

پیوست رنگی

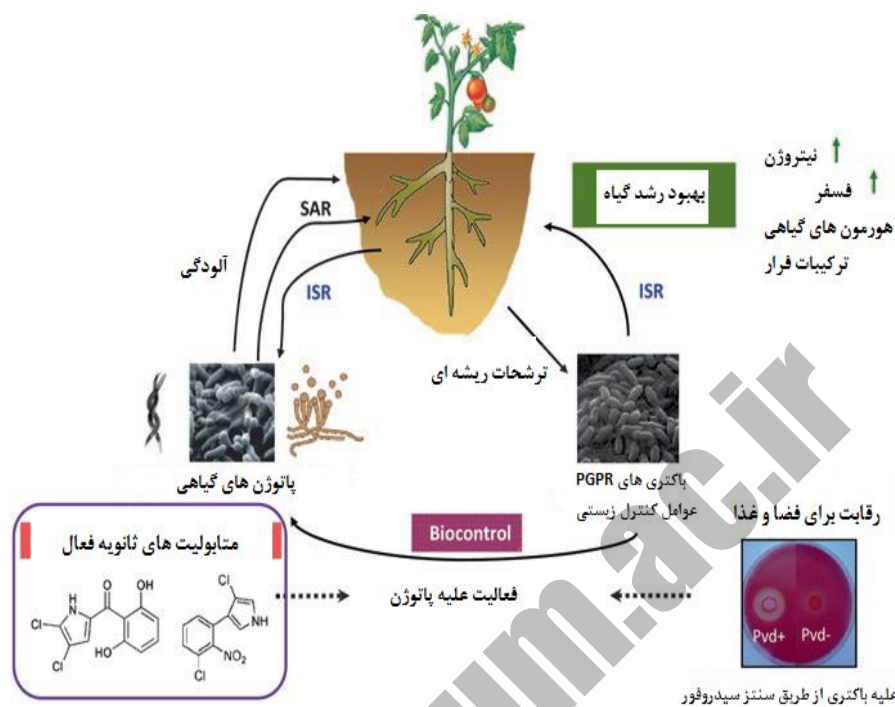
میکروبیوم گیاه: پاسخ به تنش

دلفوزا اگامبردیوا - پرویز احمد

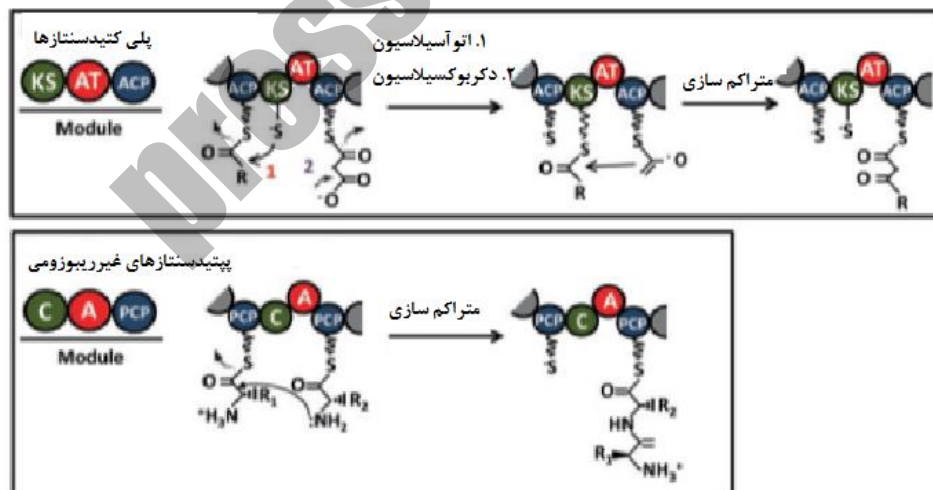
ترجمه:

دکتر علی گنجعلی

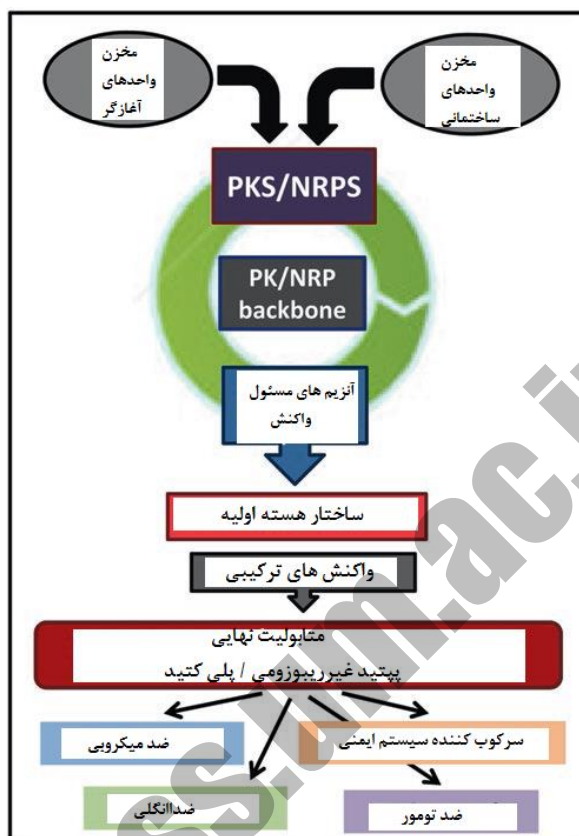
دکتر مریم زارع حسن آبادی



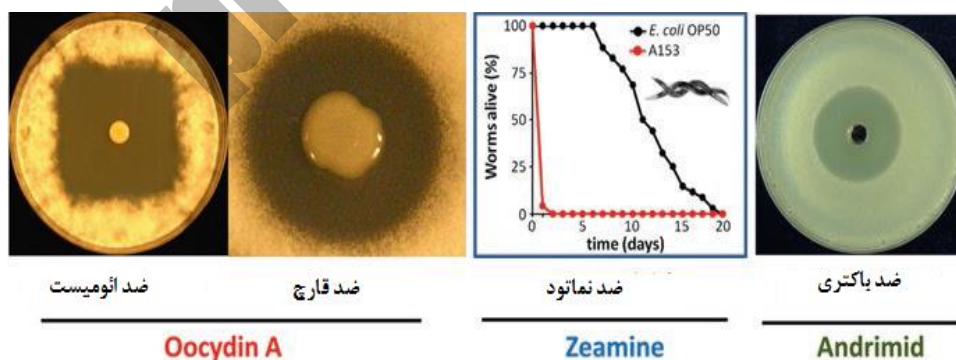
شکل ۱-۳. مکانیسم های مستقیم و غیرمستقیم تحریک رشد گیاه و کنترل زیستی توسط باکتری های ریشه ای. ISR: مقاومت سیستمیک القایی، SAR: مقاومت سیستمیک اکتسابی، Pvd: سیدروفورپروپوئوریدین



شکل ۲-۳. بیوسنتز پپتیدهای غیرریبوزومی و پلی کتیدها. فعالیت نواحی کتوسنتاز (KS) و فشرده گی (C) به ترتیب در سنتز پلی کتیدها و پپتیدهای غیرریبوزومی. نواحی C و KS، تشکیل پیوندهای آمیدی و کربن-کربن را به ترتیب کاتالیز می کنند، بین مواد اولیه بالادست و پایین دست متصل به پروتئین حامل پپتید (PCP) و پروتئین حامل آسیل (ACP)، AT: ناحیه آسیل ترانسفران، A: ناحیه آدنیلی شدن.



