



**CAPTAR**  
ciência e ambiente para todos

volume V • número X • p XX

## **Cianobactérias e Microalgas: Organismos Promissores para a Agricultura e para a Reabilitação dos Solos**

O crescimento constante e rápido da população mundial traz consigo vários problemas associados, como o aumento da procura por alimentos e, conseqüentemente, o uso de métodos agrícolas, muitas vezes inadequados, que podem levar à degradação e incapacitação dos solos. Além disso, todos os anos, não só cerca de 40% das culturas mundiais são perdidas, como se estima que 820 milhões de pessoas sofram de desnutrição. Deste modo, é de elevada importância encontrar novas formas e métodos para aumentar o rendimento agrícola, ao mesmo tempo que se reduz a pegada agrícola, bem como, encontrar alternativas para os fertilizantes altamente poluentes usados atualmente.

As cianobactérias e microalgas, presentes nas crostas biológicas do solo, são microrganismos fotoautotróficos, muito versáteis e com uma grande variedade de potenciais aplicações, nomeadamente como bioestimulantes e condicionadores dos solos. Esses organismos oferecem muitos benefícios aos solos e às plantas, não apenas potencializando e melhorando o crescimento e o desenvolvimento das plantas, mas também promovendo o restabelecimento de muitas das propriedades dos solos degradados.

Por um futuro mais sustentável, o possível uso destes microrganismos como bioestimulantes merece ser explorado como alternativa aos atuais métodos, fertilizantes e outros químicos agrícolas.

### **Palavras-chave**

cianobactérias  
microalgas  
crostas biológicas de solo  
bioestimulantes  
plantas  
solos

Mariana Rocha<sup>1</sup>

Pedro Pereira<sup>2</sup>

Paula Melo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> GreenUPorto Sustainable Agrifood Production Research Centre, Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal.

\*pmmelo@fc.up.pt

**ISSN 1647-323X**

**Artigo em acesso aberto sob**  
[licença CC-BY](#)

© 2021 Autores

## INTRODUÇÃO

O aumento gradual da população mundial que se tem verificado ao longo das últimas décadas traz consigo uma demanda cada vez maior por bens alimentares. Não obstante, nos dias de hoje ainda cerca de 40% das colheitas mundiais são perdidas todos os anos (FAO, 2020), devido a fatores como o clima, desastres naturais, fatores bióticos, entre outros (Kasso & Bekele, 2018). Para além disso, existem ainda cerca de 820 milhões de pessoas consideradas desnutridas, mundialmente (FAO, 2020). É natural que estes eventos despertem a necessidade para o aumento da produtividade, e levem conseqüentemente à utilização de práticas agrícolas e produtos químicos inadequados. É por isso de extrema importância procurar novas formas e técnicas que permitam a melhoria do rendimento das culturas, sem comprometer a qualidade dos produtos agrícolas, e mantendo a integridade a longo prazo dos ecossistemas que, ao longo dos últimos anos, têm sido copiosamente comprometidos.

O uso de fertilizantes e pesticidas químicos, traz consigo bastantes problemas. Muitos destes produtos, não só comprometem a qualidade do ar e da água nas regiões em que são usados, como também comprometem a qualidade dos solos (Savci, 2012). Os solos são de extrema importância para garantir o nosso bem-estar, uma vez que nos fornecem constantemente inúmeros serviços ecossistêmicos (Pulleman et al., 2012). Estes serviços podem ser de produção (de alimentos, fibras e combustível), de regulação (controlo do processo de erosão, infiltração de água, retenção de nutrientes, regulação de gases atmosféricos e controlo de pragas), mas também de suporte da biodiversidade, a qual providencia também muitos serviços importantes à sociedade (Baer & Birgé, 2018).

Os solos albergam uma grande variedade de organismos capazes de desempenhar uma infinidade de funções. Alguns destes organismos integram as chamadas Crostas Biológicas de Solo (BSCs), também denominadas de Biocrostas. Estas consistem em organismos, como microalgas, cianobactérias, outras bactérias, fungos e, eventualmente, algumas briófitas e oligoquetas, associados às partículas do solo (Belnap J, 2001). A integridade dos solos depende significativamente das BSCs (Chamizo et al., 2012), uma vez que estas garantem um solo saudável (Belnap J, 2001), reduzem a erosão causada pelo vento e pela água (Bowker, 2007; Bu et al., 2013), regulam os ciclos hidrológicos (Belnap, 2006), aumentam a fertilidade do solo (Belnap, 2003), e ainda suportam o aparecimento de comunidades de espécies cada vez mais complexas e exigentes (Belnap J, 2001). As BSCs representam também um potencial considerável do ponto de vista agrícola. O estabelecimento de muitas espécies vegetais depende significativamente de certos organismos presentes nestas BSCs, capazes de garantir e até melhorar determinadas propriedades do solo, cruciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Belnap J, 2001).

