بررسی تأثیر القاءکننده‌های مقاومت به‌عنوان جایگزین سموم قارچ‌کش برای کنترل بیماری سفیدک دروغی پیاز

Evaluation of resistance inducer effect as a substitution of fungicide for onion downy mildew control

محمدرضا اصلاحی[1*] و عبدالستار دارابی[2]

دریافت: ۹۹/۷/۱۶ پذیرش: ۹۹/۱۲/۵

چکیده

کاربرد ترکیبات القاءکننده مقاومت باعث کاهش وقوع و شدت بیماری در گیاهان می‌شود. اثر ترکیبات القاءکننده مقاومت روی بیماری سفیدک دروغی پیاز به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان بررسی شد. القاءکننده‌های مقاومت شامل فسفات دی‌پتاسیم با غلظت ۵۰ میلی‌مولار، اسید نیکوتینیک ۸۰ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک با غلظت سه میلی‌مولار، به همراه تیمار قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب (WP72%) به نسبت سه در هزار و تیمار شاهد (آب) و ژنوتیپ در دو سطح شامل پیاز اصلاح شده بهبهان و تگزاس ارلی وایت بود. اعمال تیمارها از اواسط بهمن ماه در مرحله ۳ تا ۴ برگی شروع و تا اواخر فروردین ماه هر دو هفته یک بار و جمعاً پنج نوبت تکرار شد. شدت بیماری با ارزیابی ۴۰ گیاه در هر تیمار هنگامی که شاخص بیماری در تیمار شاهد کمتر از ۷۵ درصد بود، در ۲ ردیف وسط هر کرت آزمایشی محاسبه گردید. بیشترین درصد شدت بیماری در تیمار شاهد بدون سمپاشی با میزان ۷۵/۵۰ درصد و کمترین میزان شدت بیماری در تیمار قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب با ۱۴/۱۷ درصد مشاهده گردید. شدت بیماری در تیمارهای فسفات دی پتاسیم، اسید سالیسیلیک و اسید نیکوتینیک به ترتیب با ۲۸/۳۳ ، ۳۳/۳۳ و ۲۳/۳۳ درصد بود. بنابراین استفاده از القاءکننده‌های مقاومت می‌تواند جایگزینی برای قارچ‌کش‌ها باشد.

واژگان کلیدی: پیاز، سفیدک دروغی، اسید سالیسیلیک، اسید نیکوتینیک، فسفات دی‌پتاسیم

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲- دانشیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اهواز، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: mr_eslahi@yahoo.com

مقدمه

استان خوزستان با سطح زیر کشت ۴۳۱۷ هکتار و میزان عملکرد ۱۶۴۹۳۰ تن بعد از استان‌های اصفهان، جنوب استان کرمان، هرمـزگان و فـارس در جایـگاه پنجـم تولید پیاز در کشور قرار دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). در سـال‌های اخیر به دلیل بروز برخی مشکلات و تهدیدهای ناشی از مصرف سموم شیمیایی در سیستم‌های کشاورزی، گرایش زیادی به استفاده از پتانسیل بالقوه مواد بیولوژیکی درکنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز ایجاد شده‌است. افزایش سریع تقاضا برای تولید محصولات سالم‌تر، استفاده از ترکیبات کم‌خطر را بالا برده‌است. سفیدک دروغی پیاز که توسط قارچ Berk *Peronospora destructor* ایجاد می‌گردد، گسترش وسیعی داشته و موجب خسارت‌های اقتصادی شدیدی به محصول پیاز می‌گردد (Raziq *et al*., 2008). اگر خسارت روی برگ شدید باشد، توسعه سوخ پیاز به‌طور قابل توجهی متوقف شده و نهایتاً تعداد زیادی سوخ با گردن بطری شکل ایجاد می‌گردد (مشاهدات نگارنده). در استان خوزستان این بیماری در نواحی کشت پیاز از جمله رامهرمز، بهبهان، ایذه و باغملک خسارت‌های شدیدی به محصول پیاز وارد می‌نماید. متأسفانه تاکنون آمار دقیقی از میزان خسارت این بیماری در مناطق مختلف استان وجود ندارد. اما در سال‌هایی که شرایط برای توسعه بیماری فراهم باشد، خسارت‌های جبران‌ناپذیری به محصول وارد می‌کند که کشاورزان را مجبور به استفاده از قارچ‌کش‌ها با مقادیر زیاد می‌نماید. برای کنترل بیماری از قارچ‌کش‌های متعددی چون ریدومیل مانکوزب استفاده می‌شود، اما استفاده از قارچ‌کش‌ها معمولاً یا به درستی صورت نگرفته و یا این‌که با دوزهای بالا به‌کار برده می‌شوند که این خود مشکلات متعدد دیگری ایجاد می‌کنـد. در سال‌های اخیر اسـتفاده از القاءکننده‌های مقاومت در گیاهان برای کنترل بیماری‌ها مورد توجه قرار گفته و در موارد بسیاری کاربرد این مواد، القاءکننده مقاومت، کاهش وقوع و شدت بیماری را موجب شده‌است. استفاده از این القاءکننده‌ها نه تنها مشکلات زیست محیطی و انسانی را به دنبال ندارد بلکه با استفاده صحیح حتی تأثیراتی چون افزایش عملکرد را نیز به واسطه بهبود رشد گیاه به دنبال دارد (جمالی زواره و شریفی تهرانی، ۱۳۸۴). سفیدک دروغی پیاز یکی از بیماری‌های مهم پیاز در ایران محسوب می‌شود (عبدالله پور و همکاران، ۱۳۹۳). آلودگی به سفیدک دروغی در همه مراحل رشد گیاه مشاهده می‌شود و تمام بخش‌های گیاه ممکن است مورد تهاجم عامل بیماری قرار گیرند (Butler and Jones, 1955). در گیاهانی که از سوخ‌های آلوده رشد می‌کنند، آلودگی سیستمیک مشاهده می‌شود. به‌علاوه این گیاهان، کوچک مانده و رنگ برگ‌ها در آنها سبز روشن است. در آب و هوای مرطوب، لکه‌های بنفش متمایل به خاکستری روی تمام سطح برگ مشاهده می‌شود (Raziq *et al*., 2008). سـوخ‌های آلوده در انـبار نرم شـده و شـکاف برمی‌دارند. وجود رطوبت به‌صورت آب آزاد روی سطح برگ‌ها برای گسترش سریع بیماری ضروری است. برای شروع آلودگی، بیمارگر نیاز به دمای خنک (کمتر از ۲۲ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی بالاتر از ۹۵ درصد دارد؛ همچنین روزهای ابری برای توسعه بیماری مطلوب هستند (Gupta and Paul, 2001).

