

Research Article

Plant Prod., 2022, 44(4), 531-544
http://plantproduction.scu.ac.ir//


ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Response of Different Tomato Varieties to the Replacement of Chemical Toxins Controlling Tomato Fruit Borer (*Helicoverpa armigera* Hubner) by Some Endogenous Plant Compounds

Zahra Qalebi¹, Mohammad Modarresi^{2*} , Fariba Sohrabi³, Dariush Saberi⁴,
Mohammad Hedayat⁵

- 1- M.Sc. Graduate of Genetics and Plant Breeding, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran (modarresi@pgu.ac.ir)
- 3- Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
- 4- Associate Professor, Department of Marine Chemistry, Faculty of Marine Sciences and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
- 5- Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

Citation: Qalebi, Z., Modarresi, M., Sohrabi, F., Saberi, D., & Hedayat, M. (2022) Response of different tomato varieties to the replacement of chemical toxins controlling tomato fruit borer (*Helicoverpa armigera* Hubner) by some endogenous plant compounds. *Plant Productions*, 44(4), 531-544.

 10.22055/ppd.2021.34980.1940

Received: 6 October 2020

Accepted: 7 February 2021

Abstract

Introduction

Pests and their controlling pesticides are among the most serious threats to the health of agricultural products. The present study was aimed to investigate the effect of variety and the possibility of replacing chemical pesticides controlling fruit borer with some compounds of natural origin for plant traits improvement and damage reduction of tomato fruit borer. Factorial experiment was done in the template of randomized complete block design with three repetitions.

Materials and Methods

Factors included 9 levels of pest control compounds and 5 varieties (PA-136, PA-162, PA-135, PA-688 and PA-483). Compounds involved Salicylic acid (5 and 15 mM), Jasmonic acid (50 and 100 µM), two pesticides, Abamectin (750 and 1500 mg/L), Chlorpyrifos (1250 and 2500 mg/L) and control. Measured traits involved morphological traits (fruit yield, fruit weigh, numbers of



fruit per cluster, plant height and chlorophyll index), phonological traits (days to flowering and days to physiological maturation), phytochemical traits (TA, TSS, and ascorbic acid (Vitamin C)) and relative properties to evaluating resistance to fruit borer (the percentage of leaf and fruit damage).

Results and Discussion

Significant variation was observed between varieties. The maximum fruit yield per plant was related to PA-136 variety with applications of two-levels of Chlorpyrifos and Jasmonic acid, PA-162 variety with application of first level of Abamactin, second level of Salicylic acid and PA-135 and PA-688 varieties with the second level of Chlorpyrifos. The highest significant positive correlation with yield related to single fruit weight ($r=0.48^{**}$) and the highest significant negative correlation were related to days to flowering ($r= -0.52^{**}$). In stepwise regression analysis of single plant yield as a dependent variable, three traits including days to flowering, single fruit weight, and a percentage of pest damage on leaf (as the most important traits) were incorporated in the regression model that totally explained 49% of variations. Path analysis results indicated that the highest positive direct effect (0.42) was related to single fruit weight, and the highest indirect effects (-0.047) had to do with this trait via days to flowering. The first four components were chosen in principal component analysis, explaining totally 62.5% of phenotypes variation.

Conclusion

Reducing pest damage on leaf and fruit in applying Salicylic acid and Jasmonic acid is suitable and resulted in the same level of chemical control use. Thus, findings may be used in the design of breeding programs for plant trait improvement and integrated pest management of tomato fruit borer.

Keywords: Genetic diversity, Path analysis, Principal component analysis, Plant traits improvement, Stepwise regression

واکنش ارقام مختلف گوجه‌فرنگی در جایگزینی سموم شیمیایی کنترل‌کننده کرم میوه خوار (*Helicoverpa armigera* Hubner) به‌وسیله برخی ترکیبات درون‌زاد گیاهی

زهرا قالبی^۱، محمد مدرسی^{۲*}، فریا سهرابی^۳، داریوش صابری^۴، محمد هدایت^۵

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
- ۲- نویسنده مسئول: استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران (modarresi@pgu.ac.ir)
- ۳- دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
- ۴- دانشیار، گروه شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
- ۵- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۵

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نوع رقم و امکان جایگزینی سموم شیمیایی کنترل‌کننده آفت کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی به‌وسیله برخی ترکیبات درون‌زاد گیاهی در جهت بهبود صفات گیاهی و کاهش خسارت این آفت به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس انجام گرفت. با کاربرد ۹ ترکیب مصرفی شامل اسید سالیسیلیک (۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار)، اسید جاسمونیک (۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و آفت‌کش‌های آبامکتین (۷۵۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و کلروپایرفوس (۱۲۵۰ و ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و شاهد روی ۵ رقم (PA-136، PA-162، PA-135، PA-688 و PA-483)، صفات عملکردی، وزن تک میوه، تعداد میوه در خوشه، ارتفاع بوته و شاخص کلروفیل، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، TSS، TA، اسیداسکوریک (ویتامین ث)، درصد خسارت برگ و درصد خسارت میوه ارزیابی شد. تنوع معنی‌داری در بین ارقام مشاهده شد. بیشترین عملکرد مربوط به رقم PA-۱۳۶ با کاربرد هر دو سطح کلروپایرفوس و سطح دوم جاسمونیک اسید، رقم PA-۱۶۲ در سطح اول آبامکتین و سطح دوم سالیسیلیک اسید و ارقام PA-۱۳۵ و PA-۶۸۸ در سطح دوم کلروپایرفوس بود. کاهش خسارت آفت روی برگ و میوه در کاربرد سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید، مطلوب و در مواردی معادل استفاده از سموم شیمیایی بود. بالاترین همبستگی معنی‌دار مثبت صفات با عملکرد، مربوط به وزن تک میوه ($r=0/48^{**}$) و بیشترین همبستگی معنی‌دار منفی مربوط به تعداد روز تا گل‌دهی ($r=-0/52^{**}$) بود. در رگرسیون گام به گام عملکرد تک بوته به‌عنوان متغیر وابسته، تعداد روز تا گلدهی، وزن تک میوه و درصد خسارت برگ به‌عنوان صفات تأثیرگذار وارد مدل رگرسیونی شدند که مجموعاً ۴۹ درصد از تغییرات را توجیه نمود. بیشترین اثر مثبت و مستقیم را وزن تک میوه (۰/۴۲) و بیشترین اثر غیرمستقیم نیز مربوط به همین صفت از طریق تعداد روز تا گلدهی بر عملکرد تک بوته (۰/۴۷-) بود. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، چهار مؤلفه اصلی انتخاب شد که مجموعاً ۶۲/۵ درصد تنوع فنوتیپی را توجیه نمود. نتایج حاصله ممکن است بتوان در طراحی برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود صفات گیاهی و مدیریت تلفیقی کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: بهبود صفات گیاهی، تجزیه علیت، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تنوع ژنتیکی، رگرسیون گام به گام

