نقش ریزوبیوم‌ها در پایداری خاک

ناهید صالح راستین*

چکیده: در سالهای اخیر با تشدید روند رو به تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و به ویژه «اگرواکوسیستم‌ها» ضرورت برنامه‌ریزی در جهت ایجاد تعادلی پایدار برای آنها، مورد تاکید قرار گرفته است. به نظر می‌رسد که براساس چنین دیدگاهی، دوران استثمار بدون قید و شرط خاک و اتکای محض به تکنولوژی کود و سم و تراکتور نیز پایان گرفته و راه برای توسعهٔ «بیوتکنولوژی خاک»، به منظور استفاده از حداکثر کارایی موجودات خاکزی، هموار شده باشد. استفاده از پتانسیل مفید موجودات زندهٔ خاک را می‌توان با فراهم نمودن شرایط مطلوب برای زندگی فعال آنها، امکان‌پذیر ساخت. در این حالت که روش غیر مستقیم محسوب می‌شود، با قرار دادن امکانات مناسب در اختیار ساکنان خاک به آنان فرصت داده می‌شود که مسکن و مأوای خود را آنطور که لازمهٔ زندگی فعال آنهاست، بنا کنند و فرآیندهای بیولوژیک ضروری برای حفظ تعادل پایدار زیستگاهشان را عهده‌دار شوند. در روش مستقیم، فقط انواع خاصی از موجودات خاکزی که براساس اهداف مشخصی انتخاب و تکثیر شده‌اند، به خاک و یا گیاه، تلقیح می‌شوند. در حال حاضر، روش مستقیم به دلایل متعدد، فقط در چند مورد محدود، کارآیی قابل توجه نشان داده است که تولید و استفاده از مایه تلقیح ریزوبیوم، از درخشان‌ترین موارد کاربردی محسوب می‌شود. توجه به نقش ریزوبیومها در ارتقاء سطح حاصلخیزی خاک، از قدمتی بیش از یک قرن برخوردار است. امتیاز این باکتری بر سایر دی‌ازوتروفها، امکان همزیستی با یکی از وسیع‌ترین خانواده‌های سلسلهٔ گیاهی است که سیستم‌هایی با پتانسیل بسیار زیاد برای انجام تثبیت ازت که در مواردی حتی می‌تواند به حدود ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال بالغ گردد، در بین آنها دیده می‌شود. مجموع مقدار ازتی که از طریق این همزیستی به خاک اضافه می‌شود، حدود ۷۰ تا ۸۵ میلیون تن در سال، در سطح جهانی برآورد شده است. این همزیستی دارای پتانسیل لازم برای حفظ پایداری خاک است زیرا می‌تواند در رفع کمبود دو نیاز اساسی خاک یعنی ماده آلی و ازت، کاملاً موثر باشد. به عقیده کارشناسان، سیستم‌های کشاورزی با پایداری بلند مدت، بایستی حتی‌الامکان متکی به منابع داخلی باشد، واردات خارجی تا حد مقدور کاهش داده شود و تعادل بین ورودی و خروجی مواد و عناصر اصلی، محفوظ بماند.

---

*- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

بر چنین اساسی، همزیستی ریزوبیوم - لگومینوز می‌تواند به عنوان منبع اصلی تامین ازت در درون سیستم، منظور گردد، زیرا در صورت اعمال مدیریت صحیح، ورودی ازت و مواد آلی از این طریق در حدی است که می‌تواند مقدار خارج شده همراه با برداشت محصول را به خوبی جبران کند. به دلیل وجود چنین پتانسیلی است که هنوز پس از گذشت یک قرن کار و مطالعه بر روی ریزوبیوم‌ها، امروزه نیز در بین موضوعات متنوع بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، بخش عمدهٔ بررسیها و پژوهشهای علمی، بر روی این باکتریها متمرکز شده‌اند. تنوع متابولیک، فیزیولوژیک و اکولوژیک در بین این باکتریها بسیار جالب و شگفت‌انگیز است. خصوصیت مشترک همهٔ آنها توان برقراری و همزیستی با گیاهان خانوادهٔ لگومینوز و تثبیت ازت مولکولی است ولی چه از نظر این مشخصهٔ عمومی و چه از لحاظ بسیاری دیگر از خصیصه‌های حیاتی، تفاوتهای بسیاری بین افراد یک جنس و حتی یک گونه وجود دارد. برخی از سویه‌ها توان بیشتری برای جذب ازت مولکولی دارند و از نظر کارآیی تثبیت ازت در بالاترین رده قرار می‌گیرند، در حالیکه بسیاری دیگر از این لحاظ در حد متوسط یا کاملاً ضعیف هستند. در ضمن، بازدهی یا راندمان تثبیت یعنی مقدار ازت تثبیت شده در مقابل هر واحد از انرژی دریافتی از گیاه میزبان نیز در بین سویه‌ها تفاوت پیدا می‌کند. به علاوه، خصوصیات بسیار مفید دیگری در برخی از آنها مشاهده می‌شود که می‌توانند مبنای انتخاب سویهٔ مورد نظر برای استفاده در شرایط خاص، قرار گیرند. توان مقاومت در برابر تنش‌های محیطی مانند شوری، خشکی، دمای نامناسب و آلودگی خاک به سموم یا فلزات سنگین و همینطور توان تولید و ترشح سیدروفورهایی مانند ریزوباکتین که می‌توانند در شرایط کمبود آهن در محیط، در قابلیت جذب آن برای برخی از ارقام لگومینوز موثر باشند، از جملهٔ مشخصات مطلوب برخی از سویه‌های ریزوبیوم محسوب می‌شوند. برخی دیگر از سویه‌ها، به عنوان عامل بیوکنترل مورد توجه قرار گرفته‌اند زیرا می‌توانند با تولید متابولیت‌های سمی (ریزوبیوتوکسین) از ایجاد بیماریهای ریشه توسط قارچهایی مانند فیتوفتورا و ریزوکتونیا جلوگیری کرده و در حفظ سلامت گیاه، موثر واقع شوند.

