



“Microbioma em Ação: Estratégias Inovadoras para a Resiliência de Culturas Lenhosas e Hortícolas frente ao *stress* Biótico e Abiótico”

INTRODUÇÃO

O **microbioma vegetal** surgiu como um fator-chave na saúde e resiliência das culturas, desempenhando um papel fundamental na mitigação dos fatores de *stress* biótico e abiótico. Este artigo aborda **estratégias inovadoras** que capitalizam o **microbioma para fortalecer a capacidade das plantas**, permitindo-lhes resistir e recuperar-se de forma mais eficaz. Ao explorar as interações complexas entre **as plantas e os seus microrganismos associados**, são identificadas abordagens prometedoras para potenciar a resistência das culturas. Estratégias como a otimização seletiva do microbioma procuram melhorar a **tolerância das plantas frente a condições ambientais adversas**.

Durante mais de 30 anos, a **TRICHODEX** tem vindo a destacar-se pela sua aposta em I+D+i e qualidade. Procuramos soluções para uma agricultura avançada e sustentável através de produtos biotecnológicos ecológicos. A combinação da biotecnologia da **TRICHODEX** juntamente com o desenvolvimento de produtos inovadores do **Grupo Fertiberia** proporciona aos profissionais agrícolas ferramentas sustentáveis de vanguarda para melhorar as suas culturas.

A nossa perseverança impulsiona-nos a encontrar continuamente novas soluções agrícolas, apoiadas por um rigoroso processo desde o laboratório até ao campo. Centramos os nossos esforços no desenvolvimento de **soluções baseadas no microbioma para a proteção e bioestimulação vegetal**. Os nossos processos, de carácter **inovador**, fundamentam-se na **biotecnologia como eixo produtivo**. Consequentemente, este elevado grau de tecnicização industrial atribui qualidades únicas aos nossos produtos, onde **a fermentação e as tecnologias FPB® e MAMPS®**



conferem um valor diferencial acrescentado. **O nosso objetivo é estabelecer o equilíbrio fisiológico das culturas** para maximizar o potencial genético das plantas e aumentar os rendimentos.

As alterações climáticas são a problemática ambiental mais relevante do século XXI. Nos próximos anos, o seu impacto estender-se-á a todas as áreas agrícolas, gerando grandes perdas económicas. Estima-se que as perdas serão superiores a **56.000 milhões de euros** em toda a União Europeia (Eurostat, 2021).

