

پیام‌رسانی هورمون اتیلن در پاسخ گیاهان به بیمارگرها

اسد معصومی اصل*

استادیار اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۷/۰۴

معصومی اصل، ا. ۱۳۹۱. پیام‌رسانی هورمون اتیلن در پاسخ گیاهان به بیمارگرها. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۲(۱): ۸-۱۵.

چکیده

گیاهان با دامنه‌ای از سازوکارهای مولکولی- بیوشیمیایی ذاتی یا القایی، استراتژی‌هایی را برای سازگاری به تغییرات محیطی ایجاد کرده‌اند. پاسخ مناسب گیاه، از طریق دریافت پیام خارج سلولی و انتقال آن به درون سلول‌های گیاهی ظهور می‌یابد. اتیلن به عنوان هورمونی شناسایی شده است که واکنش‌های گیاهی را تحت شرایط محدودکننده رشدی کنترل می‌کند. تولید اتیلن در واکنش به تنش‌های زیستی مثل آلوده شدن گیاه با بیمارگرها یا حمله گیاه‌خواران افزایش می‌یابد. اکثر ژن‌های مقاومت توسط مسیر پیام‌رسانی اتیلن القا می‌شوند. مسیر بیوسنتز اتیلن از اسیدآمینو متیونین به خوبی شناخته شده است و اتیلن تولیدی باعث فعال شدن ژن‌های مقاومت و بروز واکنش‌های دفاعی گیاهان می‌شود. ژن‌های موثر در پیام‌رسانی اتیلن در برنج و نیز ژن‌های مقاومت که با تیمار اتیلن افزایش بیان نشان می‌دهند، معرفی شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پیام‌رسانی، بیمارگر، اتیلن، دفاع، گیاه

* پست الکترونیک: masumiasl@yahoo.com

مقدمه

گیاهان با دامنه ای از سازوکارهای مولکولی- بیوشیمیایی ذاتی یا القائی، استراتژی‌هایی را برای سازگاری به تغییرات محیطی ایجاد کرده‌اند. بنظر میرسد هورمون‌های گیاهی مثل اتیلن و اسید جاسمونات بطور هم‌بیشی (Synergistic) بیان ژن‌های دفاعی را در پاسخ به حمله بیمارگرهای مختلف القا می‌نمایند. در این مقاله قصد داریم بطور مختصر به نقش هورمون ساده ولی بسیار مهم اتیلن در پاسخ‌های دفاعی گیاهان در مقابل بیمارگرها بپردازیم.

۱- اساس مولکولی پاسخ گیاهان به حمله بیمارگرها

دو نوع پاسخ مقاومتی در گیاهان قابل تشخیص است: پاسخ نژاداختصاصی (Host specify) و پاسخ غیراختصاصی (Nonhost specify). در هر دو حالت، فرآیندهای بیوشیمیایی درگیر بسیار شبیه هم هستند. مقاومت در گیاهان با عدم توانایی بیمارگر برای رشد، تکثیر و پراکنش آشکار شده و اغلب فرم واکنش فوق حساسیت (Hypersensitive) به خود گرفته و باعث مرگ منطقه‌ای سلول یا بافت در محل آلودگی می‌گردد. در این واکنش، حلقه‌ای از سلول‌ها در اطراف ناحیه مرده، برای آلودگی بعدی کاملاً مصون می‌گردند که به عنوان مقاومت اکتسابی منطقه‌ای شناخته می‌شود. این پاسخ منطقه‌ای که اغلب مقاومت غیراختصاصی را در سرتاسر گیاه فعال می‌نماید به عنوان مقاومت اکتسابی سیستمیک (SAR= Systemic Acquired Resistance) شناخته شده و محافظت پایداری را در مقابل دامنه وسیعی از بیمارگرها ایجاد می‌نماید. تغییرات متابولیکی طی مقاومت اکتسابی منطقه‌ای عبارتند از:

- ۱- استحکام یافتن دیواره سلولی بواسطه تغییر حالت و همبسته شدن پلی ساکاریدها، پروتئین‌ها، گلیکوپروتئین‌ها و مواد فنولی نامحلول،
- ۲- تحریک مسیرهای متابولیک ثانویه که برخی از آن‌ها ترکیبات کوچک با فعالیت ضد میکروبی تولید می‌کنند (فیتوالکسین‌ها)،
- ۳- تولید تنظیم‌کننده‌های دفاعی مثل اسیدسالسیلیک، اتیلن و متابولیت‌های مشتق از لیپیدها و
- ۴- تولید و تجمع دامنه وسیعی از پروتئین‌ها و پپتیدهای دفاعی (Baker *et al.*, 1997).