راهکارهایی نظیر کاربرد قارچ‌کش‌ها، تغییر تاریخ کاشت، استفاده از ارقام مقاوم، زهکشی خاک و استفاده از بذر سالم برای کنترل بیماری پیشنهاد شده است (Whiteman and Beresford, 1998). تاکنون قارچ‌کش‌های مختلفی برای کنترل سفیدک دروغی پیاز مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند، به‌طوری‌که همه قارچ‌کش‌های مورد استفاده به‌طور معنی‌داری توسعه همه‌گیری بیماری را کاهش می‌دهند (Surviliene *et al.*, 2008). همچنین به نظر می‌رسد که مقاومت طبیعی کاملی نسبت به سفیدک دروغی در *Allium cepa* وجود ندارد (Kofoet *et al.*, 1990).

بسیاری از موادی که از نظر محیطی ایمن بوده و ارزان قیمت نیز هستند، توانایی القاء مقاومت در گیاهان برعلیه بیماری‌ها را دارند. استفاده از اسید سالیسیلیک در پیاز موجب القاء مقاومت بر علیه قارچ *Stemphylium vesicarium* و کاهش توسعه بیماری می‌شود (Abo-Elyouser *et al.*, 2009). الیگوکیتوزان پلیمری است که از تاباندن اشعه گاما بر کیتوزان به‌دست می‌آید. در تحقیـقی اسـتفاده از الیگوکـیتوزان موجب کاهـش جـوانه‌زنی اسـپورهای قارچ *Alternaria porri* عامل سوختگی ارغوانی پیاز شد. به‌طوری‌که شدت بیماری در تیمار آزمایشی در مقایسه با تیمار شاهد به شدت کاهش یافت (Gaikwad *et al.*, 2019). کاربرد برگی جاسمونیک اسید، سالیسیلیک اسید و متیل

جاسمونیک در کاهش وقوع و شدت بیماری سفیدک دروغی خیار در شرایط مزرعه مؤثر بوده است (Farouk *et al.*, 2008). محلول‌پاشی جو باکیتوزان، سالیسیلیک اسید، فرم استری بنزوتیازول کربونیک اسید موجب القاء مقاومت برعلیه بیماری سفیدک پودری جو شد (Faoro *et al.*, 2008). تیمار بذور گیاه آفتابگردان با کیتوزان ۵ درصد شدت بیماری سفیدک دروغی را در شرایط گلخانه و مزرعه کاهش داد (Nandeeshkumar *et al.*, 2008). در مطالعه‌ای نقش پیپکولیک اسید در افزایش میزان و تجمع نیکوتین و مقاومت گیاه توتون در برابر آلودگی‌های میکروبی به‌خوبی اثبات شده است (Vogel-Adghoudh *et al.*, 2013). به نظر می‌رسد بتاآمینوبوتریک اسید جزء مهمی در تنظیم پاسخ القاء مقاومت سیستمیک باشد (Piękna-Grochala and Kępczyńska, 2013). جمالی زواره و شریفی تهرانی (۱۳۹۴) اثر شش ترکیب شیمیایی اسیبنزولار– اس– متیل، بتاآمینوبوتریک اسید، سالیسیلیک اسید، نیکوتینیک اسید، فسفات دی‌پتاسیم و عصاره گیاه *Reynoutria sachalinensis* را در خیار برعلیه بیماری سفیدک پودری مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که همه این ترکیبات توانستند شدت بیماری را کاهش دهند. اثر بی‌کربنات پتاسیم در مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز، با هدف استفاده از مواد بی‌خطر و سازگار با محیط زیست روی میزبان خیار در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت (عظیمی، ۱۳۹۱). نتایج امکان استفاده از بی‌کربنات پتاسیم را به‌عنوان قسمتی از رژیم سمپاشی در مدیریت بیماری سفیدک پودری خیار تأیید نمود. امکان القاء مقاومت در خیار برعلیه ویروس موزائیک خیار با استفاده از محلول پاشی کیتوزان در مرحله چهار برگی با غلظت‌های صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام روی برگ‌های خیار در شرایط گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت و کمترین میزان غلظت ویروس و شدت بیماری در گیاه در تیمار ۱۵۰۰ppm مشاهده گردید. نتایج بیانگر القاء مقاومت، کاهش غلظت ویروس و شدت بیماری در خیار بود (عطار فدردی و همکاران، ۱۳۹۴).