Ao longo dos últimos anos, as cianobactérias e microalgas, em particular, têm demonstrado um grande potencial. Estas podem desempenhar importantes funções como a de promoção do crescimento e desenvolvimento vegetal de determinadas espécies, mas também podem ter um importante papel na inibição do crescimento de outras espécies vegetais (como as plantas daninhas). Para além destes benefícios, estes microrganismos podem estar também envolvidos em múltiplos processos ecológicos vantajosos, tanto para o ser humano como para os ecossistemas. Estes microrganismos podem estar envolvidos em processos de biorremediação, na mitigação das alterações climáticas através do sequestro

de CO<sub>2</sub>, na produção de bioenergia, e ainda na alimentação humana onde podem estar presentes sob a forma de suplementos (Singh et al., 2016). As potencialidades destes organismos elevam a sua importância no combate às adversidades atuais associadas ao Antropoceno (influência humana na Terra).



### **Biofertilizantes e Bioestimulantes: o que são?**

O uso excessivo de produtos de origem sintética como os fertilizantes químicos, pesticidas e reguladores de crescimento de plantas, tem levado a uma notável deterioração dos ecossistemas, levando à infertilidade dos solos e a uma considerável perda de biodiversidade (Garcia-Gonzalez & Sommerfeld, 2016; Ronga et al., 2019).

Os bioestimulantes e biofertilizantes surgem em alternativa a estes produtos nocivos. Tratam-se de produtos ambientalmente seguros, que funcionam como uma alternativa mais económica e ecológica aos produtos sintéticos na estimulação do crescimento das plantas (Kaur & Purewal, 2019; Ronga et al., 2019).

Biofertilizantes são produtos que contêm microrganismos vivos capazes de melhorar as propriedades químicas e biológicas dos solos, estimulando o crescimento das plantas e restaurando a fertilidade dos solos. Os bioestimulantes são produtos produzidos pelos microrganismos que, quando aplicados em pequenas doses nas sementes, nas culturas ou nos solos, são capazes de regular e melhorar os processos fisiológicos das culturas. Ambos atuam em processos fisiológicos da planta através de diferentes vias, promovendo o crescimento e desenvolvimento das culturas, o aumento do rendimento, melhoria na qualidade, absorção de nutrientes e tolerância a stresses abióticos (Ronga et al., 2019).

Estes bioprodutos correspondem a uma alternativa bastante promissora num futuro próximo, uma vez que poderão garantir uma melhoria na exploração agrícola e ao mesmo tempo ajudar a preservar e promover a melhoria da qualidade dos solos.



### **Cianobactérias e Microalgas como biofertilizantes ou produtores de bioestimulantes**

As cianobactérias e microalgas, como já referido, são organismos bastante versáteis que produzem uma grande variedade de substâncias utilizadas para diversas aplicações (Stal, 2007). Algumas dessas substâncias atuam como promotores do crescimento das plantas, promovendo a germinação das sementes, o desenvolvimento das raízes e dos caules, o aumento do peso e até mesmo um aumento no teor de clorofila (Singh et al., 2016). Estas características tornam as cianobactérias e microalgas potenciais biofertilizantes/bioestimulantes (Mieczyslaw & Romanowska-Duda, 2014), úteis para melhorar o rendimento de muitas culturas (Kamal et al., 2018).

Os fertilizantes típicos usados na agricultura têm uma composição química e nos últimos anos têm mostrado efeitos nocivos tanto para a saúde humana como também para o meio ambiente (Sharma & Singhvi, 2017). Além disso, muitos desses fertilizantes químicos apresentam custos elevados (Roychowdhury, 2014). Assim, levando em consideração todas as desvantagens destes fertilizantes químicos, o conceito de bioestimulantes e/ou biofertilizantes tem ganho cada vez mais destaque e reconhecimento.