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* L. متعلق به خانواده سولاناسه (solanaceae) از مهم‌ترین محصولات کشاورزی و صنایع تبدیلی جهان، دارای سازگاری وسیعی به شرایط مختلف اقلیمی و خاکی است (Jones, 2007) که مورد حمله آفات مهم زیادی از جمله کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی (*Helicoverpa armigera* Hubner) قرار می‌گیرد. خسارت این آفت به صورت تغذیه لارو آن از برگ و اجزای زایشی گیاه (گل و میوه) در ایران در موارد طغیانی ۷۰ تا ۷۵ درصد گزارش شده است. در حال حاضر راهکار اصلی کنترل این آفت، استفاده وسیع از حشره‌کش‌های شیمیایی است که مصرف ناصحیح آن‌ها ضمن به هم زدن تعادل زیستی، موجب طغیان سایر آفات و مقاومت آن‌ها به سموم شیمیایی نیز می‌شود (Rakhshani Zabol, 2010; Seraj, 2011). مناسب‌ترین گزینه برای کاهش مصرف سموم شیمیایی، تلفیق روش‌های کنترل با محوریت استفاده از ارقام مقاوم است، که با کاهش تعداد دفعات سم‌پاشی، علاوه بر کاستن هزینه تولید، از آلودگی محیط زیست و حذف دشمنان طبیعی نیز جلوگیری خواهد شد (Agrawal, 1999; Soberon et al., 2016). در سال‌های اخیر استفاده از ترکیبات کنترل‌کننده با منشأ طبیعی که مکانیزم دفاعی گیاه را قبل از رویارویی با آفات و بیماری‌ها فعال می‌کنند به میزان زیادی مورد استقبال قرار گرفته است. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک (SA) و اسید جاسمونیک (JA) به‌عنوان ترکیبات تنظیم‌کننده درون‌زای گیاهی از جمله این موارد است که باعث بهبود کمیت و کیفیت محصول و افزایش مقاومت به عوامل محیطی از جمله آفات نیز می‌گردد (Agrawal, 1999; Croft, 1990). SA یک تنظیم‌کننده فنولیک شبه هورمون با نقش مؤثر در سیستم دفاعی در مقابل تنش‌های محیطی است (Keshavarz et al., 2011; Shamshiri et al., 2015). JA نیز یک ترکیب مشتق‌شده از اسید لینولئیک است که به سرعت بعد از زخم شدن بافت گیاهی در بافت‌ها تجمع می‌یابد و

پاسخ‌های دفاعی علیه صدمات مکانیکی و حمله آفات را راه‌اندازی می‌نماید (Jung, 2004).

سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف به عوامل محیطی متفاوت است (Neamati-Darbandi, 2015) که با توجه به متفاوت بودن زمینه ژنتیکی آن‌ها، بشر همواره کوشیده است به روش‌هایی از جمله به‌نژادی گیاهی، ارقام مطلوب‌تری با این منظور ایجاد کند. هر چند نظریه حذف کامل آفت‌کش‌ها در کنترل آفات گیاهی فعلاً آرمانی است اما ایده استفاده از روش‌های تلفیقی سازگارتر با طبیعت از جمله ارقام مقاوم، مناسب‌ترین گزینه به نظر می‌رسد. از اینرو پژوهش حاضر با هدف بررسی واکنش ارقام مختلف گوجه‌فرنگی و احتمال القای مقاومت در آن‌ها نسبت به کرم میوه‌خوار از طریق کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های SA و JA، مقایسه آن‌ها با کاربرد دو آفت‌کش آبامکتین و کلروپایروفوس و امکان جایگزینی این دو حشره‌کش به‌وسیله این ترکیبات درون‌زاد طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶-۹۷ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس انجام شد. نوع خاک مزرعه، لومی شنی به‌صورت ترکیبی از ۱۰/۵ درصد رس، ۴۷ درصد ماسه و ۴۵ درصد شن بود. ترکیبات مصرفی در ۹ سطح شامل شاهد صفر، آبامکتین (۷۵۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، کلروپایروفوس (۱۲۵۰ و ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، SA (۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار)، JA (۵ و ۱۰۰ میکرومولار) و ارقام گوجه‌فرنگی در پنج سطح (PA-136 میوه گرد، PA-162 میوه تخم‌مرغی، PA-135 میوه تخم‌مرغی، PA-688 میوه گرد و PA-483 میوه کشیده، جزو ارقام مورد کاشت در منطقه محل آزمایش، تأمین شده از شرکت حاصل‌نوین) بود. سموم شیمیایی از شرکت گل سم‌گران و تنظیم‌کننده‌های مورد استفاده از شرکت مرک تأمین شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی دار شدن اثرات ساده و متقابل همه فاکتورها در تمام صفات به جز روز تا گلدهی بود. نتایج هر صفت به تفصیل ارائه شده است.

عملکرد تک بوته

بر اساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۱)، بیشترین عملکرد تک بوته مربوط به رقم PA-136 با کاربرد هر دو سطح کلروپایریفوس و سطح دوم JA، رقم PA-162 با کاربرد سطح اول آبامکتین و سطح دوم SA و رقم PA-135 و PA-688 با کاربرد سطح دوم کلروپایریفوس بدون اختلاف معنی دار با همدیگر می باشد. با کاربرد هر دو غلظت کلروپایریفوس در رقم PA-136، افزایش معنی دار عملکرد نسبت به شاهد مشاهده شد در حالی که این افزایش در رقم PA-135 و PA-688 فقط در سطح دوم آن دیده شد. با کاربرد سطح دوم SA در رقم PA-162 و PA-688، عملکرد تک بوته افزایش نشان داد اما در رقم PA-135 باعث کاهش معنی دار عملکرد نسبت به شاهد شد. با کاربرد JA، رقم PA-136 در سطح دوم و رقم PA-688 در سطح اول با افزایش عملکرد همراه بود اما سطح دوم آن در رقم PA-483 کاهش عملکرد نسبت به شاهد را نشان داد. پاسخ متفاوت ارقام به ترکیبات مصرفی را ممکن است بتوان با بررسی دقیق جزئیات جنبه‌های فیزیولوژیک صفاتی که همبستگی آن‌ها با عملکرد معنی دار شده است متناسب با شرایط درونی هر رقم، بهتر تشریح نمود. در همبستگی صفات با عملکرد تک بوته (جدول ۲)، همبستگی وزن تک میوه مثبت ($0/48^{**}$) و تعداد روز تا گلدهی ($-0/52^{**}$) و درصد خسارت برگ ($-0/32^*$) منفی بود. عملکرد صفتی مهم و متأثر از صفات متعدد مورفولوژیک و فیزیولوژیک می باشد (Mazaheri-Tehrani et al., 2003) که ممکن است در کاربرد ترکیب خاص، تحت تأثیر ظرفیت ژنتیکی رقم و وضعیت سایر صفات، واکنش متفاوتی از خود نشان دهد لذا برخی روندهای عدم تغییرات عملکرد به ماهیت ژنتیکی ارقام بستگی دارد. در همین راستا، بر اساس نتایج Thaler (1999)، کاربرد JA باعث افزایش

نشاء ارقام گوجه‌فرنگی در بستر کوکوپیت در سینی کاشت در گلخانه بخش خصوصی تهیه و در اواسط مهرماه در زمانی که ۴ تا ۶ برگ حقیقی داشته و ارتفاع تقریبی ۱۵ سانتی‌متر داشتند به زمین اصلی انتقال و عملیات آبیاری به صورت قطره‌ای مطابق نیاز گیاه صورت گرفت. در زمان آماده‌سازی زمین، متناسب با سطح ۶۰۰ مترمربعی، ۴۵۰ کیلوگرم کود حیوانی، ۴۵۰ کیلوگرم کود مرغی، ۱۰ کیلوگرم کود اوره، ۱۵ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل و ۱۵ کیلوگرم کود پتاسیم به صورت مصرف خاک و قبل از گل‌دهی بر اساس توصیه‌های تغذیه‌ای، غلظت دو در هزار کود NPK ۲۰-۲۰-۲۰ به فاصله ۱۵ روز یک‌بار و هم‌چنین ۳۰۰ سی‌سی کود مایع فسفره همراه با ۴۰۰ سی‌سی اسید هیومیک به صورت خاک و در زمان میوه‌دهی از غلظت دو در هزار کود پتاسیم استفاده شد. محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌ها یک مرحله و سموم شیمیایی طی چهار مرحله، آبامکتین هر هفت روز و کلروپایریفوس هر ده روز یک بار از سه هفته بعد از کشت (اوج مرحله رشد رویشی و مشاهده شروع فعالیت آفت) محلول‌پاشی شد. صفات مورد بررسی شامل عملکرد تک بوته، متوسط وزن تک میوه، تعداد میوه در خوشه، ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل (با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج SPAD-502)، روز تا گل‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، محتوای اسید غالب قابل تیتراسیون (TA) به روش Association of Official Analytical Chemists (2000) کل مواد جامد قابل حل (TSS) با استفاده از رفرکتومتر دستی مدل آتاگو ژاپن، اسید اسکوربیک (ویتامین ث) با استفاده از روش تیترسنجی به روش یدومتريک (Cioroi, 2007)، درصد خسارت برگ و میوه (بر اساس متوسط تعداد برگ و میوه آلوده به کل برگ‌ها) بود.

