



O microbioma da rizosfera e sua potencialidade

Simone Raposo Cotta^a e Armando Cavalcante Franco Dias^b

^a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Esalq/USP, Departamento de Ciências do Solo, Avenida Pádua Dias, 11, Piracicaba, São Paulo, Brasil. Email: raposo.cotta@gmail.com

^b Andrios Assessoria em Microbiologia do Solo. Rua Cezira Giovanoni Moretti 600 Box 2 Jardim Santa Rosa, Piracicaba, São Paulo, Brasil. Email: armando@andriosassessoria.com.br

Informação do artigo

Editor Chefe: R.F.A.Veiga
Editor Nº Especial: F.V.D.Souza
Ano: 2019
Volume: 5
Número: 1
Página: 42-47

Palavras-chave:

Comunidades sintéticas
Diversidade microbiana
Micro-organismos do solo
Produtividade vegetal
Promoção de Crescimento vegetal

RESUMO

A busca por uma agricultura mais sustentável tem estimulado os estudos que avaliam as interações estabelecidas entre as plantas e o ambiente onde elas vivem. As plantas interagem com seu habitat por meio de suas estruturas, dentre elas, as raízes. O crescimento das plantas leva a seleção de micro-organismos que irão habitar essa fração de solo mais próxima das raízes, conhecida como rizosfera, e levar ao estabelecimento dessa interação vital para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Nesse trabalho, apresentamos uma revisão bibliográfica sobre os conhecimentos mais atuais na pesquisa sobre a rizosfera e suas potencialidades. Abordaremos a questão do desenvolvimento de bioinoculantes e biofertilizantes baseados nas premissas da ecologia microbiana utilizando micro-organismos provenientes da rizosfera.

ABSTRACT

(The rhizosphere microbiome and its applicability) The search for a more sustainable agriculture has stimulated the studies that evaluate the established interactions between the plants and the environment where they live. The plants interact with their habitat through their structures, among them, the roots. The growth of the plants leads to the selection of microorganisms that will inhabit this fraction of soil closer to the roots, known as rhizosphere, and lead to the establishment of this vital interaction for the growth and development of plants. In this work, we present a bibliographical review of the most current knowledge in rhizosphere research and its potentialities. We will address the issue of the development of bioinoculants and biofertilizers based on the premises of microbial ecology using microorganisms from the rhizosphere.

Introdução

Desde a colonização da terra pelas linhagens de plantas ancestrais, as plantas estabelecem interações com os micro-organismos (HASSANI et al., 2018). A interação mais antiga que se tem notícia é a estabelecida entre as plantas vasculares e os fungos micorrízicos, sendo essa interação essencial para o estabelecimento das plantas fora d'água (VALADARES et al., 2016). Essas interações são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento da planta, contribuindo para a nutrição, desenvolvimento e imunidade, influenciando a maneira como os hospedeiros se relacionam com seu ambiente (FITZPATRICK et al.,

2018). Além disso, o estabelecimento dessas interações representam uma extensa área de estudos que apresentam um elevado potencial biotecnológico (ROMAGNOLI; ANDREOTE 2016).

As plantas interagem com os micro-organismos em múltiplas esferas mediadas por suas estruturas, como folhas e raízes por exemplo. A interação mediada pelas raízes ocorre principalmente no âmbito da rizosfera, que corresponde a fração do solo que sofre uma forte pressão de seleção devido a liberação pela planta de diversos compostos (exsudatos) que altera a dinâmica do solo (BAKKER et al., 2013). Nesse trabalho serão

apresentadas as mais recentes descobertas em relação a associação plantas micro-organismos e qual o impacto dessas descobertas na promoção de uma agricultura mais eficaz e sustentável.