Estes biofertilizantes podem ser de vários tipos: Rizóbio (RHZ), Rizobacteria Promotora de Crescimento de Plantas (PGPR), *Azospirillum*, *Azotobacter*, Solubilizadores de Zinco, Associações de cianobactéria(s) e *Azolla*, Solubilizadores e Absorvedores de Fosfato (Micorrizas). As cianobactérias e microalgas podem estar presentes em algumas dessas formas (Mahanty et al., 2016; Roychowdhury, 2014). Certas cianobactérias para além de terem a capacidade de realizar a fotossíntese e fixar o carbono atmosférico (C), são também, por vezes, capazes de fixar o azoto atmosférico (N<sub>2</sub>). Certas espécies possuem uma enzima, denominada nitrogenase redutase, responsável pela conversão do azoto atmosférico em amónia (NH<sub>3</sub>), a qual origina depois diferentes compostos azotados como os polipeptídeos, aminoácidos, vitaminas e auxinas, as quais são posteriormente libertadas por secreção ou degradação microbiana após a morte celular (Singh et al., 2016). As plantas não têm a capacidade de converter o azoto atmosférico em formas azotadas biodisponíveis para o seu metabolismo. Para além disso, um dos nutrientes mais limitantes dos solos é, precisamente, o azoto (Vitousek et al., 2010). O facto de certas espécies de cianobactérias demonstrarem a capacidade de converter o azoto atmosférico em formas azotadas biodisponíveis, torna-se uma mais-valia do ponto de vista ecológico uma vez que poderá permitir uma melhoria considerável no crescimento e desenvolvimento das plantas quando as cianobactérias estão simultaneamente presentes nos solos. Para além disso, muitas plantas conseguem estabelecer relações simbióticas com essas cianobactérias beneficiando diretamente do azoto fixado por estes microrganismos (Singh et al., 2016).

A aplicação de cianobactérias em ecossistemas agrícolas (particularmente campos de arroz e trigo), já demonstrou levar a um aumento na disponibilidade de azoto para as plantas (Fernández Valiente et al., 2000), aumentando assim a produtividade de certas culturas (Mishra & Pabbi, 2004). Além disso, as cianobactérias podem também integrar o grupo das Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (PGPR), que correspondem a um grupo de bactérias que colonizam as raízes das plantas e lhes providenciam muitos benefícios. Alguns dos metabolitos que estas produzem podem estimular o crescimento e o desenvolvimento das plantas e a germinação das sementes (Mieczyslaw & Romanowska-Duda, 2014; Muñoz-Rojas et al., 2018), mas também podem conferir proteção às plantas contra condições de stresse salino e/ou osmótico (Roychowdhury, 2014). Embora as microalgas não pertençam a este grupo (por não se tratarem de bactérias), também elas podem produzir diversos metabolitos capazes de estimular o crescimento e germinação das plantas (Mieczyslaw & Romanowska-Duda, 2014; Shariatmadari et al., 2011), e de melhorar muitas propriedades dos solos. Recentemente, estudos feitos em arrozais comprovaram que as microalgas também podem ser uma fonte de azoto, uma vez administradas numa proporção significativa juntamente com fertilizantes químicos (entre 50 e 75% de microalgas e 25 e 50% de fertilizantes químicos) (Dineshkumar et al., 2017).

Algumas cianobactérias também podem promover a solubilização de outros nutrientes importantes, como o fósforo (outro nutriente essencial para o metabolismo das plantas) e outros micronutrientes como o zinco, o cobre e/ou o ferro (Roychowdhury, 2014), enquanto as microalgas parecem ser as responsáveis pela mineralização de nutrientes, produção de hormonas de crescimento e melhoria dos mecanismos de defesa da planta (Renuka et al., 2018).

Certas cianobactérias e microalgas são ainda capazes de produzir compostos com atividade antibiótica, antifúngica e/ou antiviral (Costa et al., 2019; Singh et al., 2016). Estes compostos interferem na fisiologia e no metabolismo de certos patógenos e, dessa forma, protegem certas culturas de serem comprometidas por essas ameaças (Dahms et al., 2006). Assim, cianobactérias e microalgas também podem ser utilizadas

como agentes de biocontrolo para evitar doenças, protegendo as plantações e promovendo um maior rendimento agrícola.



### **Cianobactérias e Microalgas na reabilitação de solos degradados**

Em 2019, a ONU declarou a década de 2021-2030 a “Década da Restauração dos Ecossistemas”, com o intuito de prevenir, deter e reverter a degradação dos ecossistemas em todos os continentes e oceanos. No entanto, o sucesso desta iniciativa depende muito da melhoria e alteração das metodologias aplicadas em diversas atividades humanas (FAO, 2019).

