

Avaliação do potencial da aplicação de biofertilizantes em pomares de macieira ‘Gala’

A fruticultura de precisão, baseada em princípios de eficiência e sustentabilidade, vê-se hoje reforçada com a disponibilização no mercado de biofertilizantes. Esta tecnologia poderá contribuir para a melhoria da qualidade dos solos, nomeadamente da sua estrutura e equilíbrio biológico, disponibilidade dos nutrientes e incremento da *performance* fisiológica das plantas, com impacto no rendimento dos produtores e na melhoria do ecossistema.

Miguel Leão de Sousa, Marta Gonçalves . INIAV, I.P.



Biofertilizantes são formulações que contêm microrganismos vivos, geralmente bactérias e/ou fungos, que estabelecem relações simbióticas com as plantas hospedeiras, podendo aportar diferentes benefícios à produção agrícola. Entre eles, destaca-se a maior disponibilidade de nutrientes no solo proporcionada pelo incremento da fixação de azoto (ex. *Azotobacter*, *Rhizobium*), da solubilização do fósforo (ex. *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*), enxofre (ex. *Thiobacillus*) ou potássio (ex. *Bacillus mucilaginosus*), aumentando os seus teores no solo e/ou a disponibilidade biológica. Podem também interferir na produção de fito-hormonas com efeito na regulação do crescimento das plantas, estrutura e tamanho das raízes, no controlo biológico de doenças do solo, biodegradação de substâncias, reciclagem de nutrientes e biorremediação de solos contaminados. Este artigo pretende apresentar resultados preliminares do uso de biofertilizantes, em pomares de macieiras ‘Gala’, nas condições do Oeste.

Neste sentido, e de forma a avaliar os seus efeitos potenciais no aumento de produtividade, qualidade, resposta fisiológica das plantas e possibilidade de redução das unidades fertilizantes aplicadas pelas tecnologias convencionais, foi estabelecido um protocolo experimental entre o INIAV, I.P. e a em-

presa Asfertglobal, cujos principais resultados resumidamente se apresentam. Para estas avaliações, foi plantado, em maio de 2018, um pomar de macieiras com árvores ramificadas (7+), da variedade ‘Gala Redlum’, enxertado em M9, com 3472 árvores por hectare (3,20 × 0,90). As linhas tratadas com biofertilizantes foram fertilizadas com 70% das unidades usadas no programa *standard* e comparadas com linhas de controlo com 70% (T70) e 100% (T100) desse programa (sem aplicação de biofertilizantes). Foram avaliados os efeitos dos biofertilizantes Mycoshell® (combinação de endomicorrizas *Glomus* spp. com ácidos húmicos e fúlvicos) nas doses de 2 (Myc2) e 4 pastilhas (Myc4) aplicadas por planta à plantação, Kiplant All-Grip® (*Bacillus megaterium* – 1 x 10⁸ ufc/ml) na dose de 6 (Allg6) e 12 l/ha (Allg12) e Kiplant iNmass® (*Azospirillum brasilense* – 1 x 10⁸ ufc/ml), na dose de 6 (iNM6) e 12 l/ha (iNM12), aplicados no início de cada ciclo.

Variação do teor em macro e micronutrientes no solo e folhas

Verificou-se que a aplicação de biofertilizantes se manifestou no aumento do teor foliar de azoto, com os valores médios das análises realizadas nos dois primeiros anos a serem superiores ao controlo tratado com as mesmas unidades fertilizantes (T70) e, na maioria dos casos, equivalente ou superior ao controlo com o programa *standard* (T100). Foi também notório um aumento do teor de fósforo e mag-

