دوفصلنامه تحقیقات بیماری‌های گیاهی
سال سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان 1394
صص 28-17

بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر روی عملکرد و علائم آلودگی قارچ رایزوکتونیا سولانی در غده‌های سیب زمینی

محمد رضا هادی*[1]

تاریخ دریافت: 93/8/5 تاریخ پذیرش: 93/11/25

چکیده

در این تحقیق اثر سالیسیلیک اسید بر روی تعداد، وزن غده‌های سیب زمینی و علائم آلودگی قارچ *Rhizoctonia solani* (وجود اسکلروت بر روی غده) و همچنین اثر این هورمون بر روی میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ گیاهان سیب زمینی آلوده به این قارچ در شرایط گلخانه‌ای بررسی گردید. ریز غده های سیب زمینی که عاری از عوامل بیماریزا بودند به گلدان منتقل گردیدند. دو هفته قبل از کاشت، خاک گلدان‌ها مطابق طرح فاکتوریل (فاکتور اول، تیمار قارچ در دو سطح: 1- آلوده کردن گیاهان به قارچ 2- آلوده نکردن گیاهان به قارچ و فاکتور دوم، تیمار اسیدسالیسیلیک در چهار سطح یا غلظت در 20 تکرار (هر گلدان یک تکرار) به طور کاملاً تصادفی به وسیله قارچ رایزوکتونیا آلوده گردید. گیاهچه‌ها (7 الی 8 برگی) با غلظت‌های صفر 0 (شاهد)، 0/2، 0/5 و 1 میلی مولار سالیسیلیک اسید هر هفته مجموعا 4 مرتبه مورد تیمار قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمار سالسیلیک اسید با غلظت0/5 میلی مولار باعث کاهش شدت علائم آلودگی در ریز غده های سیب زمینی گردید. همچنین عملکرد (تعداد و وزن ریزغده‌های سیب‌زمینی) با کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت0/5 میلی مولار افزایش یافت. میزان کلروفیل کل (a+b) در گیاهان سیب‌زمینی سالم نسبت به گیاهان آلوده به قارچ به طور معنی‌داری بیشتر بود، در صورتی که میزان کاروتنوئید در گیاهان آلوده به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان سالم بود. با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، میزان کلروفیل و کاروتنوئید در گیاهان سیب زمینی آلوده و سالم افزایش یافت.

واژه های کلیدی : اسکلروت، سیب زمینی، *Rizoctonia solani*، عملکرد، کلروفیل، کاروتنوئید

[1]- استادیار، گروه زیست شناسی علوم گیاهی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.
*- نویسنده مسئول مقاله: hadi_mohammadreza@yahoo.com

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) بعد از برنج، گندم و ذرت پرمصرف‌ترین ماده غذائی در جهان محسوب می‌شود (Fabeiro *et al.*, 2001). از نظر میزان تولید، سیب‌زمینی در جهان بعد از ذرت در مقاوم دوم قرار دارد ولی در ایران این گیاه بعد از گندم و برنج، سومین محصول زراعی استراتژیک محسوب می‌شود (Khajehpour, 1991). به گزارش بخش کشاورزی و غذائی سازمان ملل متحد اهمیت سیب‌زمینی به این دلیل است که پتانسیل باقی ماندن برای نسل‌ها را داشته و نقش مهمی در تامین امنیت غذایی و ریشه‌کنی فقر ایفا می‌کند (FAO, 2008). سیب‌زمینی از محصولات غده‌ای بسیار مهم در تغذیه مردم جهان می‌باشد (Hadi *et al.*, 2014) و یک منبع انرژی ارزان محسوب می‌شود (Laszlo, 2010). عملکرد سیب زمینی در واحد سطح، تامین انرژی و میزان پروتئین تولیدی از گندم و برنج نیز بیشتر است (Mohtadinia and Mohammadrezaie, 1995). سطح زیر کشت گیاه سیب زمینی در جهان در حدود 22 میلیون هکتار و تولید آن در حدود 300 میلیون تن در سطح محصولات غده‌ای قرار دارد (FAO, 2008). سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران بیش از 146 هزار هکتار برآورد شده و مقدار تولید آن در حدود 4/3 میلیون تن با متوسط عملکرد 22 تن در هکتار می‌باشد (RMAI, 2009). غده سیب زمینی علاوه بر داشتن مقادیر سرشاری از عناصر آهن، روی (Hadi *et al.*, 2015) فسفر، منیزیم و پتاسیم (Mahmodi *et al.*, 2012) دارای اسید اسکوربیک (ویتامین C) زیادی بوده و دارای مقادیر کمی نیز ویتامین، نیکوتیک اسید، ریبوفلاوین و کاروتنوئید یعنی پیش ماده ویتامین A (بتاکاروتن) می‌باشد. قارچ‌های گیاهی هرساله مزارع مختلف را مورد حمله قرار می‌دهند و خسارات زیادی به این مزارع و در نهایت اقتصاد کشور وارد می‌نمایند (Hadi *et al.*, 2014). قارچ *Rhizoctonia solani* یک قارچ بیماری‌زای خاک‌زی محسوب می‌شود که گیاهان زیادی از جمله سیب‌زمینی و برنج را به عنوان میزبان آلوده می‌کند (Balali *et al.*, 2008b). در گیاهان سیب‌زمینی این قارچ عامل بیماری Black scurf یا لکه سیاه بر روی غده‌های سیب‌زمینی است و محصول سیب‌زمینی را کاهش می‌دهد (Hadi and Balali, 2010). مبارزه با عوامل بیماریزای سیب زمینی یکی از دغدغه‌های اصلی متولیان بخش کشاورزی است.