Uma vez que o nosso principal meio de subsistência provém dos solos, é de extrema importância preservar e defender a integridade e a qualidade dos mesmos. A produção agrícola depende fortemente da qualidade do solo. A qualidade do solo é determinante para que diversas espécies vegetais se instalem. Ao melhorar a qualidade dos solos, estamos também a permitir um aumento direto considerável no crescimento e desenvolvimento das plantas (Council, 1993).

A agricultura industrial, associada à produção intensiva, ao mau planeamento dos solos e ao uso de grandes quantidades de certos produtos químicos, pode levar à salinização do solo pela acumulação excessiva de sais solúveis como o sódio (Na). A salinização do solo define o processo que leva a um aumento excessivo de sais solúveis em água no solo a ponto de comprometer a produção agrícola, saúde ambiental e bem-estar económico (Machado & Serralheiro, 2017). Este processo pode ser responsável pela diminuição da produtividade do solo, tornando a prática agrícola inexecutável (Singh et al., 2016). A salinização do solo continua a ser uma ameaça crítica à agricultura e aos ecossistemas terrestres e, conseqüentemente, à nossa sobrevivência e bem-estar (FAO, 2015).

As cianobactérias e microalgas têm demonstrado ser ferramentas bastante eficientes na restauração de solos degradados afetados pelo excesso de sais (Rocha et al., 2020). Estas são capazes de produzir uma camada de exopolissacarídeos (EPS) na superfície do solo, que conserva o carbono orgânico, azoto e fósforo. Estes organismos adicionam ainda matéria orgânica e azoto aos solos contribuindo assim para a ligação das partículas do solo, aumentando a permeabilidade e o arejamento dos mesmos (Singh et al., 2016). Os EPSs produzidos por estes organismos podem também servir como um reservatório de armazenamento de água em condições de escassez de água, e ser metabolicamente ativos quando hidratados (Abinandan et al., 2019).

O mau manuseamento dos solos durante vários anos foi responsável por muitos dos solos degradados, nos dias de hoje. Um dos riscos mais perigosos para o meio ambiente é a presença de xenobióticos, poluentes e contaminantes nos solos (Gianfreda & Rao, 2008). As cianobactérias e microalgas têm também a capacidade de biorremediação de muitos desses compostos, que se encontram em solos degradados. As cianobactérias podem degradar em formas de toxicidade inferior ou mesmo não tóxicas, muitos metais pesados e xenobióticos e, também, degradar hidrocarbonetos de ocorrência natural (Gupta et al., 2012). As microalgas mostram-se mais eficazes na desintoxicação de poluentes orgânicos e inorgânicos (Sutherland & Ralph, 2019).

Assim, juntas, cianobactérias e microalgas podem desempenhar um papel muito importante na biorremediação e proteção contra a degradação dos solos causada por diversas substâncias perigosas.



### **Processo de cianobacterização e algalização**

Tendo em conta a urgente necessidade pela procura por melhores métodos e técnicas para o manuseamento dos solos, e sendo as cianobactérias e microalgas organismos tão promissores, surgiu o conceito de cianobacterização/algalização.

O processo de cianobacterização/algalização consiste na inoculação do solo com cianobactérias ou algas. Este processo já demonstrou ser eficaz na estabilização e combate aos processos de degradação dos solos, aumentando a fertilidade e a estabilidade de solos naturais e agrícolas (Wang et al., 2009). A formação das BSCs em solos degradados, principalmente por meio da aplicação de inóculos de cianobactérias e/ou microalgas, tem grande potencial na restauração dos solos, melhorando a qualidade dos ambientes deteriorados (Chamizo et al., 2020).

Também este processo já demonstrou ser bastante promissor para a recuperação de solos afectados pelos incêndios, diminuindo a hidrofobicidade do solo e aumentando a resistência da superfície à penetração. Este processo pode ser usado como uma ferramenta promissora no processo de reabilitação pós-incêndio (Chamizo et al., 2020).



### **CONCLUSÃO**

As cianobactérias e as microalgas são organismos muito versáteis com uma ampla capacidade de adaptação e variedade de benefícios tanto para os ecossistemas naturais quanto para nós, seres humanos.

Nos últimos anos, estes organismos provaram ser benéficos a vários níveis. O facto de estes organismos poderem atuar como bioestimulantes/biofertilizantes e promover o crescimento das plantas, torna-os organismos muito atrativos para explorar a fim de encontrar melhores soluções para melhorar o rendimento agrícola e promover o restabelecimento saudável dos ecossistemas, muitas vezes degradados.

