



OTIMIZAÇÃO DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS COM INCORPORAÇÃO DE COMPOSTO DE BIORRESÍDUOS

Miguel Ramos¹, Telmo Machado²,
Nadine Reis Sousa², Benedita Chaves²

¹ Mycotrend – Tecnologias Florestais

² Unidade de Investigação, Desenvolvimento
e Inovação, LIPOR, Baguim do Monte

RESUMO

Atualmente o cultivo de plantas baseia-se na utilização de substratos comerciais constituídos por misturas de turfa suplementados com fertilizantes inorgânicos como componente nutricional. Estes, apesar de nutrirem, têm uma ação pouco duradoura sendo suscetíveis à lixiviação. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de novas formulações de substratos suplementadas com o corretivo orgânico NUTRIMAIS. Foram desenvolvidas formulações para 3 categorias de plantas: Horticolas, Aromáticas e Fruteiras bem como um substrato Universal. A análise microbiológica do corretivo orgânico revelou uma grande diversidade microbiana de comunidades bacterianas e fúngicas, demonstrando também a presença de espécies benéficas e promotoras de crescimento das plantas. As formulações elaboradas demonstraram potencial como substratos de cultivos de plantas, observando-se por vezes melhor performance em comparação com substratos comerciais. O corretivo orgânico NUTRIMAIS poderá ser usado como suplemento nutricional e microbiano para substratos de cultivo de plantas, tendo como principal benefício a minimização do uso de fertilizantes químicos.

Palavras-chave: substratos, corretivo orgânico, biorresíduos.

ABSTRACT

Plant cultivation currently uses commercial growing media composed of peat mixes, supplemented with inorganic fertilizers, used as a nutrient source. Though these fertilizers can nurture plants, its action is short in time and are susceptible to leaching. This study evaluated the performance of new formulations for plant growing media supplemented with organic soil conditioner NUTRIMAIS. Formulations were developed for 3 plant categories – horticulture, aromatic herbs and fruit trees –, and a Universal use formula was also created.



Microbiological analysis of NUTRIMAIS showed a large microbial diversity, from bacteria to fungal communities, exposing also the presence of beneficial and growth promoting species for plants. The designed formulations have shown their potential as plant growing media, and an overall better performance was observed, when compared to commercial growing media. Organic soil conditioner NUTRIMAIS may be used as a nutrient and microbial supplement for plant cultivation growing media, contributing to the reduction of the use of chemical fertilizers.

Keywords: growing media, soil conditioner, biowaste.

INTRODUÇÃO

Por todo o mundo, o cultivo de plantas baseia-se na utilização de misturas para envasamento constituídas por substratos comerciais. As suas formulações são habitualmente constituídas por misturas de turfa loira e turfa preta. Este tipo de matérias-primas tem naturalmente valores de pH extremamente baixos (3-4) e quase ausência de nutrientes e de microrganismos benéficos ao crescimento das plantas.

Devido a estas condicionantes, os substratos são normalmente compensados com grandes quantidades de fertilizantes inorgânicos de forma a garantir que as plantas tenham uma aparência saudá-

vel. Devido a estas práticas, o apporto nutricional por parte dos fertilizantes é temporário levando a que haja necessidade de múltiplas aplicações. A estas práticas estão associados problemas ambientais como o elevado consumo energético necessário para a sua produção (Gellings and Parmenter, 2004), necessidade de utilização de recursos escassos, como o fósforo, cuja disponibilidade global é finita, sendo por isso necessário utilizá-lo eficientemente para maximizar o seu período de vida útil (Syers *et al.*, 2008) e a lixiviação dos nutrientes em excesso para os lençóis freáticos. Desta forma, os profissionais da área da produção de plantas procuram, cada vez mais, alternativas à aplicação de fertilizantes inorgânicos (Latimer *et al.*, 2000).

Os recursos naturais são elementos da natureza que, apesar de disponíveis para a utilização pelo ser humano, são limitados. O atual modelo de economia linear não se coaduna com os ciclos naturais e coloca pressão sobre os ecossistemas esgotando os recursos naturais ali gerados. A economia circular é um modelo em que os recursos são reutilizados e reciclados até que o seu valor seja o mais baixo, evitando assim a extração de mais recursos da natureza (Leitão, A., 2015; CEDS, 2016).