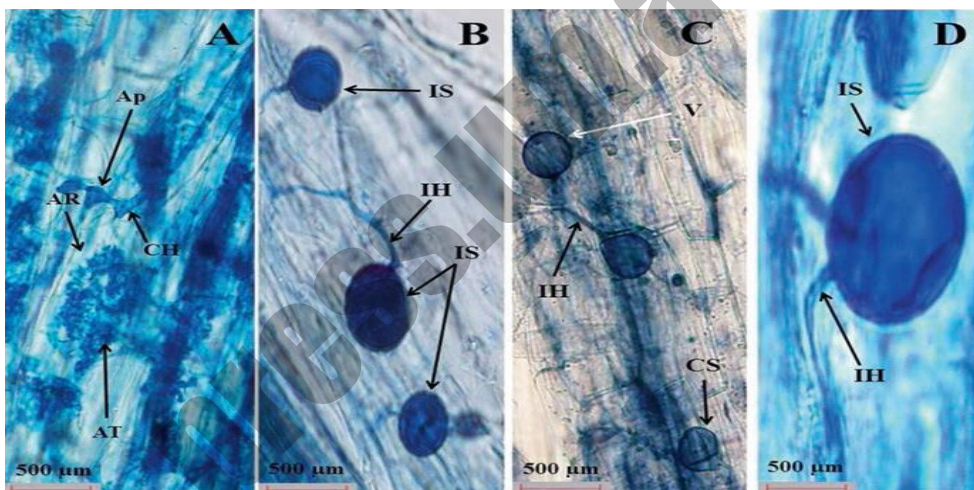
شکل ۳-۳. مروری بر فرایند بیوسنتز پپتیدهای غیرریبوزومی و پلی کتیدها با واسطه پلی کتید سنتاز (PKS) و پپتید سنتازهای غیرریبوزومی (NRPS).



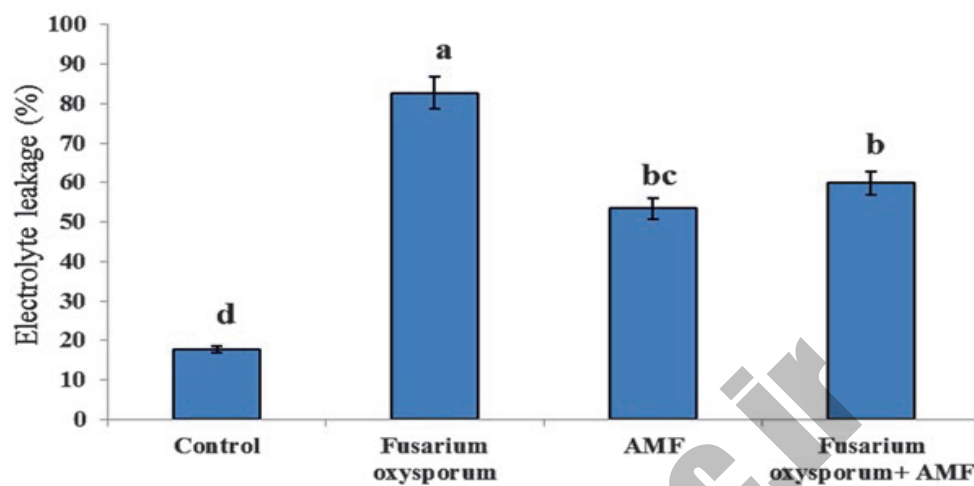
شکل ۴-۳. دامنه وسیع فعالیت های زیستی شناسایی شده در باکتری ریشه ای *Serratia plymuthica* سویه A153. ترکیباتی با ویژگی های ضد میکروبی و نماتودکش تولید می کند، شامل اتوسین A، هیبرید پلی کتیدها / NRPS، زئامین و اندریمید.



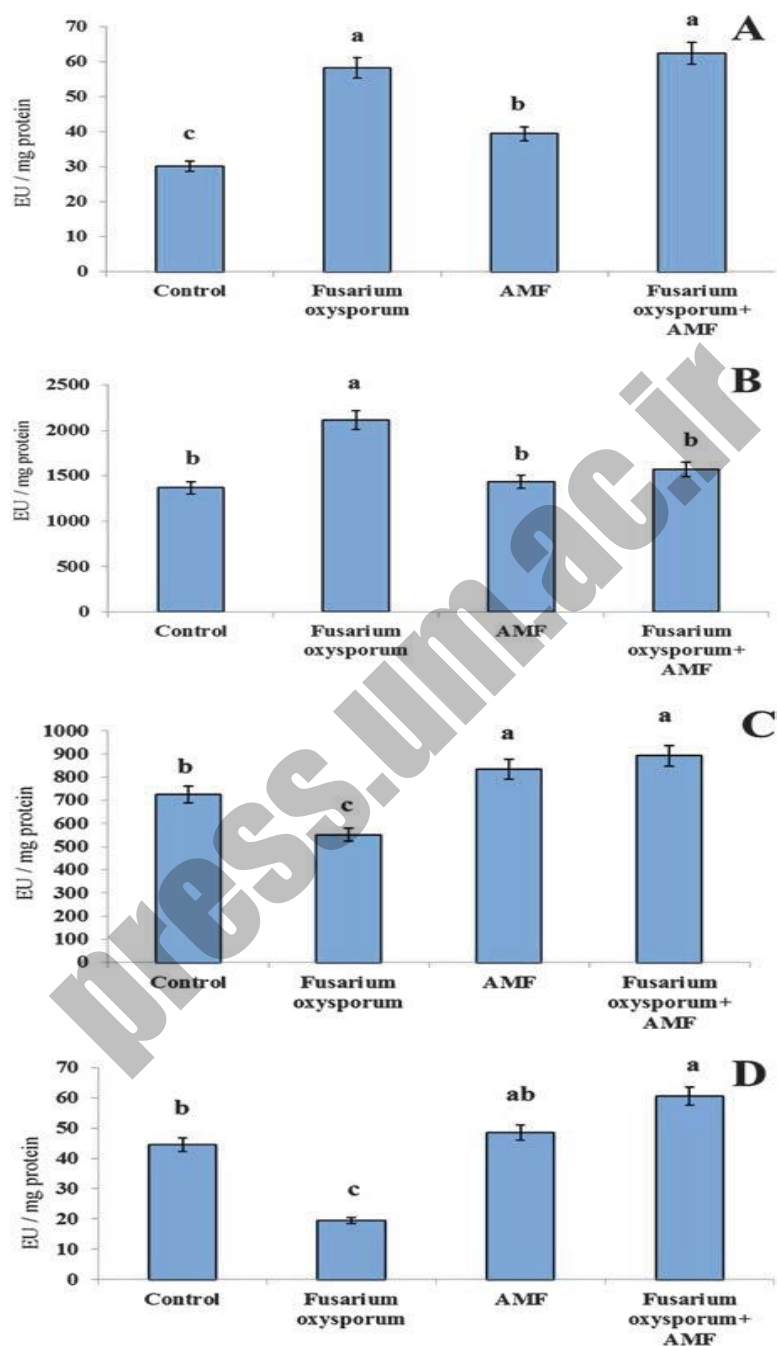
شکل ۴-۱. مورفولوژی اسپور برخی قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار که از نمونه‌های خاک گوجه‌فرنگی جداسازی شده است (a) قارچ *Funneliformis mosseae* سالم: اسپور سالم که به ترتیب ناحیه قطع‌شده هیف (SH)، لوله تندش (GH)، ساختار دیواره به‌صورت لایه ۱ (L1)، لایه ۲ (L2)، و لایه ۳ (L3) را نشان می‌دهد. (b) قارچ *Rhizofagus intraradices* و (c) قارچ *Rhizophagus fasciculatus*: اسپور برش خورده که ساختارهای اسپور مانند هیف قطع‌شده (SH)، دیواره اسپور (L1، L2 و L3) و DL1 شکسته‌شده را نشان می‌دهد.