یکی دیگر از ضروری‌ترین مشخصه‌ها که باید به عنوان یک معیار اصلی، مبنای انتخاب باکتری قرار گیرد، توان رقابت آن با سویه‌های ضعیف و کم تاثیر بومی خاک است تا مایه تلقیح تهیه شده از آن بتواند ارزش کاربرد در سطح مزرعه را داشته باشد. در سالهای اخیر تلاشهای زیادی برای اصلاح ژنتیکی سویه‌های ریزوبیوم انجام شده است ولی اکثر دست آوردهای مهندسی ژنتیک به دلیل ناتوانی در رقابت با سویه‌های بومی خاک، در شرایط مزرعه چندان موفق نبوده‌اند. بنابراین قبلاً بخش مهمی از برنامه‌های تحقیقاتی در جهت شناخت بیولوژی ریزو سفر و فاکتورهای موثر روی کلنیزاسیون ریشه، متمرکز شده‌اند. بخش دیگری از

کارهای تحقیقاتی نیز در جهت اصلاح ژنتیکی گیاه میزبان برای یافتن ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل سمبیوتیک بالاتر و تعیین روشهای زراعی مناسب به منظور افزایش کارآیی سیستم همزیستی، برنامه‌ریزی شده‌اند.

بررسی و تحقیق در مورد اثرات سینرژیستی برخی دیگر از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی و امکان تلقیح مشترک آنها به گیاه نیز از موضوعات مورد توجه در سالهای اخیر بوده‌اند. از جمله با به کارگیری برخی از باکتریها که ریزوباکتریهای توسعه دهندهٔ گره‌بندی *(NPR)* خوانده شده‌اند، افزایش تعداد و همین‌طور وزن گره‌های ریشه‌ای و در نتیجه، تشدید تثبیت ازت و ازدیاد بازده محصول، گزارش شده و همین‌طور با استفاده از اکتینومیست‌های مولد استرپتومایسین در مایه تلقیح سویا و یونجه، افزایش در گره‌بندی و بایومس گیاه، مشاهده شده است. تلقیح همزمان با قارچهای میکوریزی و همین‌طور میکروارگانیسم‌های حل کنندهٔ فسفات‌های کم محلول نیز اثرات قابل توجهی در تشدید گره‌بندی و انجام تثبیت ازت توسط این سیستم همزیستی نشان داده‌اند. مطالعهٔ ژنتیک ریزوبیوم‌ها، بخش بسیار مهمی از بررسی در مورد این باکتریها را در دهه‌های اخیر شامل می‌شوند. طبقه‌بندی ریزوبیوم‌ها براساس خصوصیات ژنتیکی آنها مورد تجدید نظر قرار گرفته و برنامه‌های متعددی در جهت اصلاح ژنتیکی سویه‌ها، در حال توسعه است. امکان به وجود آوردن گروه‌بندی بر روی ساقهٔ لگوم‌ها از طریق انتقال ژنهای مربوط، از گیاهانی که چنین خصوصیتی دارند به سایر لگوم‌ها، در دست بررسی است. پاراسیونیا که تنها گیاه غیر لگوم همزیست با ریزوبیوم‌ها است، به عنوان یک الگو یا مدل تجربی منحصر به فرد در بررسیهای مهندسی ژنتیک، به منظور تعمیم پدیدهٔ همزیستی تثبیت کنندهٔ ازت از لگومینوزها به سایر خانواده‌های گیاهی، مورد استفاده قرار دارد. همین طور امکان انتقال این ژنها به سایر گیاهان از طریق قارچهای میکوریزی و یا انتقال مستقیم به گیاه، در دست بررسی است. امکان ایجاد گره‌های تثبیت کننده ازت بر روی ریشهٔ محصولات استراتژیک مثل غلات، تا به حال برای محققین به صورت یک رویا باقی مانده است ولی اولین آثار تحقق این رویا به صورت ایجاد شبه گره‌هایی که توسط ترکیبهای اوکسینی به وجود آمده و با باکتریهای دی‌ازوتروف مانند ریزوبیوم و یا ازوسپریلیوم تلقیح شده‌اند و مشاهدهٔ توان تثبیت ازت در این شبه گره‌ها، لااقل در برخی شرایط آزمایشی خاص، دورنمای روشنی را برای تلاشهای آیندهٔ محققین، ظاهر ساخته است. در ایران، بررسیهایی در جهت جمع‌آوری سویه‌های بومی ریزوبیوم، انتخاب انواع برتر و استفاده از آنها برای تولید مایه تلقیح در داخل کشور، به منظور کاهش مصرف کودهای ازتی، در دست انجام است. امید می‌رود با برنامه ریزیهای دقیق در جهت اتکا به این همزیستی مفید، به عنوان منبع اصلی تامین ازت، پایداری خاکهای زیر کشت را در کشورمان شاهد باشیم.