A LIPOR é a entidade responsável pela gestão, valorização e tratamento dos Resíduos Urbanos produzidos pelos cerca de 1 milhão de habitantes do Grande Porto.



Seguindo os pressupostos da economia circular e preconizando de forma clara que é fundamental que a gestão de resíduos seja realizada na ótica do recurso, a LIPOR criou um corretivo agrícola orgânico com a marca NUTRIMAIS. Este corretivo é produzido pela compostagem de biorresíduos provenientes de recolha seletiva, resultando num composto de classe I de acordo com o Decreto-Lei n.º 103/2015 da República Portuguesa. Caracteriza-se por estar isento de infestantes e de patogénicos, possuir elevado valor fertilizante, atuar como agente de controlo biológico contra doenças do solo, ser rico em compostos húmicos e micronutrientes, possuir um teor bastante significativo de macronutrientes, ser adequado para utilização de forma direta, rentável e eficiente na agricultura (Gautam *et al.*, 2010).

No presente trabalho, pretendeu-se avaliar a possibilidade de utilizar um corretivo orgânico como suplemento na formulação de substratos de cultivo com o intuito de os enriquecer naturalmente com nutrientes e matéria orgânica, disponibilizando-os de forma equilibrada e gradual. Este fator não só permite a redução da aplicação de fertilizantes químicos, bem como, enquadra melhor as formulações ao cultivo em modo de produção biológico.

Outro suplemento a considerar é a aplicação de bactérias e fungos micorrízicos. Com a exceção de algumas espécies, as plantas agrícolas, hortícolas e florestais formam micorrizas e têm associações com comunidades bacterianas. O principal efeito benéfico desta interação sob o sistema radicular da planta é o aumento da área de absorção de água e nutrientes (Smith and Read, 1997). A interação entre as plantas e os microrganismos é de grande importância na silvicultura e agricultura, bem como nos ecossistemas naturais.

O presente trabalho teve como principais objetivos: (i) avaliar o potencial de um corretivo orgânico como constituinte de substratos para cultivo numa tentativa de minimizar ou eliminar por completo a utilização de fertilizantes químicos; (ii) estudar as comunidades bacterianas e fúngicas presentes no corretivo orgânico; e (iii) avaliar o efeito da aplicação de inóculo de fungos micorrízicos no crescimento das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se uma análise do corretivo orgânico NUTRIMAIS relativamente à presença de comunidades bacterianas e fúngicas,

avaliando a existência de espécies potencialmente benéficas para o cultivo de plantas. O seu ADN foi extraído utilizando o Powersoil DNA Isolation Kit (MO BIO Laboratories Inc, Carlsbad, CA), seguindo o protocolo fornecido. A caracterização microbiológica do corretivo orgânico foi realizada utilizando Sequenciação Massiva (NGS) a partir da plataforma Illumina® (Genoinseq, Cantanhede). As regiões amplificadas para posterior identificação foram a 16S (bactérias) e ITS (fungos). A identificação foi realizada através da comparação das sequências amplificadas com as existentes nas bases de dados NCBI e UNITE.

Foram desenvolvidas formulações de substrato usando como matriz principal as matérias primas utilizadas usualmente no cultivo de plantas, porém suplementada com corretivo orgânico NUTRIMAIS (LIPOR, Portugal) como matriz orgânica. As diferentes formulações tiveram como objetivo criar uma melhor resposta às diferentes necessidades das várias categorias de plantas. Foram estudadas 3 categorias: Aromáticas, Hortícolas e Fruteiras, tendo sido também desenvolvido um substrato de uso universal. Todos os substratos foram desenvolvidos de acordo com a norma europeia de formulação de substratos de plantas (EN13040).

Para cada uma das categorias acima indicadas foi selecionada uma planta de referência para avaliar o desempenho dos substratos: alecrim (*Rosmarinus officinalis*) na categoria Aromáticas, alface (*Lactuca sativa*) na categoria Hortícolas e macieira (*Malus domestica*) na categoria Fruteiras.