**Imagem em espanhol*

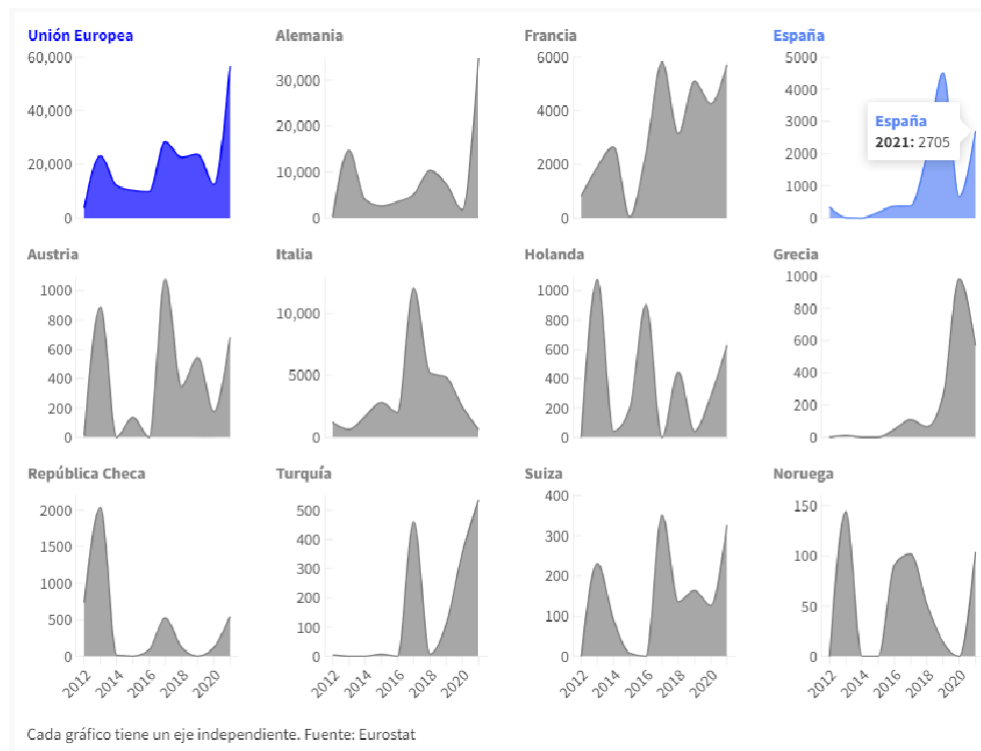


Figura 1. Perdas económicas derivadas das alterações climáticas (em milhões de euros) Fonte: <https://red2030.com/la-sequia-economica-de-la-desertificacion/>

Por outro lado, a carência global de recursos hídricos, juntamente com a salinização do solo, são elementos abióticos que estão a restringir o rendimento das culturas e a causar a degradação de terras agrícolas. Pelo menos **100 milhões de hectares de**



terras saudáveis e produtivas sofrem degradação todos os anos a nível global (Nações Unidas, 2019), o que equivale ao dobro do tamanho da Gronelândia e afetará diretamente a vida de 1300 milhões de pessoas (Figura 2).

**Imagem em inglês*

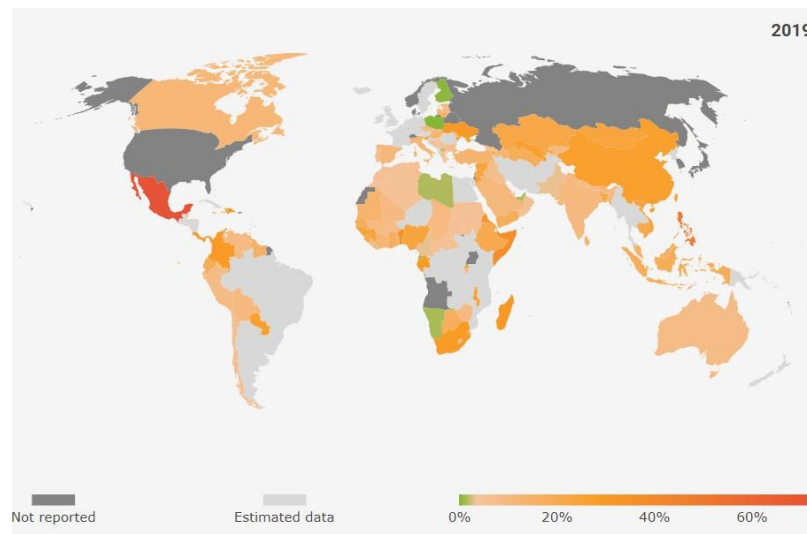


Figura 2. Proporção de terras degradadas na superfície mundial (2019)

Fonte: <https://data.unccd.int/land-degradation>

1. IMPORTÂNCIA DO MICROBIOMA NA SAÚDE DAS PLANTAS.

O microbioma vegetal está composto por uma variedade de microrganismos que se comunicam de forma complexa com a planta, interagindo com as suas diversas estruturas; raízes, região epífita, interior dos tecidos e, inclusivamente, a nível intracelular (Morales-García *et al.*, 2023, Gopal e Gupta, 2016). A planta proporciona nutrientes sob a forma de exsudados como aminoácidos e açúcares; fonte rica em energia e nutrientes que permite a adesão dos microrganismos à superfície radicular (Correa, 2008). Estes exsudados representam **21% do carbono fotossinteticamente fixado pela planta** (Carrasquilla, 2021). Estas interações influenciam o desenvolvimento e sobrevivência da planta, criando uma dependência com o seu microbioma para, desta maneira, poder formar associações simbióticas



benéficas com as plantas, proporcionando-lhes vantagens essenciais para o seu crescimento, resistência e resiliência.