یکی از مهم‌ترین راهکارهای مبارزه با قارچ‌های بیماریزای گیاهی استفاده از واریته‌های مقاوم و یا بهبود مقاومت واریته‌های موجود با استفاده از روش‌های مختلف از جمله کاربرد مواد موثر درایجاد مقاومت مانند سالیسیلیک اسید و مشتقات آن به صورت پاششی بر روی گیاه می‌باشد. سالیسیلیک اسید (salicylic acid) به عنوان مهم‌ترین جزء در مقاومت اکتسابی سیستمیک به صورت غیراختصاصی باعث ایجاد مقاومت به عوامل بیماری‌زا همچون باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها درگیاهان می‌شود (Nie, 2006). در تحقیقی سالسیلیک اسید به طور غیر مستقیم باعث کاهش خسارات ناشی از قارچ رایزوکتونیا سولانی در گیاه سیب‌زمینی به میزان 72 درصد شده است (Hadi and Balali, 2010). به علاوه تعداد غده‌های سیب‌زمینی با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش یافته است (Hadi *et al.*, 2008). هرچند در رابطه با چگونگی تاثیر بهبود دهندگی اسید سالیسیلیک در افزایش میزان کلروفیل و کاروتنوئید گزارشی وجود ندارد، ولی با این وجود گزارش شده است که کاربرد پاششی اسید سالیسیلیک بر روی برگ گیاهان لوبیا باعث افزایش میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها نسبت به شاهد شده است (Al- Hakimi and Al-

Ghalibi, 2007). همچنین گزارش شده است که میزان کلرفیل در گیاهان آلوده به قارچ رایزوکتونیا سولانی در گیاهان آفتابگردان کمتر از گیاهان سالم است (Abd El-Hai *et al*., 2009) در صورتی که میزان کاروتنوئیدها در گیاهان بادام زمینی آلوده به قارچ رایزوکتونیا سولانی نسبت به گیاهان سالم (عاری از بیماری) بیشتر است (Lakshmi *et al*., 2011). هدف این مطالعه بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر روی عملکرد (تعداد و وزن ریز غده‌های سیب زمینی) و تعداد و شدت علائم آلودگی قارچ *Rizoctonia solani* (وجود اسکلروت بر روی غده) و همچنین اثر این هورمون بر روی رشد گیاه (میزان کلروفیل و کاروتنوئید) در گیاهان سیب زمینی آلوده به قارچ رایزوکتونیا سولانی نسبت به گیاهان سالم بوده است.

مواد و روش ها

تهیه و کاشت ریز غده‌های سیب زمینی

ریزغده‌های سیب زمینی (*Solanum tuberosum*) (حاصل از گیاهچه‌های عاری از هرگونه بیماری بدست آمده از کشت بافت) از گروه بیوتکنولوژی سیب زمینی دانشگاه اصفهان تهیه گردید. پس از تهیه ریزغده‌های سیب زمینی، برای تسریع در جوانه زنی ریزغده‌ها از تیمار هورمون جیبرلین استفاده گردید. روش کار بدین صورت بود که ریزغده‌های سیب زمینی پس از شستشو با آب مقطر در محلول 2ppm (2میلی‌گرم جیبرلین خالص در یک لیتر آب مقطر) به مدت 20 دقیقه قرار داده شد. سپس ریزغده‌های سیب زمینی تیمار شده با هورمون جیبرلین (Hadi, 2013) در دمای آزمایشگاه (دمای 25 درجه‌سانتی گراد) به مدت یک هفته برای جوانه زنی قرار داده شد. سپس ریزغده‌های یکسان و جوانه زده و دارای اسپرات (Sprout) برای کاشت انتخاب گردید. برای کاشت این ریزغده‌ها از گلدان‌هایی به حجم سه لیتر استفاده گردید (Balali *et al*., 2008a). خاک پیت ماس (Peat Moss) استریل‌شده برای این منظور استفاده گردید و در خاک هر کدام از این گلدان‌ها یک ریزغده سیب زمینی جوانه زده (دارای اسپرات) قرار داده شد. سپس گلدان‌ها جهت رشد در شرایط مناسب یعنی تحت نور با لامپ‌های LED (Light-Emitting Diode = LED Lamp) با شدت نوری برابر با 3000 لوکس (lux) و دوره نوری 16 ساعت روشنائی و 25 درجه‌سانتی‌گراد (روز) و 8 ساعت تاریکی و در دمای 18 درجه‌سانتی‌گراد (شب) قرار داده شدند.