تجزیه و تحلیل داده‌های صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Version 9.4 و مقایسات میانگین آن‌ها با استفاده از آزمون دانکن ($P \leq 0.05$) انجام شد.

Table 1. Mean comparison of the effect of used different compounds and cultivars on tomato traits

Composition	Cultivar	Yield (Kg per plant)	Days to physiologic maturity	Plant height (cm)	Numbers of fruit per cluster	Single fruit weight (gr)	Chlorophyll index	Vit C (mg/100ml)	TA (mg/100ml)	TSS (Brix)	Fruit damage (%)	Leaf damage (%)
Control	PA-136	2.52 ^{bc}	121.25 ^{b-f}	78.15 ^{b-f}	3.24 ^{k-n}	139.16 ^{a-e}	27.195 ^{h-m}	28.45 ^{e-o}	10.42 ^{a-d}	5.04 ^{b-e}	38 ^{bc}	16 ^{b-g}
	PA-162	2.2 ^{e-l}	124.66 ^{abc}	82.88 ^{abc}	3.99 ^{bcd}	110.66 ^{i-l}	28.78 ^{g-l}	32.12 ^{d-i}	9.87 ^{b-j}	4.38 ^{f-k}	38 ^{bc}	11 ^{j-p}
	PA-135	2.4 ^{b-g}	120.5 ^{b-g}	72.43 ^{efg}	3.61 ^{c-k}	134.29 ^{a-g}	26.08 ⁱ⁻ⁿ	30.58 ^{d-m}	9.55 ^{g-l}	4.40 ^{f-k}	35 ^{b-g}	11 ^{j-p}
	PA-688	2.17 ^{e-l}	123.75 ^{bcd}	76.57 ^{b-g}	3.40 ^{h-m}	112.55 ^{i-l}	29.34 ^{f-j}	29.7 ^{e-n}	10.05 ^{a-h}	4.68 ^{c-g}	36 ^{b-f}	18 ^{bc}
	PA-483	2.02 ^{j-n}	125 ^{ab}	77.1 ^{b-g}	3.28 ^{j-n}	113.21 ^{h-l}	30.19 ^{gh}	25.96 ^{k-o}	9.72 ^{c-k}	3.80 ^{k-o}	31 ^{b-h}	16 ^{b-g}
Abamectin 750 mg per liter	PA-136	2.54 ^{bc}	117.66 ^{efg}	80.54 ^{a-e}	3.35 ^{i-m}	149.17 ^a	20.89 ^{qrs}	32.2 ^{cd}	9.8 ^{c-k}	5.25 ^{abc}	32 ^{b-g}	9 ^{pp}
	PA-162	3.12 ^a	121 ^{b-g}	76.43 ^{b-g}	4.05 ^{bc}	114.03 ^{h-l}	19.75 ^s	29.62 ^{e-n}	9.2 ^{jkl}	4.43 ^{f-j}	29 ^{b-h}	3 ^q
	PA-135	1.91 ^{l-o}	125.33 ^{ab}	62.94 ^h	3.74 ^{b-i}	122.31 ^{e-k}	29.06 ^{g-k}	33.44 ^{c-f}	10.16 ^{a-g}	4.75 ^{c-f}	20 ^h	3 ^q
	PA-688	2.21 ^{d-k}	120 ^{b-g}	77.76 ^{b-f}	3.19 ^{k-n}	110.87 ^{i-l}	34.68 ^{cde}	27.57 ^{g-o}	9.63 ^{e-l}	3.62 ^{l-o}	35 ^{b-g}	15 ^{d-i}
	PA-483	2.22 ^{d-k}	120 ^{b-g}	79.55 ^{a-e}	3.73 ^{b-j}	106.43 ^{kl}	29.89 ^{f-i}	26.4 ^{i-o}	10.4 ^{a-e}	3.84 ^{j-o}	32 ^{b-g}	8.8 ^p
Abamectin 1500 mg per liter	PA-136	2.52 ^{bc}	116.66 ^{fg}	78.99 ^{a-e}	3.10 ^{h-m}	148.48 ^{ab}	28.32 ^{g-l}	39.89 ^b	9.53 ^{g-l}	5.57 ^{ab}	38 ^{bcd}	9.8 ^p
	PA-162	2.12 ^{g-m}	119 ^{d-g}	81.99 ^{a-d}	3.91 ^{b-f}	86.50 ^m	20.83 ^{qrs}	29.04 ^{e-o}	10.2 ^{a-g}	4.75 ^{c-f}	26 ^{b-h}	12 ^{g-n}
	PA-135	2.67 ^b	121.66 ^{b-f}	87.11 ^a	4.49 ^a	110.25 ^{i-l}	22.58 ^{n-s}	31.68 ^{d-j}	10.63 ^{ab}	3.94 ⁱ⁻ⁿ	28 ^{b-h}	4 ^q
	PA-688	2.31 ^{c-i}	118.33 ^{efg}	77.42 ^{b-f}	3.52 ^{e-l}	83.64 ^m	25.32 ^{k-p}	31.97 ^{d-i}	9.9 ^{a-j}	5.16 ^{a-d}	27 ^{c-h}	16 ^{b-e}
	PA-483	2.01 ^{j-o}	115.66 ^g	81.88 ^{a-d}	3.42 ^{h-m}	104.27 ^{kl}	34.09 ^{de}	30.8 ^{d-l}	10.46 ^{abc}	4.60 ^{j-o}	33 ^{b-g}	10 ^{nop}
Chlorpyrifos 1250 mg per liter	PA-136	3.02 ^a	120 ^{b-g}	84.99 ^{ab}	3.42 ^{h-m}	149.18 ^a	23.98 ^{m-r}	28.45 ^{e-o}	10.26 ^{a-g}	4.30 ^{f-k}	30 ^{b-h}	3.5 ^q
	PA-162	2.22 ^{d-k}	121 ^{b-g}	79.32 ^{a-e}	3.74 ^{b-i}	111.29 ^{i-l}	21.62 ^{p-s}	26.69 ^{i-o}	9.7 ^{c-l}	4.34 ^{f-k}	39 ^b	5 ^q
	PA-135	1.87 ^{mno}	119.33 ^{c-g}	75.1 ^{c-g}	3.55 ^{d-l}	110.07 ^{i-l}	21.16 ^{qrs}	32.26 ^{d-h}	10.6 ^{ab}	4.43 ^{f-i}	34 ^{b-g}	14 ^{e-k}
	PA-688	2.46 ^{b-e}	121.66 ^{b-f}	73.88 ^{d-g}	3.44 ^{g-m}	108.08 ^{ijkl}	32.79 ^{def}	26.98 ^{h-o}	9.36 ^{h-l}	4.05 ^{h-n}	35 ^{b-g}	4 ^q
	PA-483	2.14 ^{f-m}	120.33 ^{b-g}	77.11 ^{b-g}	3.77 ^{b-i}	109.29 ^{ijkl}	25.36 ^{k-p}	26.10 ^{k-o}	9.6 ^{f-l}	4.35 ^{f-k}	27 ^{c-h}	10 ^{nop}
Chlorpyrifos 2500 mg per liter	PA-136	3.17 ^a	118.33 ^{efg}	77.32 ^{b-g}	3.38 ^{h-m}	139.09 ^{a-e}	32.68 ^{def}	24.34 ^{no}	10.23 ^{a-g}	5.14 ^{a-d}	28 ^{b-h}	2.1 ^q