Cada espécie foi cultivada nas diversas formulações de substratos orgânicos específicos para cada cultura e no substrato Universal, ambos com e sem a incorporação de microrganismos potencialmente benéficos. Para o cultivo de alface e alecrim foram usados vasos de 1,5 L e para o cultivo de macieira (*Malus domestica*) usaram-se vasos de 8 L. As plantas de alface e alecrim foram adquiridas em fase de plântula em torrão de turfa de 30 mL. As plantas de macieira foram adquiridas em raiz nua com porte não inferior de 1,2 m. Todas as plantas foram irrigadas recorrendo a sistema de rega gota a gota 3 vezes por semana exceto se se verificasse precipitação atmosférica. Foram escolhidos substratos comerciais específicos para cada cultura testada, tendo sido utilizados como tratamento controlo. Os substratos comerciais 1,2,3 são direcionados para as culturas específicas e o substrato comercial 4 para uso universal. Como inóculo de fungos micorrízicos foi usado um produto comercial tendo sido aplicado 10 mL de inóculo sobre o substrato envasado. Após o ciclo de produção de cada planta foram realizadas análises biométricas e químicas. A altura da parte aérea foi medida com uma régua, o diâmetro do caule determinado recorrendo a um paquímetro e o peso fresco da parte aérea determinado recorrendo a uma balança analítica. A parte aérea das plantas foi seca, moída e submetida a digestão ácida para determinação das concentrações dos elementos nutricionais por ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry).

TABELA 1. Microrganismos referenciados na literatura como sendo benéficos ou patogénicos para as plantas e a sua presença/ausência no composto NUTRIMAIS.

Microrganismos	Status	Quantidade (Nº OTU)	Microrganismos	Status	Quantidade (Nº OTU)
Patogénicos			Melhoria da rizosfera		
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	–	<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	Ausente	–
<i>Salmonella</i>	Ausente	–	<i>Rhodobacter spaeroides</i>	Ausente	–
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente	–	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Género Presente	Alta
<i>Citrobacter</i>	Ausente	–	<i>Lactobacillus casei</i>	Género Presente	Alta
<i>Enterobacter</i>	Ausente	–	<i>Streptococcus lactis</i>	Ausente	–
<i>Klebsiella</i>	Ausente	–	<i>Streptomyces albus</i>	Género Presente	Média
Alcalifílicas			<i>Streptomyces griseus</i>	Género Presente	Baixa
<i>Bacillus firmus</i>	Presente	Baixa	<i>Aspergillus oryzae</i>	Género Presente	Média
<i>Bacillus foraminis</i>	Presente	Baixa	<i>Mucor hiemalis</i>	Género Presente	Baixa
Probióticos			<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Presente	Baixa
<i>Lactobacillus brevis</i>	Presente	Baixa	<i>Candida utilis</i>	Género Presente	Baixa
Saprófitas secundário			<i>Bacillus sp.</i>	Género Presente	Alta
<i>Agaricus bisporus</i>	Presente	Baixa	<i>Pseudomonas sp</i>	Género Presente	Média
Micorrízicos			<i>Paenibacillus</i>	Género Presente	Baixa
<i>Glomus</i>	Género Presente	Baixa	Simbióticos mutualistas		
<i>Russula</i>	Género Presente	Baixa	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Presente	Média
<i>Inocybe</i>	Género Presente	Baixa	<i>Mesorhizobium</i>	Género Presente	Baixa



A partir do teor total de cada nutriente, foi calculada a eficiência de utilização nutricional (EUN) ($\text{g}^2 \text{mg}^{-1}$) de acordo com Siddiqi e Glass (1981): $(\text{EUN}) = ((\text{massa seca total})^2 / (\text{teor total de cada nutriente}))$.