تهیه قارچ و روش آلوده‌سازی گیاهان

قارچ رایزوکتونیا سولانی (*Rhaizoctonia solani*) سویه B121 (سویه بیماری‌زا) به صورت خالص و کشت شده بر روی آگار در دو پتری دیش از گروه زیست شناسی دانشگاه اصفهان تهیه گردید. سپس آگار در پتری دیش‌ها به قطعات یک سانتی‌متر مربع تقسیم کرده و دو هفته قبل از کاشت غده‌های سیب زمینی در نقاط مختلف (حداقل پنج نقطه) در زیر خاک (استریل) درگلدان‌های مورد آزمایش قرارداده شد (Blair, 1943). تیمارآلوده‌سازی خاک گلدان‌ها مطابق با طرح آماری فاکتوریل که در آن فاکتور اول، تیمار قارچ در دو سطح: 1- آلوده کردن گیاهان

به قارچ 2- آلوده نکردن گیاهان به قارچ و فاکتور دوم، تیمار اسیدسالیسیلیک (SA) در چهار سطح یا غلظت در 20 تکرار (هر گلدان یک تکرار) به طور کاملاً تصادفی در مجموع 160 عدد گلدان انجام گرفت (2 سطح تیمار قارچ × 4 سطح SA × 20 تکرار) به طوری که80 عدد از گلدان‌های آزمایش به قارچ آلوده شدند و تحت تیمار 4 سطح اسید سالیسیلیک قرار گرفتند و80 عدد از گلدان‌های دیگر (عاری از آلودگی قارچی) فقط تحت تاثیر 4 سطح تیمار اسید سالیسیلیک قرار گرفتند.

تیمار اسید سالیسیلیک

گیاهان در مرحله 7 الی 8 برگی با غلظت‌های صفر 0 (شاهد)، 0/2، 0/5 و 1 میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک خالص ($C_7H_6O_3$) مورد تیمار قرار گرفت. تیمارهای مذکور هر هفته (مجموعاً چهار هفته) به صورت اسپری یا پاششی بر روی برگ‌های گیاهان انجام شد.

پارامتر های اندازه گیری

مقادیر کلروفیل و کاروتنوئید در برگ گیاهان سیب زمینی یک هفته بعد از آخرین تیمار اسید سالیسیلیک به عنوان پارامترهای رشد و تعداد و وزن ریزغده های سیب زمینی در هر گلدان بعد از 120 روز از تاریخ کاشت به عنوان عملکرد گیاه سیب زمینی تعیین گردید. همچنین بعد از برداشت تعداد وشدت علائم آلودگی قارچ رایزوکتونیا (وجود اسکلرت روی غده) در هر گلدان در مقایسه با گیاهان شاهد یا کنترل که به قارچ رایزوکتونیا آلوده نشده بودند ، تعیین گردید. تعداد وشدت علائم آلودگی به ترتیب تعداد و وسعت لکه ها ی ایجاد شده بر اثر بیماری زائی رایزوکتونیا (اسکلرت) بر روی هر یک از ریز غده ها در نظر گرفته شد.

روش اندازه گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ

اندازه گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ مطابق روش *آرنون* (Arnon 1956) و *جیا و همکاران* (Jia *et al.*, 2011) صورت گرفت. برای این کار مقدار 0/2 گرم (وزن تازه) از قطعات بریده شده کوچک برگ در هاون چینی تمیزی قرار داده شد، سپس 10 میلی‌لیتر استن 80 درصد (V/V) کم کم به آن افزوده شد و بافت برگی به مدت 3 دقیقه سائیده شد و استخراج تا حصول یک محلول سبز رنگ یکنواخت ادامه یافت. سپس محلول بدست آمده را به لوله‌های سانتریفوژ منتقل کرده و سپس در دستگاه سانتریفوژ در 4000 دور در دقیقه به مدت 20 دقیقه سانتریفوژ کرده و بعد از اتمام این زمان، جذب محلول روئی در طول موج‌های450، 663 و 645 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتردر مقابل حلال شاهدی از استن 80 درصد (محلول بلانک) قرائت گردید و سپس میزان کلرفیل a، کلروفیل b، کلرفیل a+b و کاروتنوئید در عصاره بر مبنای میلی‌گرم از آن‌ها در هرگرم برگ تازه براساس فرمول‌های ارائه شده در مقاله *جیا و همکاران* (2011) محاسبه گردید.

