

A matéria orgânica no cultivo de hortaliças

Juscimar da Silva

Carlos Eduardo Pacheco de Lima

Ítalo Moraes Rocha Guedes

Mirella Pupo Santos

Mariana Rodrigues Fontenelle

Daniel Basílio Zandonadi

Introdução

A área cultivada com espécies hortícolas no Brasil está na ordem de 750 mil hectares, divididos especialmente em propriedades de pequeno e médio portes, sendo a batata e o tomate as culturas de maior importância econômica. Em que pese a menor proporção de áreas cultivadas, a produção de hortaliças é, seguramente, a atividade agrícola em que se utiliza as maiores quantidades de insumos orgânicos, de diferentes composições e matérias-primas.

Os adubos orgânicos, compostos e biofertilizantes são utilizados pelos pequenos produtores como as principais, ou às vezes, as únicas fontes de nutrientes, o que explica, em parte, os maiores acúmulos de matéria orgânica do solo (MOS) nessas áreas. À medida que aumenta o nível tecnológico empregado na produção de hortaliças, aumenta-se também a intensidade dos tratamentos culturais, com maior uso de fertilizantes químicos que impactam diretamente a mineralização da MOS.

A ideia de que o nível tecnológico tem influência no teor de MOS pode ser verificada em dois cenários distintos. No primeiro, em um estudo sobre a qualidade do solo de áreas produtoras de hortaliças em todo o Distrito Federal (Assenção, 2020), em que é possível verificar que os teores de MOS, em mais de 150 amostras de solos de diferentes propriedades produtoras de hortaliças, foram classificados de adequados a alto (Figura 1). Essas áreas são, em geral, caracterizadas por propriedades rurais de pequeno a médio porte, onde se cultivam muitas variedades de hortaliças folhosas, e muitas delas adotam o sistema orgânico de produção ou de base ecológica. Além disso, a aquisição de esterco, principalmente de aves, é facilitada devido à proximidade de várias granjas com as regiões produtoras.

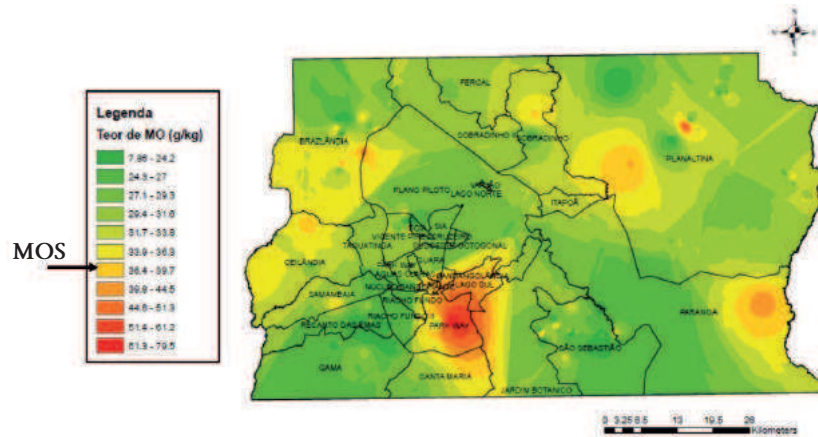


Figura 1. Distribuição dos teores de matéria orgânica no solo (MOS) nas principais áreas de produção de hortaliças do Distrito Federal. A seta indica o nível crítico do teor de MOS, conforme Alvarez V. et al. (1999). As principais áreas de produção se localizam a leste e a oeste do Distrito Federal.

No segundo cenário, em áreas de produção de tomate para processamento industrial no estado de Goiás, com irrigação por pivô central ou por gotejamento, em que os teores de MOS estavam abaixo do nível crítico de 40 g kg^{-1} (Alvarez et al., 1999). Vale ressaltar que este estado concentra em torno de 80% da produção nacional de tomate industrial e os cultivos ocorrem em grandes áreas e com alto nível tecnológico. O monitoramento dessas áreas produtoras apresentou valores medianos de MOS de 12 g kg^{-1} (Figura 2). O incremento da MOS dessas áreas de menores teores é essencial levando em conta a natureza química da maior parte dos seus solos, mesmo diante da fertilidade, não orgânica, construída com insumos minerais. Entretanto, as práticas de manejo mais conhecidas para aumentar a MOS, tais como plantio direto, incorporação de restos vegetais, cobertura vegetal (viva ou morta) e adubação verde entre outras, enfrentam limitações culturais e econômicas. A utilização de produtos ricos em carbono tem crescido no cultivo de hortaliças no país e poderia ser uma alternativa e/ou uma opção promissora para a indução do acúmulo de matéria orgânica em áreas pobres em MOS. Os produtos com alto teor de matéria orgânica mais amplamente conhecidos são constituídos de materiais como composto orgânico, turfa, leonardita e algas entre outros. A comercialização desse tipo de material, tanto na forma líquida como na sólida, geralmente é realizada sob o registro de fertilizantes organominerais classe A ou condicionadores de solo classe F.

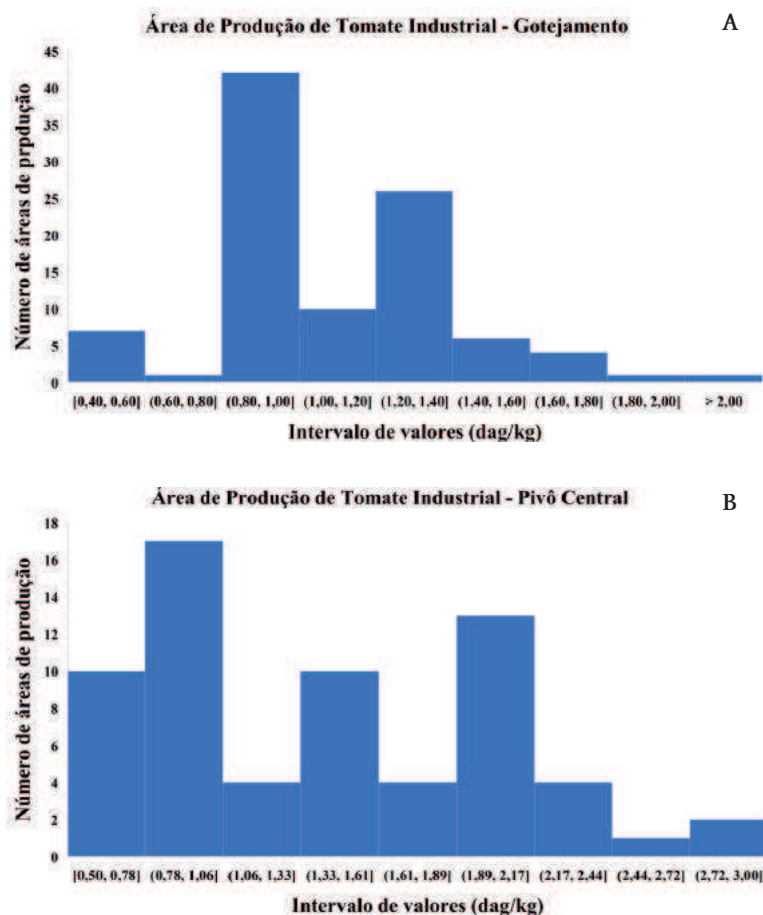


Figura 2. Distribuição dos teores de matéria orgânica do solo em áreas de produção de tomate para processamento industrial. A. produção de tomate industrial sob pivô central (N=99); B. produção de tomate industrial sob gotejamento (N=65)

Ressalta-se que todas essas práticas são relevantes para a química e física do solo. Porém, pouco se pode inferir sobre a ação delas na fisiologia das hortaliças, considerando que a atividade da matéria orgânica depende da sua natureza e do seu grau de humificação.

O acúmulo de MOS pode ser obtido também por meio de práticas de cultivo conservacionistas, como o cultivo mínimo e, principalmente, o plantio direto. De modo geral, esses sistemas promovem o acúmulo de MOS por meio da redução do revolvimento do solo, da rotação de culturas e do aporte de resíduos vegetais de plantas de cobertura. Em solos tropicais, a adoção do sistema de plantio direto é especialmente importante por melhorar a qualidade física do solo e, conseqüentemente, promover a proteção da matéria orgânica dentro

dos agregados, além de promover condições necessárias para que o processo de humificação ocorra, tornando o acúmulo de MOS duradouro.

Embora as áreas produtivas que utilizam o sistema de plantio direto de hortaliças não sejam tão expressivas como se observa nas grandes culturas, como soja, milho e cana-de-açúcar, está em discussão a elaboração de políticas públicas em nível nacional, dentro da perspectiva de mitigação das emissões atmosféricas de gases de efeito estufa, bem como de adaptação às mudanças climáticas. O incentivo para a adoção do plantio direto em hortaliças visa a manutenção e/ou aumento da produtividade, redução da perda de solo, água e nutrientes por escoamento superficial, redução de extremos de temperatura do solo, melhoria do microclima de cultivo, redução da pressão de plantas espontâneas, redução da necessidade de água para irrigação, aumento dos teores de MOS e redução das emissões de gases de efeito estufa entre outros.