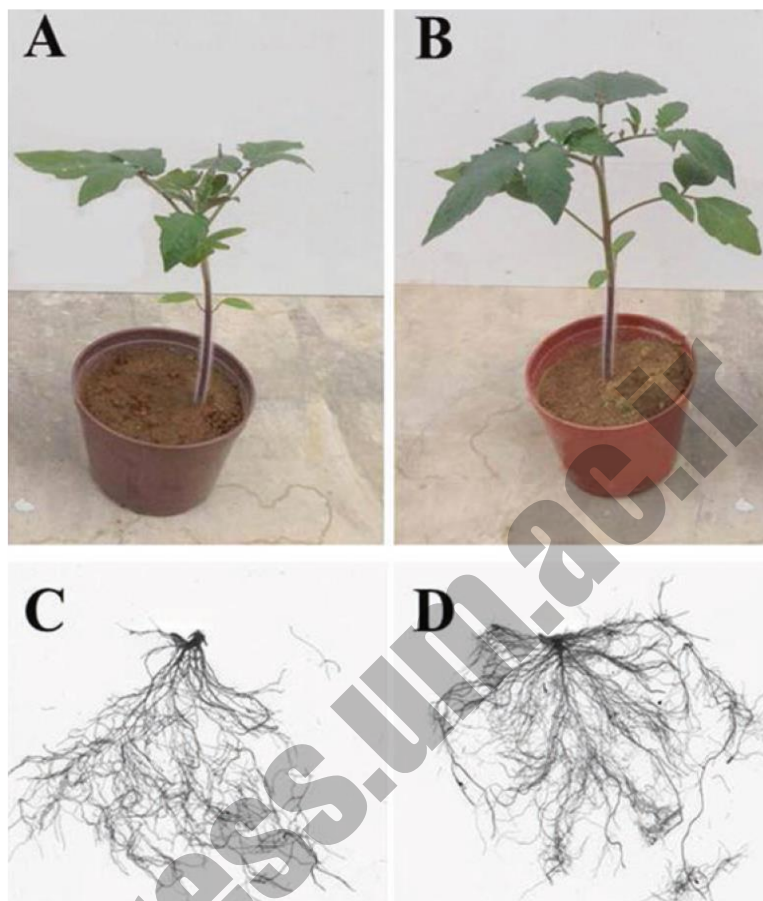
شکل ۴-۲. فتومیکروگراف‌ها از ساختار کلنی میکوریز در ریشه گیاه گوجه‌فرنگی که فراوانی کلنی‌زایی AMF را نشان می‌دهد. کلنی‌زایی AMF با حضور آپرسوریوم مشخص می‌شود که گسترش آن سبب تولید ساختارهایی با ظاهری متفاوت می‌گردد. AT: هیف‌های ضخیم آربوسکولی، CH: هیف‌های پیچ‌خورده آربوسکول‌دار، AP: آپرسوریوم، AR: آربوسکول‌ها، IS: اسپور متقابل، IH: هیف‌های متقابل، V: وزیکول، CS: اسپور شکسته‌شده.



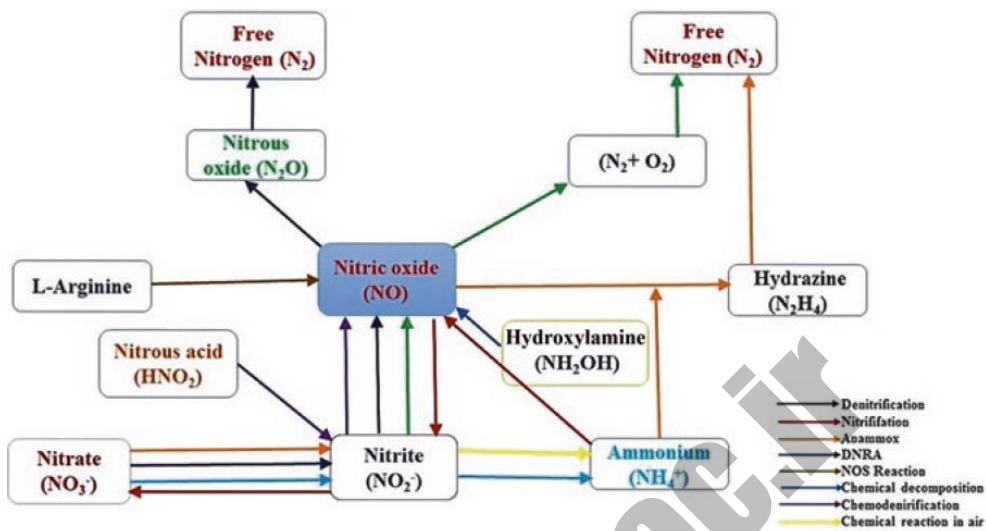
شکل ۳-۴. تأثیر بیماری پیچیدگی برگ با القای فوزاریوم (FOL) بر نشست الکترولیت با تیمار قارچ میکوریزی آربوسکولار (AMF) یا بدون آن در تاجریزی (*Solanum lycopersicum*). داده‌ها به صورت میانگین $\pm SE$ نمایش داده شده‌اند ($n = 10$).