Rizosfera

O termo rizosfera foi utilizado pela primeira vez por Curl; Truelove (1986). Esse termo é utilizado para designar a fração do solo que sofre forte influência da planta (CURL; TRUELOVE, 1986). Essa influência é exercida no ambiente solo por diversos mecanismos, como alteração da estruturação física, produção de mucilagem, produção e excreção de compostos fenólicos, e principalmente pelo mecanismo de exsudação (BAKKER et al., 2013). A exudação consiste na liberação pelas raízes de compostos fotossintetizados que levam a ocorrência de um fenômeno denominado *efeito rizosfera*, que é o recrutamento dos micro-organismos para ocupar essa fração do solo (HILTNER, 1904; PHILLIPS et al., 2004).

A secreção pela planta dessas moléculas promove uma alteração dos padrões nutricionais do ambiente, visto que o solo é reconhecido como um ambiente oligotrófico (apresenta baixa disponibilidade nutricional), além de alterar outras condições, como por exemplo as taxas de oxigenação que podem levar a uma alteração da respiração do solo (ROMAGNOLI; ANDREOTE, 2016).

A grande disponibilidade de nutrientes oriundos da exsudação radicular contribui com o metabolismo, multiplicação de células microbianas e interação entre as essas comunidades (COSTA et al., 2014). As interações estabelecidas entre os micro-organismos podem ser positivas como por exemplo a cooperação, como negativas, no caso da competição. Muitos autores argumentam que a rizosfera é um nicho extremamente competitivo devido à alta densidade microbiana, exacerbando as disputas pela ocupação de nichos e obtenção de nutrientes (PII et al., 2015).

Entretanto, outros autores ponderam que a cooperação entre os micro-organismos também é presente nesse ambiente, pois ao cooperarem, esses organismos conseguem aproveitar com mais eficiência os recursos nutricionais, principalmente por meio da complementação metabólica (JACOB et al., 2004). Corroborando essa hipótese, na rizosfera já foi descrita uma elevada taxa de troca de genes (*horizontal gene transfer*), sendo esse fato interessante pois muitos dos genes associados com processos cooperativos estão presentes em plasmídeos e outras entidades gênicas associadas a troca de genes (CAVALIERE et al., 2017). Porém, pouco se sabe sobre o

impacto dessas interações microbianas estabelecidas na rizosfera no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Sobre as interações estabelecidas entre os micro-organismos com as plantas, mais informações foram geradas. Como exemplo podemos citar as interações simbióticas estabelecidas entre as plantas com os fungos micorrízicos e os rizóbios. Como falado anteriormente, a interação fungo micorrízico x plantas foi vital para o domínio da fração terrestre pelas plantas. Atualmente, mais de 82% das plantas encontradas no planeta realizam simbiose com fungos micorrízicos (arbusculares ou ectomicorrizas) (FULTHORPE et al., 2018).

Os rizóbios são bactérias pertencentes ao filo Proteobacteria (Alphaproteobacteria e Gamaproteobacteria) capazes de nodular raízes de plantas leguminosas e por meio do estabelecimento dessa interação fornecem nitrogênio fixado para a planta e a planta em contrapartida fornece carbono e proteção à patógenos (POOLE et al., 2018). Assim como no caso dos fungos micorrízicos, a interação entre plantas leguminosas e rizóbios ocorre desde os primórdios da evolução e atualmente é vital para a agricultura moderna. Os elevados níveis de produtividade da soja observados no Brasil estão diretamente associados com o estabelecimento dessas interações que foram estimuladas ao longo do processo de melhoramento genético da soja (HUNGRIA et al., 2006). Atualmente, quase 98% do nitrogênio utilizado na soja é proveniente da fixação biológica mediada por rizóbio (CIAMPITTI; SALVAGIOTTI, 2018).

Uma série de fatores influenciam na composição do microbioma da rizosfera, como as características químicas e físicas dos solos, o tipo de planta, taxas de precipitação, entre outros. No próximo tópico serão explorados em detalhes os fatores que influenciam o estabelecimento desse microbioma da rizosfera.