Apesar dos benefícios, um dos maiores desafios para a adoção do sistema de plantio direto de hortaliças é a necessidade de rearranjar todo o sistema de produção que, normalmente, é constituído de vários ciclos sequenciais de uma mesma cultura ou de culturas diferentes, mas comercialmente importantes. Nesse rearranjo, culturas comerciais são intercaladas com espécies utilizadas como plantas de cobertura, cujo aproveitamento comercial muitas vezes não é possível. Portanto, é preciso considerar que, durante um determinado período, parte da área seja utilizada para a produção de hortaliças comerciais enquanto outra parte seja destinada para a rotação de culturas com as espécies utilizadas como plantas de cobertura. Essas áreas devem ser alternadas ao longo do tempo.

A matéria orgânica no cultivo de hortaliças será abordada neste capítulo sob a perspectiva dos seus efeitos na fisiologia das hortaliças, dos usos de diferentes tipos de insumos orgânicos e dos benefícios observados com a adoção do sistema de plantio direto de hortaliças.

Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças

A aplicação de insumos orgânicos no cultivo de hortaliças, além de fornecer nutrientes, melhora as propriedades do solo e apresenta efeitos diretos nas plantas, apresentando uma intensa bioatividade. A indução de crescimento vegetativo e a melhoria na qualidade nutricional das culturas vêm justificando a crescente comercialização de bioinsumos, bem como de outros fertilizantes de base orgânica com ação fertilizante e até mesmo estimulante (Zandonadi et al., 2014).

A bioatividade dos compostos orgânicos pode ser definida como a capacidade de interagir positiva ou negativamente com as plantas e/ou os microrganismos, resultando em estímulo ou inibição do desenvolvimento vegetal. As substâncias

húmicas, a matéria orgânica natural dos solos, os biofertilizantes, os compostos orgânicos, os vermicompostos e os extratos de algas e de plantas são alguns exemplos de matérias-primas com possíveis propriedades bioativas.

A partir da incorporação da matéria orgânica no solo ocorrem vários efeitos benéficos para o crescimento vegetais como: o desenvolvimento radicular, o aumento de área foliar, o aumento na eficiência de absorção de nutrientes e a regulação de enzimas e transportadores importantes para o metabolismo vegetal. Dentre os reguladores enzimáticos e transportadores que podem ser ativados podem-se citar a próton-adenosina trifosfatase da membrana plasmática (H^+ -ATPase), a nitrato redutase e os transportadores de NO_3^- das células vegetais (Pinton et al., 1992; Façanha et al., 2002; Nardi et al., 2005; Zandonadi et al., 2013; Canellas e Olivares, 2014). Além disso, efeitos de regulação de crescimento promovidos por substâncias húmicas semelhantes aos dos hormônios vegetais, como a auxina, podem aumentar significativamente a produção de raízes laterais e pelos absorventes (Schmidt et al., 2007; Zandonadi et al., 2007; Canellas et al., 2010).

De acordo com Zandonadi et al. (2014), há, pelo menos, quatro fatores principais que podem influenciar decisivamente na bioatividade das substâncias húmicas: primeiro, a espécie, o órgão e a idade da planta; segundo, a dose recomendada para cada espécie ou cultivar; terceiro, a natureza do material orgânico; e quarto, as características físico-químicas específicas das substâncias húmicas a serem utilizadas. A utilização de substâncias húmicas (comerciais ou não comerciais) precisa ser feita com bastante cuidado a fim de evitar efeitos indesejáveis, uma vez que as respostas dependem tanto da concentração aplicada quanto do número de aplicações.

O efeito estimulante ou efeito direto das substâncias húmicas, extrato de vermicomposto, biofertilizantes, bem como de outros insumos orgânicos no crescimento vegetal, está bem documentado na literatura. Contudo, uma questão muito recorrente é se todos os insumos ou materiais orgânicos são capazes de induzir o efeito estimulante nas plantas. Para caracterizar os insumos e materiais à base de compostos húmicos quanto ao potencial de estimulação das plantas, pode-se utilizar o método clássico com indicador de pH purpura bromocresol gelificado em placa de Petri, um protocolo rápido e de baixo custo. Neste método proposto por Zandonadi et al. (2016), a enzima H^+ -ATPase é utilizada como marcadora bioquímica da próton-adenosina trifosfatase (H^+ -ATPase). O tomateiro de porte miniatura “MicroTom” é utilizado como planta modelo. A sinalização do efeito bioestimulante do insumo, após a aplicação radicular, é verificada a partir da exsudação de prótons pelas raízes das plântulas do tomateiro, alterando a cor do gel de bromocresol de púrpura para amarela.

A exsudação de prótons ocorre devido à ativação da enzima H^+ -ATPase (Figura 3). Essa enzima tem papel importante na absorção de nutrientes e crescimento radicular, que se reflete em sua abundância nos tecidos radiculares (Sondergaard et al., 2004; Młodziska et al., 2015).

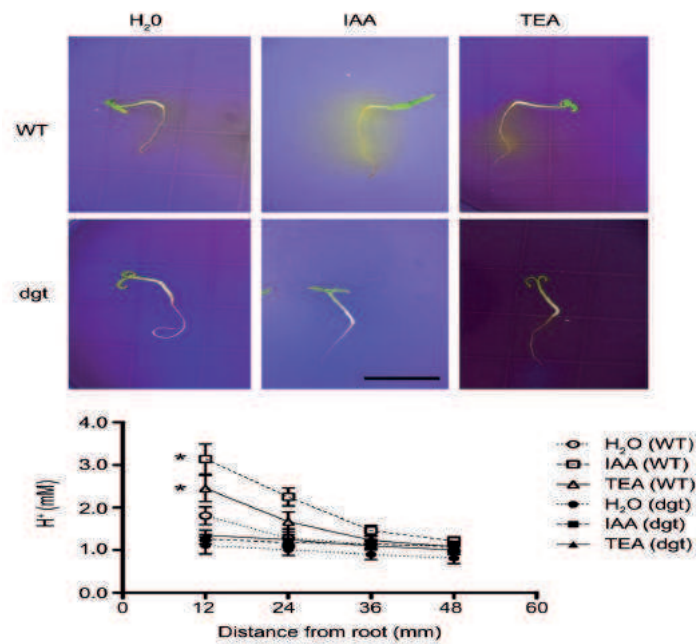


Figura 3. Ilustração da atividade da acidificação das raízes do tomateiro ‘Micro Tom’ tratadas com ácido indolacético (AIA) e extrato de vermicomposto.

Fonte: Adaptado de Zandonadi et al. (2016).

3. Utilização de fertilizantes orgânicos em hortaliças

A resposta das hortaliças à adubação depende de vários fatores, como a cultivar plantada, o clima, a classe de solo, a disponibilidade de água, sistema de produção adotado e as fontes de nutrientes utilizadas. Teores de matéria orgânica adequados no solo, seja por práticas de manejo que promovam o seu acúmulo ou por adição de adubos orgânicos, correlacionam-se positivamente com a maior eficiência de uso de água e nutrientes e maior produtividade.

As culturas hortícolas extraem do solo grandes quantidades de nutrientes que, dependendo da espécie cultivada, podem oscilar de 70 e 210 kg ha⁻¹ de N; 20 e 45 kg ha⁻¹ de P; 112 e 360 kg ha⁻¹ de K; 20 e 200 kg ha⁻¹ de Ca; 25 e 35 kg ha⁻¹ de Mg e 30 e 45 kg ha⁻¹ de S. Portanto, a adição de insumos orgânicos pode contribuir com parte desses nutrientes extraídos, em especial o N. Embora

não seja uma prática recomendada, é bastante comum a aplicação direta, em cobertura, de compostos orgânicos, esterco de aves ou de gado diretamente no solo, as vezes sem o curtimento prévio (Figura 4).



Figura 4. Aduação orgânica em plantios hortícolas.

Os fertilizantes orgânicos são produzidos a partir de diferentes matérias-primas de origem animal ou vegetal, e é sempre recomendado o enriquecimento deles com fontes minerais para melhorar a sua composição química. Os fertilizantes orgânicos são classificados em quatro categorias, conforme a composição: fertilizantes orgânicos simples, fertilizantes orgânicos mistos, fertilizantes orgânicos compostos e fertilizantes organominerais.

Na produção de hortaliças, as quantidades de material orgânico utilizadas são amplas e dependem da natureza dos insumos. A dose aplicada varia entre 10 e 50 t ha⁻¹ de composto orgânico ou esterco curtido. Quando se utiliza esterco de aves, a dose reduz para 2 a 3 t ha⁻¹. As quantidades deverão ser ajustadas de acordo com a cultura, com a qualidade do material, com as características químicas do solo, com a cultura antecessora e com o histórico de manejo da adubação orgânica (Souza; Alcântara, 2008).