	PA-162	2.42 ^{b-f}	119 ^{d-g}	77.54 ^{b-f}	2.87 ⁿ	120.55 ^{f-k}	24.13 ^{m-q}	26.4 ^{i-o}	9.13 ^{kl}	3.65 ^{l-o}	29 ^{b-h}	2.7 ^q
	PA-135	3.06 ^a	119 ^{d-g}	77.09 ^{b-g}	3.96 ^{b-e}	138.99 ^{a-e}	31.08 ^{efg}	33.73 ^{cde}	10.36 ^{a-f}	4.33 ^{f-k}	34 ^{b-g}	1.9 ^q
	PA-688	3.10 ^a	121 ^{b-g}	75.75 ^{c-g}	3.74 ^{b-i}	147.03 ^{ab}	27.44 ^{g-m}	25.22 ^{mno}	9.26 ^{i-l}	4.03 ^{h-n}	33 ^{b-g}	1.6 ^q
	PA-483	2.07 ⁱ⁻ⁿ	121.33 ^{b-f}	76.21 ^{b-g}	4.08 ^b	82.61 ^m	35.27 ^{cd}	25.52 ^{l-o}	9.56 ^{g-l}	4.37 ^{f-k}	25 ^{gh}	4.1 ^q
Salicylic acid 0.5 mM	PA-136	2.14 ^{f-m}	120 ^{b-g}	77 ^{b-g}	3.16 ^{k-n}	131.02 ^{b-h}	34 ^{de}	28.16 ^{f-o}	10.1 ^{a-h}	4.52 ^{e-i}	37 ^{b-e}	19 ^b
	PA-162	2.21 ^{d-k}	124.33 ^{bcd}	79.65 ^{a-e}	3.58 ^{d-k}	116.24 ^{h-l}	25.156 ^p	26.98 ^{h-o}	9.16 ^{kl}	4.51 ^{e-i}	33 ^{b-g}	15 ^{e-j}
	PA-135	2.52 ^{bc}	120 ^{b-g}	79.32 ^{a-e}	3.47 ^{f-m}	147.80 ^{ab}	24.54 ^{m-q}	30.50 ^{d-m}	9.9 ^{a-j}	4.58 ^{d-h}	33 ^{b-g}	16 ^{b-h}
	PA-688	1.91 ^{l-o}	122 ^{b-f}	80.88 ^{a-e}	3.24 ^{k-n}	127.97 ^{c-i}	25.78 ^{i-o}	26.98 ^{h-o}	10.03 ^{a-i}	4.05 ^{h-n}	31 ^{b-h}	12 ^{i-o}
	PA-483	2.23 ^{d-j}	122.66 ^{b-e}	77.21 ^{b-g}	3.44 ^{g-m}	110.40 ^{i-l}	35.57 ^{cd}	23.76 ^o	9.53 ^{g-l}	3.58 ^{mno}	31 ^{b-g}	13 ^{b-o}
Salicylic acid 1.5 mM	PA-136	2.45 ^{b-e}	118.33 ^{e-g}	82.22 ^{a-d}	3.33 ^{i-m}	125.67 ^{d-j}	38.08 ^{bc}	50.45 ^a	10.03 ^{a-i}	4.2 ^{f-l}	30 ^{b-h}	11 ^{j-p}
	PA-162	3.21 ^a	122 ^{b-f}	76.65 ^{b-g}	3.74 ^{b-i}	116.43 ^{h-l}	22.08 ^{o-s}	26.98 ^{h-o}	9.86 ^{b-j}	3.54 ^{no}	26 ^{d-h}	13 ^{h-o}
	PA-135	1.81 ^{no}	120 ^{b-g}	83.32 ^{abc}	3.99 ^{bcd}	117.97 ^{g-l}	34.69 ^{cde}	29.92 ^{d-m}	10.06 ^{a-h}	4.69 ^{c-g}	33 ^{b-g}	10 ^{nop}
	PA-688	2.48 ^{bcd}	121 ^{b-g}	76.21 ^{b-g}	3.44 ^{g-m}	104.12 ^{kl}	25.50 ^{k-o}	37.84 ^{bc}	10.66 ^a	4.30 ^{f-k}	33 ^{b-g}	16 ^{c-i}
	PA-483	2.08 ^{h-n}	121 ^{b-g}	75.32 ^{c-g}	3.99 ^{bcd}	99.89 ^{lm}	35.34 ^{ed}	24.05 ^o	10.03 ^{a-i}	4.47 ^{e-i}	30 ^{b-h}	13 ^{h-o}
Jasmonic acid 50 µM	PA-136	2.15 ^{f-m}	120 ^{b-g}	68.46 ^{gh}	3.05 ^{mm}	135.58 ^{a-f}	34.40 ^{cde}	32.56 ^{d-g}	10.03 ^{a-i}	4.45 ^{f-i}	30 ^{b-h}	13 ^{h-o}
	PA-162	2.36 ^{c-h}	129.33 ^a	83.96 ^{abc}	3.83 ^{b-h}	83.79 ^m	42.42 ^a	29.04 ^{e-o}	10.36 ^{a-f}	4 ^{h-n}	27 ^{c-h}	18 ^{bcd}
	PA-135	2.41 ^{b-f}	120 ^{b-g}	77.55 ^{b-f}	3.33 ^{i-m}	146.71 ^{ab}	20.30 ^{rs}	31.38 ^{d-k}	9.6 ^{f-l}	4 ^{h-n}	30 ^{b-h}	16 ^{b-f}
	PA-688	2.56 ^{bc}	122 ^{b-f}	75.54 ^{c-g}	2.86 ⁿ	143.76 ^{abc}	34.44 ^{c-e}	32.56 ^{d-g}	8.93 ^l	4.11 ^{g-n}	27 ^{c-h}	23 ^a
	PA-483	2.59 ^{bc}	122.66 ^{b-e}	76.75 ^{b-g}	3.16 ^{k-n}	114.68 ^{h-l}	35.17 ^{cd}	24.05 ^o	9.26 ^{i-l}	3.92 ^{i-o}	23 ^{gh}	16 ^{b-g}
Jasmonic acid 100 µM	PA-136	2.97 ^a	115.66 ^g	78.65 ^{a-f}	3.16 ^{k-n}	142.81 ^{a-d}	26.39 ^{i-m}	28.74 ^{e-o}	10.4 ^{a-e}	4.13 ^{g-m}	53 ^a	11 ^{j-p}
	PA-162	1.93 ^{k-o}	125.33 ^{ab}	78.78 ^{a-e}	3.88 ^{b-g}	118.77 ^{f-k}	39.34 ^{ab}	29.92 ^{d-m}	9.66 ^{d-l}	3.32 ^o	28 ^{b-h}	13 ^{h-o}
	PA-135	2.40 ^{b-g}	119 ^{d-g}	77.54 ^{b-f}	3.41 ^{h-m}	144.44 ^{abc}	34.94 ^{cd}	27.28 ^{g-o}	9.03 ^{kl}	4.39 ^{f-k}	32 ^{b-g}	19 ^{bc}
	PA-688	2.40 ^{b-g}	121 ^{b-g}	81.09 ^{a-e}	3.47 ^{f-m}	125.28 ^{d-j}	22.5 ^{n-s}	30.8 ^{d-l}	9.76 ^{c-k}	5.63 ^a	33 ^{b-g}	11 ^{j-p}
	PA-483	1.71 ^o	122.66 ^{b-e}	69.89 ^{gh}	3.44 ^{g-m}	87.40 ^m	34.66 ^{cde}	30.21 ^{d-m}	10 ^{a-i}	4.22 ^{f-l}	25 ^{gh}	10 ^{nop}

Means with the same letters in the same columns are not significantly different at 5 % of probability level.

