberam NPK, COMP ou VERM.

As variáveis MFPA, MSPA, MFSR, MSSR, AIE, com exceção do CME das plantas de milho apresentaram diferença estatística entre os tratamentos em comparação ao tratamento controle (Solo) e testemunha (NPK), (Tabela 9), pelo teste de Dunnett ([#]), com adubação química e nas parcelas experimentais que não foi realizada adubação orgânica, resultado similar aos encontrados por Sampaio *et al.*, (2007) em que demonstra que a adição da massa seca de macrófita aquática decomposta *Egeria densa* ao solo causou grande incremento nas quantidades de nutrientes e na biomassa da parte aérea e do sistema radicular das plantas de milho, já no primeiro plantio. Em baixa dosagem, equivalente a 10 mg ha⁻¹, a biomassa mais que dobrou em relação a testemunha.

Tabela 8. Valores médios de altura (ALT), diâmetro (DIAM), número de folhas (NF), número de espigas/planta (NEP), comprimento do sistema radicular (CSR), volume do sistema radicular(VSR) para os tratamentos com NPK, composto (COMP) e vermicomposto (VERM) nos diferentes tempos de compostagem (TEMPO = 20, 40 e 60 dias) e Solo, *p*-valor e coeficiente de variação (CV).

Fontes de variação		ALT ------(cm)-----		DIAM		NF ------(unidade)-----		NEP	CSR (cm)	VSR (%)		
Tipo	Tempo											
NPK		286,50		39,51		15,78		2,55	39,48	15,78		
COMP	20	237,30	#	33,89	# ^o	14,40	# ^o	1,78	27,13	# ^o	14,40	# ^o
	40	245,00	#	34,60	# ^o	14,70	# ^o	2,05	29,20	# ^o	14,70	# ^o
	60	248,38	#	35,01	# ^o	14,80	# ^o	2,15	31,21	# ^o	14,80	# ^o
VERM	20	254,88		35,60	# ^o	14,88	# ^o	2,23	33,54	# ^o	14,88	# ^o
	40	281,88	°	37,98	# ^o	15,53	# ^o	2,38	34,80	# ^o	15,53	# ^o
	60	275,38	°	37,42	# ^o	15,38	# ^o	2,44	36,47	# ^o	15,38	# ^o
Solo		228,88		33,27		14,43		1,65	26,30	14,43		
<i>p</i> -valor												
Tratamentos		0,0001		0,001		0,0001		0,0001	0,0001	0,0001		
CV (%)		5		2		2		7	2	7		
DMS		23,63		1,17		0,58		0,30	1,60	1,17		

Médias seguidas de ° e # na coluna, não diferem do tratamento controle (Solo) e testemunha (NPK), respectivamente pelo teste de Dunnett (*p* <0,05). Fonte: Autores.

Tabela 9. Valores médios de massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, massa fresca (MFSR) e seca (MSSR) do sistema radicular, altura de inserção da 1ª espiga (AIE) e comprimento médio de espiga (CME) para os tratamentos com NPK, composto (COMP) e vermicomposto (VERM) nos diferentes tempos de compostagem (TEMPO = 20, 40 e 60 dias) e Solo, *p*-valor e coeficiente de variação (CV)

Fontes de variação		MFPA	MSPA	MFSR	AIE	CME	
		------(g)-----			------(cm)-----		
Tipo	Tempo						
NPK		629,78	581,51	295,93	97,38	19,96	
COMP	20	517,75	463,92	88,66	85,88	14,97	
	40	550,37	470,69	113,58	90,63	15,88	#º
	60	581,67	517,37	142,55	91,25	16,60	#º
VERM	20	610,62	558,49	174,50	96,38	17,10	#º
	40	620,95	564,90	201,98	98,38	17,67	#º
	60	618,13	562,24	234,90	98,38	17,98	#º
Solo		509,30	465,08	86,53	84,50	14,58	
<i>p</i> -valor							
Tratamentos		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
CV (%)		1	2	6	4	3	
DMS		14,28	18,62	19,00	6,58	1,17	

Médias seguidas de ° e # na coluna, não diferem do tratamento controle (Solo) e testemunha (NPK), respectivamente pelo teste de Dunnett (*p* < 0,05). Fonte: Autores.