---

**agradecimentos** • A realização deste trabalho foi promovida pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) em colaboração com a Direção Geral do Ensino Superior (DGS), ao abrigo do projeto 'Hands on Science for Sustainable AgriFood Production: From the Soil to the Fork', financiado ao abrigo do programa "Verão com Ciência".

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abinandan, S., Subashchandrabose, S. R., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2019). Soil microalgae and cyanobacteria: the biotechnological potential in the maintenance of soil fertility and health. *Critical Reviews in Biotechnology*, 39(8), 981-998. <https://doi.org/10.1080/07388551.2019.1654972>
- Baer, S., & Birgé, H. (2018). Soil ecosystem services: an overview. In D. Reicosky (Ed.), *Managing soil health for sustainable agriculture* (Vol. 1, pp. 17-38). Burleigh Dodds Science Publishing. <https://doi.org/10.19103/AS.2017.0033.02>
- Belnap, J. (2003). The world at your feet: desert biological soil crusts. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(4), 181-189. [https://doi.org/https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0181:TWAYFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0181:TWAYFD]2.0.CO;2)
- Belnap, J. (2006). The potential roles of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles. *Hydrological Processes*, 20(15), 3159-3178. <https://doi.org/10.1002/hyp.6325>
- Belnap J, B. B., Lange OL (2001). Biological Soil Crusts: Characteristics and Distribution. . In L. O. Belnap J (Ed.), *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)* (Vol. 150, pp. 3-30). Springer.
- Bowker, M. (2007). Biological Soil Crust Rehabilitation in Theory and Practice: An Underexploited Opportunity. *Restoration Ecology*, 15(1), 13-23. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00185.x>
- Bu, C., Wu, S., Xie, Y., & Zhang, X. (2013). The Study of Biological Soil Crusts: Hotspots and Prospects. *CLEAN - Soil Air Water*, 41(9), 899-906. <https://doi.org/10.1002/clen.201100675>
- Chamizo, S., Adessi, A., Certini, G., & De Philippis, R. (2020). Cyanobacteria inoculation as a potential tool for stabilization of burned soils. *Restoration Ecology*, 28(S2), S106-S114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/rec.13092>
- Chamizo, S., Cantón, Y., Miralles, I., & Domingo, F. (2012). Biological soil crust development affects physicochemical characteristics of soil surface in semiarid ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 49, 96-105. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.02.017>
- Costa, J. A. V., Freitas, B. C. B., Cruz, C. G., Silveira, J., & Morais, M. G. (2019). Potential of microalgae as biopesticides to contribute to sustainable agriculture and environmental development. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 54(5), 366-375. <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1571366>
- Council, N. R. (1993). *Soil and Water Quality: An Agenda for Agriculture*. The National Academies Press. <https://doi.org/doi:10.17226/2132>
- Dahms, H. U., Ying, X., & Pfeiffer, C. (2006). Antifouling potential of cyanobacteria: a mini-review. *Biofouling*, 22(5-6), 317-327. <https://doi.org/10.1080/08927010600967261>
- Dineshkumar, R., Kumaravel, R., Gopalsamy, J., Sikder, M. N. A., & Sampathkumar, P. (2017). Microalgae as Bio-fertilizers for Rice Growth and Seed Yield Productivity. *Waste and Biomass Valorization*, 9(5), 793-800. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9873-5>
- FAO. (2019). *New UN Decade on Ecosystem Restoration offers unparalleled opportunity for job creation, food security and addressing climate change*. FAO. Retrieved 21st January from <http://www.fao.org/news/story/en/item/1182090/icode/>
- FAO. (2020). *PROTECTING PLANTS, PROTECTING LIFE*. FAO. Retrieved 21st January from <http://www.fao.org/plant-health-2020/about/en/>
- FAO, I. (2015). *Status of the World's Soil Resources*. Retrieved 2nd February from <http://www.fao.org/3/i5199e/i5199E.pdf>
- Fernández Valiente, E., Ucha, A., Quesada, A., Leganés, F., & Carreres, R. (2000). Contribution of N<sub>2</sub> fixing cyanobacteria to rice production: availability of nitrogen from <sup>15</sup>N-labelled cyanobacteria and ammonium sulphate to rice. *Plant and Soil*, 221(1), 107-112. <https://doi.org/10.1023/A:1004737422842>
- Garcia-Gonzalez, J., & Sommerfeld, M. (2016). Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. *Journal of Applied Phycology*, 28(2), 1051-1061. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0625-2>
- Gianfreda, L., & Rao, M. A. (2008). Interactions Between Xenobiotics and Microbial and Enzymatic Soil Activity. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 38(4), 269-310. <https://doi.org/10.1080/10643380701413526>
- Gupta, R. K., Chaudhary, K. K., Kumar, M., Negi, A., & Rai, H. (2012). Bioremediation and cyanobacteria: an overview. *Bionano Frontier*, 9, 190-196. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2003.4323>
- Kamal, S., Kumar, M., Kumar, R., & Raghav, M. (2018). Effect of Biofertilizers on Growth and Yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 2542-2545. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.309>
- Kasso, M., & Bekele, A. (2018). Post-harvest loss and quality deterioration of horticultural crops in Dire Dawa Region, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(1), 88-96. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.01.005>