در تحقیق دیگری القاء مقاومت توسط بتاآمینوبوتریک اسید علیه قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis* و *F.cucumerinum*، در گیاه خیار مورد ارزیابی قرار گرفت (علیزاده و سالاری، ۱۳۹۳). در این تحقیق بعد از دو هفته ریشه‌های گیاهان در مرحله سه برگی با بتاآمینوبوتریک با غلظت ۳۴۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم خاک گلدان تلقیح شد. نتایج نشان داد که این ترکیب قادر به ایجاد حالت آماده باش در بیان بعضی از ژن‌ها و کاهش معناداری در شدت بیماری از طریق القاء مقاومت شد. بنابراین با توجه به اهمیت بیماری در استان خوزستان و اهمیت کشت پیاز و توسعه بیماری در مناطق کشت استفاده از ترکیباتی که بتوانند بیماری را کنترل نموده و اثرات زیست محیطی کمتری داشته باشند، ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر القاءکننده‌ها روی بیماری سفیدک دروغی پیاز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی شامل۱۰ تیمار با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان انجام شد. تیمارها در پنج سطح القاءکننده‌های مقاومت شامل فسفات دی پتاسیم با غلظت ۵۰ میلی‌مولار، اسید نیکوتینیک ۸۰ میلی‌مولار و اسید سالسیلیک با غلظت ۳ میلی‌مولار و تیمار قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب به نسبت ۳ در هزار و تیمار شاهد (آب‌پاشی) بودند (جمالی زواره و شریفی تهرانی، ۱۳۸۴). همچنین ژنوتیپ در دو سطح شامل پیاز اصلاح شده بهبهان و تگزاس ارلی وایت در نظر گرفته شد. تیمارها از اواسط بهمن که گیاهان در مرحله ۳ تا ۴ برگی بودند تا اواخر فروردین هر دو هفته یک‌بار، جمعاً پنج بار اعمال گردیدند. برای اجرای آزمایش ابتدا بذور در خزانه در اوایل مهر ماه کشت و سپس نشاها در مرحله ۲ تا ۳ برگی به مزرعه با سابقه آلودگی بالا در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان منتقل شدند. هر پلات آزمایشی شامل ۴ خط کاشت به طول ۴/۲۰ متر بود و فاصله خطوط کاشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۷ سانتی‌متر منظور شد. آبیاری مطابق با نیاز آبی گیاه انجام گرفته و علاوه بر آن هر هفته یک‌بار به منظور

سرعت بخشیدن به اسپورزایی و استقرار بیماری روی گیاه مه‌پاشی انجام شد. این کار موجب مایه‌زنی بیماری به‌طور طبیعی و با شرایط محیطی شد.

شدت بیماری با ارزیابی ۴۰ گیاه به‌طور تصادفی در ۲ ردیف وسط هر پلات در هر تیمار با اختصاص نمره ۹ مطابق با جدول ۱ هنگامی که شاخص بیماری در تیمار شاهد بیشتر از ۷۵ درصد بود، محاسبه گردید (Kofoet and Fischer, 2007). میانگین شدت بیماری برای هر تیمار با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$DS= \sum(\frac{ni\times vi}{n\times v}) \times 100$$

در این فرمول *DS*: شدت بیماری، *ni*:تعداد گیاهان آلوده با نمره مشابه، *Vi*: نمره بیماری از ۱-۹ برای هر تیمار، *N*: تعداد کل گیاهان مورد ارزیابی و *V*: بالاترین نمره بیماری (۹) در نظر گرفته شد.

جدول ۱– شرح روش ارزیابی شدت بیماری سفیدک دروغی پیاز (Kofoet and Fischer, 2007)

Table 1. Assessment key for downy mildew of onion (Kofoet and Fischer, 2007)

Scale	معیار	Description	توصیف	Intensity (%)	شدت (٪)
1		No sympotms	بدون علامت	0	
2		Only few leaves affected	تنها تعداد کمی برگ آلوده شده	1	
3		Less than half of the plants affected	کمتر از نیمی از گیاه آلوده شده	5	
4		Most of plants affected, attack is restricted to one leaf per plant	اغلب گیاهان آلوده شده و حملات تنها به یک برگ از هر گیاه محدود شده	10	
5		All plants affected, attack restricted to one or two leaves per plant	تمام گیاهان آلوده شده و حملات به یک تا دو برگ محدود شده	20	
6		Three to four leaves of each plant affected, crop looks fairly green	سه تا چهار برگ از هر گیاه آلوده شده و گیاه تقریباً سبز است	50	
7		All leaves affected, crop gives blighted appearance	تمام برگ‌ها آلوده شده و ظاهر گیاه بلایت مانند است	75	
8		All leaves severely affected, greenness restricted to central shoot only	تمام برگ‌های به شدت آلوده شده و رنگ سبز تنها به جوانه مرکزی محدود شده	90	
9		Foliage completely blighted	شاخ و برگ کاملاً بلایت شده	100	

از تاریخ سبز شدن بذور، تاریخ انتقال نشاء به مزرعه، درصد بولتینگ، تاریخ برداشت، عملکرد کل سوخ، عملکرد قابل فروش شامل (وزن کل سوخ‌های هر کرت منهای وزن سوخ‌های دوقلو، پوسیده، گردن کلفت و سوخ‌های حاصل از بوته‌های به گل رفته)، تعداد مرکز، تعداد لایه‌های خوراکی، قطر لایه‌های خوراکی، متوسط وزن سوخ، متوسط قطر سوخ، متوسط ارتفاع سوخ، متوسط قطر گردن، درصد ماده خشک و درصد کل مواد جامد محلول سوخ یادداشت‌برداری به‌عمل آمد. در زمان برداشت میزان محصول گیاهان دو خط میانی هر کرت با حذف ۳۵سانتی‌متر بالا و پایین هر خط یادداشت و در محاسبات منظور شد. داده‌های کلیه صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند و میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر ژنوتیپ و القاءکننده مقاومت بر عملکرد پیاز در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). همچنین با توجه به جدول ۲ معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ و القاءکننده‌ها در صفت عملکرد در سطح ۱٪ بیانگر یکسان نبودن روند تغییرات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در اثر کاربرد القاءکننده

مقاومت بوده است. عملکرد رقم تگزاس ارلی وایت در مقایسه با جمعیت بهبود یافته پیاز بهبهان برتری معنی‌داری داشت (جدول ۳).