Table 2. Pearson simple correlation coefficients between the studied traits in tomato cultivars

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1											
2	-0.521**	1										
3	-0.262	0.337*	1									
4	0.169	-0.075	-0.117	1								
5	-0.01	-0.183	0.276	0.231	1							
6	0.478**	-0.105	-0.350*	-0.013	-0.431**	1						
7	-0.284	0.391**	0.282	-0.114	-0.096	-0.195	1					
8	0.003	0.028	-0.242	0.070	-0.105	0.186	-0.01	1				
9	0.009	-0.205	-0.362*	0.007	-0.052	0.174	-0.260	0.292	1			
10	-0.084	-0.007	-0.115	0.198	0.244	-0.179	-0.045	0.239	0.166	1		
11	0.154	-0.086	-0.366*	0.245	-0.216	0.349*	-0.151	0.071	0.131	0.153	1	
12	-0.322*	0.252	0.205	0.048	-0.387**	-0.038	0.231	0.071	-0.04	-0.06	0.101	1

*and **: are significant at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively.

Traits 1 to 12 are yield, days to maturity, plant height, numbers of fruit per cluster, fruit weight, chlorophyll index, Vitamin C, TA, TSS, percentage of fruit damage and percentage of leaf damage respectively

مشاهده کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و حداکثر عملکرد در رقم شماره PA-136 در کاربردهای جداگانه سطح اول کلروپایرینفوس و سطح دوم JA می باشد. معمولاً ارقام زودرس عملکرد کمتری دارند و به عبارتی، در شرایطی که به هر دلیل از جمله کوتاهی فصل رشد یا ضرورت اقتصادی مرتبط با زمان ارائه محصول به بازار، زودرسی با اهمیت جلوه می یابد با کاهش عملکرد روبرو می شویم که در این جا حداکثر عملکرد در کاربرد این تنظیم کننده با کمترین تعداد روز تا رسیدگی همراه شده است که این موضوع بیانگر مناسب بودن این تنظیم کننده و احتمالاً قابلیت این رقم در جهت استفاده در برنامه به نژادی با هدف توسعه ارقام زودرس و تولید محصول بالا متناسب با شرایط تولید خارج از فصل می باشد. حصول سود اقتصادی بالا از این طریق توسط Miyehchi Langaroudi (2000) نیز مورد تأکید قرار گرفته است.

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف در محدوده ۹۴/۱۱-۶۲/۸۷ سانتی متر متغیر بود. با کاربرد سطح اول JA، میانگین ارتفاع بوته در رقم PA-136 به طور معنی داری از ۷۸/۱۵ سانتی متر به ۶۸/۴۶ کاهش یافت. در رقم PA-135 نیز همین وضعیت اما با کاهش شدیدتر، با

عملکرد و کاهش آسیب های آفت می شود اما اگر سطح تحمل رقم بیش از حد کم باشد، مقاومت القاشده ممکن است بی اثر بوده و اگر سطح تحمل گیاه بسیار بالا باشد، مقاومت القایی حاصل نشده و آسیب طبیعی به برگ ها نیز باعث کاهش عملکرد نمی شود و تفاوتی بین سطوح ترکیب مصرفی مشاهده نمی شود.

تعداد روز تا گلدهی

همبستگی مثبت روز تا گلدهی با روز تا رسیدن فیزیولوژیک معنی دار شده است (جدول ۲) با این تفسیر ارقام با گلدهی خارج از فصل زودتر، حصول سود اقتصادی قابل توجه را برای تولید کنندگان این محصول تضمین می کند (Miyehchi Langaroudi, 2000). همبستگی این صفت با عملکرد تک بوته (۰/۵۲-) نیز به صورت منفی معنی دار شده است که نشان دهنده عملکرد بیشتر ارقام با گلدهی زودتر است. در پژوهش (2015) Gharati در گیاه گوجه فرنگی روی همین ارقام مورد استفاده در پژوهش حاضر نیز بین عملکرد و روز تا گلدهی، همبستگی معنی دار گزارش کرده است.

تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط تولید خارج از فصل مناطقی مثل استان بوشهر حائز اهمیت خاصی است. نکته قابل توجه در این پژوهش، همزمانی

کاربرد آبامکتین مشاهده شد و در سطح دوم آن، بیشترین مقدار افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد. کاربرد سطح دوم SA نیز در رقم PA-135، ارتفاع بوته را به طور معنی داری افزایش داد (جدول ۱). ارتفاع بوته علاوه بر تأثیر بر قدرت عمومی گیاه، در عبور جریان هوا و ممانعت از ایجاد شرایط رطوبتی مناسب برای بروز برخی بیماری‌های قارچی مفید است. در پژوهشی که توسط Li et al. (2018)، در خصوص بررسی اثر متیل جاسمونات روی خصوصیات رشدی و ضخامت برگ سویا، آفتابگردان و گوجه‌فرنگی انجام شده است، کاهش رشد شاخساره خصوصاً در غلظت‌های بالای این ترکیب مورد اشاره قرار گرفته است. (Taghdiri et al., 2010). پژوهشی، بیشترین ارتفاع بوته گیاهچه‌های سیب‌زمینی را مربوط به عدم مصرف JA گزارش کردند. JA در کاهش رشد مریستم انتهایی ساقه، سرکوب رشد طولی گیاه و کاهش ارتفاع گیاه و تحریک میوه‌دهی نقش دارد (Pruski et al., 2001).

تعداد میوه در خوشه

بیشترین تعداد میوه در خوشه (۴/۴۹ عدد) با افزایش معنی دار نسبت به شاهد در کاربرد سطح دوم آبامکتین در رقم PA-135 به دست آمد. در رقم PA-483 با کاربرد هر دو سطح کلروپایرفوس، تعداد میوه در خوشه افزایش یافت اما در رقم PA-162، باعث کاهش معنی دار گردید. سطح دوم SA در رقم PA-483 و هر دو سطح JA در رقم PA-162، تعداد میوه در خوشه را به صورت معنی داری افزایش داد. گیاهان عموماً در شرایط تنش، طی مکانیسم فرار، دوره رشد و نمو خود را زودتر کامل می‌کنند و از آنجا که کنترل مکانیسم‌های گیاهان تحت شرایط تنش به تولید SA وابسته است لذا کاربرد خارجی آن می‌تواند در کنترل فیزیولوژی گیاه در شرایط نامساعد مؤثر واقع شود (Dat et al., 1998). (Javaheri et al., 2014). افزایش تعداد میوه در خوشه با کاربرد SA را گزارش کردند. همبستگی این صفت با وزن تک میوه و درصد

خسارت برگ به صورت منفی معنی دار شد.

وزن تک میوه

بیشترین مقدار وزن تک میوه مربوط به ارقام PA-136 و PA-135 با کاربرد اکثر ترکیبات و کمترین آن مربوط به ارقام PA-162 و PA-483 بود. در ارقام PA-162، PA-135 و PA-688 با کاربرد سطح دوم آبامکتین، و در رقم PA-135 با کاربرد سطح اول کلروپایرفوس و در رقم PA-483 با سطح دوم آن، کاهش معنی دار وزن تک میوه مشاهده شد. در بحث تعداد میوه در خوشه، افزایش تعداد میوه با کاربرد این دو ترکیب در ارقام PA-135 و PA-483 بیان شد که شاید کاهش وزن تک میوه در این ارقام ناشی از بهبود میوه‌بندی و افزایش تعداد میوه باشد که مورد انتظار بود. با کاربرد سطح اول و دوم JA به ترتیب در ارقام PA-162 و PA-483 وزن تک میوه کاهش اما با سطح اول آن در رقم PA-135 افزایش یافت. با کاربرد SA، وزن تک میوه در اکثر ارقام کاهش یافت. کمترین وزن تک میوه در سطح دوم هر کدام از ترکیبات کلروپایرفوس، SA و JA در رقم PA-483 مشاهده شد. نتایج پژوهش حاضر در خصوص ارقام PA-136، PA-135 و PA-688 با افزایش وزن تک میوه با کاربرد JA در پژوهش (Thaler 1999) نیز همخوانی دارد. علت اختلاف رفتاری ارقام شاید تفاوت در محتوای درونی این تنظیم‌کننده باشد. همبستگی وزن تک میوه با تعداد میوه در خوشه منفی (**۰/۴۳-) و با عملکرد مثبت (**۰/۴۷) بود که با نتایج (Mahmood 2008) در خصوص عملکرد همخوانی دارد.

