



Efeito das bactérias promotoras de crescimento de plantas na proteção contra o estresse hídrico

Luanna Maria Beserra Filgueiras¹. Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses^{2}.*

Uma planta pode ser submetida a vários tipos de estresses ambientais, um deles é o déficit hídrico, que é definido como um fator externo, onde exerce uma influência desvantajosa sobre a planta, este conceito está intimamente relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável (TAIZ e ZEIGER, 2009), onde provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (MEDICI et al., 2007).

A restrição hídrica é responsável por sérias disfunções nas plantas, pelo acentuado decréscimo que causa no turgor das células, imprescindível para o adequado metabolismo celular (MONTEIRO et al., 2014) .

O déficit hídrico pode ser definido quando todo o conteúdo de água no tecido ou na célula vegetal está abaixo do conteúdo de máxima hidratação, e após longo prazo de estresse, a água na planta não é recuperada, consistindo num decréscimo na produção, fechamento dos estômatos, aceleração na senescência e da abscisão das folhas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

E quando as plantas são expostas por um período longo de estresse, exibem respostas fisiológicas, que indiretamente resultam na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos futuros (KRON et al., 2009), além de fechamento de estômatos, enrolamento foliar, redução da taxa fotossintética, retardo na data de florescimento, sinalização via ácido abscísico, acúmulo de solutos, dentre outros (HADIARTO e TRAN, 2011), resultando numa limitação na concentração interna de CO₂, podendo afetar a concentração dos pigmentos clorofilados envolvidos no processo da fotossíntese (PRISCO e GOMES FILHO, 2010; SILVA et al., 2012).

¹ Mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, Brasil, luannabeserra-uepb@hotmail.com

² Professor do Departamento de Biologia / Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, Brasil, carlos@ccaa.uepb.edu.br



A primeira reação das plantas, ao serem submetidas à deficiência hídrica, é reduzir o potencial osmótico e, conseqüentemente, hídrico das raízes, no intuito de gerar um gradiente de potencial capaz de promover a absorção de água, a partir do solo, ou reduzir a transpiração, de tal maneira que a planta mantenha um balanço positivo de água (GUIMARÃES et al., 2011). Isto ocorre porque a disponibilidade de água adequada do solo aumenta a absorção de água e nutrientes, bem como a translocação de fotoassimilados para os grãos, permitindo o enchimento contínuo de grãos e desenvolvimento adequado (CRUSCIOL et al., 2008), isso está relacionada com a duração, a intensidade e o estágio de desenvolvimento fenológico em que o estresse hídrico ocorre (GUIMARÃES et al., 2013).

A habilidade do vegetal em se desenvolver em ambiente com restrição hídrica no solo pode ser determinada através da eficiência com que a planta ajusta o seu comportamento bioquímico e fisiológico, visando a maximizar a aquisição de carbono (LARCHER, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2009). A tolerância à seca é uma característica de plantas capazes de resistirem melhor à seca, de exibirem maior capacidade de obtenção da água, ou de apresentarem maior eficiência no uso da água disponível (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O estudo das interações entre planta e microrganismos vem se intensificando nos últimos anos com o intuito de entender os vários fatores envolvidos para a seleção de estirpes de bactérias eficientes na promoção de crescimento das grandes culturas (FERREIRA et al., 2014)

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) são juntamente com os fungos arbusculares, os microrganismos mais conhecidos, sendo capazes de promover o desenvolvimento vegetal por meio de diferentes mecanismos (SILVEIRA, 2008; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Assim sendo, microrganismos benéficos podem melhorar o desempenho de plantas sob condições de estresse e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das culturas (SANTOS et al., 2014a).

A utilização de bactérias na formulação de inoculantes, ou biofertilizantes, vem sendo utilizada e estudada em várias partes do mundo, sendo relatado que estas tecnologias podem reduzir os custos de produção e impacto ambiental e aumentar a produtividade das culturas (ISAWA et al., 2010; BHATTACHARYYA e JHA, 2012). As mais conhecidas incluem membros do gênero *Azospirillum*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Burkholderia*, *Serratia*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum*, *Azoarcus* e



Arthrobacter, sendo que algumas delas são encontradas na superfície das raízes enquanto outras invadem os tecidos das plantas, sem ocasionar sintomas aparentes de doença, quando são conhecidas como endofíticas (STURZ e NOWAK, 2000; HARDOIM et al., 2008; ROSENBLUETH e MARTINEZ-ROMERO, 2006).