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

Table 2. Analysis of variance of studied charactristics

درصد سوخ خشک Bulb dry percentage	درصد ماده خشک محلول Total soluble solids percentage	Mean Squares: تعداد لایه Number of scales	میانگین قطر سوخ Average bulb diameter	میانگین وزن سوخ Average bulb weight	میانگین مربعات: شدت بیماری Disease intensity	محصول Yield	درجه آزادی df.	منبع واریانس Source of variation
0.064 $^{n.s}$	1.574 $^{n.s}$	0.074	$^{n.s}$1.938	$^{n.s}$126.366	$^{n.s}$2.722	$^{n.s}$18.154	2	بلوک Block
303.817**	307.840**	10.585**	3771.586**	28627.765**	17.541**	6975.960**	1	ژنوتیپ Genotype
0.518 $^{n.s}$	0.879 $^{n.s}$	0.172 $^{n.s}$	264.944**	1588.976**	22.283**	220.779**	4	القاء کننده Inducer
1.357 $^{n.s}$	1.366 $^{n.s}$	0.122 $^{n.s}$	72.651 **	689.643 **	2.403 *	64.993 *	4	ژنوتیپ × القا کننده Genotype ×inducer
0.527	0.80	0.125	15.066	185.915	0.51	21.987	18	اشتباه Error
6.92	10.25	10.62	6.46	8.49	12.73	7.98		ضریب تغییرات C.V (%)

$^{n.s}$ ، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

^{ns} :No significant diferences *:Significant differences at 0.01 level and **:Significant differences at 0.05 level

جدول۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف

Table 3. Means comparison of studied charactristics in different genotypes

درصد سوخ خشک Bulb dry matter (%)	درصد نهایی ماده خشک محلول Total soluble solids (%)	تعداد لایه‌های خوراکی Number of scales	میانگین قطر سوخ Average bulb diameter (mm)	میانگین وزن سوخ Average bulb weight (gr)	شدت بیماری Disease intensity (%)	محصول Yield (t/ha)	ژنوتیپ Genotype
7.26 b	5.579 b	2.85 b	70.35 a	204.78 a	29.53 b	74.05 a	ارلی وایت تگزاس Early White Texas
13.67 a	12.20 a	4.04 a	49.83b	116.37 b	37 a	43.05 b	رقم اصلاح شده بهبهان modified onion of Behbahan

* در هر ستون، مقادیر دارای حروف یکسان، باهم تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن P>0.01)

*Within each column having the same letters are not significantly different (Duncan p< 0.01)

مقایسه میانگین صفات در القاءکننده‌های مورد مطالعه نشان داد که کمترین میزان عملکرد (۵۲/۲۱ تن در هکتار) مربوط به تیمار اسید سالیسیلک بود (جدول۴). به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین شاهد (عدم کاربرد القاءکننده و ریدومیل مانکوزب) و تیمار اسید سالیسیلیک نبود. بیشترین محصول با مصرف قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب به میزان ۶۶/۰۲ تن در هکتار به‌دست آمد. میزان عملکرد محصول در تیمارهای فسفات دی‌پتاسیم و اسید نیکوتینیک به ترتیب با ۶۰/۹۸ و ۶۲/۰۲ تن در هکتار در مقایسه با مصرف قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب مشاهده شد، بین سه تیمار کاربرد ریدومیل مانکوزب و القاءکننده اسید نیکوتینیک و فسفات دی‌پتاسیم از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و هر سه در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۴). همچنین در جمعیت بهبود یافته بهبهان حداقل عملکرد در تیمار شاهد مشاهده شد. ولی افزایش محصول در اثر کاربرد فسفات دی‌پتاسیم و اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود. در این ژنوتیپ نیز حداکثر محصول در تیمار سم‌پاشی با ریدومیل مانکوزب به‌دست آمد. اما اختلاف عملکرد محصول در اثر محلول‌پاشی با اسید نیکوتینیک در مقایسه با تیمار کاربرد ریدومیل مانکوزب معنی‌دار نبود و هر دو تیمار در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که اثر ژنوتیپ و القاءکننده مقاومت در سطح ۱٪ و اثر متقابل این دو عامل بر درصد شدت بیماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر ژنوتیپ بر کاهش شدت بیماری معنی‌دار بود، به‌نحوی که شدت بیماری در رقم تگزاس ارلی وایت در مقایسه با جمعیت بهبود یافته بهبهان کمتر بود

(جدول ۲). اثر القاءکننده‌های مقاومت روی کاهش درصد بیماری نسبت به‌هم معنی‌دار نبود؛ ولی نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین درصد شدت بیماری در تیمار شاهد بدون سم‌پاشی با میزان ۷۵/۵۰ درصد دیده شد و کمترین میزان شدت بیماری در تیمار کاربرد قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب با ۱۴/۱۷٪ مشاهده گردید.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در القاءکننده‌های مختلف

Table 4. Means comparison of studied charactristics in different inducers

القاء کننده	Inducere	محصول Yield (t/ha)	شدت بیماری Disease intensity (%)	میانگین وزن سوخ Average bulb weight (gr)	میانگین قطر سوخ Average bulb diameter (mm)	تعداد لایه‌های خوراکی Number of scales	درصد ماده خشک Total soluble solids (%)	درصد ماده خشک سوخ Bulb dry matter (%)
دی پتاسیم فسفات	Di potassium phosphate	60.98 a	28.33 b	165.96 ab	62.14 b	3.43a	9.20a	10.09 a
شاهد	Control	52.76 b	77.50 a	151.528 bc	53.68 c	3.24a	8.55a	10.57 a
ریدومیل مانکوزب	Ridomil mancozeb	66.02 a	14.17 c	179.307 a	69.33 a	3.33a	9.37a	10.77 a
ساید سالیسیلیک	Salicylic acid	52.21 b	33.33 b	137.485 c	53.54c	3.67a	9.25 a	10.71a
اسید نیکوتینیک	Nicotinic acid	62.02 a	23.33 b	168.607 ab	61.87 b	3.55 a	8.62 a	10.27 a

* در هر ستون، مقادیر دارای حروف یکسان، باهم تفاوت معنی‌داری ندارند(دانکن P>0.01).