Entre estes benefícios estão incluídos a **melhoria da absorção de nutrientes**, a **proteção contra agentes patogénicos**, a **melhoria do estado fisiológico**, a **regulação do sistema imunitário da planta** e a contribuição para a **resistência ao stress ambiental** (Vocciante *et al.* 2022, Bind *et al.* 2023).

**Imagem em inglês*

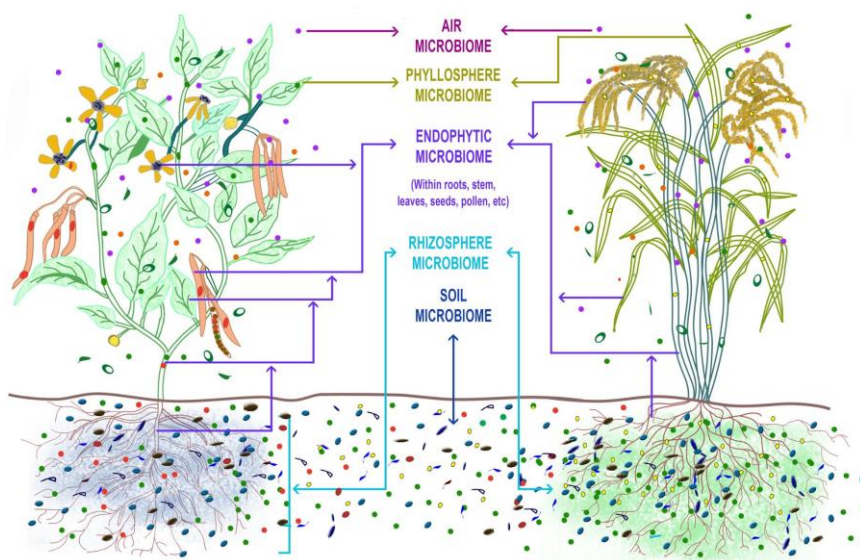


Figura 3. O microbioma vegetal (Gopal e Gupta, 2016)

Adicionalmente, o microbioma das plantas desempenha um papel crucial na promoção da **biodiversidade do solo e na saúde** geral do ecossistema. As interações entre as plantas e os seus microrganismos associados não só são benéficas para as plantas individualmente, mas também influenciam a dinâmica de comunidades vegetais inteiras.

A compreensão destas interações microbianas inspirou **estratégias que respeitam e nutrem esta complexa rede**. Ao desvendar os segredos do microbioma vegetal, procuramos não só **melhorar o rendimento das plantas**, mas também cultivar um



terreno onde a natureza e a agricultura convergem numa harmonia benéfica para todos.

2. ESTRATÉGIAS INOVADORAS EM AÇÃO

Os **fertilizantes baseados em consórcios microbianos** transformaram a prática agrícola, tanto em Espanha como a nível global. Atualmente, a investigação continua, **a inovação e o desenvolvimento**, desempenham um papel estratégico fundamental na **otimização da nutrição e proteção de diversas culturas**, além de contribuir para **a mitigação do stress**. Surgem soluções e produtos inovadores que impulsionam o desenvolvimento de uma nova era na agricultura: a **Agricultura Biotecnológica**.

Neste interessante contexto biotecnológico está inserido o presente estudo, cujo objetivo é **mitigar os danos produzidos na cultura devido ao stress abiótico e biótico**, graças à aplicação de estratégias à base de consórcios microbianos como **VIBACTER®**, **BACNIFOS®** e **VELLTRIX®**.