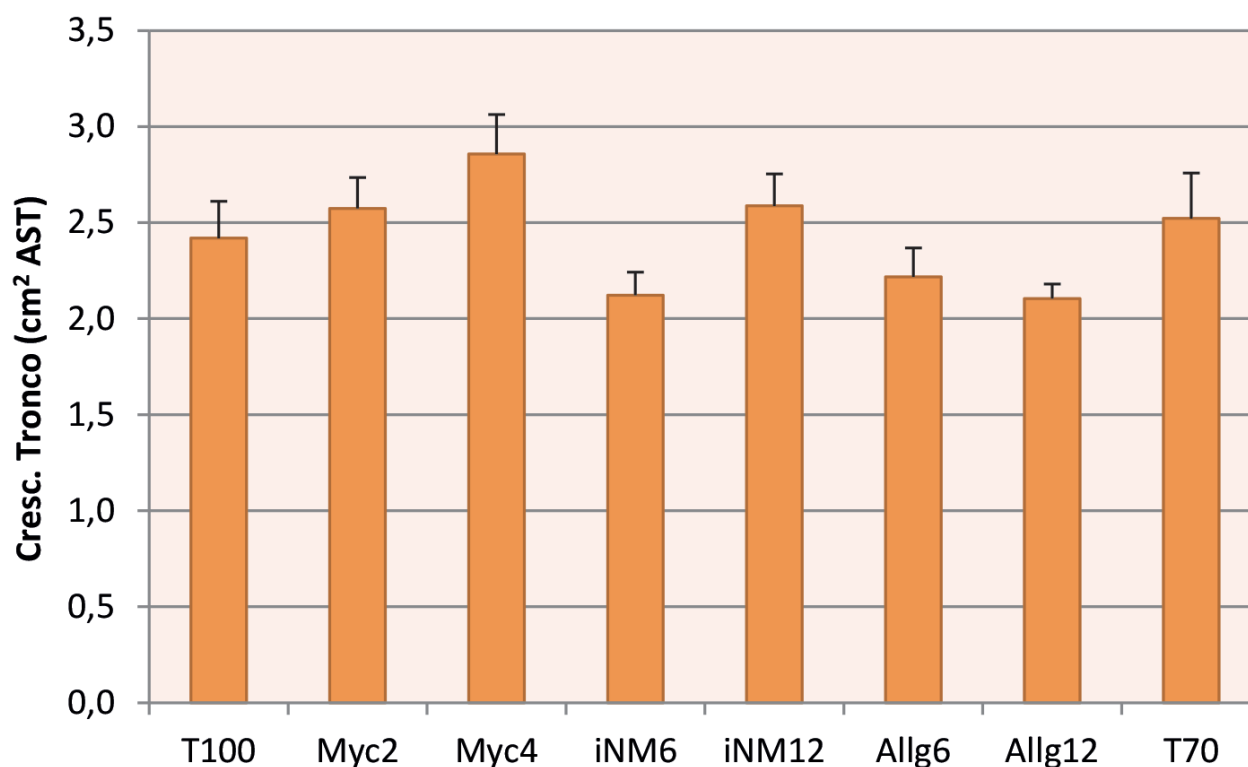


Figura 1 – Variação da AST (cm²/árv.) de árvores com e sem biofertilização (2018-2019)

nésio no solo, mais rápido nas modalidades Myc2 e Allg12, com a generalidade das modalidades biofertilizadas a apresentarem no final do segundo ano teores de fósforo nas folhas superiores a ambos os controlos (T70 e T100) e superiores a T70 no caso do magnésio. Não foram ainda observados efeitos assinaláveis ao nível do potássio e do cálcio. Parecem ainda existir consequências da aplicação dos biofertilizantes nos teores de cobre, manganês ou sódio no solo ou enxofre, boro ou zinco nas folhas.

Avaliações biométricas

A análise à evolução do crescimento do tronco e ramos das árvores submetidas às diferentes estratégias evidencia diferenças notórias. A altura final das árvores, após os dois primeiros anos de ensaio, foi maior na T70 (2,33 m), apesar do diferencial nesse período ter sido superior na T100, seguido do iNM12, Allg12 e iNM6, todas com crescimentos superiores à T70 (+26 cm). A AST (área de secção do tronco) aumentou mais nas modalidades tratadas com Mycoshell® (Myc4 +2,86 cm² e Myc2

+2,57 cm²) e iNM12 (+2,59 cm²), acima do controlo T70 (+2,52 cm²) (Figura 1). Quanto ao investimento das plantas na formação de novos ramos, verifica-se que, no final do segundo ano após plantação, as modalidades tratadas com Mycoshell® apresentavam 15,61 (Myc2) e 15,23 (Myc4) metros de ramos por planta, significando um aumento médio de 10,87 e 11,14 metros por planta formados após a instalação, acima das árvores biofertilizadas com Allg12 (9,60 metros por planta) e da T70 (8,99 metros por planta) (Figura 2). Significa isto que, durante este período, a modalidade biofertilizada mais favorável (Myc4) produziu mais 7,47 km de ramos por hectare que a testemunha com igual fertilização. O crescimento semanal dos frutos também foi maior em todas as modalidades biofertilizadas, exceto na Allg12.