*Within each column having the same letters are not significantly different (Duncan p< 0.01).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات در اثر متقابل ژنوتیپ و القاءکننده

Table 5. Means comparison of studied charactristics in interaction of different genotypes and inducers

ژنوتیپ Genotype	القا کننده Inducer	محصول (تن در هکتار) Yield (t/ha)	شدت بیماری Disease severity (%)	میانگین وزن سوخ (گرم) Average bulb weight (gr)	میانگین قطر سوخ (میلی‌متر) Average bulb diameter (mm)
ارلی وایت تگزاس Early White Texas	Dipotassium phosphate	80.10 a	16.67 b	224.30 a	76.71 ab
	Control	69.76 bc	75 a	195.08 ab	63.33 cd
	Ridomil mancozeb	81.53 a	13.33 b	226.63 a	82.03 a
	Salicylic acid	62.53 c	16.67 b	165.91 b	59.16 de
	Nicotinic acid	76.30 ab	13.33 b	212 ab	70.74 bc
پیاز اصلاح شده بهبهان Modified onion of Behbahan	Dipotassium phosphate	41.86 ef	40 ab	107.61 d	47.56 fg
	Control	35.76 f	80 a	107.98 d	44.03g
	Ridomil mancozeb	50.50 d	15 b	131.98 d	56.63 def
	Salicylic acid	41.88 ef	50 ab	109.06 d	47.93 fg
	Nicotinic acid	47.74 de	33.33 ab	125.21 d	53 efg

* در هر ستون، مقادیر دارای حروف یکسان، باهم تفاوت معنی‌داری ندارند(دانکن، P>0.05)

*Within each column having the same letters are not significantly different (Duncan, p< 0.05)

تیمارهای القاءکننده مقاومت نیز بر اساس تأثیر بر کاهش بیماری در یک سطح مجزا قرار گرفتند. به‌طوری‌که شدت بیماری در تیمارهای فسفات دی پتاسیم، اسید سالیسیلیک و اسید نیکوتینیک به ترتیب برابر با ۲۸/۳۳، ۳۳/۳۳ و ۲۳/۳۳٪ بود (جدول۴). نتایج کاربرد القاءکننده‌های مقاومت بر شدت بیماری سفیدک دروغی پیاز نشان داد که همه این ترکیبات قادر به کاهش شدت بیماری به‌طور مطلوبی بودند. به‌طوری‌که می‌توان از آنها در مواردی به‌عنوان جایگزین سموم شیمیایی استفاده نمود.

اثر ژنوتیپ و القاءکننده مقاومت بر وزن متوسط سوخ در سطح ۱٪ و اثر متقابل این دو عامل بر این صفت در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). وزن متوسط سوخ رقم تگزاس ارلی وایت (۲۰۴/۷۸ گرم) بر جمعیت بهبود یافته بهبهان (۱۱۶/۳۷ گرم) برتری معنی‌داری داشت (جدول ۳). ارزیابی میانگین‌ها در القاءکننده‌های مقاومت نشان داد که حداقل وزن متوسط سوخ این صفت در تیمار کاربرد اسید سالیسیلک بود. به‌طوری‌که با تیمار شاهد در یک سطح آماری قرار گرفتند و متوسط وزن سوخ در این دو تیمار معنی‌دار نبود. بیشترین متوسط وزن سوخ (۲۲۶/۶۳ گرم) متعلق به تیمار قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب و کمترین مربوط به تیمار شاهد بود. تیمارهای فسفات دی‌پتاسیم و اسید نیکوتینیک با

۲۲۴/۳۰ گرم و ۲۱۲ گرم به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند. بین تیمارهای مصرف فسفات دی‌پتاسیم و اسید نیکوتینیک از نظر این صفت و مصرف قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب اختلافی دیده نشد (جدول۵). معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ و القاءکننده‌ها بیانگر یکسان نبودن روند تغییرات متوسط وزن سوخ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در اثر کاربرد القاءکننده مقاومت بوده است. در رقم تگزاس ارلی وایت حداقل متوسط وزن سوخ مربوط به کاربرد اسید سالیسیلیک بود. افزایش متوسط وزن سوخ شاهد نسبت به تیمار مزبور معنی‌دار نبود. بین سه تیمار کاربرد ریدومیل مانکوزب و القاءکننده اسید نیکوتینیک و فسفات دی‌پتاسیم از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در جمعیت بهبود یافته بهبهان حداقل متوسط وزن سوخ به شاهد مربوط بود ولی افزایش این صفت در اثر کاربرد سایر تیمارها در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۵).