**Imagem em espanhol*

BIOFERTILIZANTES

VIBACTER®
TRICHODEX®
Nº registro: F0005115/2032

- ✓ REGENERADOR DEL MICROBIOMA VEGETAL
- ✓ MEJORADOR DE LA ASIMILACIÓN DE NUTRIENTES

BACNIFOS
TRICHODEX®
Nº registro: F0005116/2032

- ✓ SOLUBILIZADOR DE FÓSFOROS
- ✓ SUPRESOR DEL ESTRÉS SALINO

VELLTRIX®
TRICHODEX®
Nº registro: F0005117/2032

- ✓ PROMUEVE EL CRECIMIENTO RADICULAR
- ✓ COLONIZAR LA RIZOSFERA CON ORGANISMOS BENEFICIOSOS



VIBACTER® é uma formulação à base de quatro microrganismos PGPRs (do inglês, *plant growth promoting rhizobacteria*), *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Rhizobium loti* e *Bacillus megaterium*. O modo de ação de cada microrganismo selecionado faz de **VIBACTER®** um produto único no mercado. Os géneros *Azospirillum* e *Azotobacter* **fixam e assimilam o nitrogénio na planta**. **Melhora a solubilidade do fósforo insolúvel** do solo pela ação de *Bacillus megaterium*, o qual produz ácidos orgânicos e enzimas fosfatase transformando os fosfatos da forma insolúvel à forma solúvel. Por outro lado, a incorporação de uma estirpe de *Rhizobium* permite a **fixação simbiótica do nitrogénio**, abrangendo diferentes culturas. Todos estes microrganismos foram selecionados pela sua **elevada produção de fitohormonas naturais** como **auxinas** (AIA e AIB), **giberelinas** e **citoquininas**, que aumentam a biomassa radicular, a formação de raízes secundárias, bem como o número e o comprimento dos pelos absorventes, maximizando assim a captação de água e nutrientes por parte da planta.

BACNIFOS® produto à base de bactérias PSB (*Phosphate solubilizing bacteria*) *Pseudomonas putida* e *Pseudomonas fluorescens* **altamente eficazes na formação de ACC desaminase**. Enzima capaz de romper o composto ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), precursor da formação de etileno, **regulador fundamental** na resposta das plantas **ao stress biótico ou abiótico**.

Finalmente, **VELLTRIX®** produto à base de *Trichoderma* sp., PGPR e micorriza que fortalece o enraizamento e restaura o microbioma do solo. **Melhora a assimilação de ferro com a formação de sideróforos** e **produz substâncias voláteis**, que aumentam a formação de raízes secundárias maximizando a captação de água e nutrientes. **VELLTRIX®** é capaz de se estabelecer na rizosfera de forma eficaz e restabelecer o equilíbrio do microbioma, **essencial para mitigar o stress biótico**.

O maneo destas soluções nas diferentes etapas das culturas, através da **conceção de estratégias personalizadas**, permite **aumentar a resiliência das culturas frente**



às **difíceis condições agrícolas** com as quais nos deparamos, evitando as perdas de produção e otimizando a qualidade das colheitas. Na **TRICHODEX** foram realizados diferentes estudos em colaboração com clientes e empresas externas, valorizando a **utilização dos microrganismos para aumentar a resiliência das culturas**.

**Imagem em espanhol*

FICHA PARCELA EXPERIMENTAL

1



DATOS FINCA

- Localización: Carmona (Sevilla)
- Variedad: Almendro "Lauranne"
- Densidad de plantación: pl/ha
- Abonado: Convencional
- Campaña 2022-2023
- 1er año producción

PROBLEMÁTICA:
Cultivo de árboles pequeños en su primer año de producción y con condiciones climatológicas anómalas

RECOMENDACIÓN:

VIBACTER 5 l/ha

BIOSOL 20 l/ha

- 4 Aplicaciones al riego
- Momentos de máxima exigencia

A exploração agrícola, situada no município de Carmona, encontrava-se no primeiro ano de produção de amendoeirais da variedade "Lauranne". O início da campanha foi marcado pela quase **inexistência de precipitações** até ao mês de maio, o que provocou a redução das dotações de água das parcelas de regadio. Por outro lado, as **sucessivas ondas de calor dos meses de verão** provocaram um forte *stress* hídrico na cultura (RAIF, 2023).

A incorporação dos microrganismos ao solo na cultura com árvores pequenas, muito mais sensíveis às condições extremas, **aumentou a produção em 23%** em relação ao controlo sem microrganismos, obtendo um aumento de **55,98 kg/ha** (27,8%) de



grão (Figura 4).