O uso de adubos orgânicos visa aproveitar as propriedades condicionadoras desses produtos nas características químicas, físicas e, principalmente, físico-químicas do solo. Ganhos de produtividade e maior acúmulo de nutrientes em hortaliças têm sido extensivamente estudados e relatados a partir do uso de insumos orgânicos de diferentes naturezas, como os fertilizantes organominerais, sólidos ou líquidos, em diferentes formulações, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Adubação orgânica e organomineral em hortaliças e os principais efeitos relatados.

Fonte	Cultura	Material Base	Efeito em hortaliças	Fonte
Composto orgânico	Alface Grand Rapids	Cama de aviário	Maior número de folhas e maior atividade microbiológica	Ziech et al. (2014)
Adubo orgânico	Coentro Verdão	Esterco bovino	Maior rendimento de sementes na dose de 8 kg m ⁻² ; Aumento linear na germinação e no índice de velocidade de germinação; Melhoria na qualidade fisiológica de sementes.	Alves et al. (2005)
Adubo orgânico e Organomineral	Couve de folha crespa	Diferentes combinações de material orgânico	Maior produtividade com uso de organomineral; O uso de fertilizantes orgânicos e organominerais possibilitaram produzir couve de folha crespa com adequada composição físico-química, isentos de contaminação por micro-organismos e metais pesados.	Verruma-Bernardi et al. (2021)
Fertilizante Organomineral Líquido	Melão (Orange Flesh - Honey dew)	serragem de pinus, composto de lixo urbano e cama de frango	Maior produtividade de frutos (42,4 t ha ⁻¹) em relação à fertirrigação com fertilizante mineral; Aumento do ciclo vegetativo em 8 d.	Fernandes e Testezlaf (2002)
Fertilizante Organomineral Líquido	Melão (Gladiol)	Substâncias Húmicas, enxofre e micronutrientes	Melhor desempenho agrônômico no segundo ciclo na dose de 2,228 L ha ⁻¹ em conjunto com adubação mineral ¹ .	Santos et al. (2020)

Continua

Tabela 1. Continuação

Fonte	Cultura	Material Base	Efeito em hortaliças	Fonte
Fertilizante Organomineral Líquido	Alface Vera	matéria orgânica, aminoácidos, extrato de algas e nutrientes.	Aplicação em mudas - maior altura, maior número de folhas e maior massa fresca da parte aérea; Maior massa de raízes; Produção comercial - maior diâmetro, maior massa fresca da parte aérea.	Luz et al. (2010)
Fertilizante Organomineral Líquido	Cenoura (Nantes)	Extrato de algas <i>Ascophyllum nodosum</i> (10%)	Maior crescimento, desenvolvimento e produção das plantas de cenoura; Diminuição na concentração de N, Ca, Mg, Cu e Zn na raiz e de Cu na parte aérea.	Kaseker et al. (2014)
Fertilizante Organomineral Granulo	Batata	Cama-de-frango e nutrientes (22% de P)	Maior produtividade e rendimento de tubérculos na classe Especial na dose equivalente a 100% do mineral.	Cardoso et al. (2015)
Fertilizante Organomineral Granulo	Batata Cupido	—	Não houve diferença entre as doses aplicadas e o tratamento mineral NPK; Melhores respostas fisiológicas e acúmulo de matéria seca na dose de organomineral 75% em relação a mineral.	Aguilar et al. (2019)
Fertilizante Organomineral Granulo	Repolho Capitata e Alface Crespa	Torta filtro e nutrientes (17% de P)	Aumento na matéria fresca e seca do repolho acima de 11%; Maior efeito residual de P; Alface respondeu melhor à adubação residual quando a dose de organomineral foi duas vezes maior que a mineral.	Vieira et al. (2020)
Fertilizante Organomineral Granulo	Tomate industrial CVR 2909	Turfa in natura e nutrientes (16% de P)	Aumento de massa fresca, massa seca e produtividade média de frutos.	Peres et al. (2020)

O uso de fertilizantes organominerais tem aumentado na olericultura, especialmente pela maior oferta de produtos e pelos avanços nas pesquisas com melhor posicionamento de produtos e comprovação da eficiência agrônômica. É importante frisar, no entanto, que o termo fertilizante organomineral tem sido associado à simples adição de material orgânico aos fertilizantes minerais solúveis. Isso está equivocado, uma vez que há legislação específica para este insumo, com especificações e garantias mínimas a serem respeitadas

Uso de biofertilizantes na olericultura

Os biofertilizantes são outra classe de insumos orgânicos utilizados na olericultura, principalmente nas propriedades que adotam sistema orgânico de produção. De acordo com a Instrução Normativa (IN) nº 61 (Brasil, 2020), biofertilizantes são produtos que contêm princípio ativo ou agente orgânico isentos de substâncias agrotóxicas capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante. Assim, outros insumos

orgânicos puderam ser categorizados como biofertilizantes, como os extratos vegetais ou de microalgas, microalgas processadas, aminoácidos e substâncias húmicas ou com princípios e agentes orgânicos aprovados.

Os biofertilizantes são utilizados diretamente no solo, principalmente os compostos orgânicos, ou por aplicação foliar e os seus efeitos sobre a produção de hortaliças são diversos, desde a nutrição da planta, a melhoria de diferentes variáveis fisiológicas e de qualidade pós-colheita, bem como atenuação de possíveis perdas por estresses abióticos, em especial por restrição hídrica ou excesso de sais no solo (Tabela 2).

Tabela 2. Diferentes biofertilizantes utilizados no cultivo de hortaliças: dose, forma de aplicação e espécie e seus efeitos.

Tipo	Fonte	Dose	Aplicação	Hortaliça	Efeito	Fonte
Leonardita	Leonardita	400 kg ha ⁻¹	Sólido no solo	Batata	Aumento no número de tubérculos, número de tubérculos/planta e produtividade de tubérculos	Sanli et al. (2013)
Humato	Extrato húmico de vermicomposto enriquecido com microrganismo	20 mg L ⁻¹	Líquido no substrato e foliar	Tomate	Crescimento e desenvolvimento das mudas. Aumento da produção de frutos, acúmulo de nitrato, da atividade da enzima nitrato redutase e estímulo das rotas metabólicas secundárias	Olivares et al. (2015)
Humato	Leonardita	20 - 80 L ha ⁻¹	Líquida no substrato	Tomate	Aumento no teor de Fe, Cu e Zn nas folhas. Redução de Mn e B	Lima et al. (2011)
Biofertilizantes	Ácidos húmicos; carbono orgânico; aminoácidos; extrato de algas	1 g L ⁻¹	Foliar	Cebola	Aumento do crescimento e da produtividade; aumento período pós-colheita	Shehata et al. (2017)
Substâncias húmicas	Extrato de vermicomposto	Diluídos 1:40 (v/v)	Foliar	Alho	Aumento da produtividade e da qualidade das variáveis de bulbo	Balmori et al. (2019)
Biofertilizante à base de microrganismos	<i>Azotobacter chroococcum</i> e <i>Azospirillum lipoferum</i>	9 t /ha	Sólido e inoculação da semente	Coentro	Aumento da produção de biomassa fresca e seca	Shirkhodaei et al. (2014)

Continua

Tabela 2. Continuação

Biofertilizante	Vermicomposto e bioinoculantes (<i>Azotobacter</i> , <i>Trichoderma</i> e <i>Pseudomonas</i>)	2 a 5 kg	Sólido no solo	Coentro	Melhoria na qualidade e nas massas fresca e seca	Sakthivel et al. (2020)
Biofertilizante	Polissacarídeos, polipeptídios e vitaminas	300 g por 500 L	Foliar	Pimentão	Aumento da fenilamina e metabólitos associados ao amadurecimento	Barrajón-Catalán et al. (2020)
Biofertilizante	Oligossacarídeos	50 mg L ⁻¹	Foliar	Pimenta	Maior crescimento das plantas e do peso de frutos	Dzung et al. (2017)
Biofertilizante	Extrato de algas (<i>Ecklonia máxima</i>)	2 ou 3 L ha ⁻¹	Foliar	Cenoura	Melhoria do valor nutricional e aumento do período de armazenamento	Wszelaczynska et al. (2019)
Hidrolisados proteico	Sementes de leguminosas	2,5 mL L ⁻¹	Foliar e radicular em plantas sob estresse salino	Alface	Mitigação do efeito oxidativo e aumento do conteúdo de glicosinolatos	Lucini et al. (2015)
Humato líquido	Extrato de vermicomposto	15 mg L ⁻¹ de C	Foliar	Alface	Aumento da precocidade, número de folhas por planta e produtividade total	Hernandez et al. (2015)
Humato	Extrato húmico e aminoácidos	-	Foliar e líquido via solo	Tomate	Melhora no desenvolvimento da planta e aumento da eficiência de uso de nutrientes	Klokic et al. (2020)
Composto	Resto de podas enriquecidos com fungos micorrízicos arbusculares	5% (v:v) mistura com solo	Solo	Tomate	Melhora no crescimento e nas variáveis fotossintéticas e redução da infestação por <i>Verticillium dahliae</i>	Rahou et al. (2020)
Biofertilizantes	Extratos húmicos ou fulvicos; Extrato algas (<i>Achrophyllum nodosum</i> ; <i>Ecklonia maxima</i>)	2 L ha ⁻¹	Foliar	Batata	Aumento da produtividade em condição de restrição hídrica e da produtividade comercial	Dziugiel e Wadas (2020)

Fonte: Adaptado de Zandonadi et al. (2014) e Shahrajabian et al. (2021).

