

باکتری‌های کمکی قارچ‌های همزیست ریشه گیاهان

علی برادر^۱ ✉، روح اله صابری ریشه^۲، ابراهیم صداقتی^۲ و عبدالرضا اخگر^۳

۱، ۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، استادیار گروه گیاه‌پزشکی و استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۱

برادر ع.، صابری ریشه ر.، صداقتی ا. و اخگر ع. ۱۳۹۳. باکتری‌های کمکی قارچ‌های همزیست ریشه گیاهان. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۴(۱): ۵۳-۴۶.

چکیده

قارچ‌های همزیست ریشه جذب آب و عناصر غذایی را برای گیاه بهبود می‌بخشند و گیاه نیز کربوهیدرات‌های لازم برای قارچ را فراهم می‌کند و این رابطه‌ای سودمند برای هر دو طرف است. بسیاری از گیاهان به قارچ‌های همزیست ریشه برای جذب بعضی عناصر معدنی مورد نیاز خود و مقاومت به تنش‌های محیطی مانند خشکی، آلودگی خاک به فلزات سنگینی مانند سرب، روی و کادمیم نیازمند هستند. برخی از باکتری‌های خاکزی نیز به عنوان جزء سوم مجموعه‌ی قارچ‌ریشه، شناخته شده‌اند، که باعث بهبود عملکرد این رابطه همزیستی می‌شوند و به عنوان باکتری‌های کمکی قارچ‌ریشه نامیده شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: باکتری، قارچ، همزیستی، *Gigaspora*، *Pseudomonas*

مقدمه

بسیاری از گیاهان برای جذب آب و مواد معدنی مورد نیاز، نیازمند همزیستی با قارچ‌ها هستند که باعث جذب و همچنین اعطاکندگی مقاومت به تنش‌های زیست‌محیطی از جمله خشکی، آلودگی فلزات سنگینی مانند سرب، روی و کادمیم هستند. بهره‌برداری از این همزیستی در محیط‌های طبیعی و زراعی از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار است. در این میان برخی باکتری‌های خاکزی نیز به عنوان جزو سوم مجموعه‌ی قارچ‌ریشه (*Mycorrhiza*) شناخته شده‌اند، که نقش اساسی در بهبود عملکرد این رابطه همزیستی دارند و به عنوان باکتری‌های کمکی قارچ‌ریشه (*Mycorrhiza helper bacteria=MHB*) نامیده شده‌اند (Garbaye 1994). در این مقاله ابتدا ویژگی‌های اصلی همزیستی قارچ‌ها

با ریشه گیاهان بیان می‌گردد، سپس رابطه بین باکتری‌ها و قارچ‌های همزیست و برخی از سازوکارهایی که منجر به ارتقای رشد گیاهان می‌شوند مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱- رابطه قارچ-گیاه

قارچ‌های همزیست ریشه آربوسکول‌دار (Arbuscular mycorrhizal fungi=AMF) می‌توانند فسفات معدنی خاک را به شکل محلول درآورده و به درون یاخته‌های ریشه انتقال دهند (Harrison 2005). نیتروژن نیز عنصر مهم دیگری است که توسط اغلب قارچ‌های همزیست سطح ریشه از خاک جذب می‌شود و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Guether et al. 2009). گیاهان نیز در مقابل کربوهیدرات‌ها را به قارچ همزیست انتقال می‌دهند (Selosse & Roy 2009).

۲- باکتری‌های کمکی قارچ‌ریشه

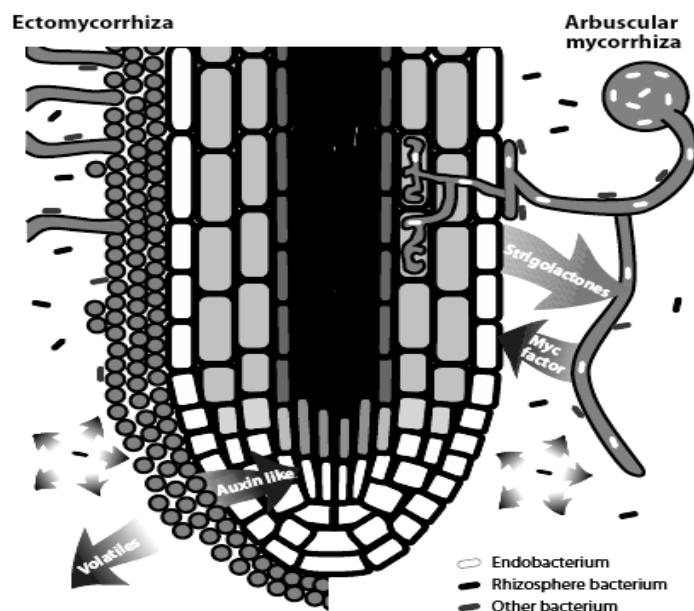
تا به امروز، تعدادی از جدایه‌های باکتری‌های گرم‌منفی از جنس‌های *Agrobacterium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Rhizobium* و گرم مثبت از جنس‌های *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Brevibacillus*, *Paenibacillus* به عنوان باکتری‌های کمکی قارچ‌ریشه شناخته شده‌اند (Artursson et al. 2006).