Durante o ano de plantação, foi ainda evidenciado um efeito dos biofertilizantes no abrolhamento dos gomos dormentes localizados ao nível das ramificações antecipadas, importantes para contrariar o desguarnecimento destes ramos na zona mais próxima do eixo e assegurar melhor distribuição da

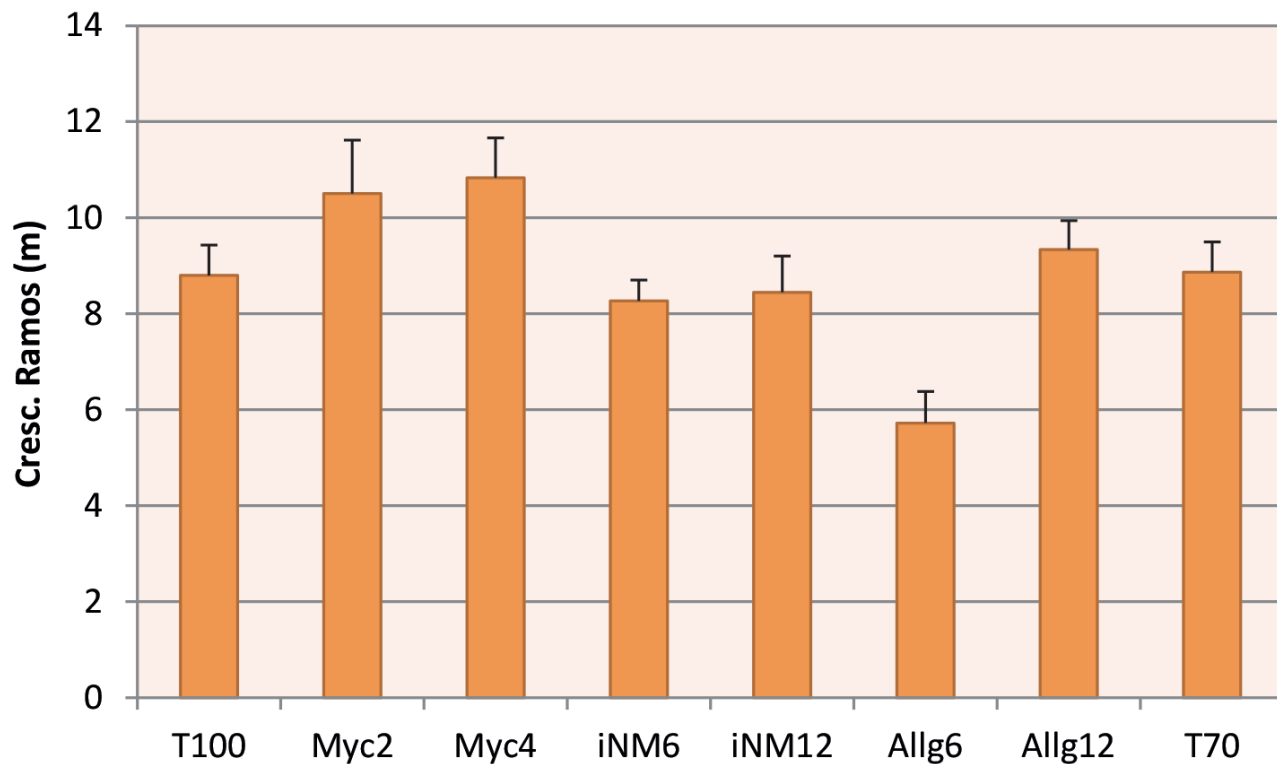


Figura 2 – Variação do comprimento médio acumulado dos ramos (m/árv.) de árvores com e sem biofertilização (2018-2019)

carga no ramo nos anos seguintes. Myc2 (38,5%), apesar do elevado crescimento dos ramos nesse ano (+3,39 m), e Allg6 (41,8%) proporcionaram taxas de abrolhamento mais elevadas, contrariamente à modalidade T100 (26,3%).

Influência dos biofertilizantes na performance fisiológica das plantas

A análise ao CCI (*Chlorophyll Content Index*) permite obter, de forma indireta e não destrutiva, estimativas do teor de clorofila e, com isso, inferir sobre o desempenho fisiológico da planta. Nos dois primeiros anos, verificou-se que as modalidades biofertilizadas apresentaram valores de CCI mais elevados que a T70 na maior parte das medições, sendo que as modalidades Allg12, Myc4 e iNM6 se distinguiram, com a modalidade Allg12 a proporcionar valores mais elevados na totalidade das oito medições realizadas (quatro anuais). Os valores obtidos foram, em alguns dos períodos analisados, superiores aos obtidos na T100.