Os ácidos húmicos purificados podem até duplicar a quantidade de N, P, K, Ca, Mg e S absorvidos por *Brassica napus* (Jannin et al., 2012). Ácidos húmicos extraídos de esterco bovino aumentaram a produtividade da alface, quando

associados a bactérias distróficas (Meirelles et al., 2017). Assim, o cultivo de hortaliças em regiões mais secas, nas quais os solos são passíveis de acúmulo de sais, tem sido possível a partir da aplicação de ácidos húmicos. O estresse salino afeta de forma negativa os índices fisiológicos das hortaliças e a presença das substâncias húmicas minimiza as perdas de produção. No cultivo do quiabo, a complementação da adubação com material orgânico num solo com alto teor de sais contribuiu para manutenção da produtividade (Sales et al., 2021).

Apesar dos efeitos em laboratório serem bastante claros e descritos em muitos trabalhos, os efeitos dos biofertilizantes em condições de campo ainda são pouco estudados. Biofertilizantes à base de substâncias húmicas de vermicomposto e microrganismos (Hortbio[®]) aumentaram a produtividade em alface e tomateiro (Guimarães et al., 2015; Zandonadi et al., 2017). O biofertilizante Hortbio[®] também retardou o pendoamento de diferentes genótipos de alface em um ensaio em câmara de crescimento mantida a 30°C por 24 h durante todo o ciclo produtivo (Figura 5).



Figura 5. Plantas (diferentes genótipos de alface) fertilizadas unicamente com Hortbio[®] à esquerda e com fertilizantes minerais à direita, submetidas à temperatura de 30 °C por 24 h durante todo o ciclo de cultivo (45 dias) em câmara de crescimento vegetal. O uso do biofertilizante resultou em menor pendoamento ao final desse tempo.

Apesar de os os insumos obtidos por essas mesmas matérias-primas citadas serem classificados como bioestimulantes em diferentes países, a inclusão deles na Instrução Normativa nº 61 ampliou sobremaneira a oferta de biofertilizantes no mercado, principalmente porque se passou a ter produtos com maior uniformidade de formulação. Porém, existe a hipótese de que o uso ainda limitado de biofertilizantes e outros materiais orgânicos se deve à heterogeneidade da composição química desses insumos, em especial aqueles obtidos por meio do processo de vermicompostagem ou fermentação (Cajamarca et al., 2019). No entanto, a variação na composição química dos grupos de biofertilizantes é esperada devido à variabilidade dos teores de nutrientes contidos nas matérias-primas, bem como das suas múltiplas combinações (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Teores de macronutrientes de resíduos agroindustriais utilizados no preparo de biofertilizantes.

Material	N	C	P	K	Ca	Mg	S	Na
	— dag kg ⁻¹ —		— g kg ⁻¹ —					
Farelo de algodão	5,57 ± 0,98	32,32 ± 0,98	7,45 ± 0,22	16,58 ± 0,67	2,06 ± 0,03	4,46 ± 0,18	2,78 ± 0,04	0,38 ± 0,05
Farelo mamona	6,72 ± 0,29	27,94 ± 0,25	7,50 ± 0,34	14,44 ± 0,61	6,40 ± 0,08	5,37 ± 0,18	4,03 ± 0,19	0,54 ± 0,10
Farelo de milho	1,11 ± 0,50	-	1,13 ± 0,06	3,80 ± 0,10	0,19 ± 0,03	0,52 ± 0,004	0,83 ± 0,01	0,49 ± 0,02
Farinha de sangue	12,34 ± 0,49	35,37 ± 0,43	2,32 ± 0,38	5,40 ± 0,18	5,26 ± 0,42	0,22 ± 0,02	5,01 ± 0,25	15,42 ± 0,5
Farinha de sementes	4,88 ± 0,03	38,91 ± 1,57	4,35 ± 0,48	34,83 ± 0,79	4,02 ± 0,33	2,53 ± 0,34	2,62 ± 0,50	1,04 ± 0,01
Farinha de osso	0,03 ± 0,01	2,22 ± 0,01	44,88 ± 1,55	-	141,98 ± 13,2	55,55 ± 4,30	4,34 ± 0,06	3,49 ± 0,18
Cinzas	0,040 ± 0,01	-	7,62 ± 0,07	84,44 ± 1,25	175,32 ± 3,42	34,53 ± 2,33	6,64 ± 0,18	21,62 ± 0,16

Valores médios ± erro padrão da média (n = 3).

Fonte: Adaptado de Cajamarca et al. (2019).

Tabela 4. Características químicas de biofertilizantes produzidos a partir de diferentes combinações de resíduos agroindustriais.

Biofertilizante	pH	EC dS m ⁻¹	g L ⁻¹							mg L ⁻¹					
			C	N	C/N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Na	Zn	Cd	Pb
1	6	5,9	200,3	4,5	4,5	0,81	2,93	0,46	3,91	1	121,15	-	8,76	0,1	-
2	7,6	11,2	-	1,8	-	0,43	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-
3	6,27	-	-	87	-	6,3	14,7	5,5	0,31	0,52	-	9600	1,58	-	-
4	8,02	-	-	2,2	-	0,23	1,13	0,1	0,73	0,14	-	640	1,15	-	-
5	-	-	1,4	0,2	7	-	0,075	-	0,55	0,13	0,01	-	-	-	-
6	6,8	-	15,4	1,64	9,39	0,068	0,42	-	-	0,064	6,5	-	1,6	0,23	0,87
7	5,25	7,1	-	8	-	0,4	6,95	-	1,08	0,72	-	-	-	-	-
8	-	6,16	-	-	-	-	0,82	0,19	0,45	0,12	-	205,67	-	-	-
9	-	-	-	1,8	-	0,25	3	0,35	-	0,12	-	350	-	-	-
10	6,77	5,34	4	0,5	8	0,54	0,32	-	0,217	0,12	9,56	130	-	-	-
11	-	-	-	1,4	-	0,8	0,42	0,6	4,93	0,55	1,02	-	5,33	0,13	0,33
12	-	-	-	2,2	-	0,93	0,3	0,5	2,8	0,42	0,62	-	3	0,07	0,22
13	5,01	6,93	30,5	20,7	2	2,22	19,24	-	-	-	-	33980	-	-	-
14	7,2	9,69	18	2,1	8,62	0,002	1,4	-	3,75	0,003	0,18	-	62	-	-
15	8,1	-	2,3	0,4	6	0,5	0,7	0,24	0,58	0,26	6,36	-	3,72	-	-
CV (%)	14	32	160	222	34	150	152	162	98	90	203	170	168	41	52

1 = biofertilizante aeróbico; 2 = esterco de ovelha (50%) e esterco de gado (50%); 3 = proteínas de salmão hidrolisada; 4 = resíduos urbanos de digestão anaeróbica; 5 = esterco de suíno; 6 = água residuária do amido de batata doce; 7 = esterco bovino fresco, fosfato de rocha, farinha de sementes de leguminosa, cinza de madeira, leite, açúcar; 8 = esterco bovino curtido por 30 dias, melaço, leite, gesso agrícola; 9 = biofertilizante comercial UG max; 10 = esterco de coelho; 11 = lodo deixado em pousio anaeróbico por um ano (autoclavado); 12 = lodo fresco aeróbico (autoclavado); 13 = casca de mandioca e água residuária de lavagem da mandioca; 14 = água residuária da lavagem da oliva e esterco de aves desidratado; 15 = água residuária da criação de suínos.

Fonte: Adaptado de Cajamarca et al. (2019).