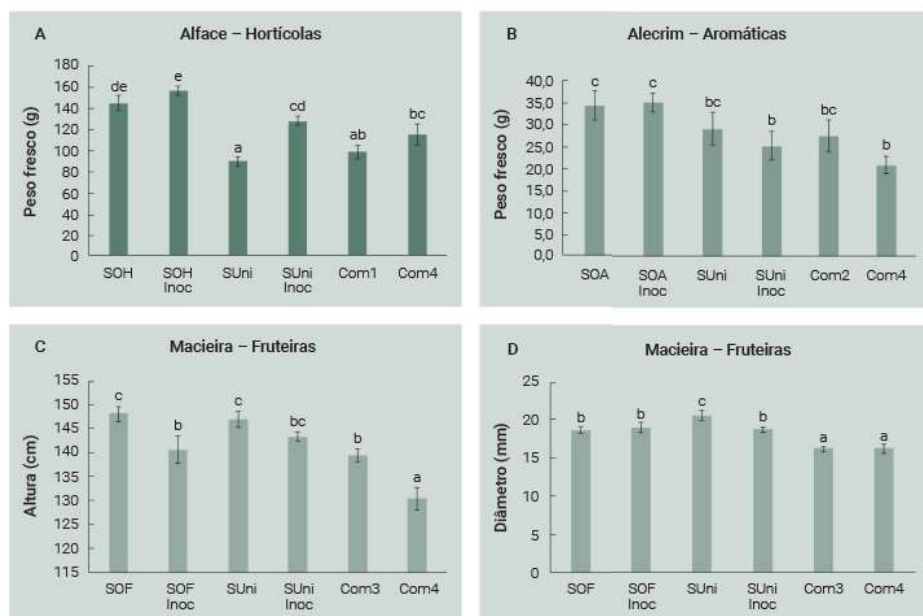
Todos os dados obtidos na execução do plano de trabalhos foram analisados estatisticamente através do software IBM SPSS 24.0. Após testar a normalidade e homogeneidade das amostras, a diferença entre tratamentos foi aferida através de uma análise de variância simples (one-way ANOVA) segundo o teste das amplitudes múltiplas de Duncan ($P < 0,05$). Diferentes letras correspondem a diferenças significativas ($P < 0,05$). As barras de erro apresentadas representam o erro padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise microbiológica do corretivo orgânico NUTRIMAIS revelou uma grande diversidade microbiana de comunidades bacterianas e fúngicas (Tabela 1). De realçar que um número significativo de espécies encontradas estão cientificamente comprovadas como sendo benéficas e promotoras de crescimento das plantas, tais como *Rhizobium leguminosarum* ou *Glomus sp.* (Hayat, et al., 2010, Willis et al., 2013).