۲- اتیلن و نقش آن در گیاهان

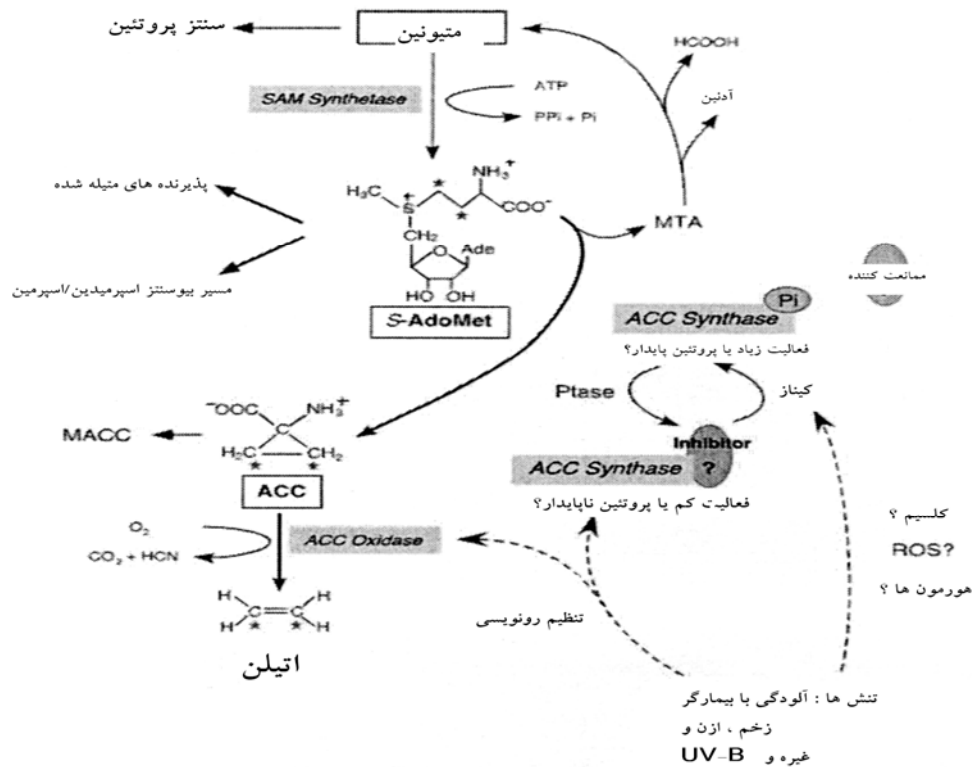
علی‌رغم ساختار ساده کربنی، اتیلن یک تنظیم‌کننده رشد و نمو گیاهی است. اتیلن در بسیاری از مراحل زندگی گیاه شامل جوانه‌زنی بذر، نمو ریشه‌های موئین، نمو گره‌های ریشه‌ای، پیری گل‌ها و رسیدن میوه دخیل است. تولید اتیلن به شدت توسط پیام‌های داخلی نموی و در پاسخ به محرک‌های محیطی شامل تنش‌های زنده (مثل حمله بیمارگرها) و غیرزنده (مثل زخم، اکسیداسیون، سرما و یخ‌زدگی) تنظیم می‌شود (Kevin *et al.*, 2002). اتیلن در

واکنش گیاه به زخم نیز دخیل می‌باشد، به طوری که با مسیرهای پیام‌دهی پیچیده هماهنگ شده و ترمیم بافت و افزایش مقاومت به عوامل ایجاد کننده زخم به وسیله این مسیرها ایجاد می‌شود (O'Donnell *et al.* 1996). زخم شدن میوه هلو افزایش نسخه‌برداری ژن PpETR1 همولوگ ETR1 (Ethylene Receptor1) در میوه هلو را باعث می‌شود در حالی که چنین واکنشی در برگ‌های آن یافت نمی‌شود (Basset *et al.*, 2002). در گیاهچه‌های گندم، زخم مثل کارکرد اسید جاسمونیک یا اسیدآبسیزیک بیان یک ژن برای همولوگ گیرنده اتیلن یعنی W-etr1 را افزایش می‌دهد (Ma and Wang, 2003).