میلی‌گرم کلرفیل a در هر گرم برگ تازه = [12.7 (D663) - 2.69 (D645)] × [V/(1000 × W)]

میلی‌گرم کلرفیل b در هر گرم برگ تازه = [22.9 (D645) - 4.68 (D663)] × [V/(1000 × W)]

میلی‌گرم کلرفیل a+b در هر گرم برگ تازه = [20.2 (D645) + 8.02 (D663)] × [V/(1000 × W)]

میلی‌گرم کاروتنوئید در هر گرم برگ تازه = 227/ [(1000 × D450)-(3.27 ×mgChl.a)-(104 ×mgChl b]]

در معادلات مذکور، D نشان دهنده دانسیته نوری عصاره برگ در طول موج ذکرشده، V بیانگر حجم نهائی عصاره برگ در استون 80 درصد و W وزن تازه برگ برحسب گرم می‌باشد.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس نرم افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح 5% صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف سالسیلیک اسید بر روی کاهش بیماری زائی قارچ رایزوکتونیا در غده‌های سیب زمینی موثر می‌باشد و شدت علائم آلودگی با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید کاهش یافت، به طوری که غلظت 0/5 میلی مولار اسید سالسیلیک باعث کاهش تعداد علائم آلودگی گردید و در غلظت 0/5 میلی مولار سالسیلیک اسید کمترین وسعت لکه های ایجاد شده ناشی از بیماریزائی قارچ رایزوکتونیا مشاهد گردید (جدول 1). به علاوه نتایج نشان داد که تیمارهای سالسیلیک اسید بر روی وزن ریز غده‌های سیب زمینی موثر بود، به طوری که با افزایش غلظت سالسیلیک اسید باعث افزایش میانگین وزن ریز غده‌های سیب زمینی نسبت به شاهد گردید و در غلظت 0/5 میلی مولار سالسیلیک اسید بیشترین مقدار وزن غده‌ها مشاهده گردید (جدول 2). همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای سالسیلیک اسید بر روی تعداد ریز غدد های سیب زمینی موثر بود، به طوری که با افزایش غلظت سالسیلیک اسید تعداد ریزغده های سیب زمنی نسبت به شاهد افزایش نشان داد و در غلظت 5/. میلی مولار سالسیلیک اسید بیشترین میانگین تعداد ریز غده‌ها سیب زمینی مشاهده گردید (جدول 2). از طرف دیگر، تیمار قارچی بر روی میزان کلروفیل کل (a+b) و کاروتنوئید در برگ سیب زمینی موثر بود، به طوری که میزان کلروفیل در گیاهان سیب زمینی سالم نسبت به گیاهان آلوده به قارچ به طور معنی‌داری بیشتر بود و با نتایج تحقیقات *الحکیمی و القلیبی* (Al- Hakimi and Al-Ghalibi, 2007) مطابقت داشت. بالا بودن میزان کلروفیل در گیاهان سالم نسبت به گیاهان آلوده به قارچ یک امر طبیعی است، زیرا بخشی از انرژی گیاه درگیاهان آلوده صرف مقابله با آلودگی قارچی می‌شود و از اینرو ساخته شدن و میزان کلروفیل در گیاهان آلوده کمتر از گیاهان سالم خواهد بود. در صورتی که میزان کاروتنوئیدها در گیاهان آلوده به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان سالم بود و با نتایج *لاکشیمی و همکاران* (Lakshmi *et al.*, 2011) که افزایش میزان ترکیبات کاروتنوئیدی را در گیاهان بادام زمینی آلوده به قارچ

رایزوکتونیا سولانی نسبت به گیاهان شاهد گزارش کرده‌اند، تطابق داشت. به نظر می‌رسد که گیاهان برای مقابله با هر نوع تنش زیستی یا غیرزیستی موادی بنام متابولیت‌های سازگار تولید می‌کنند. از اینرو احتمالاً افزایش میزان میانگین کاروتنوئیدها (به عنوان متابولیت‌های سازگار) در گیاهان آلوده به قارچ در جهت مقابله با تنش قارچی بوده باشد. هرچند که *کیپرو وسکی و همکاران* (Kiprovski *et al*., 2012) در گیاهان سویا و ذرت آلوده به قارچ رایزوکتونیا سولانی کاهش میزان کل ترکیبات کاروتنوئیدی را نسبت به گیاهان سالم گزارش کرده‌اند. از اینرو ممکن است مکانیسم افزایش تولید متابولیت‌های سازگار از جمله افزایش تولید ترکیبات کاروتنوئیدی یکی از راه‌های مقابله گیاهان سیب زمینی با آلودگی قارچ رایزوکتونیا سولانی باشد و ممکن است این مکانیسم‌های سازگاری با تنش قارچی در گونه‌های مختلف گیاهی با هم متفاوت باشند.

جدول 1- اثر سالیسیلیک اسید بر ریز غده‌های سیب‌زمینی آلوده به قارچ رایزوکتونیا سولانی (*Rhizoctonia solani*). مقیاس علائم آلودگی (وجود اسکلروت) روی غده های سیب‌زمینی با مقیاس عددی از 1 تا 5 نشان داده شده است.

منابع	غلظت سالیسیلیک اسید (میلی‌مولار)			
	صفر (شاهد)	0/2	0/5	1
مقیاس علائم آلودگی (حضور اسکلرت) روی ریز غده‌های سیب زمینی	3/5±0/2	3/3±0/2	1/6±0/2	1/7±0/2

مقیاس‌های 1، 2، 3، 4 و 5 به ترتیب تعداد 1 تا 5، 5 تا 10 ، 10 تا 15، 15 تا 20 و 20 تا به بالا اسکلروت را روی ریزغده‌های سیب‌زمینی نشان می‌دهد. هر عدد در جدول میانگین تعداد علائم آلودگی (اسکلروت) روی ریز غده‌های سیب زمینی (در حدود 367 نمونه) است.