Estruturação e organização das comunidades microbianas na rizosfera

Os fatores que influenciam a composição e estruturação do microbioma da rizosfera podem ser divididos em dois grandes grupos: fatores abióticos e bióticos. Dentre os fatores abióticos, podemos citar a caracterização química e física do solo e os fatores edafoclimáticos (ROMAGNOLI; ANDREOTE, 2016). Em relação aos fatores bióticos, um dos mais marcantes é o papel exercido pela planta na seleção dos micro-organismos que irão ocupar a sua rizosfera.

Como falado anteriormente, a planta exsuda uma série de compostos carbônicos que podem funcionar tanto como moléculas sinalizadoras e como fonte de carbono e

energia (CHAPARRO et al., 2014). Essa seleção é tão específica que muitos trabalhos sugerem que a inserção/deleção de um único gene no genoma da planta levaria a seleção diferenciada da microbiota associada as raízes (COTTA et al., 2013). Em relação a plantas transgênicas, esse tema ainda é bastante divergente visto que diversos trabalhos apontam que a modificação do genoma da planta impacta diretamente na comunidade microbiana associada a raiz, enquanto outros trabalhos indicam que essa mudança não ocorre, evidenciando que outros fatores como o solo e o estágio de crescimento da planta possuem uma maior influência sobre essa microbiota (COTTA et al., 2013; COTTA et al., 2014; 2016).

Indiscutivelmente, a planta seleciona os micro-organismos que irão ocupar a sua rizosfera e muitos fatores permeiam essa seleção. Muitos trabalhos demonstraram que plantas não relacionadas filogeneticamente (distantes na escala evolutiva) selecionam micro-organismos de táxons distintos (AIRA et al., 2010). Entretanto, uma característica importante dessa seleção diz respeito a manutenção quase que constante das funções exercidas pela microbiota (MENDES et al., 2013). Funções essas associadas a captação de nutrientes, proteção contra patógenos, entre outras. Todas essas funções permitem o desenvolvimento e a sanidade da planta.

Partindo dessa premissa, muitos pesquisadores sugerem que a seleção dos micro-organismos que irão ocupar a rizosfera ocorre em função das atividades exercidas pelos mesmos e não tanto pela sua classificação taxonômica. Sendo assim, conhecendo-se quais os grupos microbianos e suas funções desempenhadas estão mais frequentemente presentes na rizosfera de diferentes plantas, podemos sugerir a existência de um microbioma mínimo que seria capaz de suplantar a planta e permitir o seu pleno desenvolvimento (RAAIJMAKERS, 2014).

Esse conceito de microbioma mínimo emerge numa condição onde a sociedade exige dos órgãos governamentais uma política de produtividade agrícola mais sustentável, que inclua a sustentabilidade nas suas premissas de produção e não apenas como uma ferramenta para mitigar os danos ocasionados pelo cultivo de monocultura (ROCKSTRÖM et al., 2017).

Aplicabilidade e inovação associada a rizosfera

A agricultura é atualmente uma das práticas humanas que mais agride o meio ambiente. Entretanto, ao mesmo tempo que provoca danos graves ao funcionamento e a estabilidade dos ecossistemas, é a atividade humana que

mais sofre com essas modificações (ROCKSTRÖM et al., 2017).

Os principais passivos ambientais associados à agricultura são a mudança do uso do solo (conversão de florestas para áreas de cultivo intenso de monocultura) e a poluição proveniente do uso de fertilizantes e defensivos. Para a redução desses passivos, faz se necessário a implementação de diferentes manejos e uso de produtos biológicos que promovam a redução na utilização de agroquímicos, além da melhora na eficiência na captação de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo pela planta (TILMAN et al., 2002).