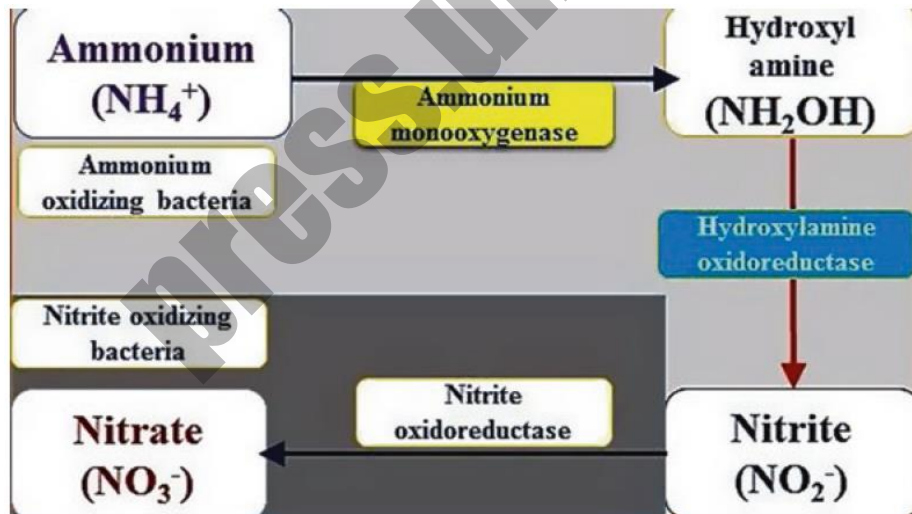
شکل ۴-۴. تأثیر بیماری پچیدگی برگ با القای فوزاریوم (FOL) بر فعالیت (a) سوپراکسید دیسموتاز، (b) آسکوربات پراکسیداز، (c) دهیدروآسکوربات ردوکتاز، (d) گلوکاتایون ردوکتاز با تیمار قارچ میکوریزی در بوسکولار (AMF) یا بدون آن در گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*). داده‌ها به صورت میانگین $\pm SE$ نشان داده شده‌اند.



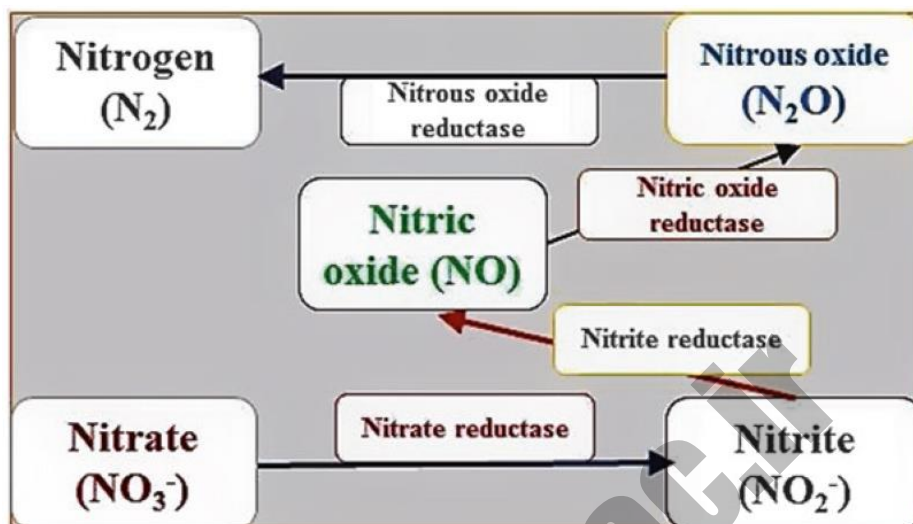
شکل ۷-۳. رشد گیاه گوجه‌فرنگی تلقیح‌شده با سویه تولیدکننده اکسین (*Pseudomonas extremorientalis* (TSAu20) در شرایط شوری خاک. (a) گیاه شاهد، (b) گیاه تلقیح‌شده با TSAu20، (c) ریشه گیاه بدون تلقیح، (d) ریشه گیاه تلقیح‌شده با TSAu20



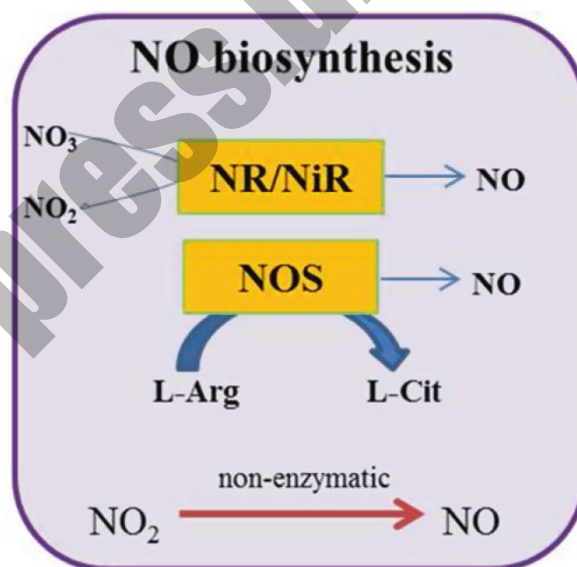
شکل ۸-۱. تولید اکسیدنیتریک در خاک از طریق فرایندهای مختلف شیمیایی و زیستی. DNRA برای احیای نیترات به آمونیوم، Anammox برای اکسیداسیون بی‌هوازی آمونیوم و NOS برای نیتریک‌اکسیدسنتاز به کار می‌رود.



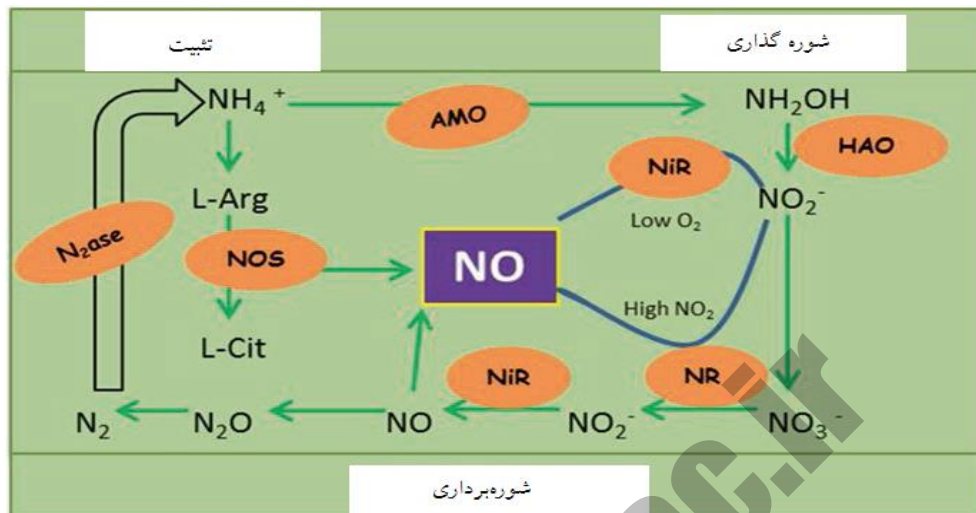
شکل ۸-۲. فرایند شوره‌گذاری توسط دو باکتری مختلف اتوتروف به نام نیتروزوموناس و نیتروباکتریوم در خاک صورت می‌گیرد. آمونیوم در این فرایند در نهایت به نیترات تبدیل می‌شود.