A presença de bactérias pode também levar à produção de substâncias osmorreguladoras pela planta e assim atuar de forma sinérgica, colaborando na tolerância à seca (DIMKPA et al., 2009), podem produzir auxinas como o ácido indol acético, aumentando o comprimento das raízes das plantas, conduzindo assim a uma maior absorção de nutrientes do solo (YANG et al., 2009).

A inoculação de bactérias diazotróficas na cultura do arroz, bem como em plantas da família Poaceae (gramíneas), pode substituir a aplicação em média de 40 kg de N.ha⁻¹, dependendo da variedade de arroz utilizada (BALDANI et al., 2000; FERREIRA et al., 2003, GUIMARÃES et al., 2010).

As bactérias promotoras de crescimento, que se integram as raízes das plantas e tem a capacidade de aumentar a produtividade e conferir as plantas características de imunidade e tolerância induzida por fatores abióticos, como salinidade e seca (ARAÚJO et al., 2012), podendo também aumentar a absorção de nutrientes, reduzindo assim a utilização de insumos químicos, contribuindo com a redução de custos por parte dos produtores e contaminação de água e solo (YANG et al., 2009). Mas com a interação com as plantas, estas bactérias podem causar mudanças fisiológicas, proporcionar benefícios como aumento da absorção de nutrientes, controles de fitopatógenos, entre outros (MOREIRA e ARAÚJO, 2011).

Bactérias que promovem o crescimento de plantas estão associadas com a maioria das espécies vegetais, sendo capazes de estabelecer populações endofíticas nos diferentes tecidos e órgãos das plantas, sem causar qualquer sintoma visível de sua presença (GRAY e SMITH, 2005, HAYAT et al., 2010). Microrganismos benéficos podem melhorar o desempenho de plantas sob condições de estresse e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das culturas (SANTOS et al., 2014).

O uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal podem auxiliar no desenvolvimento de plantas sob condições de estresse, devido ao estímulo a produção de



fitohormônios e fixação biológica de nitrogênio, que em conjunto com outras características induzidas por esses microrganismos, atuam no sentido de reduzir os efeitos negativos que o estresse pode causar no desenvolvimento das plantas (ZAIED et al., 2003; POTTERS et al., 2007). Esse processo é de suma importância visto que aproximadamente 65% de nitrogênio mineral aplicado com a adubação é perdido pela emissão de gases e/ou erosão (BHATTACHARJEE et al., 2008; ADESEMOYE e KLOEPFER, 2009).

De acordo com Kasim et al. (2013), a presença das BPCV pode aumentar a produção de genes relacionados com o estresse hídrico e, conseqüentemente, promover tolerância às condições de estresse.

Além do processo de FBN, as BPCV podem auxiliar o desenvolvimento de plantas por outros mecanismos, como: solubilização de fosfatos pela liberação de ácidos orgânicos (PEDRAZA, 2008; MOREIRA et al., 2010).

Segundo Lugtenberg e Kamilova (2009) as BPCV têm sido relatadas pela importância em melhorar diretamente o crescimento das plantas por uma variedade de mecanismos, tais como: a fixação biológica de nitrogênio atmosférico que é transferido para a planta, como faz os rizóbios em plantas leguminosas como a soja; a produção de sideróforos quelantes de ferro que em altas concentrações pode inibir o crescimento de fitopatógenos atuando assim no controle biológico de algumas fitopatologias; solubilização de fosfatos orgânicos ou inorgânicos, contribuindo na disponibilização de fósforo às plantas e síntese de fitormônios.

A deficiência hídrica limita a absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, reduz a germinação das sementes, abertura dos estômatos, atividade fotossintética, transpiração, atividade enzimática, e vários outros processos fisiológicos e metabólicos, reduzindo o rendimento e/ou a qualidade do produto (CASTRO e OLIVEIRA, 2005; LISAR et al., 2012). No entanto, as plantas têm desenvolvido, evolutivamente, mecanismos adaptativos complexos muitos destes somente possíveis graças às interações com microrganismos benéficos (SANTOS et al., 2014).

Quando o estímulo ao crescimento das plantas é direto, o microrganismo produz fitormônios, ou substâncias análogas, capazes de estimular o crescimento e o desenvolvimento das plantas (BANDARA et al., 2006). Quando o estímulo é indireto, o crescimento pode ser



induzido pela melhoria da disponibilização e absorção de nutrientes minerais e água (ZHANG et al., 2011).

