اندوفیت‌ها (قسمت چهارم: تعادل آنتاگونیسمی و نتیجه‌گیری)

Endophytes (Part 4: Balanced antagonism and Conclusions)

آیدین حسن‌زاده

Hasanzadeh.i@arc-ordc.ir

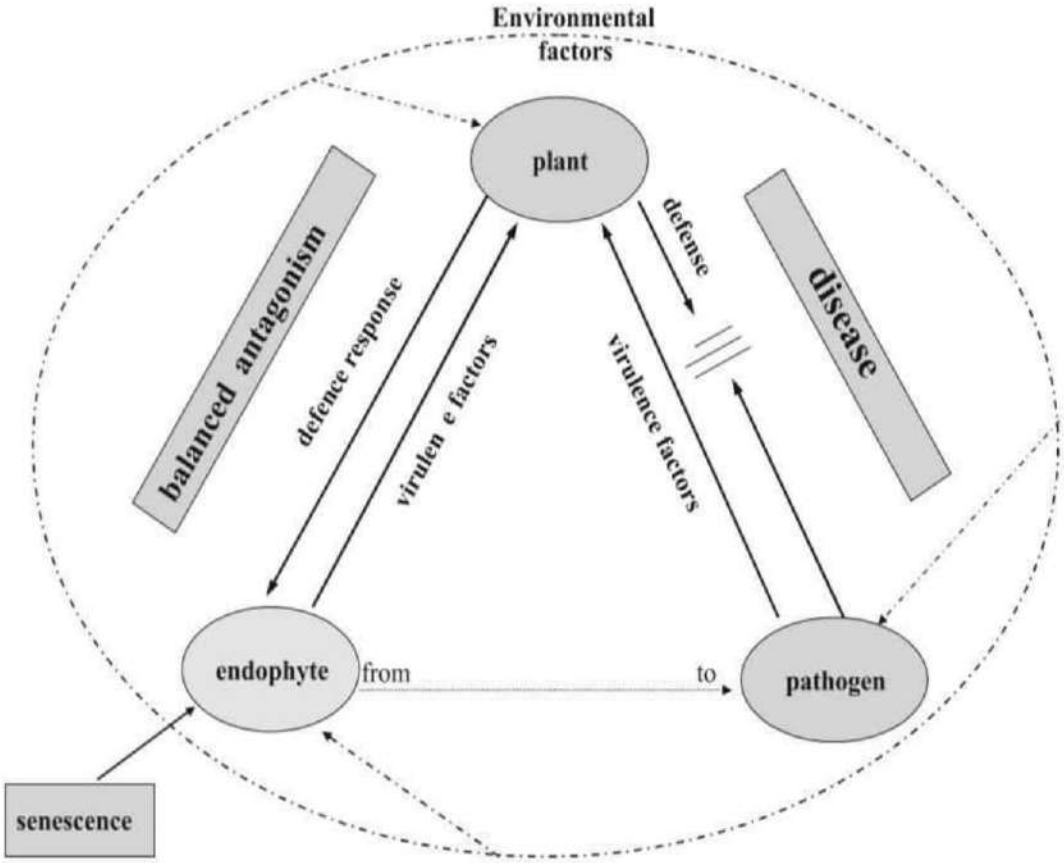
کارشناس ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، مرکز تحقیقات کاربردی و تولید بذر، شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

تعادل آنتاگونیسمی

براساس مطالعات هس (۱۹۹۷)، تنها تعداد کمی از قارچ‌ها قادرند در هر گیاهی بیماری ایجاد نمایند، چرا که این قارچ‌ها ابتدا باید بتوانند از موانع متعددی عبور کرده و بر سدهای دفاعی گیاه غلبه نمایند (Heath, 1997). در مورد باکتری‌ها نیز به همین ترتیب است. بنابراین یک پرسش مطرح می‌شود که نشان‌دهنده ضرورت بسیاری از تحقیقات در زمینه اندوفیت‌ها می‌باشد، "چگونه یک اندوفیت حضور و رشد خود را در میزبانش مدیریت می‌کند تا علائم قابل‌مشاهده بیماری روی میزبان ایجاد نشود؟"