**Imagem em espanhol*

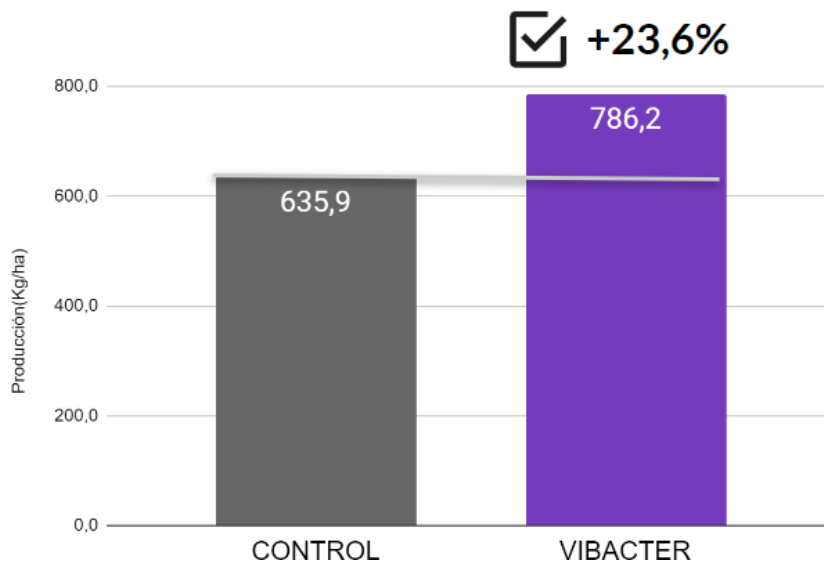


Figura 4. Produção (kg/ha) total de amêndoa com casca. Variedade Lauranne. Campanha 2022-2023

**Imagem em espanhol*

FICHA PARCELA EXPERIMENTAL

2 

DATOS FINCA

- o Localización: San Silvestre de Guzman (Huelva)
- o Variedad: Mandarina "Orri"
- o Densidad de plantación: 700 pl/ha
- o Abonado: Convencional
- o Campaña 2021/22

PROBLEMÁTICA:
Reducción de los recursos hídrico de la parcela un 40% en comparación a la anterior campaña

RECOMENDACIÓN:

- VIBACTER 5 l/ha
- BIOSOL 20 l/ha
- 4 Aplicaciones al riego
- Momentos de máxima exigencia



Nesta parcela, devido às diferentes condições meteorológicas e aos episódios de seca, a comunidade de regantes teve à disposição recursos hídricos por ano equivalentes a **3400 m³/ha de água para as referidas parcelas**. Isto supõe **40% menos de abastecimento de água** em comparação com a campanha 2021-2022 onde havia uma disponibilidade de 5700 m³/ha ano. A referida falta de água provocou uma redução de rendimento, sendo possível obter 18.307 kg/ha (campanha 2022-2023) equivalente a 58,4% menos em comparação com a campanha anterior nestas parcelas.

A aplicação de VIBACTER+BIOSOL em 4 momentos da cultura mitiga o *stress* hídrico, conseguindo um aumento de rendimento em relação às parcelas de controlo de **54,53%**, o que supõe **9983,3 kg adicionais por hectare (Figura 5)**.