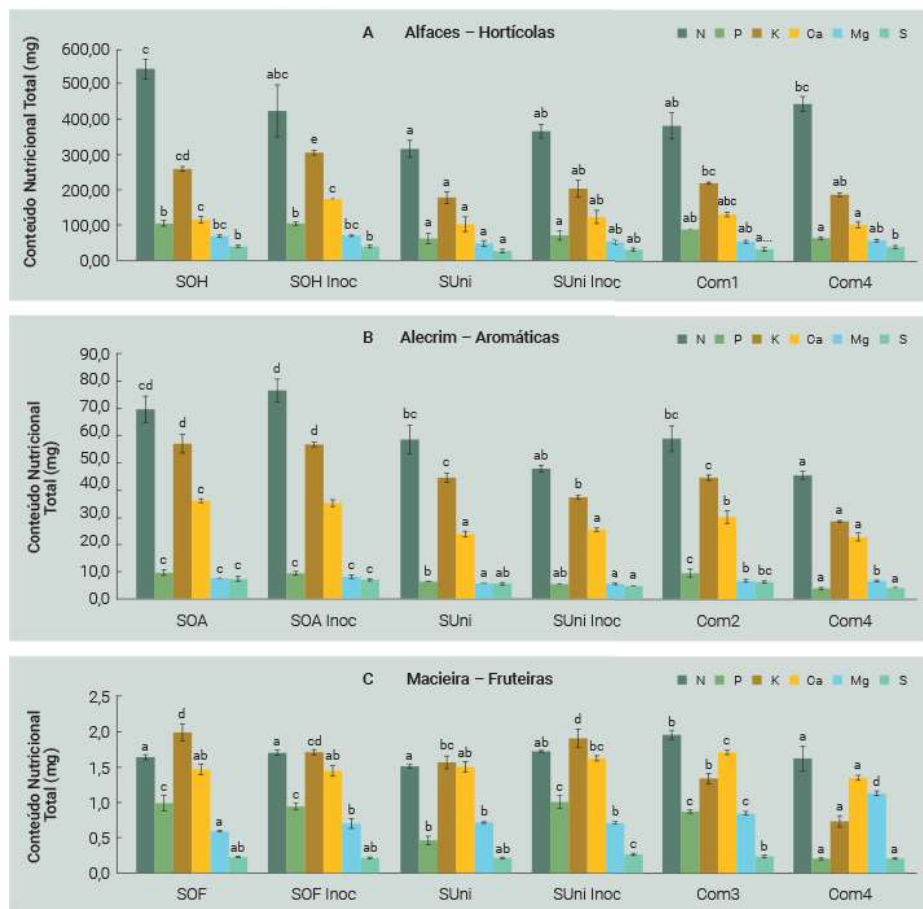
No teste de performance da alface nos diferentes substratos, observou-se um crescimento significativamente maior de aproximadamente 50% no tratamento substrato orgânico Hortícolas, com e sem inoculação, do que em qualquer substrato comercial. Nesta categoria, o substrato Universal inoculado revelou resultados semelhantes aos substratos comerciais (Figura 1). No caso do alecrim, apesar dos substratos orgânicos apresentarem na maioria dos casos maior valor de média, estatisticamente não são significativamente diferentes do substrato comercial 2 (Figura 1). No estudo de performance da macieira foi possível observar um melhor resultado no parâmetro altura em todas as formulações desenvolvidas não inoculadas comparativamente aos substratos comerciais. No parâmetro diâmetro, todos os substratos desenvolvidos demonstraram performance significativamente superior comparativamente aos comerciais tendo o substrato Universal sido o tratamento que apresentou melhor desempenho (Figura 1).

Ao nível nutricional, as alfaces crescidas em substrato orgânico não inoculado apresentaram um valor de conteúdo de azoto superior comparativamente aos substratos comerciais (Figura 2). Na análise nutricional do alecrim verificaram-se valores



Legenda: SOH – Substrato Orgânico Hortícola; SOH Inoc – Substrato Orgânico Hortícola Inoculado; SOA – Substrato Orgânico Aromáticas; SOA Inoc – Substrato Orgânico Aromáticas Inoculado; SOF – Substrato Orgânico Fruteiras; SOF Inoc – Substrato Orgânico Fruteiras Inoculado; SUIn – Substrato Universal; SUIn Inoc – Substrato Universal Inoculado; Com1 – Substrato Comercial 1; Com2 – Substrato Comercial 2; Com3 – Substrato Comercial 3; Com4 – Substrato Comercial 4.

FIGURA 1. Peso fresco da Alface (A) e Alecrim (B) nas diferentes formulações e tratamento de inoculação após o ciclo de crescimento. Altura (C) e diâmetro (D) da Macieira nas diferentes formulações e tratamento de inoculação após o ciclo de crescimento. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre tratamentos segundo o teste de Duncan comparações múltiplas.



Legenda: SOH – Substrato Orgânico Hortícola; SOH Inoc – Substrato Orgânico Hortícola Inoculado; SOA – Substrato Orgânico Aromáticas; SOA Inoc – Substrato Orgânico Aromáticas Inoculado; SOF – Substrato Orgânico Fruteiras; SOF Inoc – Substrato Orgânico Fruteiras Inoculado; SUIn – Substrato Universal; SUIn Inoc – Substrato Universal Inoculado; Com1 – Substrato Comercial 1; Com2 – Substrato Comercial 2; Com3 – Substrato Comercial 3; Com4 – Substrato Comercial 4.

FIGURA 2. Análise nutricional da Alface (A), Alecrim (B) e Macieira (C) nas diferentes formulações e tratamento de inoculação após o ciclo de crescimento. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre tratamentos segundo o teste de Duncan comparações múltiplas.