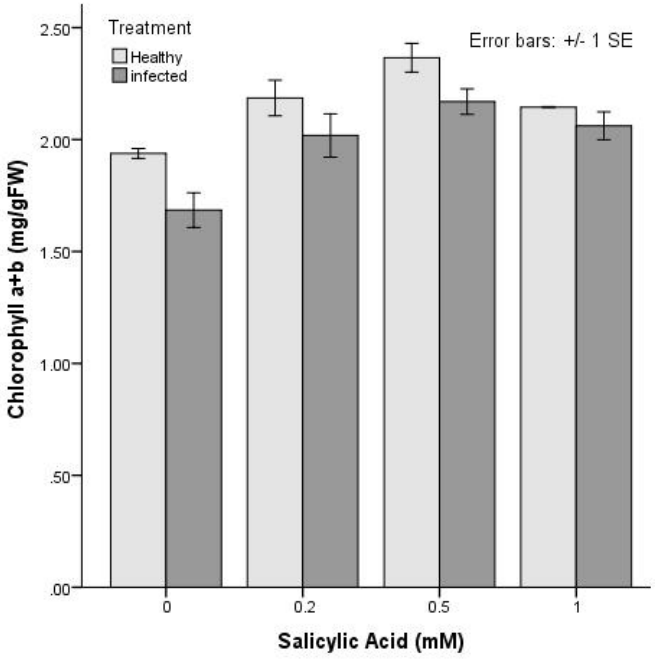
جدول 2- اثر سالیسیلیک اسید بر روی میانگین تعداد و وزن ریز غده‌های سیب‌زمینی در گلدان آلوده شده به قارچ رایزوکتونیا سولانی (*Rhizoctonia solani*).

منابع	غلظت سالیسیلیک اسید (میلی‌مولار)			
	صفر (شاهد)	0/2	0/5	1
تعداد ریز غده‌ها در گلدان	17/2±0/2	20/1±0/2	22/3±0/2	21/5±0/2
وزن ریز غده‌ها در گلدان (گرم)	35/7±0/2	40/2±0/2	41/4±0/2	38/3±0/2

اعداد در جدول میانگین 20 تکرار هستند (هر گلدان یک تکرار در نظر گرفته شده است).

از طرف دیگر، تیمارهای سالسیلیک اسید بر روی میزان کلرفیل موثر بود، به طوری که بیشترین میزان میانگین کلروفیل کل در غلظت 0/5 میلی‌مولار سالیسیلیک اسید کسب گردید و کمترین میزان آن در شاهد مشاهده گردید (شکل 1). به نظر می‌رسد که کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های 0/5 و 1 میلی‌مولار تاثیر مثبتی در تولید کلروفیل در گیاهان سیب زمینی آلوده و سالم داشته است. هرچند که چگونگی و مکانیسم تاثیر اسید سالیسیلیک بر روی میزان کلروفیل کمتر مطالعه شده است با این وجود، *الحکیمی و القلیبی* (2007) تاثیر اسید سالیسیلیک (0/6

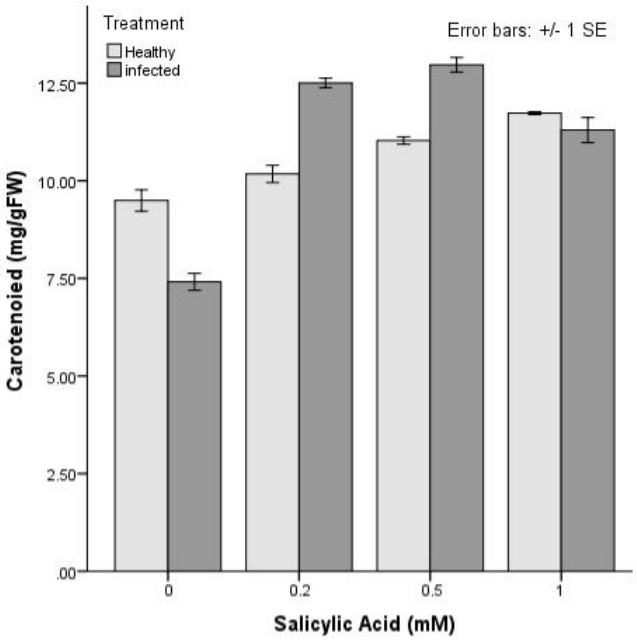
میلی‌مولار) بر روی مقادیر کلروفیل در گیاه لوبیا را مثبت گزارش کرده‌اند که با نتایج این تحقیق نیز همخوانی نشان می‌دهد. به علاوه، *ایلیریم و همکاران* (Yildirim *et al.*, 2008) گزارش کرده‌اند که بکاربردن غلظت 1 میلی مولار اسید سالیسیلیک بیشترین میزان کلروفیل در گیاهان خیار بدنبال داشته است که با نتایج این تحقیق کاملاً مشابهت نشان می‌دهد. از طرف دیگر *مهاریکار و همکاران* (Moharekar *et al.*, 2003) گزارش کرده‌اند که میزان کلروفیل با کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهان گندم کاهش پیدا می‌کند. از اینرو به نظر می‌رسد که تاثیر اسید سالیسیلیک بر روی میزان کلروفیل در تمام گیاهان یکسان نیست. حتی گمان می‌رود که در واریته‌های یک گونه یا رقم آن نیز تاثیر اسید سالیسیلیک بر روی میزان کلروفیل یکسان نباشد (Memarpour and Hadi, 2012). به علاوه در رابطه با چگونگی تاثیر مثبت یا منفی اسید سالیسیلیک بر روی بیوسنتز یا مقدار کلروفیل گزارش دقیقی وجود ندارد ولی به نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک یک اثر بهبود دهندگی روی کاهش میزان کلروفیل در گیاهان سیب زمینی آلوده به قارچ داشته باشد و در این رابطه گزارش شده است که اسید سالیسیلیک دستگاه فتوسنتزی را در مقابل عوامل تنش‌زا در برگ گیاهان خیار محافظت می‌کند (Sun *et al.*, 2006).