۳- رابطه‌ی بین قارچ‌های همزیست ریشه و باکتری‌ها

سه نوع رابطه‌ی گندرویی خارج‌یاخته‌ای، زنده‌خواری خارج‌یاخته‌ای و زنده‌خواری داخل‌یاخته‌ای بین باکتری‌ها و قارچ‌ها شناخته شده است. شواهدی از رابطه‌ی گندرویی و زنده‌خواری خارج‌یاخته‌ای بین باکتری‌ها با ریشه و یا هاگ قارچ‌های همزیست ریشه به دست آمده است (Levy et al. 2003). مشاهده شده که ۲ جدایه‌ی جهش‌یافته‌ی باکتری *Pseudomonas fluorescens* CHA0 با افزایش ظرفیت تولید پلی‌ساکاریدهای خارج‌یاخته‌ای، توانایی بیشتری در اتصال به سطح قارچ‌های همزیست ریشه‌ی گیاهان نشان می‌دهند. همچنین جدایه *P. fluorescens* BBC6 باعث تحریک قابل توجه تشکیل قارچ‌ریشه می‌شود (Duponnois & Garbaye 1991). یک جدایه باکتری *Paenibacillus validus* باعث افزایش رشد و هاگ‌زایی قارچ همزیست ریشه آربوسکول‌دار *Rhizophagus intraradices* شده است (Boer et al. 2005). برخی از باکتری‌ها اثر کمکی هم در گیاه و هم در

قارچ همزیست می‌گذارند. سازوکارهای این باکتری‌ها شامل تولید مواد محرک رشد ریشه‌ها و جوانه‌زنی هاگ قارچ و استقرار آن در ریشه و کاهش تنش‌های محیطی برای گیاه هستند. آنزیم ACC deaminase تولید شده به‌وسیله‌ی باکتری *Pseudomonas putida* UW4، تلقیح شده به کدوییان، باعث تحریک به رشد و تکثیر قارچ همزیست *Gigaspora rosea* و تشکیل قارچ‌ریشه شده است (Frey-Klett et al. 2007). در مجموع، پژوهش‌ها نشان داده که انتشار مولکول‌های فعال و تماس فیزیکی بین باکتری‌ها و قارچ‌های همزیست ریشه، برای برقراری روابط متقابل بین آن‌ها مهم می‌باشند (شکل ۱).

گزارش شده که قارچ همزیست ریشه بیرونی *Laccaria bicolor* نیز در شرایط گلخانه، بقای باکتری *P. fluorescens* BBc6R8 را در خاک به‌طور قابل توجهی افزایش داده است و حضور این باکتری به شکل بیوفیلم روی ریشه‌های قارچ در شرایط آزمایشگاهی تشخیص داده شده است. همچنین قارچ همزیست ریشه آربسکول‌دار *Funneliformis mosseae* نیز بقای باکتری *P. fluorescens* 92rk را در فراریشه گوجه‌فرنگی افزایش داده است (Gamalero et al. 2004). همچنین گزارش شده است که ۱ جدایه باکتری *Pseudomonas monteilii* به همراه قارچ‌ریشه بیرونی *Pisolithus albus* باعث افزایش رشد گیاهان می‌شود (Duponnois & Kisa 2006).



شکل ۱- رابطه میان گیاهان، قارچ‌های همزیست و باکتری‌ها، دو نوع مهم قارچ‌ریشه نشان داده شده است: قارچ‌ریشه بیرونی (Ectomycorrhiza) در سمت چپ و قارچ‌ریشه آربسکولی (Arbuscular mycorrhiza) در سمت راست، انواع باکتری‌ها نیز در این شکل با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است (Bonfante & Anca 2009).

۴- سازوکارهای اثر باکتری‌های کمکی قارچ ریشه

باکتری‌های کمکی قارچ ریشه پایداری همزیستی را با سازوکارهای افزایش جوانه‌زنی هاگ، رشد میسیلیوم و

استقرار قارچ در ریشه و کاهش اثرهای سوء زیست‌محیطی روی قارچ‌های همزیست ریشه، افزایش می‌دهند.