Diferenças estatísticas para ME, MG, M1000G foram registradas para os tratamentos com COMP e VERM e 20, 40 e 60 dias de compostagem (Tabela 10) e os tratamentos adicionais (Solo e NPK) pelo teste de Dunnett (#º), diferentemente de DME, UG, NMFE, NMGF, que não apresentaram diferença estatística entre os controle (Solo) e a testemunha, demonstrando que, mesmo que não seja realizada a adubação química na área de cultivo de milho ou adubação orgânica com compostos oriundos de compostagem da macrófita aquática, os resultados para DME, UG, NMFE, NMGF, mais um indicativo que as características de espigas estão, em sua grande parte, ligadas a fatores genéticos da cultivar do que a forma de manejo e adubação da área experimental.

Tabela 10. Valores médios de diâmetro médio de espigas (DME), massa de espigas (ME), massa de grãos (MG), unidade de grãos (UG), número médio de fileiras/espiga (NMFE), número médio de grãos/fileira (NMGF), massa de 1000 grãos (M1000G) para os tratamentos NPK, composto (COMP) e vermicomposto (VERM) nos diferentes tempos de compostagem (TEMPO = 20, 40 e 60 dias) e Solo, *p*-valor e coeficiente de variação (CV)

Fontes de variação		DME	ME	MG	UG	NMFE	NMGF	M1000G
		(cm)	(g)		(%)	------(unidade)-----		(g)
Tipo	Tempo							
NPK		17,75	381,60	263,97	26,90	19,45	37,70	415,06
COMP	20	15,78	#º 225,75	147,82	27,13	#º 16,35	#º 33,30	#º 304,13
	40	15,93	#º 287,43	172,67	26,90	#º 16,05	#º 34,83	#º 332,01
	60	16,16	#º 310,10	186,97	26,84	#º 16,20	#º 35,57	#º 355,86
VERM	20	15,78	#º 328,40	202,20	26,99	#º 17,55	#º 34,27	#º 372,47
	40	15,93	#º 343,03	225,52	26,91	#º 17,60	#º 35,27	#º 383,40
	60	16,16	#º 362,18	242,46	26,94	#º 17,68	#º 36,52	#º 403,42
Solo		14,03	341,43	239,87	26,98	15,10	32,50	321,74
<i>p</i> -valor								
Tratamentos		0,001	0,001	0,0001	0,617	0,001	0,001	0,0001
CV (%)		3	2	2	0,72	2	3	2
DMS		0,80	15,92	9,79	0,35	0,62	0,62	15,29

Médias seguidas de ° e # na coluna, não diferem do tratamento controle (Solo) e testemunha (NPK), respectivamente pelo teste de Dunnett (*p* < 0,05). Fonte: Autores.

A produtividade do milho na área experimental proporcionou resultados que mostram (Tabela 11) a importância da vermicompostagem, no qual a produção de milho com vermicomposto apresentou aumento de mais de 300% em relação a produtividade sem a utilização de qualquer tipo de adubo (Solo) e diferença de apenas 6% em relação a adubação com NPK, permitindo recomendar seu uso em substituição à adubação mineral, além desta ação representar uma boa possibilidade de dispor de modo útil da biomassa das macrófitas aquáticas.

Tabela 11. Análise estatística de produtividade do Milho (kg ha^{-1}) e (sacas ha^{-1}) nos diferentes tratamentos conduzidos a campo neste trabalho.

Adubos	Tempo (dias)			Tempo (dias)		
	-----(kg ha^{-1})-----			----- (sacas ha^{-1})-----		
	20	40	60	20	40	60
COMP	1622 bC	2185 bB	2415 aB	27,03 bC	36,41 bB	40,25 aB
VERM	2480 bB	5730 bA	6083 aA	41,33 bB	95,5 bA	101,38 aA
SOLO	1315 aB	-	-	21,91 aB	-	-
NPK	6450 aA	-	-	107,5 aA	-	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5 % de significância ($p \geq 0,05$) pelos testes Tukey e F.