شاخص کلروفیل

بیشترین مقدار شاخص کلروفیل مربوط به رقم PA-162 با کاربرد هر دو سطح JA حاصل شد اما در کاربرد هر دو سطح آبامکتین در این رقم و سطح دوم آن در ارقام PA-135 و PA-688 کاهش و در رقم PA-483 افزایش معنی دار شاخص کلروفیل مشاهده شد. در

اسید اسکوربیک (ویتامین ث)

بیشترین افزایش محتوی اسید اسکوربیک (ویتامین ث) نسبت به شاهد در کاربرد سطح دوم SA در رقم PA-136 ایجاد شد. آدامکتین نیز محتوی ویتامین ث در این رقم را افزایش داد. سطح دوم کلروپایریفوس، مقدار ویتامین ث در رقم PA-162 را به طور معنی داری کاهش داد. سطح دوم SA، میانگین ویتامین ث در رقم PA-688 را نیز به طور معنی داری افزایش داد. با توجه به افزایش محتوی ویتامین ث با کاربرد سطح دوم SA در برخی ارقام، رفتار متفاوت ارقام در این خصوص، خواص آنتی اکسیدانی ویتامین ث و اهمیت آن در ارزش تغذیه‌ای و مصرف تازه خوری میوه گوجه‌فرنگی (Tudor-Radu et al., 2016)، شاید بتوان با استفاده از ژنوتیپ‌های با ظرفیت مناسب که از لحاظ عملکردی نیز در سطح بالایی باشند ارقامی را به‌نژادی نمود که ضمن داشتن عملکرد مطلوب، واکنش مناسبی در افزایش ویتامین ث با کاربرد خارجی SA از خود بروز دهند (Mady (2009) و Javaheri et al. (2014) در گوجه‌فرنگی و Sedaghati et al. (2020) نیز در میوه سیب به افزایش ویتامین ث محصول با کاربرد SA اشاره دارند.

محتوای اسید غالب قابل تیتراسیون (TA)

با کاربرد حشره کش‌های مورد بررسی، رفتار متفاوتی در بین ارقام مشاهده شد. در کاربرد سطح دوم JA، بیشترین و کم‌ترین مقادیر TA مشاهده می‌شود. این موضوع نشان دهنده وابستگی شدید ژنوتیپی ارقام و نیاز به دقت در کاربرد این ترکیب می‌باشد. بعضی ارقام از جمله رقم PA-483 در کاربرد سطح دوم هر دو تنظیم‌کننده روند افزایشی معنی‌دار در مقدار TA از خود نشان دادند. میزان TA از دو جنبه ایجاد طعم و مزه و فرایند استریل کردن محصول اهمیت داشته و به‌عنوان یک شاخص مهم کیفیت در انتخاب رقم قابل استفاده است (Mazaheri-Tehrani et al., 2003). (Mady (2009) نیز افزایش میزان TA در گوجه‌فرنگی با کاربرد SA را اشاره کرده است. بر

کاربرد سطح دوم کلروپایریفوس در رقم PA-136 افزایش و هر دو سطح آن در رقم PA-162 کاهش معنی‌دار شاخص کلروفیل نسبت به شاهد مشاهده شد در حالیکه افزایش شاخص کلروفیل در ارقام PA-135 و PA-483 فقط با سطح دوم آن دیده شد. روند یکسان واکنش رقم PA-162 در کاربرد هر دو حشره‌کش، وابستگی ژنوتیپی نوع رقم را مورد تأکید قرار می‌دهد. کاربرد هر دو سطح SA در ارقام PA-136 و PA-483 و سطح دوم آن در رقم PA-135 شاخص کلروفیل را افزایش داد در حالیکه در ارقام PA-162 و PA-688 فقط سطح دوم آن هم با کاهش شاخص کلروفیل همراه بود. کاربرد هر دو سطح JA در ارقام PA-162 و PA-483 و سطح اول آن در رقم PA-136 شاخص کلروفیل افزایش داد اما رقم PA-135 با سطح اول این تنظیم‌کننده کاهش و با سطح دوم آن افزایش یافت. برعکس این حالت در رقم PA-688، در سطح اول JA افزایش اما در سطح دوم آن کاهش این شاخص مشاهده شد. ظاهراً ظرفیت رقم PA-688 به گونه‌ای است که تا سطح اول JA شاخص کلروفیل را افزایش و بیش از آن باعث کاهش سبزی‌نگی گیاه می‌شود. افزایش معنی‌دار این شاخص با کاربرد هر دو تنظیم‌کننده در رقم PA-162 و PA-483 قابل تأمل است. مجموعاً در استفاده از SA، بالاترین شاخص کلروفیل در رقم PA-483 و در استفاده از سطح اول سموم مصرفی، بالاترین شاخص کلروفیل در رقم PA-688 و در استفاده از JA، بالاترین شاخص کلروفیل مربوط به رقم PA-162 بود. با توجه به اهمیت این شاخص در فعالیت فتوسنتزی، نتایج پژوهش (Bayat et al. (2011) در رابطه با بهبود این شاخص و برخی صفات مهم خیار با کاربرد SA، معنی‌دار شدن همبستگی این صفت با تعداد روز تا گلدهی و جمیع جهات، شاید بتوان با بررسی بیشتر، به توصیه کاربردی با هدف بهبود شاخص سبزی‌نگی گیاه در سطح وسیع دست یافت.

بیان نمودند که JA با افزایش سطح پلی فنول اکسیداز برگ و آنزیم‌های اکسیداتیو باعث افزایش حدود ۶۰ درصدی مقاومت در برابر حشرات گیاهخوار می‌شود. (Black et al., 2003) نیز در تحقیقی، JA را به‌عنوان یک واکسن علیه مینوزهای برگ می‌معرفی نموده است. همبستگی منفی درصد خسارت برگ با تعداد میوه در خوشه و عملکرد گوجه‌فرنگی نیز بر ضرورت کنترل این آفت تاکید دارد.

درصد خسارت میوه

کاربرد حشره‌کش‌ها خصوصاً سطح دوم آباکتین در ارقام PA-162 و PA-135، خسارت میوه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. نکته قابل توجه کاهش درصد خسارت میوه هم سطح کاربرد حشره‌کش‌ها در کاربرد هر دو سطح پیام‌رسان‌های SA و JA در اکثر ارقام می‌باشد. البته ارقامی مثل رقم PA-136 که کاهش خسارت میوه آن‌ها با کاربرد این دو تنظیم‌کننده کمتر بود، تعداد میوه کمتری در خوشه داشت که شاید در بروز خسارت بیشتر اهمیت داشته باشد. ضمناً این رقم در کاربرد سطح دوم JA از کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز برخوردار بود. همبستگی درصد خسارت میوه با تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز منفی است، به عبارتی ظرفیت بروز درصد خسارت این رقم بیشتر بوده و به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی عمل کرده و دوره رسیدگی را کاهش داده است. سطح دوم JA، ارقام را مشخصاً به دو گروه شامل رقم اول با بالاترین درصد خسارت میوه و مابقی ارقام با خسارت کمتر تقسیم نمود. این موضوع گویای قابلیت استفاده از این پیام‌رسان‌ها در مقابله با این آفت، وابستگی ژنوتیپی ارقام و تفاوت سطح مقاومت و میزان درونی SA و JA ارقام در بروز واکنش است.