در اثر حمله باکتری‌های بیمارگرها نیز تولید اتیلن در گیاه افزایش می‌یابد. اتیلن نقش تنظیمی روی ژن‌های مقاومت و واکنش‌های دفاعی گیاهان دارد. حداقل ۱۰ پروتئین دفاعی در گوجه‌فرنگی ردیابی شده است که تولید ۹ تا از این پروتئین‌ها بوسیله اتیلن القا می‌شوند (تقوی و همکاران، ۱۳۹۰). اتیلن یک تنظیم‌گر دفاعی با القای تشکیل این پروتئین‌ها است. در مقابل فرم‌های مختلف حمله بیمارگرها به گیاهان، ۲ مسیر دفاعی داریم: ۱- مسیر وابسته به اسیدسالیسیلیک، که توسط بیمارگرهایی القا می‌شود که سلول گیاهی را نمی‌کشند، ۲- مسیرهای وابسته به اتیلن، که توسط بیمارگرهایی القا می‌شود که سلول گیاهی را جهت تغذیه می‌کشند (Kevin *et al.*, 2002).

۳- نحوه تشکیل اتیلن در گیاهان

اولین گام اصلی در مسیر بیوسنتز اتیلن، تشکیل S-آدنوزیل متیونین (S-AdoMet) از S-Adenosyl-L-methionine (S-AdoMet) و ACC (Aminocyclopropane-1-carboxylic acid) به عنوان پیش‌سازهای اتیلن می‌باشند (Yang and Haffman, 1984). آنزیم‌هایی که این واکنش را کاتالیز می‌کنند شناسایی شده و با استفاده از روش‌های بیوشیمیایی خالص‌سازی شده‌اند. S-آدنوزیل متیونین (S-AdoMet)، پیش‌ساز بیوسنتز اتیلن در گیاهان بوده و به عنوان پیش‌ماده برای بسیاری از مسیرهای بیوشیمیایی شامل بیوسنتز پلی‌آمین‌ها و اتیلن بکار برده می‌شود. علاوه بر این، S-AdoMet در واکنش‌های متیلاسیون که لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک را تغییر می‌دهند، دخیل است. بر اساس این چرخه، اولین مرحله اختصاصی بیوسنتز اتیلن، تبدیل S-AdoMet به ACC به وسیله ACC سینتاز می‌باشد. ACC سینتاز در این واکنش، علاوه بر ACC، ۵-متیل تیو آدنوزین (MTA)=Methionine thioadenosine نیز تولید می‌کند که بعدها با استفاده از چرخه تغییر متیونین به متیونین تبدیل می‌شود. این مسیر حفاظت شده، گروه متیل لازم برای دوره‌های بعدی تولید اتیلن را نیز فراهم می‌کند. از این‌رو، اتیلن می‌تواند به‌طور



شکل ۱. مسیر تشکیل اتیلن (Kevin et al., 2002).

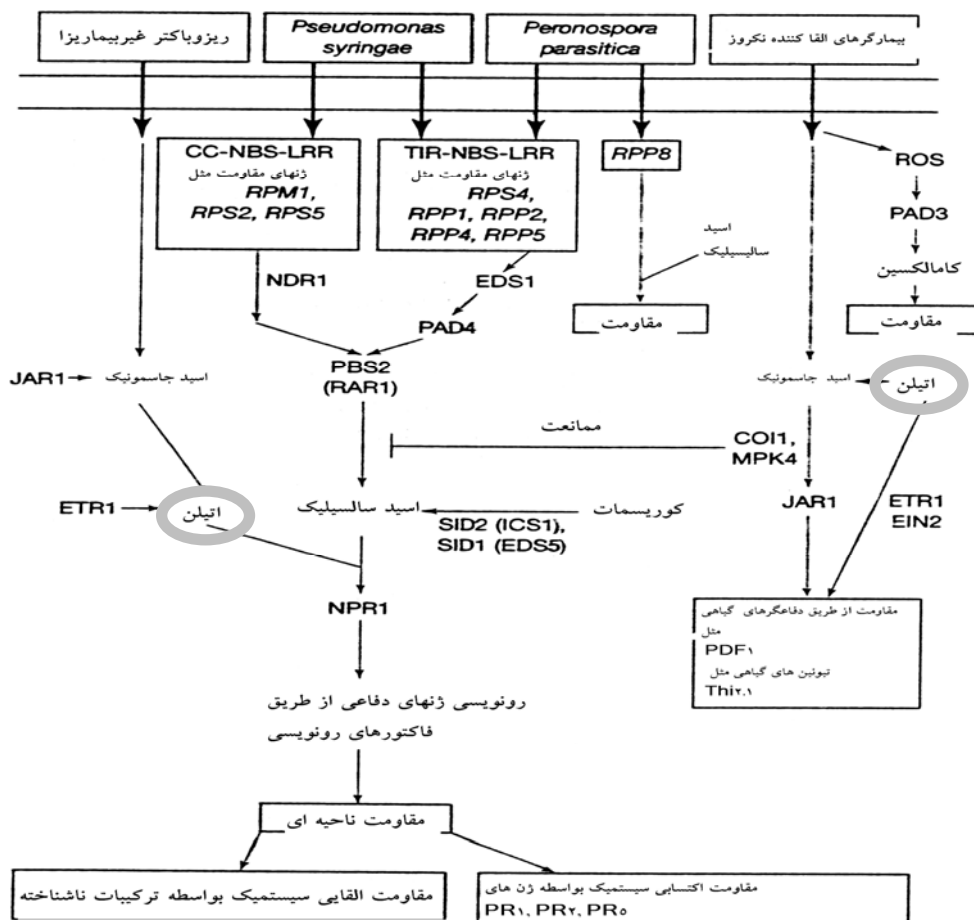
پیوسته و بدون نیاز به افزایش مخزن متیونین ساخته شود.

به‌طور هم‌زمان، گروه سولفور متیونین نیز محافظت می‌شود. در نهایت، ACC بوسیله ACC-اکسیداز، اکسیده می‌شود تا اتیلن، دی‌اکسیدکربن و سیانید تشکیل شود که توسط بتا-سیانوآلانین سینتاز (E.C.4.4.9.9= Beta- β -ACS, cyanoalanine synthase) به بتا-سیانوآلانین، دتوکسی می‌شود تا مانع سمیت تجمع سیانید در طی سنتز مقادیر بالای اتیلن شود (شکل ۱). پس از سنتز اتیلن، اتیلن درک (حس) شده و پیام‌رسانی آن از طریق سیستم ارسال پیام، پاسخ‌های زیستی خاصی پدید می‌آورد (Kevin et al., 2002).

۴- پیام‌رسانی هورمون اتیلن و ژن‌های موثر در آن

مشخص شده که اسیدجاسمونیک و اتیلن در انتقال پیام و پاسخ به بیمارگرها، زخم و حتی ریزوباکتری‌های

غیربیماریزا نیز دخیل هستند. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد اتیلن با واسطه اسیدجاسمونیک در



شکل ۲. مسیرهای پیام‌رسانی اتیلن در واکنش دفاعی گیاه *Arabidopsis thaliana* (Dickinson, 2003).

پاسخ به ریزوباکتری غیربیماریزا تولید شده و باعث تحریک بیان ژن‌های مقاومت در گیاه و تولید واکنش دفاعی می‌گردد.

طی تحقیقی که با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی بین‌المللی برنج توسط نویسنده مقاله حاضر انجام شد. لیست ژن‌های مرتبط با پیام‌رسانی اتیلنی در برنج شناسایی شدند (جدول ۱). بدیهی است هریک از این ژن‌ها می‌توانند منشاء طراحی و اجرای تحقیق مستقلی در رابطه با ایجاد مقاومت در برابر یک بیماری خاص در برنج باشند.

۵- ژن‌های مقاومت فعال‌شونده توسط هورمون اتیلن

این ژن‌ها در جدول ۲ ذکر شده‌اند.

جدول ۱. لیست ژن‌های دخیل در پیام‌رسانی اتیلن در گیاه برنج

نام ژن	شماره دستیابی در		نام ژن	شماره دستیابی در	
	NCBI	KOME		NCBI	KOME
ACS	Os01g0871300	-	ACO	Os01g0580500	-
ACS	Os02g0302400	-	ACO	Os02g0771600	-
ACS	Os03g0727600	AK071011	ACO	Os09g0451000	-
ACS	Os06g0130400	AK065212	ACO	-	AK071557
ACS	Os09g0453800	-	ACO	-	AK066805
ACS	Os10g0484700	-	ACO	-	AK065039
ACS	Os10g0390600	-	ACO	-	AK104933
ACS	Os04g0578000	AK064250	ACO	-	AK058292
EIN2	Os06g0660200	-	ACO	-	AK103969
EIN2	-	AK121781	CTR1	-	AK287946
EIN2	-	AK111607	CTR1	-	AK120898
EIN2	-	AK111802	CTR1	-	AK288723
EIN2	-	AK105770	ETR1	-	AK067813
EIN3	Os07g0685700	-	ETR1	-	AK111696
EIN3	-	AK103227	ETR1	-	AK065161
EIN3	-	AK101076	ETR1	-	AK111944

نتیجه

مطالعات زیست‌شناسی مولکولی نشان داده که چند سیستم پیام‌دهی در گیاهان وجود دارند که ممکن است از گیاهی به گیاه دیگر و در بین سیستم‌های مختلف گیاه-بیمارگر متفاوت باشند. این که کدام پروتئین‌ها و چند پروتئین پیام‌دهی برای واکنش‌های دفاعی گیاه لازم است، هنوز مشخص نشده است. ژن‌های مقاومت در سیستم‌های انتقال پیام نیز نقش دارند که این ژن‌ها، ژن‌های دفاعی را فعال کرده و باعث بروز واکنش مقاومت می‌شوند. شناسایی سازوکارهای دفاعی گیاهان در برابر بیمارگرها و ژن‌های دخیل در آن و همچنین شناسایی سازوکارهای بیماری‌زایی جهت پیدا کردن ارقام مقاوم بسیار ضروری می‌باشد. شناختن نقش دقیق هر یک از پیام‌رسان‌ها و ژن‌های دخیل در پیام‌رسانی آن، محققین را در جهت طراحی پروژه‌های ایجاد گیاهان مقاوم به بیماری‌ها

جدول ۲. ژن‌های مقاومت گیاهان که با تیمار اتیلن افزایش بیان نشان می‌دهند (Wanjiru *et al.*, 2003).

نام ژن	ویژگی های پلی پپتید رمز شده	شماره دستیابی
ASP	Cys-rich antifungal protein 1	CAA63009
ERF1	Ethylene response factor 1	AF076277
CHI	Putative endochitinase	AAB64047
OSL3	Osmotin precursor	CAB39936
SRG2At	β -glucosidase	CAA57943
ChiB	Basic endochitinase	BAA82810
AtSS-2	Strictosidine synthase	AAB40594
PME	Pectin methylesterase	AAB82640
LOX1	Lipoxygenase 1	AAA32827
BBE	Berberine bridge enzyme	AAD25759
TSA1	Trp synthase	AAC49117
ASA	Anthranilate synthase	AAA32738
InGPS	Indole-3-glycerol phosphate synthase	AAA60380
RbohD	Respiratory burst oxidase protein D	AAC39479
HMZ1	Ferrocyclase 1	P42049
p9a	Peroxidase	CAA07352
NIT4	Nitralase	AAA19628
PrxCb	Peroxidase	CAA50677
JR3	IAA-Ala hydrolase	AF081067
TPx2	Peroxiredoxin	AAD28243
GLP5	Germin-like protein 5	U75198
GST11	Glutathione S-transferase	AAC32912
RKC1	Receptor-like protein kinase	AAC95354
CYP71A13	Cytochrome P450	AAC02748
RLK	Receptor Ser/Thr kinase-like protein	CAA16797
JIP	Jasmonate-inducible protein isolog	AAB63634

یاری خواهد کرد. این مقاله با بررسی یکی از ساده ترین و در عین حال مهم ترین پیام‌رسان‌های گیاهی تلاش کرده تا فتح بایی در این بحث کرده باشد.

منابع

تقوی م، رضائی و. و قادری، ر. ۱۳۹۰. مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌های باکتریایی (زیست‌شناسی مولکولی و کاربردهای زیست‌فناوری). موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۱۸۵ ص.

Baker, B., Zambryski, P., Satskawicz, B. & Dinesh-Kumar, S. P. 1997. Signaling in plant-microbe interactions. *Science* 276: 726-733.

- Dickinson, M. 2003. *Molecular Plant Pathology*. BIOS Scientific Publisher. London, UK, 245p.
- Kevin, L., Wang, C. Li, H. & Ecker, R. 2002. Ethylene biosynthesis and signaling networks. *The Plant Cell* 8:131-151.
- Ma, Q. H. & Wang, X. M. 2003. Characterization of an ethylene receptor homologue from wheat and its expression during leaf senescence. *J. Exp. Bot.* 54:1489-1490.
- O'Donnell, P. J., Calvert, C., Atzorn, R., Wasternack, C., Leyser, H. M. O. & Bowles, D. J. 1996. Ethylene as a signal mediating the wound response of tomato plants. *Science* 274: 1914-1917.
- Wanjiru G. E., Olusoji Shonukan, O. & Oloni Kotchoni, S. 2003. The molecular initiation and subsequent acquisition on disease resistance in plants. *African Journal of Biotechnology* 2(2):26-32.
- Yang, S. F. & Hoffman, N. E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 35: 155-189.