شکل1- اثر اسید سالیسیلیک بر روی میزان کلروفیل کل (a+b) در گیاهان سیب زمینی آلوده شده به قارچ رایزوکتونیا سولانی.

از طرف دیگر، تیمارهای سالسیلیک اسید روی میزان کاروتنوئید موثر بود، به طوری که بیشترین میزان میانگین کاروتنوئید در غلظت 0/5 میلی‌مولار سالیسیلیک اسید کسب گردید و کمترین میزان آن در شاهد مشاهده می‌شود. در این رابطه با افزایش میزان اسید سالیسیلیک تا میزان 0/5 میلی مولار یک روند افزایشی در میزان کاروتنوئید درگیاهان سیب زمینی (آلوده و سالم) مشاهده می‌شود (شکل 2) و کاربرد اسید سالیسیلیک میزان ترکیبات کاروتنوئیدی را در برگ گیاهان سیب زمینی افزایش داده است که با نتایج *مهاریکار و همکاران* (2003) همخوانی نشان می‌دهد. به

طوری که این محققین گزارش کرده‌اند که در گیاهان گندم با کاربرد اسید سالیسیلیک میزان کاروتنوئیدها نسبت به شاهد افزایش نشان می‌دهد. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج *الحکیمی و القلیبی* (2007) همخوانی نشان می‌دهد. به طوری که این محققین گزارش کرده‌اند که در گیاهان لوبیا با کاربرد اسید سالیسیلیک میزان کاروتنوئیدها نسبت به شاهد افزایش نشان می‌دهد. از اینرو به نظر می‌رسد که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاهان می‌شود. با توجه به این که کاروتنوئیدها به عنوان رنگیزه‌های کمکی با مرکز واکنش در فتوسنتز ایفای نقش می‌کنند و همچنین از طریق چرخه گزانتوفیل باعث حفاظت نوری از کلروفیل می‌شود (Hadi, 2012). از اینرو به نظر می‌رسد که یکی از مکانیسم‌های احتمالی تاثیر بهبود دهندگی اسید سالیسیلیک در رشد گیاهان از طریق تاثیرآن بر روی افزایش روند تولید ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاهان سیب زمینی بوده باشد. در این رابطه گزارش شده است که اسید سالیسیلیک باعث بیان هشت ژن از ترکیبات کاروتنوئیدی می‌شود (Gao *et al.*, 2012). بنابراین به نظرمی‌رسد که افزایش ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاهان سیب زمینی آلوده به قارچ رایزوکتونیا سولانی باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر آلودگی قارچی شده است و افزایش ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاهان سیب زمینی یکی از مکانیسم‌های بکار رفته در مقابله با آلودگی قارچی باشد.



شکل 2- اثر اسید سالیسیلیک بر روی میزان کاروتنوئید در گیاهان سیب زمینی آلوده شده به قارچ رایزوکتونیا سولانی.