Ainda que sem significado estatístico, todas as mo-

dalidades, com exceção de iNM12 e Allg6, apresentaram taxas fotossintéticas superiores a T70 ($12 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), com as mais elevadas a serem alcançadas pelas modalidades iNM6 ($13,72 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e Allg12 ($13,10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Estas diferenças terão um impacto fundamental na produção das árvores.

A determinação da SLA (área foliar específica) mostrou que as modalidades tratadas com biofertilizantes proporcionaram valores mais favoráveis (mais baixos – folhas mais espessas) que a T70 durante o primeiro ano e na generalidade dos períodos analisados do segundo ano, com especial relevo para as modalidades Allg12 e iNM6.

No seguimento da análise à fluorescência através dos testes OJIP, foram avaliadas a eficiência quântica máxima potencial do PSII (Fv/Fm) e o *performance index*, expresso na base da absorção (PIabs), por se tratarem de dois indicadores muito relacionados com a *performance* fisiológica das plantas. Fv/Fm é um dos parâmetros de fluorescência mais usados para detetar a vitalidade do PSII (Fotossistema II) e para medir o *stress* da planta. A 13 de junho,



Figura 3 – Medições biométricas e análise de desenvolvimento radicular

quando as condições de *stress* térmico e hídrico se começaram a intensificar, as modalidades biofertilizadas, com exceção da Allg6, apresentaram valores mais elevados que T70 e a 1 de agosto todas conduziram a valores mais elevados. No entanto, refira-se que todas as modalidades revelaram valores de eficiência indicadores de ausência de *stress* fisiológico e sempre muito conservadores, com diferenças próximas entre si. O PIabs é uma expressão multiparamétrica calculada como função dos principais processos fotoquímicos, como a absorção e captura da energia de excitação, transporte de elétrons e dissipação do excesso de energia. Verificou-se que a 13 de junho as modalidades biofertilizadas, com exceção da Allg6, apresentaram valores mais elevados que T70 e a 1 de agosto, com exceção das modalidades Myc2 e iNM6, todas continuaram a apresentar melhores indicadores, apesar de no pós-colheita apenas a modalidade iNM6 ter mantido o melhor *performance*.

Dos parâmetros de refletância analisados faz-se aqui referência ao NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) por ser o mais conhecido. Trata-se de um índice que nos dá uma medida estandarizada da vitalidade da vegetação, usado frequentemente para estimativas de biomassa, LAI, *stress* hídrico, entre outras. Na medição efetuada a 13 de junho, com exceção da modalidade Myc4, todas as modalidades biofertilizadas conduziram a valores nas folhas superiores à T70, diferenças que se inverteram nas medições seguintes, onde apenas as árvores biofertilizadas com Allg12 conduziram a valores de NDVI superiores. Refira-se, no entanto, que estas diferenças nunca foram superiores a 3,5%.

Produção e Qualidade

As produções obtidas mostraram a modalidade Allg12 como a mais produtiva, com mais 16,2% que a T70 e acima da T100. Também as modalidades Mycoshell® (Myc2 +8% e Myc4 +6,3%) e iNM6 (+5,1%)

TABELA 1 – PRODUTIVIDADE (kg/ha), PRODUÇÃO NORMALIZADA (kg/cm² AST) E PRODUÇÃO MÉDIA POR ÁRVORE (kg/árvore) OBTIDAS NAS DIFERENTES MODALIDADES COM E SEM BIOFERTILIZAÇÃO

	kg/ha	kg/cm ² AST	Peso (kg/árv.)
T100	21076,39	1,60 ± 0,13	6,07 ± 0,53
Myc2	24826,39	1,53 ± 0,09	7,15 ± 0,54
Myc4	24427,08	1,43 ± 0,09	7,04 ± 0,54
iNM6	24149,31	1,80 ± 0,09	6,96 ± 0,30
iNM12	18003,47	1,26 ± 0,10	5,19 ± 0,33
Allg6	17048,61	1,29 ± 0,11	4,91 ± 0,37
Allg12	26701,39	1,92 ± 0,10	7,69 ± 0,45
T70	22968,75	1,53 ± 0,09	6,62 ± 0,39

produziram mais. iNM12 e Allg6 produziram abaixo das restantes modalidades (Tabela 1).