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در آزمایش نشان دهنده معنی‌دار بودن اثر رقم و القاءکننده مقاومت بود و اثر متقابل این دو عامل بر متوسط قطر سوخ در سطح ۱ معنی‌دار شد (جدول ۲). این صفت در رقم تگزاس ارلی وایت بر جمعیت بهبود یافته بهبهان برتری معنی‌داری داشت (جدول ۳). در اثر کاربرد القاء کننده‌های مقاومت حداقل قطر سوخ (۵۳/۵۴ میلی‌متر) در تیمار کاربرد اسید سالیسیلک مشاهده گردید که با تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی (۵۳/۶۸ میلی‌متر) اختلاف معنی‌دار نداشت و در یک سطح آماری قرار گرفتند. همچنین بیشترین قطر سوخ به تیمار مصرف قارچ‌کش ریدومیل مانکوزب (۶۹/۳۳ میلی متر) تعلق داشت (جدول ۴). دو تیمار فسفات دی‌پتاسیم و نیکوتینیک اسید به ترتیب با قطر سوخ ۶۲/۸۷ میلی‌متر و ۶۱/۱۴ میلی‌متر در یک سطح آماری قرار گفتند و از نظر این صفت با تیمار کاربرد سالیسیلیک اسید و شاهد بدون محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری داشتند. در رقم تگزاس ارلی وایت حداقل و حداکثر این صفت به‌ترتیب عملکرد به کاربرد اسید سالیسیلیک و ریدومیل مانکوزب تعلق داشت. کاهش قطر سوخ با کاربرد فسفات دی‌پتاسیم نسبت به استفاده از ریدومیل مانکوزب معنی‌دار نبود. در جمعیت بهبود یافته بهبهان حداقل و حداکثر میانگین قطر سوخ به ترتیب به مصرف ریدومیل مانکوزب و شاهد تعلق داشت. در صفت قطر سوخ اختلافی معنی‌داری بین کاربرد کلیه القاءکننده‌های رشد نسبت به مصرف ریدومیل مانکوزب دیده نشد (جدول ۵).

اثر ژنوتیپ بر تعداد پوست در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر القاءکننده مقاومت و اثر متقابل ژنوتیپ و القاءکننده مقاومت بر تعداد پوست معنی‌دار نبود (جدول ۲). تعداد پوست در جمعیت بهبود یافته بهبهان در مقایسه با رقم تگزاس ارلی وایت برتری معنی‌داری داشت (جدول ۳).

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، اثر ژنوتیپ بر درصد کل مواد جامد محلول و درصد ماده خشک سوخ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر القاءکننده مقاومت و اثر متقابل ژنوتیپ و القاءکننده مقاومت بر این دو صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). درصد کل مواد جامد محلول و درصد ماده خشک سوخ در جمعیت بهبود یافته بهبهان در مقایسه با رقم تگزاس ارلی وایت برتری معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳).

رایج‌ترین شیوه برای کنترل بیماری‌های گیاهی استفاده از قارچ‌کش‌ها است. اما استفاده مکرر از قارچ‌کش‌ها اثرات نامطلوبی را بر انسان و محیط زیست در پی خواهد داشت. بنابراین مطالعات روی جایگزین نمودن سایر ترکیبات مؤثر با تأثیرات کمتر بر انسان و محیط زیست متمرکز شده است. از روش‌هایی که در چند سال اخیر مورد توجه پژوهشگران قرارگرفته است، استفاده از مواد القاءکننده مقاومت میزبان در برابر بیماری‌های گیاهی است. در القاء مقاومت با این‌که ساختار ژنتیکی گیاه تغییر نمی‌یابد، اما مقاومت میزبان در برابر عامل بیماری افزایش پیدا می‌کند (جمالی زواره و شریفی تهرانی، ۱۳۸۴). در این فرآیند، ژن‌هایی در گیاه وجود دارند که در اثر یک القاءکننده فعال شده و یا این‌که میزان بیان آنها افزایش می‌یابد (Kilic-Ekici and Yuen, 2003). در این میان می‌توان از بیمارگرهای ضعیف‌شده، میکروارگانیسم‌های غیربیمارگر یا متابولیت‌های آنها، عصاره‌های گیاهی و یا ترکیبات شیمیایی بی‌خطر نام برد که استفاده از ترکیبات شیمیایی بی‌خطر کاربرد بیشتری داشته است (Vogel-Adghoudh *et al*., 2013)، که می‌توان به ترکیباتی چون اسید سالیسیلیک در پیاز بر علیه قارچ