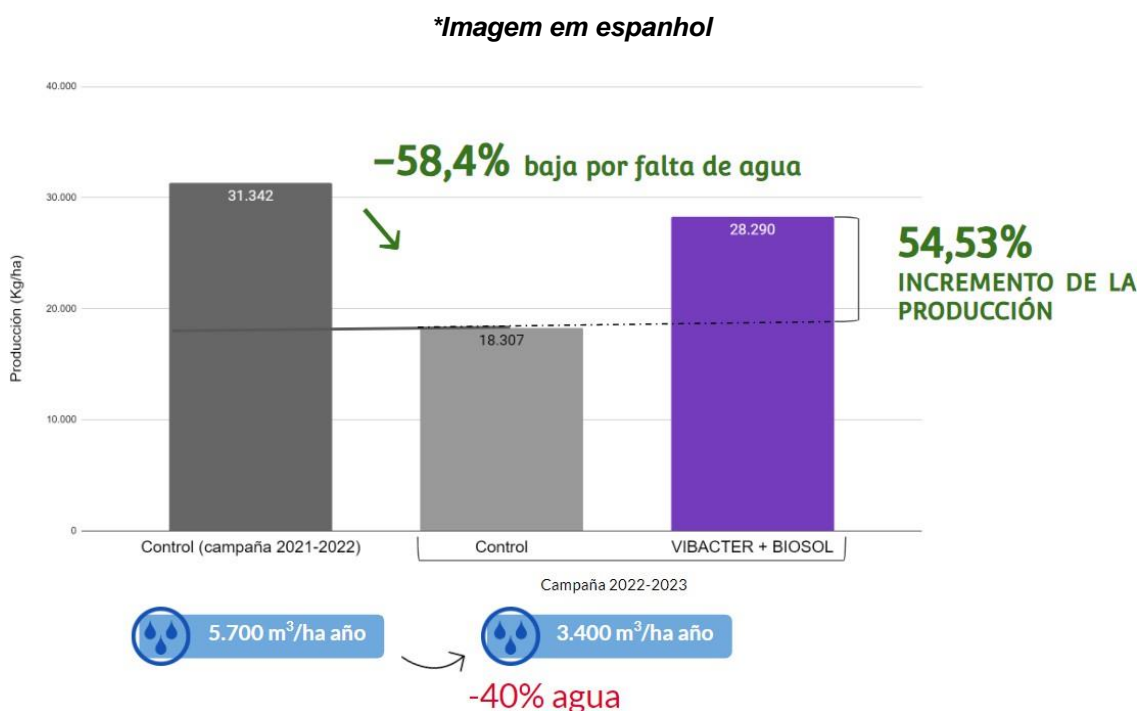


Figura 5. Produção (kg/ha) na cultura de citrinos nas diferentes campanhas



**Imagem em espanhol*

FICHA PARCELA EXPERIMENTAL

3



DATOS FINCA

- o Localización: Setúbal(Portugal)
- o Variedad: Frambuesa var "Joan Jay"
- o Densidad de plantación: 15.000 pl/ha
- o Abonado: Convencional
- o Campaña 2021-2022

PROBLEMÁTICA:
Suelo con alta conductividad eléctrica, problemas de salinidad

RECOMENDACIÓN:

BACNIFOS 5 l/ha

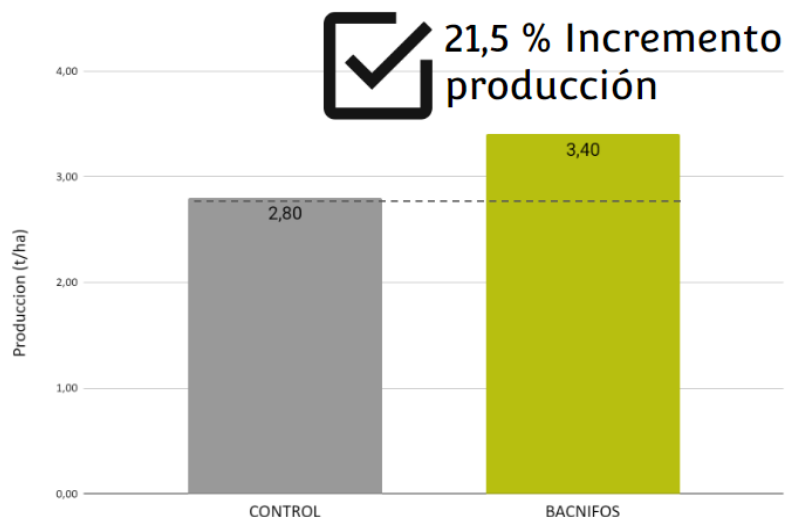
- 4 aplicación riego
- momentos de máxima exigencia

O solo da parcela apresenta níveis altamente salinos com uma **condutividade média de 2320 mS/cm**. Os níveis de fósforo, potássio, cálcio e magnésio eram excessivos, através do que foi detetado um possível bloqueio de nutrientes devido ao pH e salinidade do solo. De acordo com os dados proporcionados pela FAO, as espécies de *Rubus* sp, apresentam **perdas de colheitas de entre 10-25%** com condutividade no extrato saturado entre 2,1-2,9 mS/cm.