نتیجه گیری

کاربرد اسید سالیسیلیک می‌تواند باعث کاهش خسارات ناشی از قارچ رایزوکتونیا بر روی ریز غده های سیب زمینی گردد (جدول 1). همچنین کاربرد این هورمون می‌تواند باعث افزایش تعداد و وزن ریز غده‌های سیب زمینی گردد (جدول 2). از طرف دیگر، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در گیاهان سالم و آلوده میزان کلروفیل و ترکیبات کاروتنوئیدی یک روند افزایشی را نشان می‌دهند (شکل 1). افزایش میزان کلروفیل منجر به افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاه می‌شود و افزایش کاروتنوئید منجر به افزایش مقاومت گیاه در مقابل انواع تنش‌ها می‌شود. با توجه به این که کاروتنوئیدها باعث حفاظت نوری از کلروفیل می‌شوند و همچنین به عنوان رنگیزه‌های کمکی در فتوسنتز ایفا نقش می‌کنند (Hadi, 2012)، از اینرو به نظرمی‌رسد که افزایش ترکیبات کاروتنوئیدی درگیاهان سیب زمینی آلوده به قارچ رایزوکتونیا سولانی باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر آلودگی قارچی شده است و افزایش ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاهان سیب زمینی یکی از مکانیسم‌های بکار رفته در مقابله با آلودگی قارچی باشد. چرا که به نظر می‌رسد در طی فرآیندهای طولانی مدت که بین گیاه و قارچ رایزوکتونیا سولانی صورت می‌گیرد، گیاهان به تدریج یکسری مکانیسم‌های حفاظتی موثر (مثل افزایش متابولیت‌های ثانویه نظیر کاروتنوئیدها یا سولانین) را برای دفاع در برابر پاتوژن‌های مهاجمی کسب می‌کنند که در این مکانیسم سالیسیلیک اسید به عنوان یک سیگنال مولکولی که نقش مهمی را در بدست آوردن مقاومت بازی می‌کند مورد توجه قرار گرفته است، هرچند که چگونگی مکانیسم مولکولی آن مشخص نیست. از طرف دیگر، غده سیب زمینی سرشار از کاروتنوئید از نوع بتاکاروتن (پیش‌ساز ویتامین A) است که وقتی پخته می‌شود به آسانی جذب بدن انسان می‌شود. ساقه و برگ‌های سیب زمینی نیز دارای کاروتنوئید هستند ولی برگ‌های سیب زمینی حاوی ماده سمی به نام سولانین نیز می‌باشد که برای انسان و حیوانات خطرناک است. در اینجا به نظر می‌رسد که گیاه سیب زمینی دارای یک سیستم هوشمندی برای مقابله با جوندگان از طریق ساخت متابولیت ثانویه مثل سولانین در برگ است که باعث می‌شود جوندگان از برگ گیاه به عنوان غذا استفاده نکنند و یک سیستم هوشمند دیگری در غده‌های زیر زمینی برای مقابله با قارچ‌های خاکزی از جمله قارچ رایزوکتونیا سولانی از طریق ساخت متابولیت های ثانویه مثل کاروتنوئید دارد که باعث می‌شود قارچ‌ها آسیب کمتری به غده و بخش‌های زیر زمینی برساند.

تشکر و قدردانی

از همکاری مدیریت و پرسنل آزمایشگاه زیست شناسی علوم گیاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس سابق و همچنین از همکاری مدیر و پرسنل گروه پژوهشی بیوتکنولوژی سیب‌زمینی دانشگاه اصفهان تشکر می‌نمایم. به علاوه، از همکاری مدیریت و پرسنل حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات فارس سابق و همچنین از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت کمال تشکر و قدردانی را دارم.

References

1. Abd El-Hai KM, El-Metwally MA, El-Baz SM and Zeid AM. 2009. The use of antioxidants and microelements for controlling damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and charcoal rot caused by *Macrphomina phasoliana* on sunflower. Plant Pathology Journal 8: 79–89.
2. Al-Hakimi AMA and Al-Ghalibi SMS. 2007. Thiamin and salicylic acid as biological alternatives for controlling broad bean rot disease. Journal of Applied Sciences and Environmental Management 11: 125–131.
3. Arnon DI. 1956. Photosynthesis by isolated chloroplasts IV. General concept and comparison of three photochemical reactions. Biochimica et Biophysica Acta 20: 449–461.
4. Balali GR, Hadi MR, Naderi AG, Eslami AH, Yavari P and Bidram H. 2008a. Effect of pot size, date of planting and germplasm on mini tuber production of potato. African Journal of Biotechnology 7: 1265–1270.
5. Balali GR, Rahimian M and Kosari M. 2008b. Study of genetic variation of *Rhizoctonia solani* AG 1-1A isolated from rice using pectic zymogram technique. Iranian Journal of Biology 21: 17–23.
6. Blair ID. 1943. Behaviour of the fungus *Rhizoctonia solani* Köhn in the soil. Annals of applied Biology 30: 118–127.
7. Fabeiro C, Martin de Santa Olalla F and de Juan JA. 2001. Yield and size of deficit irrigation potatoes. Agricultural Water Management 48: 255–266.
8. FAO .2008. Report of the Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nation of American. New York: FAO Publishing.
9. Gao Z, Meng C, Zhang X, Xu D, Miao X, Wang Y, Yang L, Lv H, Chen L and Ye N. 2012. Induction of salicylic acid (SA) on transcriptional expression of eight carotenoid genes and astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis*. Enzyme and Microbial Technology 51: 225–230.
10. Hadi MR and Balali GR. 2010. The effect of Salicylic acid on the reduction of *Rizoctonia solani* damage in potato. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 7: 492–496.
11. Hadi MR, Balali GR and Taheri R. 2008. The effects of Salicylic acid on the reduction of *Rizoctonia solani* damage in potato. Proceedings of the 1st National Seminar of potato, 21-22 June, Ardabil, Iran.
12. Hadi MR, Balali GR and Taheri R. 2015. Enhance iron and zinc accumulation in potato (*Solanum tuberosum*) for increase nutrition value of the tuber. Journal of Plant Nutrition 38: 202–211.
13. Hadi MR, Balali GR, Moosavi MR, Hosseini F. 2014. The effects of salicylic acid in reducing potato virus Y damage in two potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars, Agria and Marfona. Iranian Journal of Plant Biology 20: 171–183.
14. Hadi MR. 2012. Plant Metabolism (Vol. 1). Shiraz, Iran: Islamic Azad University, Branch Fars Press.
15. Hadi MR. 2013. Mechanism of Plant Hormones Action (Vol. 1); Shiraz, Iran: Islamic Azad University, Branch Fars Press.
16. Hosseini F, Hadi MR and Balali GR. 2012. The Effects of salicylic acid on the photosynthetic pigments and leaf area in potato plants. Proceedings of the 1st National Conference on Agriculture in Hard environmental conditions, 20 May 2012, Islamic Azad University, Ramhormoz Branch.