Segundo SANTOS et al., (2014), os microrganismos benéficos podem melhorar o desempenho de plantas sob condições de estresse e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das culturas. A presença de bactérias pode também levar à produção de substâncias osmorreguladoras pela planta e assim atuar de forma sinérgica, intermediar mudanças na elasticidade das paredes das células radiculares, colaborando na tolerância à seca (DIMKPA et al. 2009).

CONCLUSÕES

O estudo da presença dos microrganismos associados á plantas sob condições de seca pode revelar uma interação evolutiva principalmente quando organismos benéficos são encontrados. O entendimento dessa interação em ambientes semiáridos pode proporcionar o desenvolvimento de novas tecnologias na formulação de inoculantes para plantas mitigando a condição adversa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESEMOYE, A. O.; KLOEPPER, J. W. Plant–microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. **Applied Microbiology and Biotechnology**, USA, v.85, n.1, p.1–12, 2009.

ARAUJO, F. F.; CREMONEZI, A. C. T.; MANRIQUE, A. E. R.; GONZAGA, E. N.; OLIVEIRA, G. C.; MAZZUCHELLI, R. C. L.; Seleção de rizobactérias para promoção do crescimento de algodoeiro. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 8, n. Especial, p. 32-38, 2012.

BALDANI, V. L. D., BALDANI, J. I., DOBEREINER, J. Inoculation of rice plants with endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia* spp. **Biology and Fertility of Soils**, Rio de Janeiro, v.30, n. 5-6, p.485-491, 2000.



BANDARA, W. M.; SENEVIRATNE, G.; KULASOORIVA, S. A. Interactions among endophytic bacteria and fungi: effects and potentials. **Journal Biosciences**, Bangalore, v. 31, n. 5, p. 645-650, 2006.

BHATTACHARJEE, R. B., SINGH, A., MUKHOPADHYAY, S. N. Use of nitrogen-fixing bacteria as biofertiliser for non-legumes: prospects and challenges. **Applied Microbiological and Biotechnology**, India, v.80, n.2, p. 199-209, 2008.

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Dordrecht, v. 28, n. 4, p. 1327–1350, 2012.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C. BRIGHRNTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**, 1. ed, Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-365.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MATEUS, G. P. Grain of upland rice genótipos in response to cropping systems in the Brazilian tropical savanna. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n.5, p. 468-473, 2008.

DIMKPA, C.; WEINAND, T.; ASCH, F. Plant–rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. **Plant, Cell and Environment**, Germany, v.32, n.1, p.1682–1694, 2009.

FERREIRA, E. P. B.; KNUPP, A. M.; MARTIN-DIDONET, C. C. G.; Crescimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) influenciado pela inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 655-665, 2014.

FERREIRA, J. S.; SABINO, D. C. C.; GUIMARÃES, S. L; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Seleção de veículos para inoculante com bactérias diazotróficas para arroz inundado. **Revista Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 6-12, 2003.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracelular PGPR: commonalities and distinctions in the plant bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 37, n. 3, p. 395-412, 2005.



GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, J. P.; RANGEL, P. H. N.; RODRIGUES, C. A. P. Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.1, p.126-134, 2011.

GUIMARÃES, S. L.; CAMPOS, D. T. S.; BALDANI, V. L. D.; JACOB-NETO, J. Bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada em cultivares de arroz. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.4, p.32-39, 2010.

GUIMARAES, S. L.; BALDANI, V. L. D. Produção de arroz inoculado com bactérias diazotróficas marcadas com resistência induzida ao antibiótico estreptomicina. **Revista Ciência Rural**, Belém, v.56, n.1, p. 125-132, 2013.

HADIARTO, T.; TRAN, L. P. Progress studies of drought-responsive genes in rice. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 30, n. 3, p. 297-310, 2011.

HARDOIM, P. R.; VAN OVERBEEK, L. S.; ELSAS, J. D. Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. **Trends in Microbiology**, Netherlands, v.16, n.10, p. 463–471, 2008.

HAYAT, R. ALI, S.; AMARA, U.; KHALID, R.; AHMED, I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, Milan, v. 60, n. 4, p. 579-598, 2010.