Nesta parcela é utilizado o produto **BACNIFOS®**, cujas estirpes já demonstraram, em condições controladas, a sua elevada mitigação dos danos produzidos pelo *stress* salino em pimentos. Por outro lado, a aplicação de **BACNIFOS®** na cultura da framboesa submetida a salinidade, produz um **aumento da colheita de 21,5%** (Figura 6) em relação às parcelas de controlo e em condições de *stress* semelhantes.



**Imagem em espanhol*



*Figura 6. Produtividade de framboesa (toneladas por hectare). *Imagem em espanhol*

FICHA PARCELA EXPERIMENTAL

4 

DATOS FINCA

- o Localización: Huelva
- o Variedad: Fresa var "Fortuna"
- o Densidad de plantación: 60.000 pl/ha
- o Abonado: Convencional
- o Campaña 2020-2021

PROBLEMÁTICA:

Suelo con microbioma desequilibrado

SOLUCIÓN:

ESTRATEGIA TRICHODEX

- Aplicaciones a lo largo del ciclo del cultivo

A parcela apresenta um manejo intensificado, onde a utilização excessiva de matérias ativas provocou uma alteração na comunidade de microrganismos do solo, reduzindo a presença de organismos benéficos na rizosfera. É criado um programa de cultivo



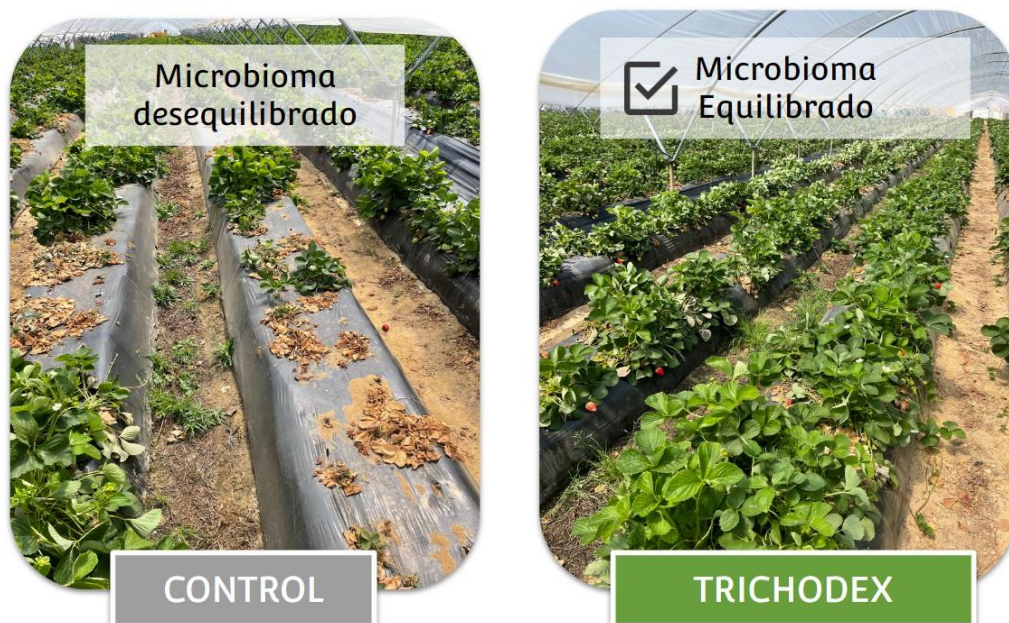
onde são realizadas aplicações durante todo o ciclo, com o objetivo de restabelecer o microbioma.

Com a aplicação da estratégia **TRICHODEX** foi possível alcançar uma **redução de morte das plantações de 18,5%**. Melhorando assim a saúde do solo e o vigor da cultura (Foto 2 e 3)

Foto 2: Plano de tratamento em morango *Imagem em espanhol



Foto 3. Comparação das diferentes parcelas com e sem microbioma equilibrado *Imagem em espanhol





3. DESAFIOS E FUTURO

O futuro da agricultura dependerá, em grande parte, da capacidade do setor agrícola para se adaptar e adotar inovações que aumentem a eficiência, reduzam o impacto ambiental e melhorem a resiliência dos sistemas agrícolas. A inovação é essencial para desenvolver práticas agrícolas adaptativas que possam enfrentar um ambiente agrícola que está a ser submetido a **alterações climáticas significativas**.