Apesar das diferentes concentrações de nutrientes em alguns biofertilizantes, o uso deles tem propiciado alterações positivas nos atributos de fertilidade do solo, bem como auferido ganhos de produção (Oliveira et al., 2014; Lima et al., 2015; Wang et al., 2017; Zandonadi et al., 2017). Lima et al. (2015) reportaram que a adição de diferentes tipos de Bokashi inoculados com microrganismos eficientes (EM Bokashi) aumentou a fertilidade do solo, assim como os teores de carbono orgânico particulado. Ainda de acordo com Lima et al. (2015), os efeitos foram dependentes do tipo de solo e que o EM Bokashi produzido a partir de cama de aviário foi mais efetivo em modificar os atributos químicos analisados. Wang et al. (2017) observaram melhoria na qualidade de três solos tratados com vermicomposto em comparação ao uso de composto de cama de aviário. Esses autores observaram ganhos de produtividade e melhor qualidade

de frutos de tomate, com maior relação acidez/açúcar e redução no teor de nitrato dos frutos. Em solos tratados com vermicomposto, mas sem histórico de cultivo de tomates, foram alcançadas maiores produtividades (74%), maiores teores de vitamina C (47%) e açúcares solúveis (71%) quando comparado àqueles cultivados a longo prazo com essa cultura.

Ávila-Juárez et al. (2014) observaram aumento de 67% no teor de licopeno do tomateiro adubado com extrato de vermicomposto de esterco bovino via fertirrigação, na dose de 100 mL/planta, duas vezes por semana. Efeito positivo do uso de extrato de vermicomposto em tomateiro também foi reportado por Márquez-Quiroz et al. (2014) por meio da aplicação ao longo de todo o ciclo produtivo, após ajustar o pH e a condutividade elétrica da suspensão em 5,5 e 2,5 dS m⁻¹, respectivamente. O uso de Bokashi e extrato de vermicomposto aumentaram os teores de capsaicina e sólidos solúveis em 41% e 42%, respectivamente, em pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* L), e a produtividade da cebola (*Allium cepa* L) de 6,4 para 21 t ha⁻¹ (Álvarez-Solís et al., 2016).

A aplicação de biofertilizantes produzidos na propriedade, para a complementação da adubação de hortaliças, pode ser realizada diretamente no solo, por meio de fertirrigação, ou via foliar. No entanto, em ambos os casos deve-se ter atenção quanto à salinidade, principalmente em relação àqueles obtidos por fermentação (Figura 6). Para aplicação foliar, a concentração final sugerida deve ser de 2% a 5% (V/V), a depender da espécie cultivada e do estágio de desenvolvimento. A diluição deverá ser realizada com água de boa qualidade isenta de patógenos.

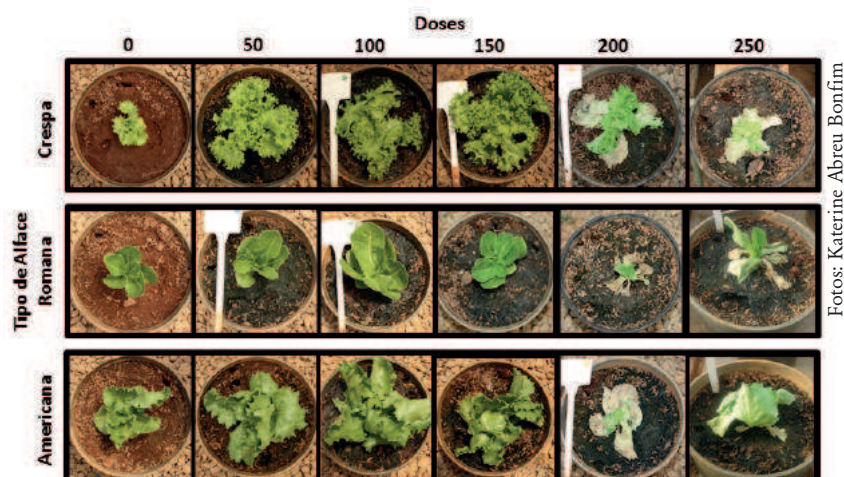


Figura 6. Redução no desenvolvimento das alfaces Crespa, Romana e Americana a partir do aumento do potencial osmótico da solução do solo, tratados com doses crescentes do Hortbio[®]. Dose de nitrogênio variando de 0 a 250 kg ha⁻¹.

Os biofertilizantes baseados em microrganismos promotores de crescimento de plantas incluem inóculos de bactérias e fungos de vários gêneros e encontraram aplicações práticas no cultivo de hortaliças isoladamente ou em combinação uns com os outros (Sani et al., 2020). A caracterização microbiológica do Hortbio[®], por exemplo, mostra uma diversidade de microrganismos disponíveis, dentre eles, bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Gluconacetobacter*, além de fungos e leveduras (Fontenelle et al., 2017). Zandonadi et al. (2017), estudando os efeitos do Hortbio[®] e extratos húmicos na cultura da alface romana (cv. Branca de Paris) em ambiente protegido, observaram aumento de três vezes na área foliar e maior rendimento de matéria fresca. De acordo com os autores, a maior eficiência dos biofertilizantes está associada à presença de compostos orgânicos análogos a fitohormônios, como do ácido 3-indolil acético (AIA).

O uso de biofertilizantes, principalmente contendo microrganismos, estimula os processos fisiológicos naturais na planta, que são associados à maior absorção de nutrientes, além da produção de metabólitos associados diretamente com o crescimento de plantas, como giberelinas, auxinas e citocininas (Islas-Veldez et al., 2017). Adicionalmente, Olanrewaju et al. (2017) chamam a atenção pelo fato destes microrganismos sintetizarem antibióticos, sideróforos e ácidos hidrocínâmicos que podem atuar na supressão da atividade de fitopatógenos (Fontenelle et al., 2015).

Extratos de vermicomposto, puros ou inoculados com *Trichoderma asperellum* ou *Trichoderma virens*, em solos infestados com nematoides das galhas (*Meloidogyne incognita*) aumentaram a produtividade do tomateiro e de pimentão (Pereira et al., 2020; Pereira et al., 2021). Contudo, o resultado mais relevante está relacionado ao controle biológico dos nematoides, sendo que os autores verificaram que o vermicomposto puro reduziu o número de ovos de J2 e do fator de reprodução do nematoide em 62% e 35% para o pimentão e 46% e 22% para o tomateiro, respectivamente.

O uso de Bokashi em diferentes formulações foi eficiente em suprimir a murcha bacteriana em tomateiro (*Ralstonia solanacearum*) (Fontenelle et al., 2015) e o nematoide das galhas na cultura da alface (Dias-Arieira et al., 2015).

Cultivo de hortaliças em sistema de plantio direto

Os benefícios do sistema de plantio direto para a produção agrícola são amplamente reconhecidos, contudo, ainda é pouco utilizado em hortaliças. A adoção do sistema de plantio direto de hortaliças é importante dada as características peculiares do sistema convencional de produção dessas espécies, tais como o uso intensivo do solo, de água e de insumos, bem como a sensibilidade delas a extremos climáticos de precipitação e temperatura. Além disso, parte das hortaliças mais importantes são originadas de regiões temperadas e o

aumento de temperatura global afetará sobremaneira a produção das diferentes espécies hortícolas. Adicionalmente, pelo fato de o cultivo de hortaliças não se limitar apenas às áreas mais planas, é comum a presença de cultivos em relevos declivosos, como aqueles observados em regiões serranas do Sudeste e do Sul do país. Por isso, a promoção do uso do sistema de plantio direto de hortaliças visa a adaptação desse sistema às mudanças climáticas por meio da redução na vulnerabilidade da terra à erosão, na perda de fertilidade e no aumento da temperatura do solo, além da redução da pressão de plantas espontâneas e da necessidade de água para irrigação entre outros.

O sistema de plantio direto de hortaliças tem mostrado índices de produtividade equivalentes ou superiores aos sistemas convencionais de produção para cultivos de brócolis cabeça única (Melo et al., 2010), repolho (Marouelli et al., 2010; Souza et al., 2014), tomate (Marouelli et al., 2006; Lima et al., 2017a) e melão (Lima et al., 2017b). Adicionalmente, o sistema de plantio direto de hortaliças tem sido considerado um sistema de produção eficiente em mitigar as emissões atmosféricas de gases de efeito estufa pela horticultura (Lima et al., 2016) e de adaptar a produção de hortaliças aos cenários projetados de mudanças climáticas globais (Lima et al., 2017c, 2017d).

Nas áreas nas quais é adotado o sistema de plantio direto de hortaliças, há uma clara tendência de redução das perdas de solo, água e nutrientes, de aumento nos estoques de C e N, de redução da temperatura, aumento da umidade e da biota do solo entre outros. Além disso, também se observa o controle de plantas espontâneas e de algumas doenças e pragas de solo.