COMP=macrófitas compostadas; VERM=macrófitas vermicompostadas; Solo=tratamento controle; NPK-testemunha. Fonte: Autores.

4. Conclusão

Após o cultivo do milho, o uso de composto/vermicomposto produzidos a partir de macrófitas aquáticas, proporcionaram aumento da fertilidade do solo, analisando-se os resultados de crescimento das plantas. O processo de vermicompostagem das macrófitas aquáticas garantiu melhores resultados para as variáveis biométricas da cultura. A produção do milho, na presença de vermicomposto, superou 100 sacas ha^{-1} , e obteve produção semelhante ao tratamento testemunha com NPK, que obteve produção superior a 105 sacas ha^{-1} .

Referências

- Alvares, C.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. D. M.; & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, 22(6), 711-728.
- Assis, F. B.; Basso, F. C.; Lara, E. C.; Raposo, E.; Bertipaglia, L. M. A.; Fernandes, L. D. O.; & Reis, R. A. (2016). Caracterização agrônômica e 43 bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. *Ciências Agrárias*, Londrina, 35(6), 2869-2882.
- Carvalho, C. M.; Viana, T. V. D. A.; Marinho, A. B.; Lima Júnior, L. A. D.; & Valnir Júnior, M. (2013). Pinhão-manso: crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 17, 487-496.
- Dal Bosco, T. C.; Gonçalves, F. A., Junior, F. C.; dos Santos Silva, I. T.; & Sbizzaro, J. M. (2017). Contextualização teórica: compostagem e vermicompostagem. In: DAL BOSCO, T. C. *Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas*. São Paulo: Blucher. cap. 1, p. 19 - 43.
- Dunnett, C. (1984). Selection of the best treatment in comparison to a control with an application to a medical trial. *Design of Experiments: Ranking and Selection*, Ed. T. Santer and A. Tamhane, p. 47-66.
- Souza, J. N.; de Brito P. O. B.; de Sousa Ferreira, G.; da Silva Costa F. R.; Matias, L. Q.; & Gondim, F. A. (2021). Macrophytes as source of nutrients on initial growth of sunflower plants. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Curitiba, 16(2), 109-116.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K. & Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise de solos*. (3. ed.) Brasília, DF: Embrapa, p. 95-116.
- Tonetti, A. L.; Brasil, A. L.; Madrid, F. J. P. L.; Figueiredo, I. C. S.; Schneider, J.; Cruz, L. M. O.; Duarte, N. C.; Fernandes, P. M.; Coasaca, R. L.; Garcia, R. S.; & Magalhães, T. M. (2018). Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Biblioteca/Unicamp. Campinas, São Paulo, p. 153.
- Dugdale, T. M.; Hunt, T. D.; & Clements, D. (2013). Aquatic weeds in Victoria: Where and why are they a problem, and how are they being controlled?. *Plant Prot*, Bundoora, 28, 35-41.
- Fancelli, A.; Dourado-Neto, D. (2019). Produção de milho. *Guaíra: Ciência Agropecuária*. p. 360.
- Ferreira, D. F. (2019). SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot typedesigns. *Revista Brasileira de Biometria*, Lavras, 37(4), 529-535.