رگرسیون گام به گام

بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام، به‌ترتیب سه صفت تعداد روز تا گلدهی، وزن تک میوه و درصد

اساس نتایج همبستگی صفات، ارقام با تعداد روز تا رسیدگی کمتر دارای اسید غالب بیشتری می‌باشند.

کل مواد جامد قابل حل (TSS)

بیشترین مقادیر TSS در کاربرد سطح دوم JA و آباکتین در رقم PA-688، هر دو سطح آباکتین و سطح دوم کلروپایریفوس در رقم PA-136 به‌دست آمد. سطح دوم هر دو تنظیم‌کننده در رقم PA-483 نیز باعث افزایش TSS شد. با کاربرد سطح اول SA، ارقام به دو گروه با عدد بریکس بالاتر از ۴/۵ (ارقام PA-136، PA-162 و PA-135) و کمتر یا مساوی ۴ (ارقام PA-688 و PA-483) تقسیم شد. مقدار TSS در رقم PA-135 در همه ترکیبات به‌جز سطح دوم آباکتین، بالاتر از ۴ بود. افزایش TSS در گوجه‌فرنگی، طعم میوه آن را بهبود می‌بخشد (Jamali et al., 2011). افزایش TSS در میوه گوجه‌فرنگی ممکن است به دلیل انباشت قند (Balibrea et al., 2006) یا کاهش فعالیت‌های متابولیکی و جلوگیری از بیوسنتز اتیلن باشد (Babalar et al., 2007). (Mady (2009)، (Javaheri et al. (2014) و (Habibi Sharafabad et al. (2017) نیز افزایش TSS با کاربرد SA در گوجه‌فرنگی گزارش کردند.

درصد خسارت برگ

کمترین درصد خسارت برگ در کاربرد حشره‌کش‌ها خصوصاً سطح دوم کلروپایریفوس ثبت شد اما میزان خسارت حدود ۱۰ درصد در برگ برخی ارقام گیاهی تیمار شده با SA و خصوصاً سطح دوم JA در ارقام PA-136، PA-688 و PA-483 که خسارت در حالت شاهد حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد بود قابل توجه است. هر چند بیشترین میزان خسارت برگ در کاربرد ۵۰ میکرومولار هورمون JA در رقم PA-688 ثبت شد اما کاهش معنی‌دار میزان درصد خسارت برگ نسبت شاهد در بعضی ارقام با کاربرد این دو پیام‌رسان گیاهی نویدی بر قابلیت بهینه‌سازی هر چه بهتر کاربرد آن‌ها در مقابله با این آفت است. (Thaler (1999) و (Thaler et al. (2001)

غیرمستقیم برای افزایش عملکرد می باشد. این نتیجه در مطالعات (Meena and Bahadur (2015 نیز گزارش شده است. بیشترین اثر منفی مستقیم مربوط به تعداد روز تا گلدهی (۰/۴۵-) بود. این صفت اثرات غیرمستقیم و منفی نیز بر عملکرد داشت که با نتایج Hannan et al. (2007) نیز همخوانی داشت.

تجزیه به مؤلفه های اصلی

در تجزیه به مؤلفه های اصلی (جدول ۳)، چهار مؤلفه اول با مقادیر ویژه بزرگتر از یک که مجموعاً ۶۲/۵ درصد از کل تغییرات را توجیه می نمود انتخاب شد. با توجه به بزرگترین مقادیر مثبت مربوط به ضرایب صفات، می توان مؤلفه ها را به ترتیب مؤلفه عملکرد مرتبط با صفات فنولوژیک، مؤلفه تعداد میوه در خوشه مرتبط با میزان خسارت برگ، مؤلفه عملکرد کیفی و مؤلفه قدرت عمومی گیاه در مواجهه با آفت نام گذاری کرد و در صورت راستی آزمایشی نتایج در تکرار آزمایش با ارقام بیشتر، برای انتخاب ارقام و برنامه های به نژادی گوجه فرنگی مورد استفاده قرار داد. نتایج Bernousi et al. (2011) نیز با مؤلفه اول پژوهش حاضر هم راستا است.

خسارت برگ که مجموعاً ۴۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه می کرد وارد مدل رگرسیونی زیر (معادله ۱) شدند که بیان کننده اهمیت این صفات در ارتباط با عملکرد محصول گوجه فرنگی و تایید نتایج همبستگی و رگرسیون می باشد. به عبارتی، ارقام دارای وزن تک میوه بیشتر، تعداد روز تا گلدهی و درصد خسارت برگ کمتر، عملکرد بیشتری خواهند داشت.

$$Y = 5/0 - 69/1X_1 + 0/2X_2 + 0/8X_3 - 1/39X_4$$

در پژوهش های جداگانه ای (Gholampour (2019 و (Tiwari et al. (2011) و (Bojarian et al. (2015) روی همین ارقام و (Reddy et al. (2013) به وزن تک میوه گوجه فرنگی به عنوان مهم ترین صفات وارد شده در مدل رگرسیونی اشاره کرده اند.

تجزیه علیت

وزن تک میوه بیشترین اثر مستقیم مثبت (۰/۴۲) بر عملکرد داشت. این صفت به طور غیرمستقیم نیز از طریق روز تا گلدهی (۰/۰۴۷) و درصد خسارت برگ (۰/۰۰۷) بر عملکرد اعمال اثر می کند که گویای اهمیت این صفت و قابلیت استفاده از آن در انتخاب

Table 3. The results of principal components analysis including the coefficients of traits in the components, eigenvalues and explained variation

Trait	Component			
	1	2	3	4
Fruit yield per plant	0.395	0.142	0.336-	0.196
Days to flowering	0.362-	0.304-	0.160	0.057
Days to physiologic maturity	0.440-	0.124	0.111-	0.114
Plant height	0.139	0.153	0.303	0.633
Umbers of fruit in a cluster	0.089-	0.614	0.162	0.050
Single fruit weigh	0.370	0.335-	0.237-	0.057
Chlorophyll index	0.348-	0.204-	0.037	0.083
VitaminC	0.164	0.190-	0.415	0.274-
TA	0.280	0.062-	0.309	0.453-
TSS	0.065	0.141	0.589	0.034
Percentage of fruit damage	0.294	0.233-	0.173	0.443
Percentage of leaf damage	0.187-	0.436-	0.160	0.228
Eigenvalue	2.79	1.93	1.59	1.19
Cummulative explained variation	23.26	39.36	52.61	62.54

نتیجه‌گیری

برآیند نتایج گویای وابستگی شدید ژنوتیپی واکنش ارقام گوجه‌فرنگی نسبت به ترکیبات مصرفی است. بهبود صفات گیاهی و قابلیت کنترل این آفت با استفاده از تنظیم‌کننده‌های SA و JA نیز آشکار بود که در صورت تکرارپذیری نتایج، علاوه بر امکان بهبود کمی و کیفی صفات گیاهی، قابلیت جایگزینی سموم شیمیایی حشره‌کش به وسیله این تنظیم‌کننده‌های درون‌زاد با منشأ طبیعی نیز وجود دارد. در صورت راستی آزمایشی نتایج،

برخی ارقام از جنبه‌هایی از جمله زودرسی، عملکرد کمی و کیفی بالا و واکنش به کاربرد تنظیم‌کننده‌ها از قابلیت مناسبی برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی تولید ارقام هیبرید زودرس با عملکرد بالا و متحمل نسبت به این آفت برخوردارند.