۱- جوانه‌زنی هاگ

برخی باکتری‌ها، قادر به تحریک جوانه‌زنی هاگ قارچ آربوسکول‌دار *F. mosseae* و *Glomus clarum*،

هستند (Xavier & Germida 2003).

۲- رشد میسیلیومی

افزایش معنی‌دار توده میسیلیومی و استقرار در ریشه‌ها توسط قارچ *Glomus fistulosum*، زمانی که با باکتری

Pseudomonas putida یا عصاره کشت باکتری در تماس بوده گزارش شده است (Founoune *et al.*)

(Vosátka & Gryndler 19992002).

۳- کاهش تنش‌های محیطی

گزارش شده وقتی که گیاهان در تنش خشکی قرار دارند، جدایه‌ای از باکتری *Bacillus sp.* یک اثر مثبت

قوی‌تری روی استقرار در پوست ریشه و تشکیل آربوسکول به‌وسیله‌ی قارچ *G. intraradices* دارد. باکتری‌های

کمکی هم‌چنین ممکن است گیاهان را از تنش‌های ناشی از آلودگی فلزات سنگین، رهایی بخشند. هم‌چنین تحت

شرایط طبیعی، محلول خاک ممکن است، حاوی مواد کاهنده رشد میسیلیومی قارچ باشد و برخی از باکتری‌ها قادر به

سم‌زدایی این مولکول‌ها هستند (Brulé *et al.* 2001).

۴- افزایش انشعاب‌های ریشه و تسهیل استقرار در آن

تحریک تشکیل ریشه‌های جانبی، اغلب یک ویژگی قابل مشاهده از باکتری‌های کمکی قارچ ریشه است که

اساساً منجر به افزایش در نقاط بالقوه‌ای می‌شود که در آن نقاط، گیاه و قارچ می‌توانند ارتباط برقرار نمایند

(Schrey *et al.* 2005). گیاهان پیام‌های شیمیایی را برای رشد قارچ در اطراف ریشه تولید می‌کنند. مشخص شده

است که این مواد شامل فلاونوئیدها است (Akiyama *et al.* 2002). باکتری‌های کمکی قارچ ریشه به‌طور غیرمستقیم

استقرار در ریشه را به‌وسیله‌ی قارچ‌های همزیست از طریق القای انتشار فلاونوئیدهای گیاهی تسهیل می‌نمایند.

نتیجه

قارچ‌های همزیست ریشه یک جزو حیاتی در زیست‌بوم‌های گیاهی هستند. باکتری‌های کمکی قارچ‌ریشه، چه آزادانه و یا همراه با قارچ‌های همزیست جزو سوم این رابطه مفید می‌باشند، که با سازوکارهای توصیف شده کارآیی این همزیستی و اثرهای سودمند آن را افزایش می‌دهند.

References

منابع

- Akiyama K., Matsuoka H. & Hayashi H. 2002. Isolation and identification of a phosphate deficiency-induced C-glycosylflavonoid that stimulates arbuscular mycorrhiza formation in melon roots. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 15: 334-340.
- Artursson V., Finlay R. D. & Jansson J. K. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology* 8: 1-10.
- Bertaux J., Schmid M., Prevost-Boure N. C., Churin J., Hartmann A., Garbaye J. & Frey-Klett P. 2003. In situ identification of intracellular bacteria related to *Paenibacillus* spp. in the mycelium of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor* S238N. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 4243-4248.
- Boer W. d., Folman L. B., Summerbell R. C. & Boddy L. 2005. Living in a fungal world: impact of fungi on soil bacterial niche development. *FEMS Microbiology Reviews* 29: 795-811.
- Bonfante P., & Anca I. A. 2009. Plants, mycorrhizal fungi and bacteria: a network of interactions. *Annual review of microbiology* 63: 363-383.
- Brulé C., Frey-Klett P., Pierrat J., Courrier S., Gérard F., Lemoine M., Rousselet J., Sommer G. & Garbaye J. 2001. Survival in the soil of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor* and the effects of a mycorrhiza helper *Pseudomonas fluorescens*. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 1683-1694.
- Daniel R. 2005. The metagenomics of soil. *Nature Reviews Microbiology* 3: 470-478.
- Duponnois R. & Garbaye J. 1991. Mycorrhization helper bacteria associated with the Douglas fir-*Laccaria laccata* symbiosis: effects in aseptic and in glasshouse conditions. *Annales des Sciences Forestières* 1991. 239-251.
- Duponnois R. & Kisa M. 2006. The possible role of trehalose in the mycorrhiza helper bacterium effect. *Botany* 84: 1005-1008.