O potencial de uso do sistema de plantio direto de hortaliças como estratégia de mitigação de emissões atmosféricas de gases de efeito estufa foi demonstrado por Lima et al. (2016), que reportaram acúmulo de carbono das frações lábeis, não-lábeis e total numa profundidade de até 30 cm ao final do sexto ano de cultivo. Lima et al. (2017d) observaram que o sistema de plantio direto de hortaliças reduziu a amplitude térmica e a temperatura média do solo em até 4 °C em superfície, com maiores reduções registradas até os 10 cm de profundidade (Lima et al., 2017d), promoveu economia de água para irrigação em até 10% (Marouelli et al., 2006, 2010) e a redução da perda de solo, água e nutrientes (Caixeta et al., 2009; Souza, 2013; Lima et al., 2017c).

O sucesso do sistema de plantio direto de hortaliças está ligado à utilização dos adubos verdes e ou plantas de coberturas em que o aumento da quantidade de biomassa depositada na superfície do solo, associado à melhoria de sua qualidade física, tem efeitos diretos na redução dos processos erosivos e favorecimento da recuperação da qualidade do solo. Na Figura 7 são apresentados alguns exemplos de cultivo de hortaliças em sistema de plantio direto de hortaliças.

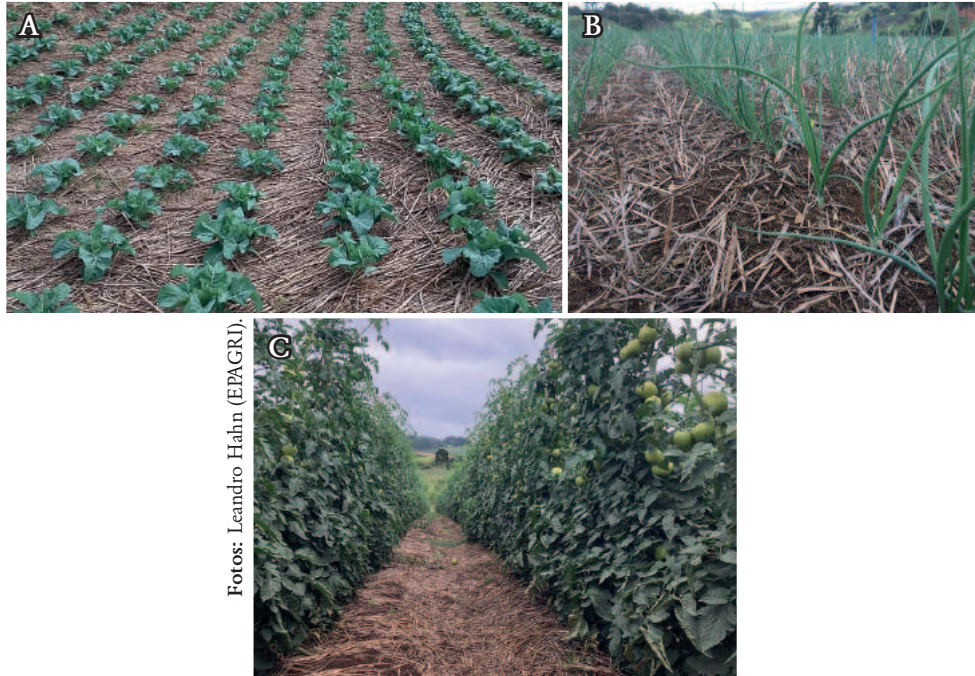


Figura 7. Produção de brássicas (A), cebola (B) e tomate (C) em sistema de plantio direto de hortaliças.

Após cinco anos de sistema de plantio direto de hortaliças de cebola, o uso de plantas de cobertura, solteiras ou consorciadas, mostrou-se eficiente para restabelecer e aumentar os teores de carbono orgânico total e índices de agregação do solo em comparação com área sob cultivo convencional há mais de 30 anos (Loss et al., 2015). Esses autores observaram aumento da agregação do solo com uso do nabo-forrageiro na camada de 10 a 20 cm de profundidade e que a substituição do plantio convencional pelo sistema de plantio direto de hortaliças, com plantas de cobertura, favoreceu a formação de macroagregados estáveis em água, com posterior aumento do diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico e índice de sensibilidade.

Avaliações complementares nessa mesma área de estudo mostraram que o sistema de plantio direto de hortaliças favoreceu o processo de humificação e proteção das frações da matéria orgânica do solo nos agregados na profundidade de 0 - 5 cm em comparação ao plantio convencional, além de melhorar a fertilidade do solo, incrementando os teores de Ca, Mg e K (Santos, 2016).

Lima et al. (2018) observaram numa área cultivada com hortaliças, por mais de cinco anos, sob diferentes sistemas de manejo (plantio direto, cultivo

mínimo e cultivo convencional), maiores teores de matéria orgânica do solo com plantio direto e cultivo mínimo.

Considerações finais

É ponto pacífico os benefícios da manutenção da matéria orgânica do solo ou o seu incremento a partir da aplicação de diferentes tipos de insumos para o aumento da produtividade das culturas e conservação do solo. Para o cultivo de hortaliças não é diferente e a adaptação das práticas de manejo do solo, já consagradas para as outras espécies agrícolas, é um dos desafios a serem superados. Apesar dos resultados expressivos a partir da adoção do sistema de plantio direto de hortaliças, dúvidas ainda persistem no que se refere à recomendação do sistema para o setor produtivo, nas diferentes condições edafoclimáticas brasileiras. A indicação de plantas de cobertura mais adequadas, consorciadas ou não, para a rotação com o cultivo de hortaliças está entre as principais incertezas.

Quanto ao uso de produtos biofertilizantes, adubos orgânicos e organominerais, bem como outros insumos disponíveis no mercado, ainda restam dúvidas sobre as recomendações de aplicação ou a definição da dose de maior eficiência agrônômica. Os resultados de pesquisa têm sido muito robustos e reproduzíveis, porém muitos foram obtidos em laboratório ou em ensaios em casa de vegetação. Assim, é mister avançar nos estudos dos efeitos dos diferentes insumos orgânicos em condições de campo, preferencialmente em estudos a longo prazo.

Da mesma forma, há uma carência enorme de estudos envolvendo métodos de análises de solos com altos teores de matéria orgânica, principalmente nos solos sob produção orgânica de hortaliças. A discussão que se quer fomentar é se os principais métodos utilizados em laboratórios de rotina de solo são os mais adequados para o correto manejo da fertilidade nesses tipos específicos de solo. Não é raro observar excessos de nutrientes e pH elevado em solos em que o sistema de manejo orgânico é adotado. Nesse cenário, os teores obtidos a partir da análise química do solo estariam correlacionados de forma estreita com a necessidade das culturas? Em outras palavras, será que os teores observados estão realmente disponíveis para as plantas?

Por fim, as pesquisas relacionadas aos efeitos da manutenção da matéria orgânica do solo ou dos usos de insumos orgânicos têm deixado de explorar com mais detalhes a qualidade das hortaliças, principalmente os estudos nacionais. Como as hortaliças são consumidas, em geral, no seu estado natural ou com mínimo processamento, avaliar a relação entre a nutrição das plantas com a melhoria da qualidade funcional e nutracêutica dos alimentos também é de suma importância.