Stemphylium vesicarium (Abo-Elyouser *et al*., 2009) و الیگوکیتوزان بر علیه سوختگی ارغوانی پیاز (Gaikwad *et al*., 2019) و اسید دی‌کلرو ایزونیکوتینیک، فسفات پتاسیم و اسیبنزولار اس متیل در کنترل آنتراکنوز خیار اشاره نمود (Metraux *et al*., 1990; Ishii *et al*., 1999; Narusaka *et al*., 1999). نتایج این پژوهش نشان داد ترکیب فسفات دی‌پتاسیم تأثیر مطلوبی بر میزان عملکرد در واحد سطح، اندازه سوخ، قطر سوخ و شدت بیماری سفیدک دروغی در دو رقم پیاز شامل جمعیت بهبود یافته بهبهان و تگزاس ارلی وایت داشت. اما کاربرد سالیسیلیک اسید در جمعیت بهبود یافته بهبهان علی‌رغم کاهش شدت بیماری عملکرد را نسبت به شاهد افزایش نداد. به نظر می‌رسد آنچه که در مورد اسید سالیسیلیک به‌عنوان القاءکننده مقاومت در بعضی از ارقام گیاهی گفته می‌شود، این است که مسیر پیام رسانی ژن‌های این ماده باید در داخل گیاه فعال شود. به‌طور مثال ماده‌ای بنام اسیبنزولار اس متیل ترکیبی است که خاصیت قارچ‌کشی ندارد اما به‌عنوان آنالوگ فعال کننده اسید سالیسیلیک عمل می‌کند (Ishii *et al*., 1999) و بدین ترتیب ساز و کار مقاومت سیستمیک را در گیاه فعال می‌نماید. استفاده از اسیبنزولار اس متیل در گیاه خیار مقاومت القایی سیستمیک مؤثری را برعلیه سفیدک دروغی خیار ایجاد نمود (جمالی زواره و شریفی تهرانی، ۱۳۸۴). کاربرد فسفات دی‌پتاسیم در سایر پژوهش‌ها تأییدکننده این ادعا است که این ترکیب می‌تواند در القاء مقاومت و کاهش شدت بیماری‌های گیاهی مؤثر باشد، به‌طوری که برعلیه بیماری بلاست برنج (Manandhar *et al*., 1998)، سفیدک پودری انگور (Reuveni and Reuveni, 1995)، سفیدک پودری سیب (Reuveni *et al*., 1998) و سفیدک دروغی خیار (جمالی زواره و شریفی تهرانی، ۱۳۸۴) به‌خوبی و به‌صورت سیستمیک تأثیر داشته است. همچنین نیکوتینیک اسید نیز همانند فسفات دی‌پتاسیم در صفات ذکر شده در رقم تگزاس ارلی وایت تأثیر مناسبی در مقایسه با شاهد بدون محلول‌پاشی داشت. به‌طوری‌که منجر به کاهش شدت بیماری روی ۱۱۱ رقم آزمایش گردید. نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است، کاربرد این ماده روی بیماری‌هایی چون بلاست برنج (Thieron *et al*., 1995) و سفیدک پودری رز (Hijwegen *et al*., 2003) نسبتاً مؤثر بوده و تأیید کننده نتایج این پژوهش نیز است.

نتیجه گیری کلی

قارچ‌کش‌ها همواره به عنوان ساده‌ترین راه برای کنترل بیماری‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما استفاده از این نوع ترکیبات مشکلات زیست محیطی شدیدی ایجاد کرده است. استفاده از ترکیبات شیمیایی بی‌خطر می‌تواند جایگزین مناسبی برای قارچ‌کش‌ها باشد. به‌طوری‌که کاربرد ۵ بار فسفات دی‌پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار و اسید نیکوتینیک ۸۰ میلی‌مولار قادر به افزایش عملکرد، اندازه وزن و قطر سوخ و کاهش شدت بیماری در پیاز به میزان قابل توجهی شدند.

منابع References

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، عبدشاه، ه. و کاظمیان، آ. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال ۹۸-۱۳۹۷؛ جلد اول محصولات زراعی. وزارت کشاورزی، معاونت برنامه و بودجه، اداره کل آمار و اطلاعات. ۹۲ صفحه.

جمالی زواره، ع. و شریفی تهرانی، ع. ۱۳۸۴. بررسی اثر چند ترکیب شیمیایی در القاء مقاومت علیه بیماری سفیدک پودری در خیار. بیماری‌های گیاهی ۱۴(۴): ۴۷۹-۴۹۴.

عبدالله پور، ا.، سلطانی کاظمی، ج.، تاجوند، ب. و شوهانی، ح. ۱۳۹۳. کنترل تلفیقی بیماری سفیدک داخلی پیاز. دومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. تهران. ۱۰ صفحه.

عطار فدردی، م.، سالاری، م.، صلاتی، م.، صباغ، س.ک. و ولی‌زاده، ش. ۱۳۹۴. تأثیر کیتوزان بر القای مقاومت در خیار علیه عامل بیماری ویروس موزائیک خیار. پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۴(۲): ۵۳-۴۳.

عظیمی، ح. ۱۳۹۱. اثر تلفیق قارچ‌کش‌های کروزکسیم متیل و تتراکونازول با بیکربنات پتاسیم در کنترل بیماری سفیدک پودری جالیز در شرایط گلخانه‌ای. پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱(۱): ۶۵-۵۷.

علیزاده، ح.ر. و سالاری، خ. ۱۳۹۳. القای مقاومت توسط بتاآمینو بوتریک اسید BABA علیه بیماری پوسیدگی فوزاریومی ساقه و ریشه خیار. دانش گیاه پزشکی ایران ۴۵(۲): ۳۰۷-۲۹۹.

Abo-Elyouser, K.M.A., Hussein, M.A.M., Aliam, A.D.A. and Hassan, M.H. 2009. Salicylic acid induced systemic resistance on onion plants against *Stemphylium vesicarium*. Archives of Phytopathology and Plant Protection 42(11): 1042-1050.

Butler, J.E. and Jones, S.D. 1955. Plant Pathology. New York: Macmillan Co 693 p.

Faoro, F., Maffi, D., Cantu, D. and Iriti, M. 2008. Chemical-induced resistance against powdery mildew in barley: The effects of chitosan and benzothiadiazole. BioControl 53 (2): 387–401.

Farouk, S., Ghoneem, K.M. and Ali, A.A. 2008. Induction and expression of systemic resistance to downy mildew disease in cucumber by elicitors. Egyptian. Journal of Phytopathology 36 (1): 95-111.

Gaikwad, H.D., Hasabnis, S.N., Kadam, M.B. and Dalvi, S.G. 2019. Antifungal activity of oligochitosan against purple blotch pathogen (*Alternaria porri*(Ellis) Cif) of onion. International Journal of Chemical Studies 7 (6): 2425-2429.

Gupta, V.K. and Paul, Y.S. (eds). 2001. Diseases of vegetable crops. Ludhiana: Kalyani Publishers 277 p.

Hijwegen, T., Verhaar, M.A and Zadoks, J. 2003. Resistance to *Sphaerotheca pannosa* in roses induced by 2,6-dichloroisonicotinic acid. Plant Pathology 45 (4): 631-635.