براساس نتایج به‌دست آمده از مطالعات صورت گرفته در زمینه تعاملات اندوفیتی، در پاسخ به این پرسش، فرضیه‌ای ارائه شده است (Schulz *et al.*, 1999; Schulz and Boyle, 2005). این فرضیه بیانگر وجود یک تعادل آنتاگونیسمی در یک کلنیزاسیون فاقد علائم بین عامل اندوفیت و میزبان گیاهی است (شکل ۱). اندوفیت‌ها و بیمارگرها، هر دو دارای تعداد زیادی از فاکتورهای پرآزاری (Virulence factors) مشابه هستند. از تمام اندوفیت‌های مورد مطالعه، آنزیم‌های خارج سلولی مورد نیاز برای آلوده‌سازی میزبان جداسازی شده است، اگر چه فقط برخی از آن‌ها احتمالاً بیمارگرهای نهفته هستند (Sieber *et al.*, 1991; Petrini *et al.*, 1993; Ahlich-Schlegel, 1997; Boyle *et al.*, 2001; Lumyong *et al.*, 2002). اکثر این اندوفیت‌ها می‌توانند متابولیت‌های سمی برای گیاهان تولید کنند (Schulz *et al.*, 2002; Schulz and Boyle, 2005). در مقابل، میزبان گیاهی می‌تواند با به‌کارگیری عکس‌العمل‌های دفاعی (مورد استفاده در برابر عوامل بیماری‌زا) از جمله متابولیت‌های دفاعی القایی (Yates *et al.*, 1997; Schulz *et al.*, 1999; Mucciarelli *et al.*, 2003) و پاسخ‌های دفاعی عمومی (Narisawa *et al.*, 2004; Schulz and Boyle, 2005)، واکنش نشان دهد. تا زمانی که پرآزاری قارچ و پاسخ دفاعی گیاه متعادل باشد، تعامل حاصل، بدون بروز علائم بیماری در میزبان باقی خواهد ماند. در تمامی تعاملات، این تعادل لحظه‌ای و شکننده (Fragile balance) می‌باشد (Schulz and Boyle, 2006).

اگر تعامل میزبان و بیمارگر نامتوازن شود، در این صورت یا بیماری ایجاد می‌گردد و یا قارچ بیمارگر، کشته خواهد شد. در برخی موارد، پرآزاری بیمارگرهای ضعیفی مانند *Pezicula* spp.، برای توسعه بیماری در گیاه تحت تنش و یا میزبان پیر، کافی می‌باشد (Kehr, 1992).



شکل ۱- تعادل آنتاگونیسمی بین پرآزاری اندوفیتی و نتایج پاسخ دفاعی گیاه در کلنیزاسیون بدون علائم بیماری

بدون توجه به متعادل و یا نامتعادل بودن تعامل، پرآزاری قارچ و پاسخ دفاعی میزبان متغیر بوده و تحت تأثیر شرایط محیطی، وضعیت تغذیه و مراحل رشدی طرفین این تعامل قرار دارد. تعاملات آنتاگونیستی متعادل، بسته به وضعیت لحظه‌ای میزبان و اندوفیت، عوامل محیطی زنده و غیرزنده و میزان تحمل هر یک از طرفین این تعامل نسبت به تنش‌های محیطی، متغیر خواهند بود. الگوی زندگی بسیاری از اندوفیت‌ها شامل آلوده‌سازی به‌عنوان یک بیمارگر، کلنیزاسیون نهفته و درنهایت هاگ‌زایی به‌عنوان یک بیمارگر و یا ساپروفیت است. این الگوی زندگی نشان می‌دهد که اندوفیت‌ها دارای توانایی تغییرپذیری بوده و درنتیجه تعامل ممکن است به همیاری تخصصی و یا رابطه انگلی تخصصی تکامل یابد. بر این اساس، قارچ‌های میکوریز ممکن است از فعالیت‌های اندوفیتی قارچ‌های ساپروفیت با ریشه گیاهان، تکامل یافته باشند (Brundrett, 2004; Schulz and Boyle, 2006).