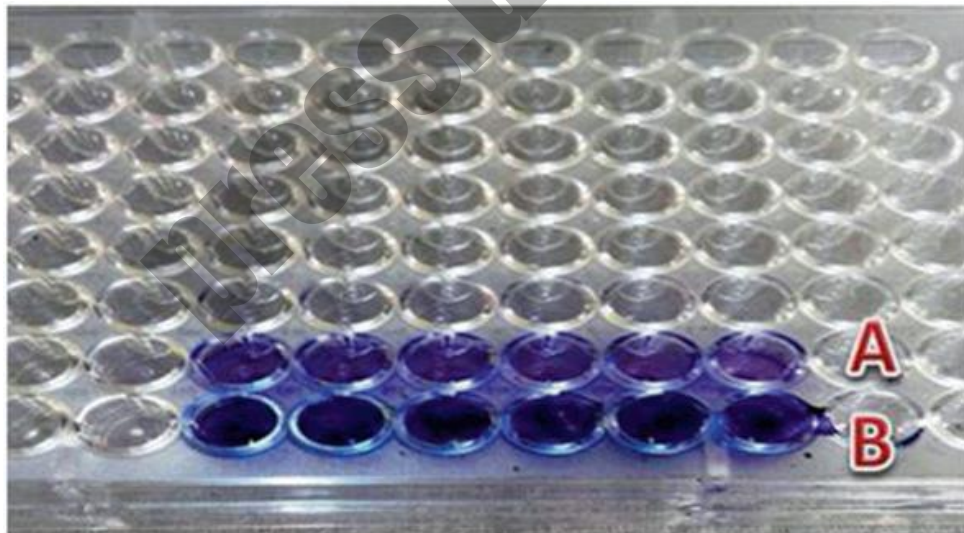
شکل ۸-۳. فرایند شوره‌برداری توسط چهار آنزیم مختلف کاتالیز می‌شود و در آن نیترات در نهایت به نیتروژن گازی تبدیل می‌شود.



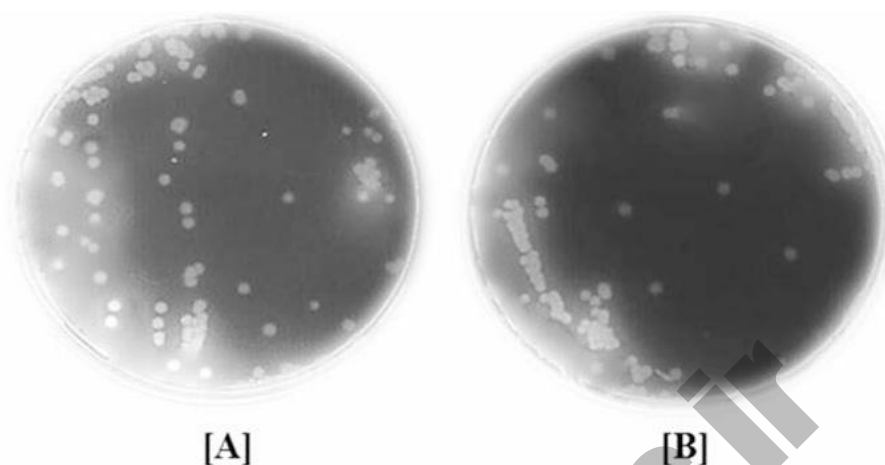
شکل ۸-۴. مسیر متابولیسمی تبدیل N گیاه که به تولید NO منتهی می‌شود.



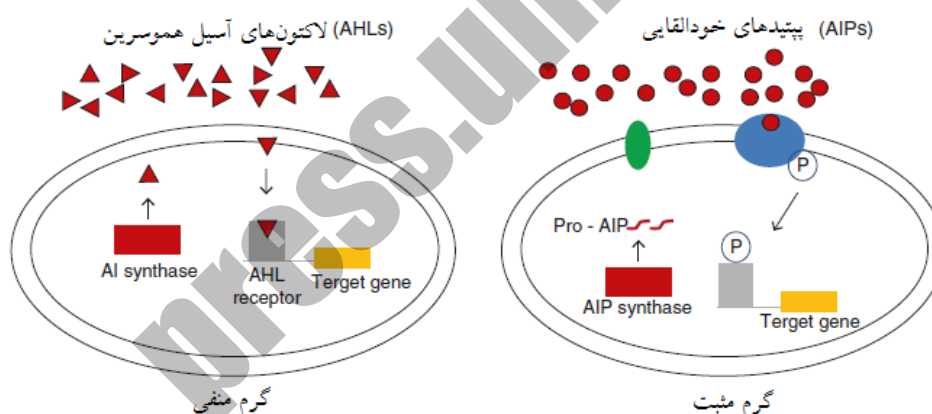
شکل ۸-۵. مسیرهای تولید نیتریک اکسید در باکتری‌ها. (بیضی‌های نارنجی، آنزیم‌های مورد استفاده توسط باکتری‌ها برای سنتز NO را نشان می‌دهند. HAO: هیدروکسیل آمین اکسیدوردوکتاز، NR: نیترات ردوکتاز، NiR: نیتریت ردوکتاز، NOS: نیتریک اکسید سنتاز، N_2ase : نیتروژناز و AMO: آمونومونواکسیژناز).



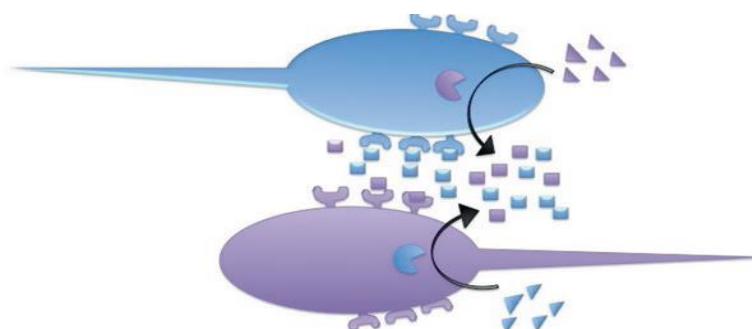
شکل ۸-۶. تولید رشته زیستی تحت تیمار SNP. (A) سلول‌های باکتری *P. simiae* بدون تیمار. (B) سلول‌های باکتری *P. simiae* با تیمار SNP. OD 570nm باکتریایی بالاتر در سلول‌های B یافت شد.