Por outro lado, com **o crescimento constante da população mundial** e o aumento da demanda de alimentos, a inovação na agricultura é necessária para aumentar a produtividade e a eficiência, garantindo que existam suficientes recursos alimentares para satisfazer as necessidades de uma população em expansão e **onde os recursos naturais são limitados**.

A globalização do mercado agrícola apresenta um desafio crucial de produzir alimentos que cumpram com padrões internacionais e que se adaptem às exigências mutáveis dos consumidores. **A crescente pressão** para adotar **práticas agrícolas sustentáveis e ecológicas**, fomenta a necessidade de desenvolver técnicas específicas, como uma gestão eficiente de resíduos e a promoção da biodiversidade, aspetos que não podem ser subestimados neste contexto desafiante.

A inovação contínua é essencial para superar o desafio da **Tecnologia Emergente** e a sua rápida evolução, como a agricultura de precisão, a inteligência artificial e a biotecnologia, oferecendo novas oportunidades para melhorar a eficiência e a produtividade na agricultura.



4. CONCLUSÃO

O microbioma vegetal emerge como uma ferramenta fundamental na agricultura sustentável. Este conjunto diverso de microrganismos desempenha um papel-chave na **saúde das plantas ao fortalecer a sua resistência frente a condições adversas.**

As estratégias inovadoras centradas no microbioma permitem otimizar a absorção de nutrientes por parte das plantas, melhorando o seu rendimento e contribuindo para **a eficiência e eficácia na utilização de recursos**, essencial para a **sustentabilidade a longo prazo da agricultura**, especialmente num contexto onde a gestão responsável de insumos se tornou imperativa.

Neste cenário, **a investigação e aplicação de abordagens que fomentem a interação entre as plantas e o seu microbioma** são essenciais para superar os desafios dinâmicos aos quais se enfrenta a agricultura.



BIBLIOGRAFIA

- Morales-García, Y. E., Reyes-Rodríguez, D. P., Mares Duran, O. H. A., Mendoza-Rojas, E., & Muñoz-Rojas, J. 2023 Microorganismos reportados en los microbiomas son claves para la salud de los hospederos.
- Carrasquilla, M. (2021). *El microbioma del agroecosistema y su importancia en la agricultura sostenible* (Doctoral dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona).
- Sinno, M., Ranesi, M., Di Lelio, I., Iacomino, G., Becchimanzi, A., Barra, E., & Woo, S. L. (2021). Selection of endophytic *Beauveria bassiana* as a dual biocontrol agent of tomato pathogens and pests. *Pathogens*, 10(10), 1242.
- Franco Correa, M. (2008). Evaluación de caracteres PGPR en actinomicetos e interacciones de estas rizobacterias con hongos formadores de micorrizas.
- Gopal, M., & Gupta, A. (2016). Microbiome selection could spur next-generation plant breeding strategies. *Frontiers in microbiology*, 7, 1971.
- Vociante, M., Grifoni, M., Fusini, D., Petruzzelli, G., & Franchi, E. (2022). The Role of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) in Mitigating Plant's Environmental Stresses. *Applied Sciences*, 12(3), 1231.
- Bind, S., Bind, S., & Chandra, D. (2023). Beneficial microbes for sustainable agroecosystem. In *Advanced Microbial Techniques in Agriculture, Environment, and Health Management* (pp. 1-19). Academic Press.



Ligações consultadas

- FAO; Portal de solos:
<https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problemat/icos/es/>
- EUROSTAT
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cli_iad_loss_custom_890127_2/default/table?lang=en
- Nações Unidas
<https://data.unccd.int/land-degradation>
- RAIF, Red de Alerta e Información Fitosanitaria
<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturapescaaguaydesarrollorural/raif/campaña-de-almendra-2023-estado-fitosanitario-y-producciones/>
- Nações Unidas. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf