دانش بیماری‌شناسی گیاهی
سال ششم، جلد ۲، بهار و تابستان ۱۳۹۶
Plant Pathology Science
Vol. 6(2), 2017

A Review on the Application of Benzothiadiazole in Plant Diseases Management

ZABIHOLLAH AZAMI-SARDOOEI ✉, FARNAZ FEKRAT and FATANEH GHALAVAND
Department of Plant Protection, University of Jiroft, Jiroft, Iran
(✉Corresponding author: zabih.azami@gmail.com)

Received: 14.01.2017 Accepted: 30.07.2017

Azami-Sardouei Z., Fekrat F. and Ghalavand F. 2017. A review on the application of benzothiadiazole in plant diseases management. *Plant Pathology Science* 6(2):33-42.

Abstract: The use of plant defense activators is a novel method of plant diseases management in recent years. Benzothiadiazole (BTH), is the first synthetic plant defense activator. In general, Benzothiadiazole has no direct effect against the pathogens, but it can activate the systemic acquired resistance (SAR) in plants, against a number of plant diseases. In addition, BTH widely is used to protect the plants against a range of pathogens on wheat, tomato, bean, tobacco, lettuce, banana and pears. In overall, Benzothiadiazole can be used as a safe and reliable product for plant protection and also as an alternative for chemical pesticides, which they have hazardous effects on environment.

Key words: Benzothiadiazole, Activator, Systemic acquired resistance

---

مروری بر کاربرد بنزوتیادیازول در مدیریت بیماری‌های گیاهی

ذبیح‌الله اعظمی ساردویی ✉، فرناز فکرت و فتانه قلاوند
گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه جیرفت

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۵

اعظمی ساردویی ذ.، فکرت ف. و قلاوند ف. ۱۳۹۶. مروری بر کاربرد بنزوتیادیازول در مدیریت بیماری‌های گیاهی. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۶(۲): ۴۲-۳۳.

چکیده: استفاده از مواد فعال‌کننده سیستم دفاعی گیاهان یکی از روش‌های نوین در مدیریت بیماری‌های گیاهی در سال‌های اخیر است. بنزوتیادیازول (BTH) اولین ترکیب تولیدشده، فعال کننده سیستم دفاعی گیاهان است. بنزوتیادیازول هیچ اثر ضد میکروبی مستقیمی بر بیمارگرها ندارد، ولی می‌تواند فعال‌کننده مقاومت سیستمیک اکتسابی به تعدادی از بیماری‌ها در گیاهان شود. این ماده به‌طور گسترده برای مقابله با تعدادی از بیمارگرهای گندم، گوجه‌فرنگی، تنباکو، کاهو، موز و گلابی به بازار عرضه شده است. به‌طورکلی بنزودیاتیازول می‌تواند یک ترکیب بی‌خطر و قابل‌اعتماد در حفاظت گیاهان و جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌هایی با اثرهای مخرب زیست‌محیطی باشد.

واژه‌های کلیدی: بنزوتیادیازول، فعال‌کننده، مقاومت سیستمیک اکتسابی

✉ مسئول مکاتبه: zabih.azami@gmail.com

مقدمه

استفاده از فعال‌کننده‌های شیمیایی خاص که می‌توانند باعث ایجاد القای مقاومت (Induce resistance) در گیاهان شوند، در سالیان اخیر در حال گسترش است (Azami-Sardooei 2011). چندین نوع از مواد فعال‌کننده مقاومت گیاهان ازجمله اسید سالیسیلیک، اسید جاسمونیک، اتیلن، اسیدهای چرب، متابولیت‌های میکروبی، ترکیبات مشتق شده از مخمرها و فعال‌کننده‌های شیمیایی مانند بنزوتیادیازول (BTH) شناسایی شده‌اند . همچنین تأثیر ویتامین B2 یا ریبوفلاوین به‌عنوان فعال‌کننده مقاومت گیاهی روی لوبیا علیه کپک خاکستری به اثبات رسیده است (Azami-Sardooei *et al.* 2010). بنزوتیادیازول در سال ۱۹۸۹ به‌عنوان اولین فعال‌کننده مقاومت گیاهان کشف شد که باعث ایجاد پاسخ‌های یکسان سریع به‌عنوان القاکننده مقاومت سیستمیک اکتسابی (Systemic Acquired Resistance= SAR) می‌گردد(Ruess *et al.* 1996). در حقیقت این ماده مشابه (آنالوگ) اسید سالیسیلیک است که می‌تواند دفاع سراسری در برابر بیمارگر را بدون تجمع اسید سالیسیلیک و با فعال‌سازی مسیر پائین‌دست آن تحریک کند (Wang *et al.* 2007). این ترکیب شیمیایی که در سالیان اخیر به‌صورت تجاری در اروپا و آمریکا تولید و ثبت‌شده است، روی بسیاری از محصولات و درختان، تحت نام‌های تجاری ازجمله ®Bion در اروپا، ®Actigard در ایالات‌متحده آمریکا و ®Boost، برای مقابله با بیمارگرهای متفاوت توصیه و بکار می‌روند. به‌طورکلی بنزوتیادیازول هیچ اثر ضدمیکروبی مستقیم و قابل‌توجهی را علیه بیمارگرها نشان نمی‌دهد، بلکه در تحریک مقاومت گیاه به بیماری‌ها بسیار مؤثر می‌باشد و به‌عنوان یک نوع ترکیب پیشرفته حفاظتی گیاهان به کار می‌رود. بعلاوه BTH در کنترل بعضی از حشرات، کنه‌ها، نماتدها و گیاهان گل‌دار انگل نیز مؤثر است. در بسیاری از موارد این ماده در گونه‌های مختلفی از گیاهان (غلات، سبزی‌ها، درختان و گیاهان تزیینی) بدون اثرات منفی به کار می‌رود. هدف از نگارش این مقاله ارایه و تحلیل آخرین پژوهش‌های انجام‌شده در مورد کاربرد BTH در مبارزه با بیمارگرهای گیاهی مختلف و برخی آفات می‌باشد که نتایج آن‌ها به‌صورت خلاصه در جدول ۱ آورده شده است.

۱-تعریف و موقعیت فعال‌کننده‌های مقاومت در گیاهان

گیاهان همچون سایر جانداران جهت مقابله با دشمنان دارای سیستم‌های ایمنی پیچیده‌ای هستند و از

جدول ۱- تأثیر بنزوتیادیازول BTH 50 % (mg a.i. L^{-1}) در مهار بیمارگرهای گوناگون و چندین آفت روی گیاهان مختلف.

Table 1. Overview of the effect of BTH 50% (mg a.i. /l), on several pathogens and pests on different plants

گیاه plant	بیمارگرها Pathogens	منابع References
Beans	*Botrytis cinérea, Fusarium oxysporum,Uromyces appendiculatus,, Rhizoctonia solana, Colletotrichum lindemuthianum, X. campestris*	Azami-Sardooei *et al.* 2013, Iriti and Faoro 2003, Maffi *et al.* 2010, Abdel-monaimet *et al.* 2011
Tomato	*Bemisia tabaci, Myzus persicae* (Insecte), *Meloidogyne javanica, M. arenaria,Cucumber mosaic virus* (CMV), Tomato spotted wilt virus (TSWV), *Orobanche aegyptiaca, Pseudomonas syringae, X. axonopodis, F. oxysporum, Phytophthora infestans, Botrytis cinerea*	Azami-Sardooei *et al.* 2013, Abo-Elyousr *et al.* 2008, Achuo *et al.* 2004, Boughton *et al.* 2006, Audenaert *et al.* 2002, Iriti *et al.* 2007
Cucumber	*Botrytis cinerea, Colletotrichum orbiculare, C.lagenarium, Sphaerotheca fuliginea, Pythium ultimum, Cladosporium cucumerinum*,	Azami-Sardooei, *et al.* 2013, Bovie *et al.* 2004
Lettuce	*Erysiphe cichoracearum, Tetranychus urticae*	Choh *et al.* 2004
Onion	*Xanthomonas axonopodis* pv. *Allii*	Lang *et al.* 2007
Watermelon and Cantaloupe	*Didymella bryoniae, Sclerotinia sclerotiorum, Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Rhizopus* spp.	Buzi *et al.* 2004
Pepper	*Phytophthora capsici, Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*	Yi *et al.* 2012, Baysal *et al.* 2005
Potato	*Phytophthora infestans, Alternaria solani, Erysiphe cichoracearum, Fusarium semitectum*	Kumar *et al.* 2011, Bokshi *et al.* 2003
Strawberry	*Sphaerotheca macularis, Botrytis cinerea*	Hukkanen *et al.* 2008, Terry and Joyce 2000
Wheat and Barley	*Blumeria graminis, Fusarium pseudograminearum,* Pathogen-free	Gorlach *et al.* 1996, Desmond *et al.* 2008
Red clover	*Orobanche minor*	Kusumoto *et al.* 2007
Soya	*Rhizoctonia solani, Sclerotinia sclerotiorum, Rotylenchulus reniformis and Meloidogyne javanica*	Chinnasri *et al.* 2003, Faessel *et al.* 2008
Sunflower	*Orobanche cumana, Puccinia helianti*	Buschmann *et al.* 2005, Amzalek and Cohen, 2007
Tobacco	*B. cinerea, Ps. syringae, Thanatephorus cucumeris, Cercospora nicotianae, Oidium neolycopersici*	Achuo *et al.* 2004, Friedrich *et al.* 1996
Cabbage and Rapeseed	*Peronospora parasitica, Rhizoctonia solani, Orobanche ramose*	Veronesi *et al.* 2009
Cotton	*Thielaviopsis brasicola*	Mondal *et al.* 2005
Pineapple	*Meloidogyne javanica, Rotylenchulus reniformis*	Chinnasri *et al.* 2006
Ornamental plants	*Botrytis cinerea, Peronospora hyoscyami f. sp. Tabacina, F. oxysporum f. sp. Cyclaminis*	Dinh *et al.* 2008
Peach	*Penicillium expansum*	Liu *et al.* 2005
Apple and Pear	*Erwinia amylovora*	Mehrabipour *et al.* 2010, Brisset *et al.* 2000, سرهنگی ۱۳۹۴
Citrus	*Diaporthe citri, Elsinoe fawcettii, Alternaria sp*	Agostini *et al.* 2003

طرف دیگر القای مقاومت سیستم طبیعی آن‌ها را فعال می‌کند. القای مقاومت در حقیقت افزایش مقاومت گیاهانی است که در شرایط معمولی به بیماری غیر متحمل هستند اما بدون اینکه در ساختار ژنتیکی این گیاهان تغییراتی داده شود در برابر بیماری‌ها از خود مقاومت نشان می‌دهند. به‌عبارت‌دیگر، مقاومت القایی یک حالت فیزیولوژیکی از بهبود و ارتقاء ظرفیت دفاعی گیاه، همراه بابیان ژن‌ها است که به‌وسیله محرک‌های محیطی غیرزنده و یا زنده مشخص القا می‌شود و از طریق آن‌ها پتانسیل سدهای دفاعی ذاتی گیاه در مقابل برخی عوامل بیماری‌زا فعال‌تر می‌شوند. در مقاومت القایی یک محرک واکنش دفاعی گیاه را در برابر بیمارگر ازنظر زمان یا مقدار تا چند برابر افزایش می‌دهد و لذا درجه بالاتری از مقاومت در مدت‌زمان کوتاه‌تری ظاهر می‌شود. دو روش مهم که بر روی القای مقاومت تأکیددارند شامل SAR و ISR در شکل ۱ به‌صورت شماتیک نشان داده‌شده‌اند. مقاومت القایی سیستمیک (ISR) توسط باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه معروف به (Plant Growth Promoting Rhizobacteria= PGPR) ، فعال‌کننده‌های شیمیایی و قارچ‌های متعارض مفید ایجاد می‌شود (Audenaert *et al.* 2002). به‌عبارت‌دیگر در مقایسه با نوع دیگر مقاومت، درنتیجه تجمع و ماندگاری گونه‌های خاصی از ریزوباکتری‌ها روی ریشه گیاه توسعه می‌یابد و واسطه مسیر آن اتیلن (ET) و اسید جاسمونیک (JA) می‌باشد(Pieterse *et al.* 2009). اما مقاومت القایی اکتسابی (SAR) توسط عوامل زنده و غیرزنده ازجمله ترکیبات شیمیایی مانند بنزوتیادیازول فعال‌شده و در ارتباط با سازوکارهای پیام‌دهنده افزایش تولید و تجمع اسید سالیسیلیک و پروتیین‌های تنظیم‌کننده دفاع گیاه موسوم به Non pathogenesis related protein 1 (NPR1) می‌باشند (Pieterse *et al.* 2009).

۲-کاربرد بنزوتیادیازول در مدیریت بیماری‌های گیاهی

طبق پژوهش‌های انجام‌شده بنزوتیادیازول که از مشتقات Acibenzolar-*S*-methyl بانام شیمیایی 2,1,3-Benzothiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester و با فرمول شیمیایی $C_8H_6N_2OS_2$ می‌باشد، به‌عنوان یک‌راه حل مناسب و کاربردی در مدیریت بیماری‌های گیاهان محسوب می‌شود. BTH دارای دامنه تأثیر وسیعی روی عوامل بیماری‌زای گیاهی ازجمله قارچها، باکتریها و ویروسها است (Friedrich *et al.* 1996, Azami-Sardooei and Hofte 2009). این ترکیب اختصاصی عمل نمی‌کند، بلکه سیستم دفاعی گیاه را فعال می‌نماید. علاوه بر این BTH در کنترل حشرات، کنه‌ها و گیاهان گل‌دار انگل مؤثر گزارش شده است

(Boughton *et al.* 2006, Kusumoto *et al.* 2007). از طرف دیگر در دهه اخیر ترکیب BTH به‌اضافه مانکوزب برای استفاده علیه بیماری‌های محصولات کشاورزی مختلف به‌ویژه سبزی‌ها در آسیا به بازار عرضه‌شده است. همچنین از این ترکیب روی گیاه موز بانام تجاری ثبت‌شده Boost جهت استفاده در مدیریت قارچ *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. عامل بیماری سیگاتوکای سیاه موز استفاده می‌شود. کاربرد بنزوتیادیازول (BTH) برای فعال کردن تعدادی از ژن‌های مرتبط با SAR روی تنباکو، گندم، سویا، سیب‌زمینی، نخود و سیب منجر به افزایش حفاظت گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زای مختلف شده است . همچنین این فعال‌کننده شیمیایی باعث افزایش مقاومت در برابر حشره *Bemisia tabaci* Gen. در بوته‌های گوجه‌فرنگی یا آفتابگردان در مقابل قارچ عامل زنگ و گیاه گل‌دار انگل جالیز *Orobanche cumana* Wallr. شده است (Buschmann *et al.* 2005). کاربرد و القای مقاومت توسط BTH همچنین باعث مهار بیماری‌های مختلف در مرکبات، سیب، گلابی، به لوبیا، کلم و بیماری‌های دیگر گیاهان شده است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که BTH قادر به مهار بیماری‌های پس از برداشت نیز هست (Terry and Joyce 2004 Liu *et al.* 2005,). لازم به ذکر است که استفاده از این ترکیب در مهار بیماری‌ها، به‌صورت اضافه کردن در خاک اطراف ریشه، همراه آب آبیاری و یا پاشیدن روی بخش‌های هوایی گیاه است. در بیشتر موارد BTH به‌کاربرده شده روی گونه‌های مختلف گیاهی (غلات، سبزی‌ها، درختان، جنگلی و گیاهان زینتی) بدون تغییر فنوتیپ و اثرات منفی گیاه‌سوزی و کاهش محصول همراه بوده است (Desmond *et a,l.* 2008, Friedrich *et al.* 1996, Choh, 2004). میزان غلظت مصرفی BTH مورد ارزیابی قرارگرفته است که کمترین آن روی لوبیا با ۰.۰۲۱ میلی‌گرم در لیتر علیه *Colletotrichum* sp. و بیشترین آن روی گندم رقم Kennedy با ۲۱۰۹ میلی‌گرم در لیتر علیه *Fusarium* sp. بکار رفته است. اما در خصوص اثرات منفی کاربرد بنزوتیادیازول روی گیاهان مختلف، بیشترین مقدار گیاه‌سوزی در بخش رویشی آفتابگردان و کمترین آن در بخش زایشی روی گندم گزارش‌شده است(Desmond *et al.* 2008, Iriti and Faoro 2003). طی یک پژوهش، کاربرد BTH روی بخش هوایی گوجه‌فرنگی در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به‌خوبی بیماری کپک خاکستری را مهار نموده است، ولی کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن بدون اثر مشهود گیاه‌سوزی باعث کاهش معنی‌دار میزان گل و میوه گوجه‌فرنگی در سطح ۵ درصد گردید (Azami-Sardooei *et al.* 2013).

بنزوتیادیازول، گیاه انگل گل جالیز را که تاکنون روش قطعی برای مهار آن وجود ندارد، با غلظت کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی گوجه‌فرنگی، به‌خوبی توانسته مهار کند و سازوکار عمل آن با انجام آزمایش‌های آنزیمی به اثبات رسیده است (مطالب منتشرنشده نگارندگان).

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

به‌طور خلاصه، یافته‌های حاصل از مرور این تحقیقات نقش نوینی را برای بنزوتیادیازول در فعال‌سازی سیستم ایمنی و پاسخ‌های دفاعی گیاهان تشریح می‌نماید. BTH قادر به القای مقاومت علیه دامنه وسیعی از بیمارگرهای گیاهی است که نویدبخش آینده‌ای بهتر در مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی می‌باشد. از طرف دیگر ارجحیت این ترکیبات بر ریزوباکترها و سایر عوامل میکروبی متعارض، پایداری اثر آن‌ها در شرایط مختلف محیطی است، چراکه باکتری‌ها و دیگر عوامل زنده القاکننده مقاومت در برخی شرایط قادر به بقا و اعمال اثر القاکنندگی مقاومت نیستند. پیشرفت‌های کنونی و آینده، درک ما را از تأثیرات مختلف BTH به‌عنوان ترکیب قابل‌اطمینان در مدیریت سیستم‌های کشاورزی و تسهیل در پیشبرد اهداف کشاورزی پایدار افزایش می‌دهد. بنابراین کاربرد این ترکیب همراه با استفاده از واریته‌های نسبتاً مقاوم و قارچ‌کش‌های متداول می‌تواند به‌عنوان یک روش نوین و دوستدار محیط‌زیست که موجب تقویت سازوکارهای دفاعی گیاه و نهایتاً کاهش شدت بیماری‌ها و خسارت آن‌ها می‌گردد، **پیشنهاد** می‌شود.

منابع References

۱. سرهنگی ن.، شکیب ع. م.، کشاورزی م.، ابراهیمی م. ع. و احمدراجی م. ۱۳۹۴. تاثیر ماده محرک BTH بر بیان ژن PR2 و شدت بیماری آتشک در درخت به. به‌نژادی نهال و بذر ۳۱: ۲۶۴-۲۴۹.

2. Abdel-monaim M. F., Ismail M. E. and K. M. Morsy. 2011. Induction of systemic in soybean plants against *Fusarium* wilts disease by seed trestment with benzothiadiazole and humic acid. *Microbiology* 39:290-298.
3. Abo-Elyousr K. A., and El-Hendawy H. H. 2008. Integration of *Pseudomonas fluorescens* and acibenzolar-S-methyl to control bacterial spot disease of tomato. *Crop Protection* 27:1118-1124.
4. Achuo E., Audenaert K., Meziane H. and Höfte M. 2004. The salicylic acid-dependent defence pathway is effective against different pathogens in tomato and tobacco. *Plant Pathology* 53:65-72.

5. Agostini L., Martinon F., Burns K., McDermott M. F., Hawkins P. N. and Tschopp J. 2003. NALP3 forms an IL-1β-processing inflammasome with increased activity in Muckle-Wells autoinflammatory disorder. *Immunity* 20:319-325.
6. Alishiri A. and Rakhshandehroo F. 2014. The role of salicylic acid in plant resistance against plant pathogens. *Plant Pathology Science* 3:75-82. (In Persian with English summary).
7. Amzalek E. and Cohen Y. 2007.Comparative efficacy of systemic acquired resistance-inducing compounds against rust infection in sunflower plants. *Phytopathology* 97:179-186.
8. Audenaert K., Pattery T., Cornelis P. and Hofte M. 2002. Induction of systemic resistance to *Botrytis cinerea* in tomato by *Pseudomonas aeruginosa* 7NSK2: Role of salicylic acid, pyochelin, and pyocyanin. *Molecular Plant-Microbe Interaction* 15:1147-1156.
9. Azami-Sardooei Z., Seifi H. S., De Vleesschauwer D. and Höfte M. 2013. Benzothiadiazole (BTH)-induced resistance against *Botrytis cinerea* is inversely correlated with vegetative and generative growth in bean and cucumber, but not in tomato. *Australasian Plant Pathology* 42:485-490.
10. Azami-Sardooei Z. 2011. Induction of resistance to *Botrytis cinerea* in tomato, bean and cucumber by *Serratia plymuthica* and plant activators. Ph.D thesis, Ghent University, Belgium, 150p.
11. Azami-Sardooei Z., França S. C., De Vleesschauwer D. and Höfte M. 2010. Riboflavin induces resistance against *Botrytis cinerea* in bean, but not in tomato, by priming for a hydrogen peroxide-fueled resistance response. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 75:23-29.
12. Azami-Sardooei Z., and Höfte M. 2009. Potential of BTH to induce resistance against *Botrytis cinerea* in tomato, bean and cucumber. 61th International Symposium on Crop Protection, May 19, 2009, Gent, Belgium.
13. Baysal Ö, Turgut C, and Mao G.2005. Acibenzolar-S-methyl induced resistance to *Phytophthora capsici* in pepper leaves. *Biologia Plantarum* 49:599-604.
14. Bokshi A., Morris S. C. and Deverall B. J. 2003. Effects of benzothiadiazole and acetylsalicylic acid on beta- 1, 3- glucanase activity and disease resistance in potato. *Plant Pathology* 52:22-27.
15. Bovie C., Ongena M., Thonart P. and Dommes J. 2004. Cloning and expression analysis of cDNAs corresponding to genes activated in cucumber showing systemic acquired resistance after BTH treatment. *BMC Plant Biology* 4:15.

16. Brisset M. N., Cesbron S., Thomson S. V. and Paulin J. P. 2000. Acibenzolar- Smethyl induces the accumulation of defense-related enzymes in apple and protects from fire blight. *European Journal of Plant Pathology* 106:529-536.
17. Boughton A. J., Kelli H. and Gary W. F. 2006. Impact of chemical elicitor applications on greenhouse tomato plants and population growth of the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 120:175-188.
18. Buschmann H., Fan Z. W. and Sauerborn J. 2005. Effect of resistance-inducing agents on sunflower (*Helianthus annuus* L.) and its infestation with the parasitic weed *Orobanche cumana* Wallr. *Journal of Plant Diseases and Protection* 112:386-397.
19. Buzi A., Chilosi G. and Magro P. 2004. Induction of resistance in melon seedlings against soil-borne fungal pathogens by gaseous treatments with methyl jasmonate and ethylene. *Journal of Phytopathology* 152:491-497.
20. Choh Y., Ozawa R. and Takabayashi J. 2004. Effects of exogenous jasmonic acid and benzo (1,2,3) thiadiazole-7-carbothioic acid-S-methyl ester (BTH), a functional analogue of salicylic acid, on the egg production of a herbivorous mite *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae). *Applied Entomology and Zoology* 39:311-314.
21. Chinnasri B., Sipes B. and Schmitt D. 2003. Effects of acibenzolar-s-methyl application to *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology* 35:110.
22. Chinnasri B., Sipes B. and Schmitt D. 2006. Effects of inducers of systemic acquired resistance on reproduction of *Meloidogyne javanica* and *Rotylenchulus reniformis* in pineapple. *Journal of Nematology* 38:319.
23. Desmond O. J., Manners J. M., Schenk P. M., Maclean D. J. and Kazan K. 2008. Gene expression analysis of the wheat response to infection by *Fusarium pseudograminearum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 73:40-47.
24. Dinh S., Joyce D. C., Irving D. E. and Wearing A. H. 2008. Effects of multiple applications of chemical elicitors on *Botrytis cinerea* infecting *Geraldton waxflower*. *Australasian Plant Pathology* 37:87-94.
25. Faessel L., Nassr N., Lebeau T. and Walter B. 2008. Effects of the plant defence inducer, acibenzolar-S-methyl, on hypocotyl rot of soybean caused by *Rhizoctonia solani* AG-4. *Journal of Phytopathology* 156:236-242.
26. Friedrich L., Lawton K., Ruess W., Masner P., Specker N., Gut M.R., Meier B., Dincher S., Staub T., Uknes S., Metraux J.P., Kessmann H. and Ryals J. 1996. A benzothiadiazole derivative induces systemic acquired resistance in tobacco. *Plant Journal* 10:61-70.
27. Gorlach J., Volrath S., Knauf- Beiter G., Hengy G., Beckhove U., Kogel K. H., O ostendorp M., Staub T., Ward E. and Kessmann H. 1996. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of

systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. *The Plant Cell* 8:629-643.

28. Hukkanen A., Kokko H., Buchala A., Yrinen J. and Renlampi S. 2008. Benzothiadiazole affects the leaf proteome in arctic bramble (*Rubus arcticus*). *Molecular Plant Pathology* 9:799-808.
29. Iriti M. and Faoro F. 2003. Does benzothiadiazole-induced resistance increase fitness cost in bean. *Journal of Plant Pathology* 46:265-270.
30. Iriti, M., Mapelli S. and Faoro F. 2007. Chemical-induced resistance against post-harvest infection enhances tomato nutritional traits. *Food chemistry* 105:1040-1046.
31. Kumar S., Thind T. S., Bala A. and Gupta A. K. 2011. Induced resistance in potato against *Phytophthora infestans* using chemicals and bio-agents. *Plant Disease Research* 25:12-18.
32. Kusumoto D., Goldwasser Y., Xie X., Yoneyama K., Takeuchi Y. and Yoneyama K. 2007. Resistance of red clover (*Trifolium pretense*) to the root parasitic plant *Orobanche minor* is activated by salicylate but not by jasmonate. *Annals of Botany* 100:537-544.
33. Lang J. M., Gent D. H. and Schwartz H. F. 2007. Management of Xanthomonas leaf blight of onion with bacteriophages and a plant activator. *Plant Disease* 91(7): 871-878.
34. Liu H., Jiang W., Bi Y. and Luo Y. 2005. Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. *Postharvest Biology and Technoligy* 35:263-269.
35. Lawton K., Friedrich L., Hunt M., Weymann K., Delaney T., Kessmann H., Staub T., and Ryals J. 1996. Benzothiadiazole induces disease resistance in Arabidopsis by activation of the systemic acquired resistance signal transduction pathway. *Plant Journal* 10:71-82.
36. Lyon G. D., Reglinski T. and Newton A. C.1995. Novel disease control compounds: The potential to 'immunize' plants against infection. *Plant Pathology* 44:407-427.
37. Maffi D., Iriti M. and Pigni M. 2010. *Uromyces appendiculatus* infection in BTH-treated bean plants: Ultrastructural details of a lost fight. *Mycopathologia* 171:209-221.
38. Mehrabipour S., Abdollahi H. and Ghasemi A. 2010. Response of some quince (*Cydonia oblanga* Mill.) genotypes from Guilan and Khorasan provinces to fireblight disease. *Seed and Plant Improvement Journal* 28:67-84.
39. Mondal A. H., Nehl D. B. and Allen S. J. 2005. Acibenzolar-S-methyl induces systemic resistance in cotton against black root rot caused by *Thielaviopsis basicola*. *Australasian Plant Pathology* 34:499-507.
40. Pieterse C. M. J., Leon-Reyes A., Van der Ent S. and Van Wees S. C. M. 2009. Networking by small-molecule hormones in plant immunity. *Nature Chemical Biology* 5:308-316.

41. Ruess W., Mueller K., Knauf-Beiter G., Kunz W. and Staub T. 1996. Plant activator CGA 245704: An innovative approach for disease control in cereals and tobacco. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference, 53-60.
42. Terry L. A. and Joyce D. C. 2000. Suppression of grey mould on strawberry fruit with the chemical plant activator acibenzolar. *Pest Management Science* 56(11): 989-992.
43. Veronesi C., Delavault P. and Simier P. 2009. Acibenzolar- S- methyl induces resistance in oilseed rape (*Brassica napus* L.) against branched broomrape (*Orobanche ramose* L.). *Crop Protection* 28:104-108.
44. Wang D., Pajerowska-Mukhtar K., Hendrickson Culler A. and Dong X. 2007. Salicylic acid inhibits pathogen growth in plants through repression of the auxin signaling pathway. *Current Biology* 17:1784-1790.
45. Yi H. S., Yang J. W., Choi H. K., Ghim S. Y. and Ryu, C. M. 2012. Benzothiadiazole-elicited defense priming and systemic acquired resistance against bacterial and viral pathogens of pepper under field conditions. *Plant Biotechnology Reports* 6:373-380.