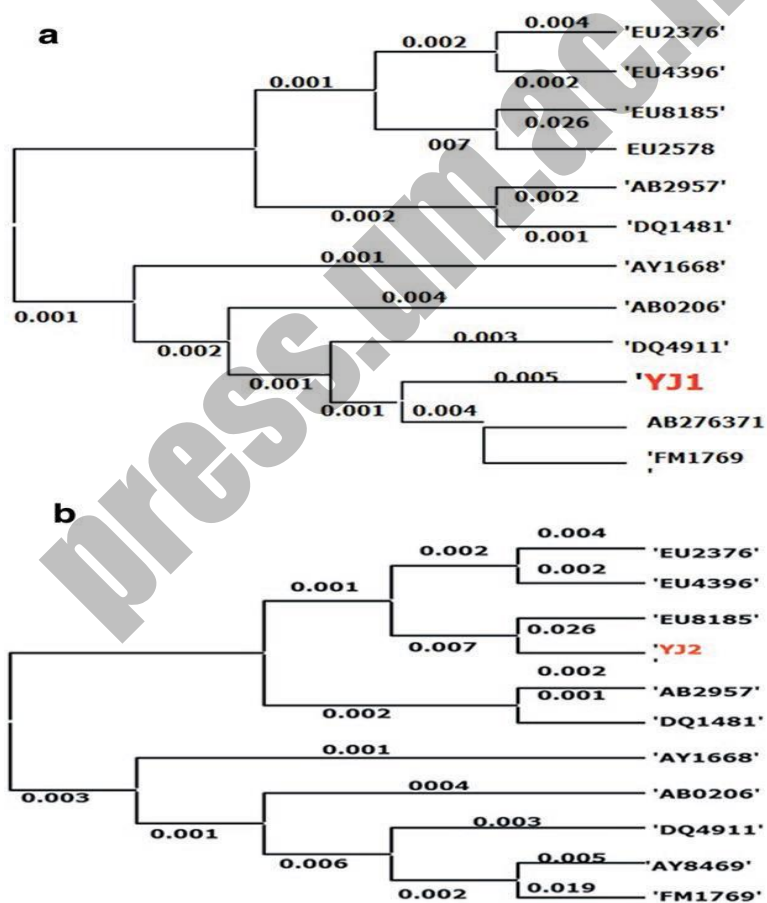
شکل ۸-۷. سنجش شیموتاکسی *Pseudomonas simiae* برای ترشحات ریشه‌ای سویا، تیمار شده با SNP (A) و بدون تیمار (B). [ترشحات ریشه‌ای تیمار شده با SNP، تعداد بیشتری کلنی در مقایسه با نمونه بدون تیمار جذب کردند].



شکل ۹-۱. سیستم‌های حد نصاب احساس (QS) در باکتری‌ها. باکتری‌های گرم منفی (چپ) AHLها (مثلث قرمز) را ترشح می‌کنند که در غلظت‌های آستانه به درون سلول‌ها نفوذ می‌کنند و با فعال‌سازی گیرنده AHL، بیان ژن تنظیم شده با QS را القا می‌کنند. باکتری‌های گرم مثبت (راست) AIPهای بالغ (دایره قرمز) را تولید می‌کنند که بعداً با گیرنده هیستیدین کینازی بین غشایی واکنش می‌دهند و از طریق فسفریلاسیون تنظیم‌کننده رونویسی، ژن هدف را بیان می‌کنند.



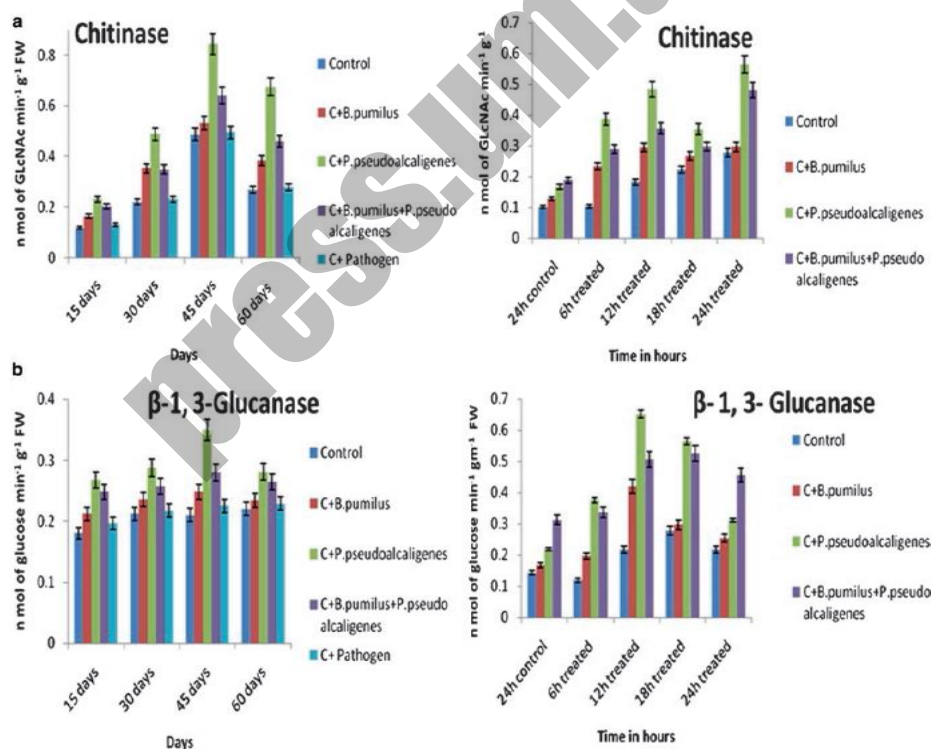
شکل ۹-۲. سلول‌های مهندسی‌شده دو سویه باکتری مختلف. سلول‌های آبی به مولکول‌های تولیدشده توسط سلول‌های بنفش حساس می‌باشند و برعکس، که پاسخ شیمیایی مستقل را از طریق حدنصاب احساس نشان می‌دهد.