- Kaur, P., & Purewal, S. S. (2019). Biofertilizers and Their Role in Sustainable Agriculture. In B. Giri, R. Prasad, Q.-S. Wu, & A. Varma (Eds.), *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment* (pp. 285-300). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_12)
- Machado, R. M., & Serralheiro, R. P. (2017). Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. *Horticulturae*, 3(2), 30. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020030>
- Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharjee, P., Das, B., Ghosh, A., & Tribedi, P. (2016). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3315-3335. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8104-0>
- Mieczyslaw, G., & Romanowska-Duda, Z. (2014). Improvements in Germination, Growth, and Metabolic Activity of Corn Seedlings by Grain Conditioning and Root Application with Cyanobacteria and Microalgae. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(4), 1147-1153.
- Mishra, U., & Pabbi, S. (2004). Cyanobacteria: A potential biofertilizer for rice. *Resonance*, 9(6), 6-10. <https://doi.org/10.1007/BF02839213>
- Muñoz-Rojas, M., Chilton, A., Liyanage, G. S., Erickson, T. E., Merritt, D. J., Neilan, B. A., & Ooi, M. K. J. (2018). Effects of indigenous soil cyanobacteria on seed germination and seedling growth of arid species used in restoration. *Plant and Soil*, 429(1), 91-100. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3607-8>
- Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Pérès, G., & Rutgers, M. (2012). Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services—an overview of European approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5), 529-538. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.10.009>
- Renuka, N., Guldhe, A., Prasanna, R., Singh, P., & Bux, F. (2018). Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology Advances*, 36(4), 1255-1273. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.04.004>
- Rocha, F., Esteban Lucas-Borja, M., Pereira, P., & Muñoz-Rojas, M. (2020). Cyanobacteria as a Nature-Based Biotechnological Tool for Restoring Salt-Affected Soils. *Agronomy*, 10(9), 1321. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/9/1321>
- Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., & Tava, A. (2019). Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. *Agronomy*, 9(4), 192. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040192>
- Roychowdhury, D. (2014). A Review on the Effects of Biofertilizers and Biopesticides on Rice and Tea Cultivation and Productivity. *International Journal of Science Engineering and Technology*, 2(8), 96-106.
- Savci, S. (2012). Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. *APCBEE Procedia*, 1, 287-292. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.03.047>
- Shariatmadari, Z., Riahi, H., & Shokravi, S. (2011). Study of Soil Blue-Green Algae and Their Effect on Seed Germination and Plant Growth of Vegetable Crops. *Botanical Journal of Iran*, 12(2 (41)), 101-110. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=261557>
- Sharma, N., & Singhvi, R. (2017). Effects of Chemical Fertilizers and Pesticides on Human Health and Environment: A Review. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 10(6), 675-680. <https://doi.org/10.5958/2230-732X.2017.00083.3>
- Singh, J. S., Kumar, A., Rai, A. N., & Singh, D. P. (2016). Cyanobacteria: A Precious Bio-resource in Agriculture, Ecosystem, and Environmental Sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 7, 529. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00529>
- Stal, L. (2007). Cyanobacteria. In S. J (Ed.), *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*, (Vol. 2011, pp. 659-680). Springer.
- Sutherland, D. L., & Ralph, P. J. (2019). Microalgal bioremediation of emerging contaminants - Opportunities and challenges. *Water Research*, 164, 114921. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114921>
- Vitousek, P. M., Porder, S., Houlton, B. Z., & Chadwick, O. A. (2010). Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen-phosphorus interactions. *Ecological Applications*, 20(1), 5-15. <https://doi.org/10.1890/08-0127.1>
- Wang, W., Liu, Y., Li, D., Hu, C., & Rao, B. (2009). Feasibility of cyanobacterial inoculation for biological soil crusts formation in desert area. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(5), 926-929. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.07.001>