Ishii, H., Tomita, Y., Horio, T., Harusaka, Y. and Nkazawa, Y. 1999. Induced resistance of acibenzolar-S-methyl (CGA 245704) to cucumber and Japanese pear diseases. European Journal of Plant Pathology 105(1): 77 – 85.

Kilic-Ekici, O. and Yuen, G.Y. 2003. Induced resistance as a mechanism of biological control by *Lysobacter enzymogenes* strain C3. The American Phytopathological Society 93(9): 1103-1110.

Kofoet, A. and Fischer, K. 2007. Evaluation of plant resistance improvers to control *Peronospora destructor*, *P. parasitica*, *Bremia lactucae and Pseudoperonospora cubensis.* Journal of Plant Diseases and Protection 114 (2): 54–61.

Kofoet, A., Kik, C., Wietsma, W. and De Vries, J.N. 1990. Inheritance of resistance to downy mildew *Peronospora destructor* Berk from Allium roylei strain in the backcross *Allium cepa*× *Allium roylei* × *Allium cepa*. Plant Breeding 105 (2): 144–149.

Manandhar, H.K., Lyngsjørgenden, J., Mathur, S.B. and Smedegaard-Petersen, V. 1998. Resistance to rice blast induced by ferric chloride, di-potassium hydrogen phosphate and salicylic acid. Crop Protection 17(4): 323-329.

Métraux, J.P., Singer, H., Ryals, J., Ward, E. and Wyss- Benz, M. 1990. Increase in Salicylic acid at the Onset of systemic acquired resistance in cucumber science. New Series 250 (4983): 1004-1006.

Nandeeshkumar, P., Kini, J.S., Ramachndra, K., Prakash, H.S. and Niranjana, S.R. 2008. Chitosan induced resistance to downy mildew in sunflower caused by *Plasmopara halstedii.* Physiological and Molecular Plant Pathology 72 (4): 188–194.

Narusaka, Y., Narusaka, M., Horio, T. and Ishii, H. 1999. Induction of disease resistance in cucumber by acibenzolar-S-methyl and expression of resistance-related genes. Annals of the Phytopathological Society of Japan 65(2): 116 – 122.

Piękna-Grochala, J. and Kępczyńska, E. 2013. Induction of resistance against pathogens by b-aminobutyric acid. Acta Physiology of Plants 35 (6): 1735–1748.

Raziq, F., Alam, I., Naz, I. and Khan, H. 2008. Evaluation of fungicide for controlling downy mildew of onion under field conditions. Sarhad Journal of Agriculture 24: 85–91.

Reuveni, M., Openhieum, D. and Reuveni, R. 1998. Integrated control of powdery mildew on apple trees by foliar sprays of mono-potassium phosphate fertilizer and sterol inhibiting fungicides. Crop Protection 17970 (7): 563-568.

Reuveni, M. and Reuveni, R. 1995. Efficacy of foliar sprays of phosphates in controlling powdery mildews in field-grown nectarine, mango trees and grapevines. Crop Protection 14 (4): 311-314.

Surviliene, E., Valiuskaite, A. and Raudonis, L. 2008. The effect of fungicides on development of downy mildew of onions. Zemdirbyste Agriculture 9525 (3): 171–179.

Thieron, M., Schaffrah, U., Reisener, H.J. and Scheinpflug, H. 1995. Systemic acquired resistance in rice: Studies on the mode of action of diverse substances inducing resistance in rice to *Pyricularia oryzae*. Mededelingen Faculteit Landbouwkundige enToegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit 60 (2): 421-442.

Vogel- Adghoudh, D., Stahle, E., Navarra, H. and Zeier, J. 2013. Pipecolic acid enhances resistance to bacterial infection and primes salicylic acid and nicotine accumulation in tobacco. Plant Signaling and Behavior 8(11): 1-9.

Whiteman, S.A. and Bersford, R.M. 1998. Evaluation of onion downy mildew disease risk in New Zealand using meteorological forecasting criteria. 51th New Zealand Plant Protection Conference; Hamilton, New Zealand.

Evaluation of resistance inducer effect as a substitution of fungicide for onion downy mildew control

M. R. Eslahi[1*] and A. S. Darabi[2]

Received: 7 Oct., 2020 Accepted: 23 Feb., 2021

ABSTRACT

Using plant resistance inducers leads to the reduction of disease incidence and severity. The effect of several resistance inducer compounds on onion downy mildew disease was tested in a factorial experiment with a randomized complete block design comprising of 10 treatments in 3 replications at Behbahan Agricultural Research Station. Treatments consisted of chemical indicers in five levels of 50mμ dipotassium phosphate, 80mμ nicotinic acid and 3mμ salicylic acid, and Ridomil Mancozeb fungicide (3g/L) and control that treated with water. Treatments were applied 5 times from mid-February when the plants were in 3 to 4 leaf stage until late April every two weeks. Genotypes were in two levels including modified onion of Behbahan and Early White Texas. Disease severity was calculated by evaluating 40 plants in each treatment when the disease index in the control treatment was more than 75% in two middle rows of each plot in each treatment. The highest percentage of disease severity (75.50%) was observed in the control treatment with no spraying and the lowest rate of disease severity was observed in the application of Ridomil with 14.17%. The severity of the disease was 28.33%, 33.33% and 23.33% in dipotassium phosphate, salicylic acid and nicotinic acid treatments, respectively. Therefore, the use of resistance inducers can be a substitute of fungicides.

Keywords: Onion, Downy mildew, Salycilic acid, Nicotinic acid, Phosphate dipotassium.

1. Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Khouzestan Agriculture and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran
2. Associated Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Khouzestan Agriculture and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

Corresponding author: mr_eslahi@yahoo.com