- Founoune H., Duponnois R., Ba A., Sall S., Branget I., Lorquin J., Neyra M. & Chotte J. L. 2002. Mycorrhiza helper bacteria stimulate ectomycorrhizal symbiosis of *Acacia holosericea* with *Pisolithus alba*. *New Phytologist* 153: 81-89.
- Frey-Klett P., Garbaye J. a. & Tarkka M. 2007. The mycorrhiza helper bacteria revisited. *New Phytologist* 176: 22-36.
- Gamalero E., Trotta A., Massa N., Copetta A., Martinotti M. G. & Berta G. 2004. Impact of two fluorescent pseudomonads and an arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition. *Mycorrhiza* 14: 185-192.
- Garbaye J. 1994. Tansley Review No. 76 Helper bacteria: a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist* 128: 197-210.
- Guether M., Balestrini R., Hannah M., He J., Udvardi M. K. & Bonfante P. 2009. Genome-wide reprogramming of regulatory networks, transport, cell wall and membrane biogenesis during arbuscular mycorrhizal symbiosis in *Lotus japonicus*. *New Phytologist* 182: 200-212.
- Harrison M. J. 2005. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annu Rev Microbiol* 59: 19-42.
- Leveau J. H. & Preston G. M. 2008. Bacterial mycophagy: definition and diagnosis of a unique bacterial–fungal interaction. *New Phytologist* 177: 859-876.
- Levy A., Chang B. J., Abbott L. K., Kuo J., Harnett G. & Inglis T. J. 2003. Invasion of spores of the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora decipiens* by *Burkholderia* spp. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 6250-6256.
- Mosse B. 1962. The establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza under aseptic conditions. *Journal of General Microbiology* 27: 509-520.
- Schrey S. D., Schellhammer M., Ecke M., Hampp R. & Tarkka M. T. 2005. Mycorrhiza helper bacterium *Streptomyces* AcH 505 induces differential gene expression in the ectomycorrhizal fungus *Amanita muscaria*. *New Phytologist* 168: 205-216.
- Selosse M. A. & Roy M. 2009. Green plants that feed on fungi: facts and questions about mixotrophy. *Trends in Plant Science* 14: 64-70.
- Thompson J. N. & Cunningham B. M. 2002. Geographic structure and dynamics of coevolutionary selection. *Nature* 417: 735-738.
- Toljander J. F., Artursson V., Paul L. R., Jansson J. K. & Finlay R. D. 2006. Attachment of different soil bacteria to arbuscular mycorrhizal fungal extraradical hyphae is determined by hyphal vitality and fungal species. *FEMS Microbiology Letters* 254: 34-40.
- Uroz S., Calvaruso C., Turpault M., Pierrat J., Mustin C. & Frey-Klett P. 2007. Effect of the mycorrhizosphere on the genotypic and metabolic diversity of the bacterial communities

involved in mineral weathering in a forest soil. *Applied and Environmental Microbiology* 73: 3019-3027.

Vosátka M. & Gryndler M. 1999. Treatment with culture fractions from *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus fistulosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. *Applied Soil Ecology* 11: 245-251.

Wiemken V. 2007. Trehalose synthesis in ectomycorrhizas—a driving force of carbon gain for fungi? *New Phytologist* 174: 228-230.

Xavier L. J. & Germida J. J. 2003. Bacteria associated with *Glomus clarum* spores influence mycorrhizal activity. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 471-478.

Mycorrhiza Helper Bacteria

ALI BARADAR^{1,✉}, ROOHOLLAH SABERI RISEH², EBRAHIM SEDAGHATI² &
ABDOLREZA AKHGAR²

1 & 2- MSc. Student & Assistant Professor , Faculty of Agriculture, University Valiasr of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran (✉Corresponding author, E-mail: Eng.baradar@gmail.com)

Baradar A., Saberi Riseh R., Sedaghati E. & Akhgar A. 2015. Mycorrhiza helper bacteria. *Plant Pathology Science* 4(1):46-53.

Abstract

Mycorrhizal fungi increase water and nutrient elements absorption to the plant and plant provide carbohydrates for the fungus and this is beneficial for both parties . Many plants need to these fungi for absorption some mineral elements and resistance to environmental stresses such as drought, soil contamination to heavy metals such as lead, zinc and cadmium. Some soil borne bacteria have been identified as third part of the mycorrhiza, which cause improving the performance of this symbiotic relationship, and have been named as mycorrhiza helper bacteria.

Key words: Bacterium, Fungus, Symbiosis, *Pseudomonas*, *Gigaspora*