As produtividades obtidas devem ser destacadas, pois a modalidade Allg12 apresentou 26,7 t/ha face a 22,9 t/ha da T70 e as outras 3 modalidades (Myc2, Myc4 e iNM6) produziram acima das 24 t/ha. Estes valores, quando normalizados com a AST, mostram as modalidades Allg12 e iNM6 como as mais eficientes.

Analisando o número de frutos por árvore, verificou-se que as árvores tratadas com Myc2 produziram mais frutos (59,80), seguidas pelas árvores tratadas com Allg12 (59,50), sendo que todas as outras modalidades produziram menos frutos que a T70

(51,70). Aliás, Myc2, Myc4, Allg12 e T70 produziram significativamente mais que as modalidades iNM12 e Allg6.

Com exceção das modalidades Myc2, Allg12 e T70, em que predominaram as classes de calibre 60-65 e 65-70 mm, todas as outras modalidades tiveram como classes predominantes o 65-70 e 70-75 mm. Nas modalidades T100, Myc4 e iNM12, a classe de calibre 70-75 mm foi a predominante. As modalidades T70 e Myc4 foram as que conduziram à obtenção de maior percentagem de calibres abaixo de 60 mm (>20%).

Efeitos no desenvolvimento radicular e da parte aérea

Para avaliar as diferenças no crescimento radicular e respetivas consequências na parte aérea, foram plantadas em vasos de 33 L com substrato macieiras 'Gala Redlum' (3+), enxertadas em M9, comparando-se as testemunhas sem biofertilizante com as modalidades Myc2, iNM6 e Allg6. Não obstante parte das raízes finas estarem fortemente embrenhadas no substrato e, por isso, de difícil segregação, foi possível verificar que as plantas de controlo investiram mais na raiz principal (com maior comprimento) e menos em raízes secundárias e terciárias. Neste aspeto, verifica-se que todas as modalidades tratadas com biofertilizantes apresentaram maior número

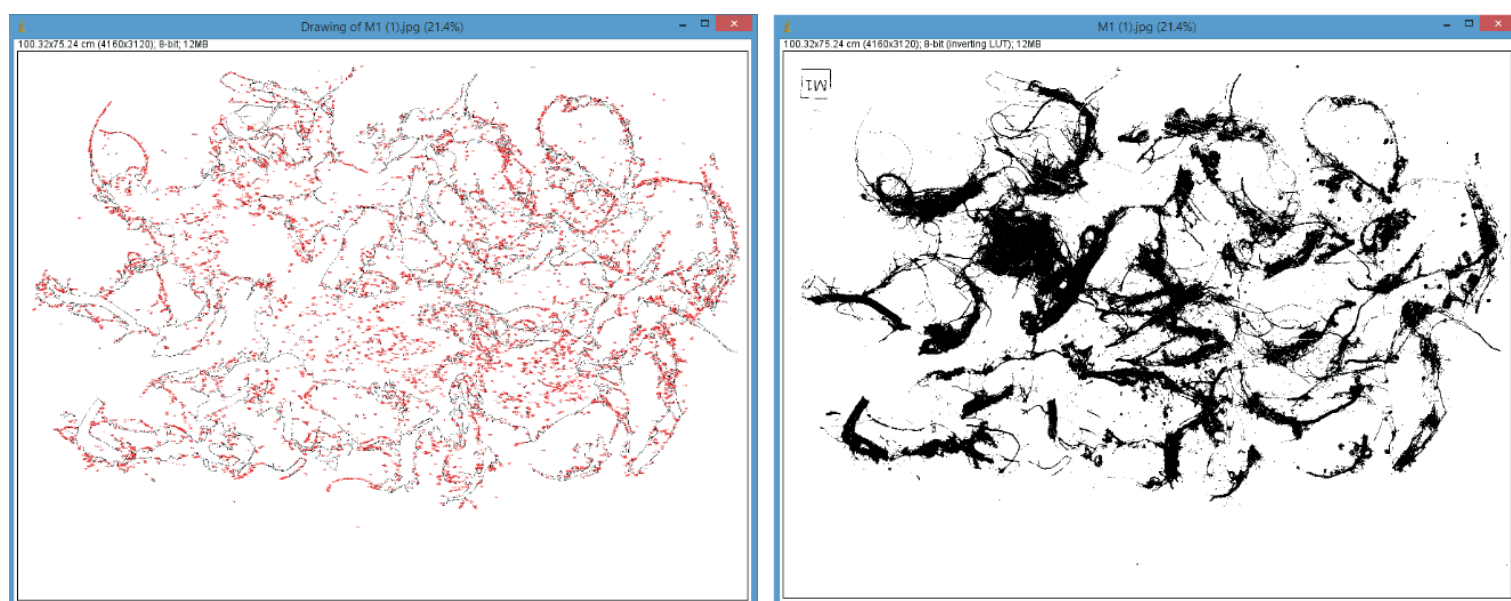


Figura 4 – Tratamento e análise de imagem para recolha de informação relativa ao desenvolvimento radicular