ISAWA, T.; YASUDA, M.; AWASAKI, H.; MINAMISAWA, K.; SHINOZAKI, S.; NAKASHITA, H. Azospirillum sp. strain B510 enhances rice growth and yield. **Microbes and Environments**, Ibaraki, v. 25, n. 1, p. 58-61, 2010.

KASIM, W. A.; OSMAN, M. E.; OMAR, M. N.; EL-DAIM, I. A. A.; BEJAI, S.; MEIJER, J. Control of Drought Stress in Wheat Using Plant-Growth-Promoting Bacteria. **Journal of Plant Growth Regulation**, Egypt, v.32, n.1, p. 122-130, 2013.

KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; BIBEIRO, R. N. Water deficiencyear different developmental satages of *Glicyne max* can improve drought tolerance. **Bragantia**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 43-49. 2009.



LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Ed. Rima, 2006.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. **Water stress in plants: causes, effects and responses**. Rijeka: Intech Europe, 2012.

LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. **Annual Review of Microbiol**, Netherlands, v.63, n. 1, p.541–56. 2009.

MEDICI, L. O.; AZEVEDO, R. A.; CANELLAS, L. P.; MACHADO, A. T.; PIMENTEL, L. C. Stomatal conductance of maize under water and nitrog déficits. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.4, p. 599-601, 2007.

MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R.; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.49, n.1, p.18-25, 2014.

MOREIRA, A. L. L.; ARAÚJO, F. F. Produção de Fosfatases, enzima ACC desaminase e antagonismo a fitopatógeno por bactérias. Presidente Prudente, 2011. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão. **Anais...** Presidente Prudente:, v. 7, 5 p, 2011.

MOREIRA, F. M. S., SILVA, K. da, NÓBREGA R. S. A., CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, Piauí, v. 1, n. 2, p. 74-99. 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Fixação biológica de nitrogênio atmosférico. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª ed., Lavras: Editora UFLA, 2006, p.449-542.

PEDRAZA, R. O. Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bactéria. **International Journal of Food Microbiology**, Argentina, v.125, n.1, p.25-35, 2008.

POTTERS, G.; PASTERNAK, T. P.; GUISEZ, Y.; PALME, K. J.; JANSEN, M. A. K. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble. **Trends in Plant ciense**, Spain, v. 12, n. 3, p.98–105, 2007.



PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**. 1. ed. Fortaleza, INCT Sal, 2010, p.472.

ROSENBLUETH, M.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, México, v.19, n.8, p.827-837, 2006.

SANTOS, D.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R.; OLIVEIRA, G. P.; MACHADO, D. L. M. ;ZUCOLOTO, M. Teores de carboidratos e fluorescência da clorofila *a* em folhas de limeiras ácidas ‘Tahiti’ submetidas ao anelamento e incisão anelar de ramos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.10, p.1725-1731, 2014.

SILVA, E. C. A.; SOUZA, R. P.; SANTOS, N. V.; SANTOS, C. A.; NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Trocas gasosas em *Moringa oleifera* submetidas ao estresse salino de curta duração, São Luis, MA, 2012. IN: 64ª Reunião Anual da SBPC, Ciência, cultura e saberes tradicionais para enfrentar a pobreza, São Luis, Maranhão. **Anais...** Universidade Federal de Maranhão - UFMA, 2012.

SILVEIRA, E. L. **Inoculações de bactérias promotoras de crescimento no cultivo de arroz em solução nutritiva**. Jaboticabal, 2008. 83f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

STURZ, A. V.; NOWAK, J. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. **Applied Soil Ecology**, Canadá, v. 15, n.1, p. 183-190, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

YANG, J.; KLOPPER, J. W.; RYU, C. M. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. **Trends in Plant Science**, USA, v.14, n.1, p. 1-4, 2009.



ZAIED, K. A.; EL-HADY, A. H.; AFIFY, A. H.; NASSEF, M. A. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. *Pakist. International. Journal of Biological Sciences*, USA, v.6, n 4, p.344-358, 2003.

ZHANG, Y. F.; HE, L. Y.; CHEN, Z. J.; WANG, Q. Y.; QIAN, M.; SHENG, X. F. Characterization of ACC deaminase producing endophytic bacteria isolated from copper-tolerant plants and their potential in promoting the growth and copper accumulation of *Brassica napus*. *Chemosphere*, Amsterdam, v. 83, n. 1, p. 57-62, 2011.