Referências

- AGUILAR, A. S.; CARDOSO, A. F.; LIMA, L. C.; LUZ, J. M. Q.; RODRIGUES, T.; LANA, R. M. Q. Influence of organomineral fertilization in the development of the potato crop cv. Cupid. *Bioscience Journal*, v. 35, p. 199-210, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n1a2019-41740>.
- ÁLVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ÁLVAREZ V., V. H. (ed.) *Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa, MG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 30-36.
- ÁLVAREZ-SOLÍS, J. D.; MENDOZA-NÚÑEZ, J. A.; LEÓN-MARTÍNEZ, N. S.; CASTELLANOS-ALBORES, J.; GUTIÉRREZ-MICELI, F. A. Effect of bokashi and vermicompost leachate on yield and quality of pepper (*Capsicum annuum*) and onion (*Allium cepa*) under monoculture and intercropping cultures. *Ciencia e Investigación Agraria*, v. 43, p. 243-252, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-16202016000200007>.
- ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SADER, R.; ALVES, A. U. Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 27, p. 132-137, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100016>.
- ASSENÇÃO, D. O. M. *Qualidade de solos cultivados com hortaliças no Distrito Federal*. 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos. Morrinhos.
- ÁVILA-JUÁREZ, L.; GONZÁLEZ, A. R.; PIÑA, N. R.; GONZÁLEZ, R. G. G.; PACHECO, I. T.; VELÁZQUEZ, R. V. O.; MOUSTAPHA, B. Vermicompost leachate as a supplement to increase tomato fruit quality. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 15, p. 46-59, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-95162015005000005>.
- BALMORI, D. M.; DOMÍNGUEZ, C. Y. A.; CARRERAS, C. R.; REBATOS, S. M.; FARIAS, L. B. P.; IZQUIERDO, F. G.; BERBARA, R. L. L.; GARCÍA, A. C. Foliar application of humic liquid extract from vermicompost improves garlic (*Allium sativum* L.) production and fruit quality. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v. 8, p. 103-112, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0279-1>.
- BARRAJÓN-CATALÁN, E.; ÁLVAREZ-MARTÍNEZ, F. J.; BORRÁS, F.; PÉREZ, D.; HERRERO, N.; RUIZ, J. J.; MICOL, V. Metabolomic analysis of the effects of a commercial complex biostimulant on pepper crops. *Food Chemistry*, v.310, 125818, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125818>.
- BRASIL. 2020. *Instrução Normativa nº 61*, de 8 de julho de 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, Brasília, n. 134, 15 de julho de 2020, seção 1. Pag. 5. <http://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148>. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148>. Acesso em 3 mar. 2021.
- CAIXETA, R. P.; ALCÁNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R.; ABDALLA, R. P. *Perdas de água, solo nutrientes e matéria orgânica em área cultivada com cebola sob diferentes sistemas de manejo de solo*. Brasília. Embrapa Hortaliças, 2009. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 51).
- CAJAMARCA, S. M. N.; MARTINS, D.; SILVA, J.; FONTENELLE, M. R.; GUEDES, I. M. R.; FIGUEIREDO, C. C.; LIMA, C. E. P. Heterogeneity in the chemical composition of biofertilizers, potential agronomic use, and heavy metal contents of different agro-industrial wastes. *Sustainability*, v. 11, article 1995, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11071995>.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biology Technologies in Agriculture*, v. 1, article 3, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>.
- CANELLAS, L. P.; PICCOLO, A.; DOBBS, L. B.; SPACCINI, R.; OLIVARES, F. L.; ZANDONADO, D. B.; FAÇANHA, A. R. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. *Chemosphere*, v. 78, p. 457-466, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.10.018>.
- CARDOSO, A. F.; LUZ, J. M. Q.; LANA, R. M. Q. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função do fertilizante organomineral e safras de plantio. *Revista Caatinga*, v. 28, p. 80-89, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n409rc>.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; MATTEI, D.; PUERARI, H. H.; RIBEIRO, R. C. F. Use of organic amendments in the management of root-knot nematode in lettuce. *Horticultura Brasileira*, v. 33, p. 488-492, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400013>.
- DZIUGIEL, T.; WADAS, W. Possibility of increasing early crop potato yield with foliar application of seaweed extracts and humic acids. *Journal of Central European Agriculture*, v. 21, p. 300-310, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.2.2576>.
- DZUNG, P. D.; VAN PHU, D.; DU, B. D.; NGOC, L. S.; DUY, N. N.; HIET, H. D.; NGHIA, D. H.; THANG, N. T.; VAN LE, B.; HIEN, N. Q. Effect of foliar application of oligochitosan with different molecular weight on growth promotion and fruit yield enhancement of chili plant. *Plant Production Science*, v. 20, p. 389-395, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/1343943X.2017.1399803>.

- FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. D. A.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; BRASIL, F.; SCHRIPSEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M. A.; CANELLAS, L. P. Humic acids bioactivity: effects on root development and on the plasma membrane proton pump. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, p. 1301-1310, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900014>.
- FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertilização na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, p. 45-50, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100009>.
- FONTENELLE, M. R.; LOPES, C. A.; LIMA, C. E. P.; SOARES, D. C.; SILVA, L. R. B.; ZANDONADI, D. B.; SOUZA, R. B.; MOITA, A. W. Microbial attributes of infested soil suppressive to bacterial wilt by Bokashi amendments. *Agricultural Sciences*, v. 6, p. 1239-1247, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2015.610119>.
- FONTENELLE, M. R.; LIMA, C. E. P.; BONFIM, C. A.; ZANDONADI, D. B.; BRAGA, M. B.; PILON, L.; MACHADO, E. R.; RESENDE, F. V. **Biofertilizante Hortbio®: propriedades agrônômicas e instruções para o uso**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. 11 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 162).
- GUIMARÃES, J. A.; ZANDONADI, D. B.; DE MOURA, A. P. Levantamento de insetos associados ao tomateiro BRS Montese em cultivo protegido de base ecológica no Distrito Federal. *Embrapa Hortaliças-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*, 2015.
- HERNANDEZ, O. L.; CALDERÍN, A.; HUELVA, R.; MARTÍNEZ-BALMORI, D.; GURIDI, F.; AGUIAR, N. O.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P. Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 35, p. 225-232, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0221-x>.
- ISLAS-VALDEZ, S.; LUCHO-CONSTANTINO, C. A.; BELTRÁN-HERNÁNDEZ, R. I.; GÓMEZ-MERCADO, R.; VÁZQUEZ-RODRÍGUEZ, G. A.; HERRERA, J. M.; JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, A. Effectiveness of rabbit manure biofertilizer in barley crop yield. *Environmental Science Pollution Research*, v. 24, p. 25731-25740, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5665-2>.
- JANNIN, L.; ARKOUN, M.; OURRY, A.; LAÏNÉ, P.; GOUX, D.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; FRANCISCO, S. S.; BAIGORRI, R.; CRUZ, F.; HOUDUSSE, F.; GARCIA-MINA, J. M.; YVIN, J.; ETIENNE, P. Microarray analysis of humic acid effects on *Brassica napus* growth: Involvement of N, C and S metabolisms. *Plant and Soil*, v. 359, p. 297-319, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1191-x>.
- KASEKER, J. F.; BASTOS, M. C.; CONSALTER, R.; MÓGOR, A. F. Alteração do crescimento e dos teores de nutrientes com utilização de fertilizante organomineral em cenoura. *Revista Ceres*, v. 61, p. 964-969, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461060011>.
- KLOKIC, I.; KOLEŠKA, I.; HASANAGIC, D.; MURTIĆ, S.; BOSANCIĆ, B.; TODOROVIC, V. Biostimulants' influence on tomato fruit characteristics at conventional and low-input NPK regime. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B Plant & Soil Science*, v. 70, p. 233-240, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/0964710.2019.1711156>.
- LIMA, A. A.; ALVARENGA, M. A. R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J. G. Leaf nutrient content and yield of tomato grown in different substrates and doses of humic acids. *Horticultura Brasileira*, v.29, p.63-69, 2011.
- LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; SILVA, L. R. B.; SOARES, D. C.; MOITA, A. W.; ZANDONADI, D. B.; SOUZA, R. B.; LOPES, C. A. Short-term changes in fertility attributes and soil organic matter caused by the addition of EM Bokashis in two tropical soils. *International Journal of Agronomy*, v. 2015, Article ID 754298, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/754298>.
- LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; MADEIRA, N. R.; SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.; SILVA, L. R. B.; SOARES, D. C. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, p. 378-387, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000400011>.
- LIMA, C. E. P.; MADEIRA, N. R.; SILVA, J.; FONTENELLE, M. R.; MELO, R. A. C.; GUEDES, I. M. R. **Benefícios da adoção do sistema de plantio direto de hortaliças**. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2017a. 32 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 156).
- LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; LIGOSKI, G. R.; MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, V. R.; PINHEIRO, J. B.; GONDIM, R. S.; LIMA, M. F. Productivity and quality of melon cultivated in a protected environment under different soil managements. *Horticultura Brasileira*, v. 35, p. 576-582, 2017b.
- LIMA, C. E. P.; SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.; MADEIRA, N. R.; FONTENELLE, M. R. Management systems effect on fertility indicators of a Ferralsol with vegetable crops as determined by different statistical tools. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 41, p. 1-14, 2017c. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160468>.
- LIMA, C. E. P.; MADEIRA, N. R.; MELO, R. A. C.; SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.; FONTENELLE, M. R. **Temperatura de um Latossolo Vermelho em cultivo de brócolis em diferentes sistemas de manejo**. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2017d. 21 p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 151).
- LIMA, C. E. P.; GUEDES, I. M. R.; SILVA, J.; ALCÁNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R.; CARVALHO, A. D. F.; FONTENELLE, M. R. Effects of five years adoption of no-tillage systems for vegetables crops in soil organic matter contents. *Agricultural Sciences*, v. 9, p. 117-128, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2018.91009>.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1212-1224, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140718>.

LUCINI, L.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; CANAGUIER, R.; KUMAR, P.; COLLA, G. The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 182, p. 124-133, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.022>.

LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, G.; QUEIROZ, A. A.; CARREON, R. Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 373-377, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300023>.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H.R.; MADEIRA, N. R. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1399-1404, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000900008>.

MAROUELLI, W. A.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, R. F. Eficiência do uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 369-375, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000400004>.

MÁRQUEZ-QUIROZ, C.; LÓPEZ-ESPINOSA, S. T.; SÁNCHEZ-CHÁVEZ, E.; GARCÍA-BAÑUELOS, M. L.; DE LA CRUZ-LÁZARO, E.; REYES-CARRILLO, J. L. Effect of vermicompost tea on yield and nitrate reductase enzyme activity in saladette tomato. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 14, p. 223-231, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-95162014005000018>.