TABELA 2 – PARÂMETROS AVALIADOS NA PARTE RADICULAR DE ÁRVORES ENVASADAS EM SUBSTRATO, COM E SEM BIOFERTILIZAÇÃO

Modalidade	Comprimento máx. da raiz (cm)	Largura máx. da raiz (cm)	Ângulo da raiz (°)	N.º médio de raízes grossas (principal+sec.)	Peso total das raízes (g)	Peso do p.e. (g)	Área da raiz (cm²)	Densidade da raiz (g/cm³)
Testemunha	93,00	37,67	15,00	7,33	198,07	128,43	1377,77	0,006
Myc2	75,83	36,17	22,50	9,33	134,95	125,75	882,97	0,004
Allg6	81,33	33,67	15,00	9,67	232,98	173,57	1204,59	0,007
iNM6	75,83	31,33	19,17	8,17	156,90	132,65	1034,59	0,005

TABELA 3 – PARÂMETROS AVALIADOS NA PARTE AÉREA DE ÁRVORES ENVASADAS EM SUBSTRATO, COM E SEM BIOFERTILIZAÇÃO

Modalidade	Comprimento do tronco (cm)	AST (cm²)	N.º de ramificações	Peso total dos ramos (g)	Peso médio dos ramos (g)	Peso do tronco (g)	Peso total da parte aérea (g)
Testemunha	182,33	0,24	21,50	92,47	4,30	234,05	326,52
Myc2	196,83	0,22	19,83	100,83	5,08	229,73	330,57
Allg6	191,50	0,24	23,00	105,88	4,60	281,73	387,62
iNM6	203,50	0,24	26,00	117,48	4,52	295,38	412,87

de raízes grossas (mais ramificações), destacando-se a Allg6 com uma média de 9,67 raízes por planta e um peso total de raízes de 232,98 g, a que corresponde uma densidade radicular de 0,007 g/cm³ (Tabela 2). Myc2 e iNM6 apresentaram também maior número de ramificações, apesar de não refletidas no peso total de raízes, podendo significar maior investimento em raízes finas.

O efeito dos biofertilizantes manifestou-se também no maior desenvolvimento da parte aérea, com as plantas tratadas com iNM6 a apresentarem maior peso total, seguidas pelas tratadas com Allg6 e Myc2 (Tabela 3). Estas modalidades apresentaram ainda maior comprimento do tronco e maior peso total dos ramos, sendo que as modalidades iNM6 e Allg6 apresentaram maior número de ramificações que o controlo.

Nota final

Nos modelos de produção atuais, é fundamental restabelecer o equilíbrio solo-planta, contrariando os efeitos negativos proporcionados pela recessão da produção animal (e consequente redução da indispensável fertilização orgânica), aplicação excessiva

de herbicidas e exploração do potencial produtivo, necessário para a sustentabilidade económica das explorações agrícolas. Os biofertilizantes poderão auxiliar na melhoria da atividade biológica do solo, promovendo o controlo biológico de organismos patogénicos, reduzir a contaminação dos solos e água, aumentar a fertilidade dos solos e produtividade das culturas com redução das unidades fertilizantes aplicadas. 🌱

Bibliografia

- Carvajal-Muñoz, J.S. & Carmona-Garcia, C. (2012). Benefits and limitations of biofertilization in agricultural practices. *Livestock Research for Rural Development*, **24**. <http://www.lrrd.org/lrrd24/3/carv24043.htm>.
- El-Gleel Mosa, W.; Paszt, L. & EL-Megeed, N. (2014). The Role of Bio-Fertilization in Improving Fruits Productivity – A Review. *Advances in Microbiology*, **4**:1057-1064.
- Peñuelas, J.; Gamon, J.; Fredeen, A.; Merino, J. & Field, C. (1994). Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen and water-limited sunflower leaves. *Remote Sensing of Environment*, **48**:135-146.