Nesse contexto, os micro-organismos que protegem e promovem o crescimento de plantas (MPCP) possuem um papel essencial, visto que são organismos reconhecidamente parceiros, essenciais para o desenvolvimento das plantas. A presença destes organismos no solo auxilia não apenas na fertilidade do solo, como na produtividade e na qualidade nutricional do alimento produzido, além de promover uma melhora no agrossistema (ABHILASH et al., 2016).

Diversos micro-organismos descritos como MPCP são capazes de colonizar a rizosfera de diferentes plantas, mudando portanto o *status* da interação estabelecida entre os micro-organismos e a planta por intermédio de sua raiz. Anteriormente essa interação era considerada apenas sob o prisma da ecologia, e atualmente essa interação alcança o *status* de alternativa ecologicamente sustentável para a produtividade agrícola.

Dessa forma, muitos produtos estão sendo formulados com o intuito de promover o crescimento da planta utilizando micro-organismos em sua composição. A aplicação de biofertilizantes e bioinoculantes tem ganho cada vez mais espaço no mercado e o investimento nessas tecnologias tem crescido bastante nos últimos anos em grandes empresas de biotecnologia. As estimativas são as melhores possíveis, onde o mercado de bioinoculantes e biofertilizantes podem alcançar a marca de 3,6 bilhões de dólares no ano de 2022 (TIMMUSK et al., 2017).

Apesar dessa potencialidade, o uso de bioinoculantes e biofertilizantes ainda é insipiente. Uma das justificativas para o baixo uso desses produtos é a dissonância entre os resultados encontrados em laboratório com os resultados observados em campo. Em parte, essa contradição pode ser explicada pela formulação desses produtos utilizando apenas um único micro-organismo (PANKE-BUISSE et al., 2015). E isso acontece porque a funcionalidade e a estabilidade de um sistema são obtidas pela redundância funcional microbiana e pelas interações estabelecidas entre os organismos presentes nesse ambiente, e não