MELO, R. A. C.; MADEIRA, N. R.; PEIXOTO, J. R. Cultivo de brócolos de inflorescência única no verão em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 23-28, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100005>.

MEIRELLES, A. F. M.; BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas, em condições de campo. **Revista Ceres**, v. 64, p. 553-556, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201764050014>.

MŁODZI SKA, E.; KŁOBUS, G.; CHRISTENSEN, M. D.; FUGLSANG, A. T. The plasma membrane H⁺-ATPase AHA2 contributes to the root architecture in response to different nitrogen supply. **Physiology Plantarum**, v. 154, p. 270-282, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.12305>.

NARDI, S.; TOSONI, M.; PIZZEGHELLO, D.; PROVENZANO, M. R.; CILENTI, A.; STURARO, A.; RELLA, R.; VIANELLO, A. Chemical characteristics and biological activity of organic substances extracted from soils by root exudates. **Soil Science Society of America Journal**, v. 69, p. 2012-2019, 2005. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0401>.

OLANREWAJU, O. S.; GLIC, B. R.; BABALOLA, O. O. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 33, p. 2-16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9>.

OLIVARES, F. L.; AGUIAR, N. O.; ROSA, R. C. C.; CANELLAS, L. P. Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 183, p. 100-108, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.012>.

OLIVEIRA, E. A. G.; RIBEIRO, R. L. D.; LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ARAUJO, E. S.; ESPINDOLA, J. A. A.; ROCHA, M. S.; BASTOS, T. C.; SAITER, O. Compostos orgânicos fermentados tipo bokashi obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hortaliças. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2014. 32p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 98 p.).

PEREIRA, T. D. S.; MACÊDO, A. G.; SILVA, J.; PINHEIRO, J. B.; PAULA, A. M.; BISCAIA, D.; BUSATO, J. G. Water-extractable fraction of vermicomposts enriched with *Trichoderma* enhances the growth of bell pepper and tomato as well as their tolerance against *Meloidogyne incognita*. **Scientia Horticulturae**, v. 272, e109536, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109536>.

PEREIRA, T. S.; PAULA, A. M.; FERRARI, L. H.; SILVA, J.; PINHEIRO, J. B.; CAJAMARCA, S. M. N.; JINDO, K.; SANTOS, M. P.; ZANDONADI, D. B.; BUSATO, J. G. *Trichoderma*-enriched vermicompost extracts reduces nematode biotic stress in tomato and bell pepper crops. **Agronomy**, v. 11, 1655, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081655>.

PERES, L. A. C.; TERRA, N. F.; REZENDE, C. F. A. Productivity of industrial tomato submitted to organo-mineral fertilization in cover. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 10586-10599, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-075>.

PINTON, R.; VARANINI, Z.; VIZZOTTO, G.; MAGGIONI, A. Soil humic substances affect transport properties of tonoplast vesicles isolated from oat roots. **Plant and Soil**, v. 142, p. 203-210, 1992.

RAHOU, Y. A.; AIT-EL-MOKHTAR, M.; ANLI, M.; BOUTASKNIT, A.; BEN-LAOUANE, R.; DOUIRA, A.; BENKIRANE, R.; EL MODAFAR, C.; MEDDICH, A. Use of mycorrhizal fungi and compost for improving the growth and yield of tomato and its resistance to *Verticillium dahliae*. **Archives Phytopathology and Plant Protection**, v. 54, p. 665-690, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1854938>.

- SAKTHIVEL, P.; SUJEETHA, A. R. P.; RAVI, G.; GIRISH, A. G.; CHANDER, P. P. Effect of vermicompost with microbial bio inoculums on the growth parameter of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 9, p. 613-622, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.908.068>.
- SALES, J. R. S.; MAGALHÃES, C. L.; FREITAS, A. G. S.; GOES, G. F.; SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, p. 466-471, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n7p466-471>.
- SANI, M. N. H.; ISLAM, M. N.; UDDAIN, J.; CHOWDHURY, M. S. N.; SUBRAMANIAM, S. Synergistic effect of microbial and nonmicrobial biostimulants on growth, yield, and nutritional quality of organic tomato. *Crop Science*, v. 60, p. 2102-2114, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20176>.
- SANLI, A.; KARADOGAN, T.; TONGUC, M. Effects of leonardite applications on yield and some quality parameters of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, v. 18, p. 20-26, 2013.
- SANTOS, H. L. *Frações orgânicas e atributos químicos em agregados do solo sob sistemas de plantio direto e convencional de cebola*. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SANTOS, E. N.; MESQUITA, A. C.; YURI, J. E.; SOUZA, M. A.; SOUZA, A. R. E. Fertilizante organomineral no cultivo do meloeiro no submédio Vale do São Francisco. *Revista Agronomia e Ambiente*, v. 13, p. 1233-1250, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1233-1250>.
- SCHMIDT, W.; SANTI, S.; PINTON, R.; VARANINI, Z. Water-extractable humic substances alter root development and epidermal cell pattern in *Arabidopsis*. *Plant Soil*, v. 300, p. 259-267, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9411-5>.
- SHAHRAJABIAN, M. H.; CHASKI, C.; POLYZOS, N.; PETROPOULOS, S. A. Biostimulants Application: A low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables. *Biomolecules*, v. 11, 698, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11050698>.
- SHEHATA, S. A.; ABDELGAWAD, K. F.; ELMOGY, M. Quality and shelf-life of onion bulbs influenced by bio-stimulants. *International Journal of Vegetable Science*, v. 23, p. 362-371, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/19315260.2017.1298170>.
- SHIRKHODAEI, M.; DARZI, M. T.; HAJ, M.; HADI, M. H. S. Influence of vermicompost and biostimulant on the growth and biomass of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, v. 2, p. 706-714, 2014.
- SONDERGAARD, T. E.; SCHULZ, A.; PALMGREN, M. G. Energization of Transport Processes in Plants. Roles of the Plasma Membrane H⁺-ATPase, *Plant Physiology*, v. 136, p. 2475-2482, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.104.048231>.
- SOUZA, R. F. *Frações da matéria orgânica e perdas de solo, água e nutrientes no cultivo de hortaliças sob sistemas de manejo*. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.
- SOUZA, R. B.; ALCÂNTARA, F. A. *Adução no sistema orgânico de produção de hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 8 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 65).
- SOUZA, R. F.; FIGUEIREDO, C. C.; MADEIRA, N. R.; ALCÂNTARA, F. A. Effect of management systems and cover crops on organic matter dynamics of soil under vegetables. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 923-933, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300024>.
- VERRUMA-BERNARDI, M. R.; PIMENTA, D. M.; LEVRERO, G. R. R.; FORTI, V. A.; MEDEIROS, S. D. S.; CECCATO-ANTONINI, S. R.; COVRE, E. A.; FERREIRA, M. D.; MORET, R.; BENARDI, A. C. C.; SALA, F. C. Yield and quality of curly kale grown using organic fertilizers. *Horticultura Brasileira*, v. 39, p. 112-121, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210116>.
- VIEIRA, D. M. S.; CAMARGO, R.; TORRES, J. L. R.; SILVA, A. A.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO, F. J. Growing vegetables in succession in different soils and doses of phosphorus in an organomineral fertilizer. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, p. 806-813, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p806-813>.
- WANG, X.; ZHAO, F.; ZHANG, G.; ZHANG, Y.; YANG, L. Vermicompost improves tomato yield and quality and the biochemical properties of soils with different tomato planting history in a greenhouse study. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, 1978, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01978>.
- WSZELACZYNSKA, E.; SZCZEPANEK, M.; POBERE, Z. N. Y.; KAZULA, M. J. Effect of biostimulant application and long-term storage on the nutritional value of carrot. *Horticultura Brasileira*, v. 37, p. 451-457, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190414>.
- ZANDONADI, D. B.; CANELLAS, L. P.; FAÇANHA, A. R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺-pumps activation. *Planta*, v. 225, p. 1583-1595, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-006-0454-2>.
- ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; BUSATO, J. G.; PERES, L. E. P.; FAÇANHA, A. R. Plant physiology as affected by humified organic matter. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v. 25, p. 13-25, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2197-00252013000100003>.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 14-20, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000100003>.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; CAIXETA, L. S.; MARINHO, E. B.; PERES, L. E. P.; FAÇANHA, A. R. Plant proton pumps as markers of biostimulant action. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 24-28, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0076>.

ZANDONADI, D. B.; SOUZA, R. B.; RESENDE, F. V.; SILVA, J.; RIBEIRO, R. L. V.; FONTENELLE, M. R.; LIMA, C. E. P. Produção orgânica de alface romana com biofertilizantes em cultivo protegido. **Embrapa Hortaliças-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2017.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; PAULUS, D.; ZIECH, M. F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 948-954, 2014. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p948-954>.