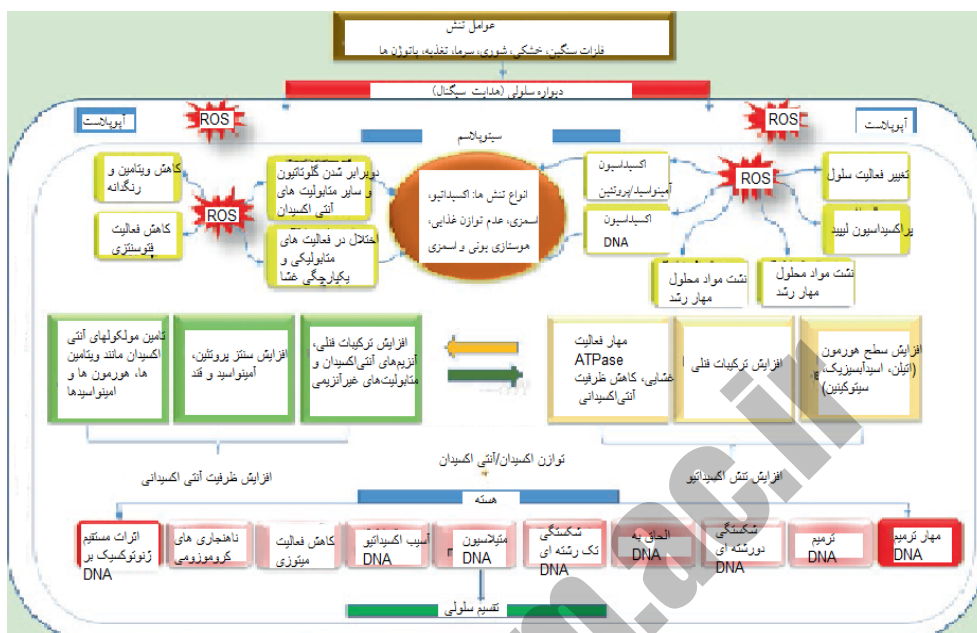
شکل ۱۰-۱. (a) درخت فیلوژنتیک برای *Pseudomonad pseudoalcaligenes* که با استفاده از نرم‌افزار به روش پیوستگی همسایه تهیه شده است. (b) درخت فیلوژنتیک برای *Bacillus pumilus* که با استفاده از نرم‌افزار به روش پیوستگی همسایه‌ها تهیه شده است.



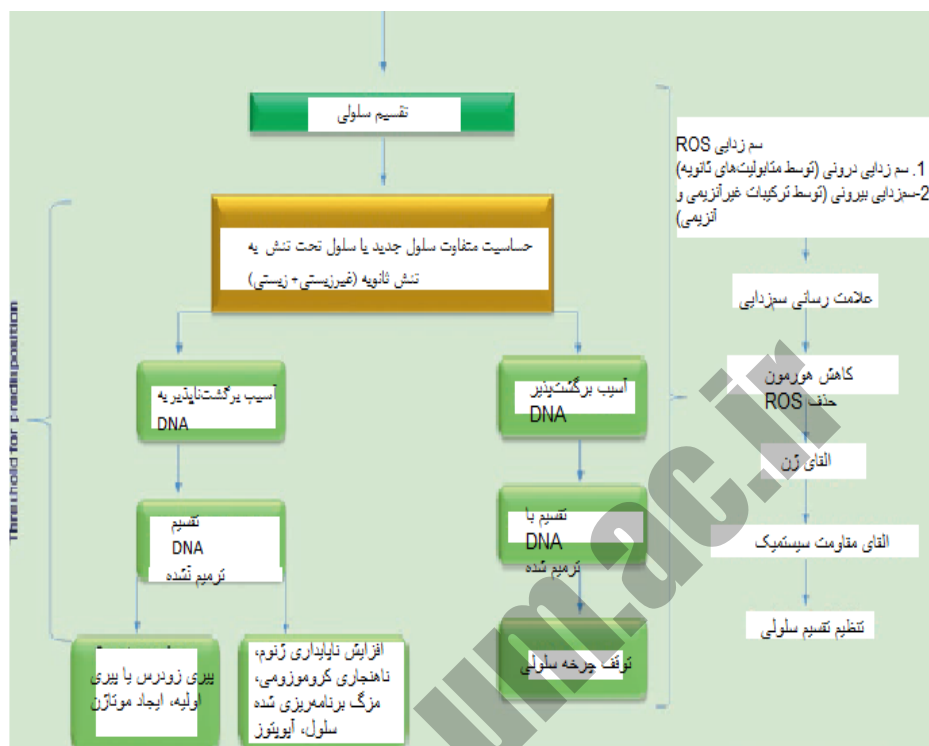
شکل ۱۰-۲. مقطع عرضی ریشه برنج که با استفاده از رنگ آمیزی TTC، اتصال باکتری‌ها به پوست ریشه به صورت نقاط قهوه‌ای رنگ دیده می‌شود.



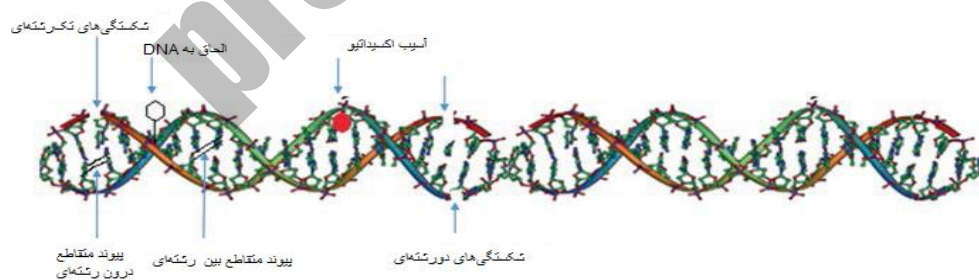
شکل ۱۰-۳. (a) نمودارها نشان‌دهنده تأثیر فعالیت بتا-۱ و ۳-گلوکوناز باکتری‌های PGPR در روزها و زمان‌های مختلف کاشت پس از تیمار پاتوژن می‌باشند. (b) نمودارها نشان‌دهنده تأثیر فعالیت کیتیناز باکتری‌های PGPR در روزها و زمان‌های مختلف کاشت پس از تیمار پاتوژن می‌باشند.