- biotechnological applications. **Environmental Microbiology**, v. 19, p. 2949-2963, 2017.
- CHAPARRO, J.M.; BADRI, D.V.; VIVANCO, J.M. Rhizosphere microbiome assemblage is affected by plant development. **ISME Journal**, v. 8, p. 790–803, 2014.
- CIAMPITTI, I.A.; SALVAGIOTTI, F. New insights into soybean biological nitrogen fixation. **Agronomy journal**, v. 110, p. 1185-1196, 2018
- COSTA, D.P.; DIAS, A.C.F.; DURRER, A.; ANDRADE, P.A.M.; GUMIERE, T.; ANDREOTE, F.D. Composição diferencial das comunidades bacterianas na rizosfera de variedades de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1694-1702, 2014.
- COTTA, S.R.; DIAS, A.C.F.; MARRIEL, I.E.; ANDREOTE, F.D.; SELDIN, L.; VAN ELSAS, J.D. Different effects of transgenic maize and nontransgenic maize on nitrogen-transforming Archaea and Bacteria in tropical soils. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 80, p. 6437-6445, 2014.
- COTTA, S.R.; DIAS, A.C.F.; MARRIEL, I.E.; GOMES, E.A.; VAN ELSAS, J.D.; SELDIN, L. Temporal dynamics of microbial communities in the rhizosphere of two genetically modified (GM) maize hybrids in tropical agrosystems **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 103, p. 589-601, 2013.
- COTTA, S.R.; DIAS, A.C.F.; SELDIN, L.; ANDREOTE, F.D.; VAN ELSAS, J.D. The diversity and abundance of phytase genes (β -propeller phytases) in bacterial communities of the maize rhizosphere. **Letters in Applied Microbiology**, v. 62, p. 264-268, 2016.
- CURL, E.A.; TRUELOVE, B. **The rhizosphere**, Springer, Berlin, 1986.
- FITZPATRICK, C.R.; COPELAND, J.; WANG, P.W.; GUTTMAN, D.S.; KOTANEN, P.M.; JOHNSON, M.T.J. Assembly and ecological function of the root microbiome across angiosperm plant species. **Proceeding Natural Academy of Science USA**, v. 115, p. 1157-1165, 2018.
- FULTHORPE, R.; MACIVOR, S.; JIA, P.; YASUI, S.L.E. The green roof microbiome: improving plant survival for ecosystem service delivery. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, Article 5, 2018.
- HASSANI, M.A.; DURÁN, P.; HACQUARD, S. Microbial interactions within the plant holobiont. **Microbiome**, v. 6, p. 58, 2018.
- HILTNER, L. Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie unter besonderer Berücksichtigung der Landwirtschaft. **Arbeiten der Deutschen landwirtschafts-gesellschaft**, v. 98, p. 59-78, 1904.
- HU, J.; WEI, Z.; WEIDNER, S.; FRIMAN, V-P.; XU, Y-C.; SHEN, Q-R.; JOUSSET, A. Probiotic *Pseudomonas* communities enhance plant growth and nutrient assimilation via diversity-mediated ecosystem functioning. **Soil Biology Biochemistry**, v. 113, p. 122-129, 2017.
- HUNGRIA, M.; FRANCINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, p. 927-939, 2006.
- JACOB, E.B.; BECKER, I.; SHAPIRA, Y.; LEVINE, H. Bacterial linguistic communication and social intelligence. **TRENDS in Microbiology**, v. 8, p. 366-372, 2004.
- LIU, K.; MCINROY, J.A.; HU, C-H.; KLOEPPER, J.W. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant growth promotion in the presence of pathogens. **Plant Diseases**, v. 102, p. 76-72, 2018.
- MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJMAKERS, J. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic and human pathogenic microorganisms. **FEMS Microbiology Review**, v. 37, p. 634-663, 2013.
- PANKE-BUISSÉ, K.; POOLE, A.C.; GOODRICH, J.K.; LEY, R.E.; KAO-KNIFFIN, J. Selection on soil microbiomes reveals reproducible impacts on plant function. **ISME Journal**, v. 9, p. 980-9, 2015.
- PHILLIPS, D.A.; FOX, T.C.; KING, M.D.; BHUVANESWARI, T.V.; TEUBER, L.R. Microbial products trigger amino acid exudation from plant roots. **Plant Physiology**, v. 136, p. 2887-2894, 2004.
- PII, Y.; MIMMO, T.; TOMASE, N.; TERZANO, R.; CESCO, S.; CRECCHIO, C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition processes. **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, p. 403-415, 2015.

- POOLE, P.; RAMACHANDRAN, V.; TERPOLILLI, J. Rhizobia: from saprophytes to endosymbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 16, p. 291-303, 2018.
- RAAIJMAKERS, J. The minimal rhizosphere microbiome. **Principles of Plant-Microbe Interactions for Sustainable Agriculture**. Ed. Lugtenberg (Berlin: Springer), 2014, pp. 411-417.
- ROCKSTRÖM, J.; WILLIAMS, J.; DAILY, G.; NOBLE, A.; MATTHEWS, N.; GORDON, L.; WETTERSTRAND, H.; DECLERCK, F.; SHAH, M.; STEDUTO, P.; FRAITURE, C.; HATIBU, N.; UNVER, O.; BIRD, J.; SIBANDA, L.; SMITH, J. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. **Ambio**, p. 46, p. 4-17, 2017.
- ROMAGNOLI, E.M.; ANDREOTE, F.D. **Rizosfera**. Piracicaba: ESALQ, 2016.
- TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, p. 671-677, 2002.
- TIMMUSK, S.; BEHERS, L.; MUTHONI, J.; MURAYA, A.; ARONSSON, A.C. Perspectives and challenges of microbial application for crop improvement. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 49, 2017.
- VALADARES, R.B.S.; MESCOLOTTI, D.L.C.; CARDOSO, E.J.B.N. **Micorrizas**. Piracicaba: ESALQ, 2016.