- Kappes, C.; Arf, O.; & Andrade, J. A. C. (2013). Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 37, 1310-1321.
- Kiehl, E. J. (1998). Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Livro *Ceres*, p. 171.
- Loureiro, D. C. Aquino; A. M. D.; Zonta, E.; & Lima, E. (2007). Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 42(7), 1043-1048.
- Malaquias, C. A. A.; & Santos, A. J. M. (2017). Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). *Pubvet*, 11(5), 501-512.
- MAPA- Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento do Brasil. Regulamentos. (2016). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.831.htm.
- Marcondes, D. A. S.; Velini, E. D.; Martins, D.; Tanaka, R. H.; Carvalho, F. T.; Cavenaghi, A. L.; & Bronhara, A. A. (2003). Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupia. *Planta Daninha*, Viçosa, 21, 69-77.
- Nascimento, G. G.; Zenatti, T. F.; Júnior, R. C.; Del Valle, T. A.; Campana, M.; Fontanetti, A.; & de Moraes, J. P. G. (2019). Ensilagem de milho de diferentes genótipos produzidos com adubação orgânica. *Agrarian*, 12(44), 196-203.
- Natale, W.; & Prado, R. de M. (2018). Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 39(10), 1007-1012.
- Portugal, J. R.; Tarsitano, M. A. A.; Peres, A. R.; Arf, O., & de Castilho Gitti, D. (2016). Organic and mineral fertilizer application in upland rice irrigated by sprinkler irrigation: economic analysis. *Científica*, Jaboticabal, 44(2), 146-155.
- Raj, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; & Furlani, A. M. C. (1997). Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, p. 285.
- Raj, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; & Furlani, A. M. C. (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, p. 212.
- Ramos, L. A.; Regina, M. Q. L.; Gaspar, H. K.; & Adriane, D. A. S. (2017). Effect of mineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. *African Journal of Agricultural Research*, Sapele, 12, 20-27.
- Ricci, M. S. F. (1996). Manual de vermicompostagem. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF, 23 p. (EMBRAPA-CPAF-Rondonia. Documentos 31).
- Saito, B. C.; & Andrade, J. A. D. C. (2017). Potencial de linhagens oriundas de populações de milho braquítico para obtenção de híbridos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, 16, 120-130.
- Sampaio, E. V. S. B.; & Oliveira, N. M. B. (2005). Aproveitamento da macrófita aquática *Egeria densa* Planchon como adubo orgânico. *Planta Daninha*, Viçosa, 23, 169-174.
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. D.; Oliveira, V. D.; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; & Oliveira, J. D. (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. (5. ed. revisada e ampliada). Brasília, DF: Embrapa, p. 531.
- Sartori, V. C.; Ribeiro, R. T. S.; Scur, L.; Pancera, M. R.; Rupp, L. C. D.; & Venturin, L. (2011). Adubação verde e compostagem: estratégias de manejo do solo para conservação das águas. Cartilha para agricultores. Caxias do Sul: Educas, 2011. Disponível em: <http://www.ucs.br/site/nucleos-pesquisa-e-inovacao-e-desenvolvimento/nucleos-de-inovacao-e-desenvolvimento/agricultura-sustentavel/>. Acesso em: 12 set. 2021.
- Silva, C. D. da Costa; L. M. D.; Matos, A. T. D.; Cecon, P. R.; & Silva, D. D. (2002). Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 6(3), 487 – 491.
- Silva, S. P. A. (2019). Efeito de corretivos orgânicos de resíduos vinícolas e biochar, com diferentes tempos de compostagem, na cultura de alface. Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, 2019. Dissertação (Mestrado).
- Stacciarini, T. C. V.; Castro, P. H. C. D.; Borges, M. A.; Guerin, H. F.; Moraes, P. A. C.; & Gotardo, M. (2018). Avaliação de caracteres agrônômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. *Revista Ceres*, Viçosa, 57, 516-519.
- Turner, B. L.; Mahieu, N.; & Condon, L. M. (2003). The phosphorus content of temperate pasture soils determined by NaOH-EDTA extraction and solution ³¹P NMR spectroscopy. *Organic Geochemistry*, Oxford, 34(8), 1199.
- Valente, B. S.; Xavier, E. G.; de Pereira, H. D. S.; Andrezza, R.; & Gomes, M. C. (2018). Variabilidade na composição química de vermicompostos comerciais. *Revista Verde*, Cataguases, 13(4), 557-562.
- Veras, L. R. V.; & Povinelli, J. (2014). A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9, 218-224.
- Vione, E. L. B. (2018). Caracterização química de compostos e vermicompostos produzidos com casca de arroz e dejetos animais. *Ceres*, Viçosa, 65(1), 65-73.