TABELA 2. Índice de eficiência nutricional da Alfaca e Alecrim nas diferentes formulações e tratamento de inoculação após o ciclo de crescimento. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P<0,05$) entre tratamentos segundo o teste de Duncan comparações múltiplas.

Planta modelo	Tratamento	N (g2 mg-1)	P (g2 mg-1)	K (g2 mg-1)	Ca (g2 mg-1)	Mg (g2 mg-1)	S (g2 mg-1)
Alface	SOH	39,1±2,0ab	201,7±15,0bc	80,8±2,0b	128,3±6,6b	301,4±14,5b	524,0±41,2bc
	SOH Inoc	62,3±12,9c	230,1±6,6bc	80,2±1,5b	139,5±0,7b	347,4±7,9b	604,7±33,9c
	SUnl	26,2±1,8a	144,2±41,2ab	46,6±4,5a	86,2±19,8a	178,5±30,0a	285,5±19,0a
	SUnl Inoc	45,1±2,2b	240,6±45,9c	82,4±9,5b	136,1±16,7b	303,8±31,7b	485,8±37,9b
	Com1	26,2±2,7a	108,4±1,4a	44,4±0,5a	72,9±2,5ab	171,1±8,4a	283,6±18,4a
	Com4	30,0±1,5ab	196,9±6,9bc	69,3±1,6b	127,3±8,3b	223,6±8,3a	327,2±13,3a
Alecrim	SOA	17,2±1,25ab	123,27±9,88a	20,93±1,18a	32,73±0,53a	149,80±5,90a	159,03±13,27a
	SOA Inoc	15,6±0,80a	126,03±6,83a	20,93±0,23a	33,57±1,01ab	145,83±7,87*	164,27±7,19a
	SUnl	20,60±1,94b	178,23±4,48b	26,60±0,93b	49,60±2,50d	204,70±68,00c	202,80±12,56b
	SUnl Inoc	24,77±0,61c	214,6±5,63b	31,30±0,68c	45,93±0,64cd	206,03±10,38c	239,83±4,13c
	Com2	20,37±1,67b	123,67±16,95a	26,47±0,59b	39,83±2,76bc	171,23±5,85b	178,13±5,03ab
	Com4	26,00±0,72c	274,53±18,87c	41,50±0,36d	52,10±3,11d	171,83±7,41b	259,77±6,84c

Legenda: SOH – Substrato Orgânico Hortícola; SOH Inoc – Substrato Orgânico Hortícola Inoculado; SOA – Substrato Orgânico Aromáticas; SOA Inoc – Substrato Orgânico Aromáticas Inoculado; SUnl – Substrato Universal; SUnl Inoc – Substrato Universal Inoculado; Com1 – Substrato Comercial 1; Com2 – Substrato Comercial 2; Com4 – Substrato Comercial 4.

de potássio, cálcio, magnésio e enxofre superiores no substrato orgânico Aromáticas comparativamente aos substratos comerciais (Figura 2). Os níveis do azoto e fósforo no substrato orgânico Aromáticas apenas demonstraram ser significativamente superiores comparativamente ao tratamento Universal e ao tratamento comercial 4. As macieiras, a nível nutricional, revelaram grande uniformidade nos diferentes elementos químicos entre todas as formulações de substrato (Figura 2). De realçar o maior teor nutricional das plantas crescidas no substrato comercial 3 nomeadamente de azoto, cálcio e magnésio comparativamente aos substratos formulados (Figura 2). No entanto tal não se traduziu num crescimento significativamente maior das plantas.

De forma a completar a avaliação do uso dos nutrientes em cada substrato calcularam-se os índices de eficiência nutricional para cada espécie (Tabela 2). Nas alfaces foi observado um índice de eficiência de utilização do magnésio e do enxofre significativamente superior nas plantas cultivadas no substrato orgânico Hortícolas comparativamente aos substratos comerciais ($P<0,05$). De realçar que quando comparado ao substrato comercial 1 o substrato orgânico Hortícolas demonstrou também maior índice de eficiência nutricional para o fósforo, potássio e cálcio ($P<0,05$). Estas evidências demonstram que determinados nutrientes presentes nos substratos orgânicos desenvolvidos poderão estar mais disponíveis para as plantas podendo assim resultar em melhor performance de crescimento (Hayat *et al.*, 2010).