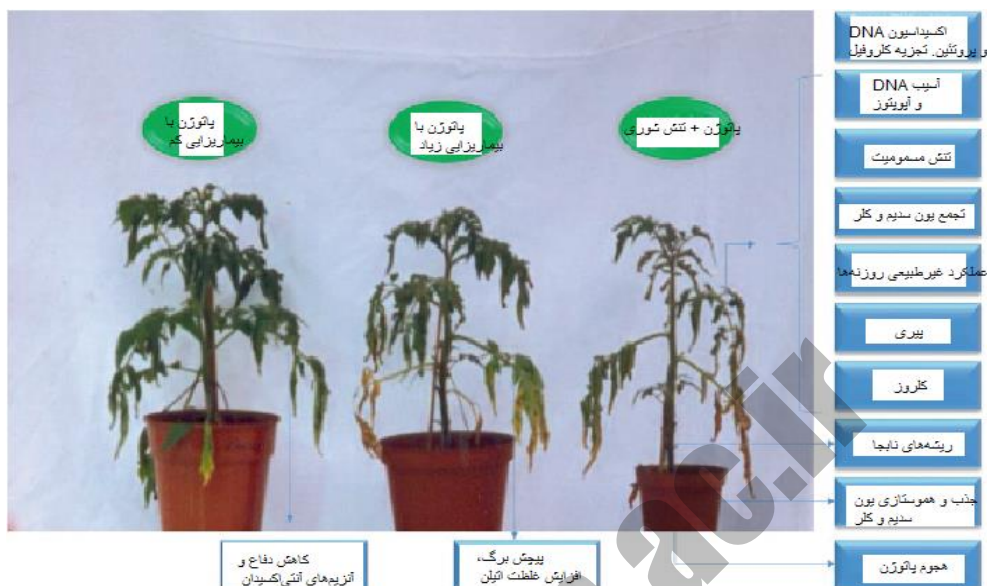
شکل ۱۱-۱. (a) مدل دفاع بیوشیمیایی و مولکولی برای گیاهان تحت تنش، (b) وضعیت گیاهان تحت تنش که یا عملکرد خود را از دست می‌دهند و یا اثرات تنش را از طریق سم‌زدایی ROS اصلاح می‌کنند (تولید ROS در بخش‌های مختلف سلول مانند کلروپلاست‌ها، سیتوزول، پراکسیزوم‌ها، میتوکندری‌ها، غشای پلاسمایی، شبکه آندوپلاسمی و دیواره سلولی در شرایط طبیعی و تنش صورت می‌گیرد). فروتنظیمی مرحله‌ای انتقال الکترون به سازگاری با تنش کمک می‌کند و در نتیجه تجمع ROS را کاهش می‌دهد. علامت انفجار، جایگاه تولید ROS را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۱. ادامه



شکل ۱۱-۲. انواع آسیب DNA در جایگاه های مختلف آن



شکل ۱۱-۳. توضیح شماتیک از تأثیر تنش غیرزیستی (NaCl) و زیستی (*Verticillium albo-atrum*) یا برهم‌کنش هر دو تنش در گیاهان گوجه‌فرنگی که جهت بررسی سیستم‌های دفاعی گیاهان زراعی تحت تنش شوری استفاده شد. هر دو تنش برهم‌ostازی پیام‌های شیمیایی مانند Ca^{2+} ، ROS و سطح pH تأثیر می‌گذارند. تنش غیرزیستی سبب کاهش مکانیسم دفاعی گیاهان زراعی می‌شود و این امر از طریق تغییر ساختار دیواره سلولی و ویژگی‌های موانع فیزیکی و شیمیایی که مانع ورود پاتوزن می‌شوند صورت می‌گیرد. کاهش دفاع و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش سطح هورمون می‌تواند به اکسیداسیون ساختار DNA منجر شود.



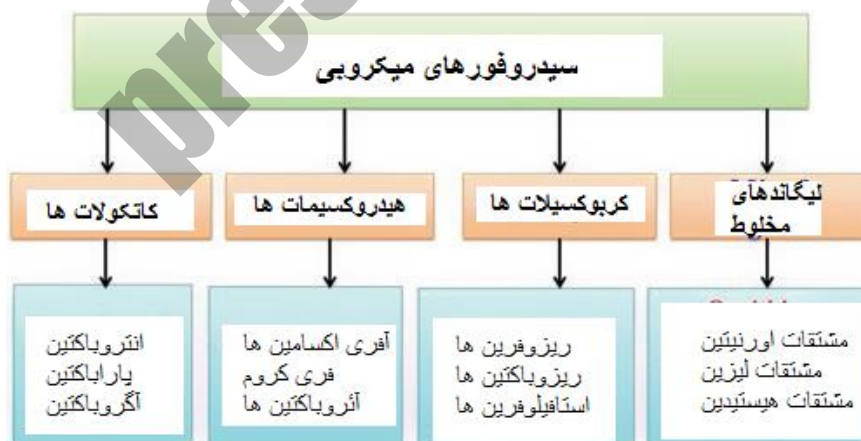
شکل ۱۱-۴. DNA قطعه شده پس از کاربرد ترکیبات شیمیایی آسیب‌رسان به DNA (اتیل‌متان‌سولفونات)



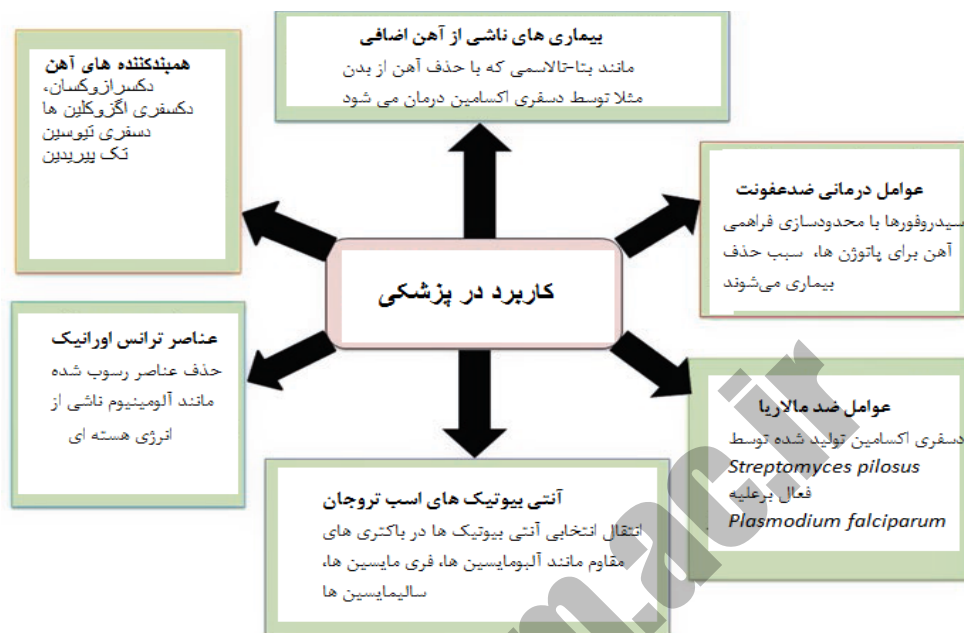
شکل ۱۳-۱. نقش یون های فلزی ریز مغذی (Fe, B, Ni, Cu, Mn, Zn و Mo) در فرآیندها و در ساختار پروتئین گیاه



شکل ۱۳-۲. برهمکنش های گیاه میکروب فلز و مکانیسم های احتمالی برای خنثی سازی مستقیم یا غیرمستقیم فلزات به طور خلاصه آورده شده است. EM: مواد خارج سلولی آزاد شده توسط میکروب ها، ACC: آمینو سیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیات، قارچ میکوریزی آربوسکولار، ISR/SAR مقاومت سیستمیک کسب شده یا مقاومت سیستمیک القایی



شکل ۱۵-۱. طبقه بندی سیدروفورهای میکروبی



شکل ۱۵-۲. کاربردهای دارویی