نتیجه‌گیری

اصطلاح اندوفیت در معنای تحت اللفظی به‌طور گسترده برای طیفی از میزبان‌ها و ساکنانشان استفاده می‌شود. مهم‌ترین کاربرد این اصطلاح برای میکروارگانیسم‌هایی با عفونت داخلی که بافت آلوده به‌طور موقت فاقد علائم است و برای باکتری‌های پروکاریوت و قارچ‌های یوکاریوت استفاده می‌شود. اندوفیت‌ها شامل مجموعه‌ای از میکروارگانیسم‌ها با الگوهای زندگی متفاوتند که در طول مراحل رشدی به‌صورت ساپروفیت روی بافت‌های پیر و یا

مرده، بیمارگرهای نهفته و یا بیمارگرهای پرآزار در مراحل اولیه آلودگی ظاهر می‌شوند. این تعاملات انگلی ممکن است از همیاری به همسفرگی و از همسفرگی به بیمارگری نهفته تغییر کنند. این تعاملات اغلب بسته به ماهیت ژنتیکی دو طرف تعامل، مرحله رشدی و وضعیت تغذیه آن‌ها و عوامل محیطی متفاوت هستند. بر پایه نتایج به‌دست آمده از مطالعات اندوفیتی، کلنیزاسیون میکروبی میزبان بدون ایجاد علائم بیماری نتیجه ایجاد تعادل آنتاگونیسمی بین میزبان و اندوفیت است (شکل ۱). این تعادل، لحظه‌ای و اغلب شکننده بوده و به شرایط عمومی دو شریک تعامل، پرآزاری قارچ، پاسخ دفاعی میزبان، عوامل محیطی، وضعیت تغذیه و مرحله رشدی میزبان و اندوفیت بستگی دارد (Schulz and Boyle, 2005; Schulz and Boyle, 2006).

منابع

Ahlich Schlegel, K. (1997). Vorkommen und Charakterisierung von dunklen, septierten Hyphomyceten (DSH) in Gehölzwurzeln (Doctoral dissertation, ETH Zurich).

Boyle, C., Götz, M., Dammann-Tugend, U., & Schulz, B. (2001). Endophyte-host interactions. III. Local vs. systemic colonization. Symbiosis, 31(4), 259-281.

Brundrett, M. (2004). Diversity and classification of mycorrhizal associations. Biological Reviews, 79(3), 473-495.

Heath, M. C. (1997). Evolution of plant resistance and susceptibility to fungal parasites. In Plant Relationships Part B (pp. 257-276). Springer, Berlin, Heidelberg.

Kehr, R. D. (1992). *Pezicula* canker of *Quercus rubra* L., caused by *Pezicula cinnamomea* (DC.) Sacc. Forest Pathology, 22(1), 29-40.

Lumyong, S., Lumyong, P., McKenzie, E. H., & Hyde, K. D. (2002). Enzymatic activity of endophytic fungi of six native seedling species from Doi Suthep-Pui National Park, Thailand. Canadian journal of microbiology, 48(12), 1109-1112.

Mucciarelli, M., Scannerini, S., Bertea, C., & Maffei, M. (2003). In vitro and in vivo peppermint (*Mentha piperita*) growth promotion by nonmycorrhizal fungal colonization. New Phytologist, 158(3), 579-591.

Narisawa, K., Usuki, F., & Hashiba, T. (2004). Control of Verticillium yellows in Chinese cabbage by the dark septate endophytic fungus LtVB3. Phytopathology, 94(5), 412-418.

Petrini, O., Sieber, T. N., Toti, L., & Viret, O. (1993). Ecology, metabolite production, and substrate utilization in endophytic fungi. Natural toxins, 1(3), 185-196.

Schulz, B., Römmert, A. K., Dammann, U., Aust, H. J., & Strack, D. (1999). The endophyte-host interaction: a balanced antagonism? Mycological Research, 103(10), 1275-1283.

Schulz, B., Boyle, C., Draeger, S., Römmert, A. K., & Krohn, K. (2002). Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. Mycological Research, 106(9), 996-1004.

Schulz, B., & Boyle, C. (2005). The endophytic continuum. Mycological Research, 109(6), 661-686.

Schulz, B., & Boyle, C. (2006). What are Endophytes? Soil biology, Volume 9, pp. 1-13.

Sieber, T. N., Sieber-Canavesi, F., Petrini, O., Ekramoddoullah, A. K. M., & Dorworth, C. E. (1991). Characterization of Canadian and European *Melanconium* from some *Alnus* species by morphological, cultural, and biochemical studies. Canadian journal of botany, 69(10), 2170-2176.

Yates, I. E., Bacon, C. W., & Hinton, D. M. (1997). Effects of endophytic infection by *Fusarium moniliforme* on corn growth and cellular morphology. Plant disease, 81(7), 723-728.