No geral, verificou-se que a adição de inóculo de fungos micorrízicos nas formulações não provocou diferenças de crescimento. Este resultado poderá ser devido ao curto ciclo de

crescimento aplicado em viveiro não permitindo assim obter resultados significativos ao nível do crescimento, porém pode também estar relacionado com a especificidade da relação planta-fungo (Smith *et al.*, 2003).

CONCLUSÃO

O corretivo orgânico NUTRIMAIS contém microrganismos benéficos para a planta e solo e a sua aplicação poderá ajudar ao desenvolvimento das plantas e à resistência a doenças.

Todas as formulações propostas promoveram um crescimento saudável das plantas testadas. As formulações de substratos orgânicos específicas de cada cultura demonstraram resultados iguais ou superiores aos substratos comerciais. O substrato Universal apresentou na maior parte dos casos estudados, resultados iguais aos substratos comerciais. Relativamente aos índices de eficiência de utilização nutricional foi possível observar, no caso das alfaces, níveis significativamente superiores nos substratos orgânicos comparativamente aos substratos comerciais, demonstrando assim uma maior biodisponibilidade nutricional. O uso do corretivo orgânico NUTRIMAIS é uma abordagem inovadora como suplemento nutricional das formulações standard de substratos para o cultivo de plantas e os substratos desenvolvidos tiveram um desempenho igual ou superior aos substratos comerciais, com a vantagem de minimizar a adição de fertilizantes químicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração técnica, apoio logístico, disponibilização de espaço e recursos por parte dos Jardins Silvestres de Viana. ■

BIBLIOGRAFIA

- CEDS – Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, “Economia circular,” Economia industrial, 2016.
- Gautam, S.P., Bundela, P.S., Pandley, A. K., Jain, R. K., Deo, P.R., Khare, S.K., Awasthi, M.K., Saraiya, S. 2010. A review of the use of compost municipal solid waste in agriculture. *Journal of Applied and Natural Science* 2(1):145-158.
- Gellings, C.W., Parmenter, K.E., 2004. Energy efficiency in fertilizer production and use. *Efficient Use and Conservation of Energy; Encyclopedia of life support systems (EOLSS): Oxford, UK, Volume 2.*
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid R., Ahmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology* 60:579–598. <https://doi.org/10.1007/s13213-010-0117-1>.
- Latimer, J. G., Oetting, R. D., Thomas, P. A., Olson, D. L., Allison, J. R., Braman, S. K., Florkowski, W., Robacker, C.D., Walker, J.T., Garber, M., Lindstrom, O. M., Hudson, W.G. 2000. Reducing the Pollution Potential of Pesticides and Fertilizers in the Environmental Horticulture Industry: I. Greenhouse, Nursery, and Sod Production. *Hort Technology* 6(2): 115–124.
- Leitão, A. “Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. Circular economy: a new management philosophy for the XXI st century,” *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*, 2015.
- Moeller H.V., Peay K.G., Fukami T. (2014) Ectomycorrhizal fungal traits reflect environmental conditions along a coastal California edaphic gradient. *FEMS Microbiology Ecology* 87:797–806.
- Siddiqi M.Y., Glass, A.D.M. (1981) Utilization index: A modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition* 4: 289–302.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, New York, p. 605.
- Smith, S.E., Smith, F. A., & Jakobsen, I. 2003. Mycorrhizal Fungi Can Dominate Phosphate Supply to Plants Irrespective of Growth Responses. *Plant Physiology*, 133(1), 16 LP-20. <https://doi.org/10.1104/pp.103.024380>.
- Syers, J.K., Johnston, A.E., Curtin, D., 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. Reconciling changing concept of soil phosphorus behaviour with agronomic information. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* 18 Rome.
- Willis, A., Rodrigues, B. F. & Harris, P. J. C. 2013. The Ecology of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 32:1, 1-20, DOI: 10.1080/07352689.2012.683375.