17. Jia D, Fan L, Liu G, Shen J, Liu C and Yuan Y. 2011. Effects of Genotypes and Bagging Practice on Content of b-Carotene in Apple Fruits. Journal of Agricultural Science 3: 196–202.
18. Khajehpour MR. 1991. Production of Industrial Crops. Isfahan, Iran: Isfahan University of Technology Press.
19. Kiprovski B, Malencic DJ, Popovic M, Budakov D, Stojšin V and Baleševic-Tubic S. 2012. Antioxidant systems in soybean and maize seedlings infected with *Rhizoctonia solani*. Journal of Plant Pathology 94: 313–324.
20. Lakshmi JS, Kuberan T, Anbura J, Sundaravadivelan J, Kumar C and Manorama Dhanaseeli P. 2011. Effect of plant growth promoting fungal inoculant on the growth of *Arachis hypogea* (L.) and it's role on the induction of systemic resistance against *Rhizoctonia solani*. Asian Journal of Bio Science 6: 131–139.
21. Laszlo M. 2010. Effects of potassium mineral fertilization on potato (*Solanum Tuberosum L.*) yield on a Chernozem soil in Hungary. Paper presented at: General Assembly 12; 2–7 May; Vienna, Austria.
22. Mahmodi J, Hadi MR and Jafarinia M. 2012. Effects of salicylic acid and potassium fertilizer on yield of two potatoes (CV Santana and Arinda). Paper presented at: First National Conference on Abiotic stresses; 10–11 November; Isfahan, Iran.
23. Memarpour M and Hadi MR. 2012. Effect of nitric oxide on drought tolerance in potato cultivars. Paper presented at: First National Conference on Sustainable Agricultural Development and Healthy Environment, 8 March; Hamedan, Iran.
24. Moharekar ST, Lokhande SD, Hara T, Tanaka R and Tanaka A. 2003. Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings. Photosynthetica 41: 315–317.
25. Mohtadinia J and Mohammadrezaie R. 1995. Agronomy and potato storage. Tehran, Iran: Agriculture Research Press.
26. Nie X. 2006. Salicylic acid suppresses Potato virus Y isolate N:O-induced symptoms in tobacco plants. Phytopathology 96: 255–263.
27. RMAI (Report of Ministry of Agriculture of Iran) 2009. Statistic report of agriculture, Office of Statistics and Information Technology. Tehran, Iran: Ministry of Agriculture Press.
28. Sun Y, Xu W and Fan A. 2006. Salicylic acid on chlorophyll fluorescence and xanthophyll cycle in cucumber leaves under high temperature and strong light. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao (= The Journal of Applied Ecology) 17: 399–402 (in Chinese).
29. Yildirim E, Turan M. and Guvenc I. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll and mineral content of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition 31: 593–612.

Study of efficacy of Hyre and Wallin models for predicting potato late blight in Gorgan

M.A. Aghajani*[1]

Abstract

Late blight, caused by *Phytophthora infestans*, is the most important disease of potato in the world, which several models have been developed for its forecasting in different regions of the world. Two important and basic models are Hyre and Wallin's which use weather variables BFD (favorable day based on daily temperature and rainfall) and SV (severity values based on hourly relative humidity and temperature) for disease prediction, respectively. In order to study of predicting potential of these models under the conditions at Gorgan region, weather data of ten years (2002-2012) were utilized via logistic regression and discriminant analyses. Analysis of these variables during two durations (from planting to disease appearance and from the first day of Farvardin to disease appearance) revealed that there isn't a significant relationship between the models specified variables and disease occurrence, but changing the thresholds of precipitation in Hyre model and RH in Wallin model produced a significant relationship. Besides the variables of these models, the four variables of total precipitation, number of rainy days, total sunny hours and total evaporation, had a very significant correlation with disease occurrences, and could predict the disease occurrences with a high accuracy.

Keywords: Blight favorable day, forecasting, late blight, potato, severity value.

[1]- Research Assistant Professor, Department of Plant Protection research, Agricultural and Natural Resources, Research Center of Golestan Province, Gorgan, Iran.

*Corresponding author: maaghajanina@yahoo.com