سپاس‌گزاری

از شرکت حاصل‌نوین بابت تهیه بذور ارقام مختلف هیبرید گوجه‌فرنگی مورد پژوهش تقدیر می‌گردد.

References

- Agrawal, A. A. (1999). Induced responses to herbivory in wild radish: Effects on several herbivores and plant fitness. *Ecology*, 80(5), 1713-1723.
- Association of Official Analytical Chemists (17th edn). (2000). *Official method 942.15 of analysis* Acidity (Titratable acidity) of fruit products. Retrieved from <https://qdoc.tips/94215-pdf-free.html>
- Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., & Khosroshahi, A. (2007). Effect of pre and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry*, 105(2), 449-453.
- Balibrea, M. E., Martinez-Andujar, C., Cuartero, J., Bolarin, M. C., & Perez-Alfocea, F. (2006). The high fruit soluble sugar content in wild *Lycopersicon* species and their hybrids with cultivars depends on sucrose import during ripening rather than on sucrose metabolism. *Functional Plant Biology*, 33(3), 279-288.
- Bayat, H., Mardani, H., Arouie, H., & Salahvarzi, Y. (2011). Effects of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. *Plant Productions*, 18(3), 63-76. [In Farsi]
- Bernousi, I., Emami, A., Tajbakhsh, M., & Darvishzadeh, R. (2011). Studies on genetic variability and correlation among the different traits in *Solanum lycopersicum* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 152-158.
- Black, C. A., Karban, R., Godfrey, L. D., Granett, J., & Chaney, W. E. (2003). Jasmonic acid: A vaccine against leaf miners (Diptera: Agromyzidae) in celery. *Environmental Entomology*, 32(5), 1196-1202.
- Bojarian, M., Asadi-Gharneh, H. A., & Golabadi, M. (2019). Factor analysis, stepwise regression and path coefficient analyses of yield, yield-associated traits, and fruit quality in tomato. *International Journal of Vegetable Science*, 6(25), 542-553.
- Cioroi, M. (2007). Study on L-ascorbic acid contents from exotic fruits. *Cercetari Agronomice in Moldova Journal*, 1(129), 23-27.
- Croft, B. A. (1990). *Arthropod biological control agents and pesticides*. USA: John Wiley and Sons.
- Dat, J. F., Delgado, H. L., Foyer, C. H., & Scott, L. M. (1998). Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. *Plant Physiology*, 116, 1351-1357.

- Gharati, B. (2015). *Evaluation of genetic diversity and resistance of some different tomato genotypes to leaf miner (Tuta absoluta Meyrick)*. M.Sc. Thesis of Plant Breeding, Persian Gulf University, Bushehr. [In Farsi]
- Gholampour, A. (2019). *Investigation of genetic diversity of different tomato cultivars using yield, yield components and some of the most important morphological traits*. M. Sc. Thesis of Plant Breeding, Persian Gulf University, Bushehr. [In Farsi]
- Habibi Sharafabad, M., Hosseini Farahi, M., & Didgah, S. K. (2017). Effect of salicylic acid and humic acid on quantitative and qualitative properties of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Goldi). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 8(2), 49-65. [In Farsi]
- Hannan, M. M., Ahmed, M. B., Razvy, M. A., Karim, R., Khatun, M., Haydar, A., & Roy, U. K. (2007). Heterosis and correlation of yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esulentum* Mill.) . *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 2(2), 146-150.
- Jamali, B., Eshghi, S., & Tafazoli, E. (2011). Vegetative and reproductive growth of strawberry plant cv'Pajaro'affected by salicylic acid and nickel. *Journal Agriculture Scientific*, 13, 895-904.
- Javaheri, M., Dadar, A., & Babaeian, M. (2014). Effect of salicylic acid spray in seedling stage on yield and yield components of tomato. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 9(3), 924-928.
- Jones, J. B. (2007). *Tomato plant culture: In the field, greenhouse, and home garden*. USA: Taylor and Francis Group, CRC press.
- Jung, S. (2004). Effect of chlorophyll reduction in arabidopsis thaliana by methyl jasmonate or norflurazon on antioxidant systems. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 42(3), 225-31.
- Keshavarz, H., Modarres Sanavi, S. A. M., Zarin-kamar, F., Dolatabadian, A., Panahi, M., & Sadat-Asilan, K. (2011). Study of foliar application of salicylic acid on some biochemical properties of two canola cultivars (*Brassica napus* L.) under cold stress condition. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 4(42), 723-734. [In Farsi]
- Li, C., Wang, P., Menzies, N. W., Lombi, E., & Kopittke, P. M. (2018). Effects of methyl jasmonate on plant growth and leaf properties. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 3(181), 409-418.
- Mady, M. A. (2009). Effect of foliar application with salicylic acid and vitamin E on growth and productivity of tomato (*Lepidium sativum*, Mill.) Plant. *Mansoura University Journal of Agriculture*, 34(6), 6735-6746.
- Mahmood, T. (2008). Path coefficient analysis of yield component in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Pakistan Journal of Botany*, 40(2), 627-635.
- Mazaheri Tehrani, M., Mortazavi, S. A., Shahidi, F., & Mahalati, M. R. N. (2003). Qualitative characteristics evaluation of different tomatoes varieties. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 10(3), 65-76. [In Farsi]
- Meena, O. P., & Bahadur, V. (2015). Genetic association's analysis for fruit yield and its contributing traits of indeterminate tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Germplasm under open field condition. *Journal of Agricultural Science*, 7(3), 148-163.
- Miyehchi Langaroudi, H. (2000). Study on yield and quality of 15 tomato lines and cultivars in Bushehr province. *Seedlings and Seeds*, 3(16), 387-389. [In Farsi]
- Neamati Darbandi, A. (2015). *Evaluation of the effect of Jasomnic acid on the induced resistance of three tomato cultivars, Lycopercum esculentum to leaf miner (Tuta absoluta Meyrick)*. M.Sc. Thesis of Agricultural Entomology, Bu-Ali Sina University, Hamdan. [In Farsi]

- Pruski, K., Duplessis, P., Lewis, T., Astatkie, T., Nowak, J., & Struik, P. C. (2001). Jasmonate effect on in vitro tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars under light and dark conditions. *Potato Research*, 44(4), 315-325.
- Rakhshani Zabol, E. (2010). *Principles of agricultural toxicology (pesticides)*. Zabol: Zabol University Press. [In Farsi]
- Reddy, B. R., Reddy, M. P., Begum, H., & Sunil, N. (2013). Genetic diversity studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 4(1), 53-55.
- Reference Module in Food Science. (2016). *Strategies to reduce insecticide use in agricultural production*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/313845110>.
- Sedaghati, Z., Nazoori, F., & Mirdehghan, S. H. (2020). Effect of salicylic acid on the quality characteristics of apple fruit (golden delicious and red delicious) during storage period. *Plant Productions*, 43(1), 39-52. [In Farsi]
- Seraj, A. A. (2011). *Principles of plant pest control*. Ahvaz: Shahid Chamran University of Ahvaz press. [In Farsi]
- Shamshiri, M. H., Hasani, M. R., Karimi, H. R., & Esmaailzadeh, M. (2015). Effect of arbuscular mycorrhizae and salicylic acid on nutrient elements content of abareqi pistachio seedling under drought stress. *Plant Productions*, 38(1), 75-89. [In Farsi]
- Taghdiri, B., Gholami, M., Deljo, A., & Sepehri, A. (2010). Response of tissue culture derived potato plantlets to nitrogen and jasmonic acid under hydroponic condition. *Plant Production Technology*, 10(1), 69-78. [In Farsi]
- Thaler, J. S. (1999). Induced resistance in agricultural crops: Effects of jasmonic acid on herbivory and yield in tomato plants. *Environmental Entomology*, 28(1), 30-37.
- Thaler, J. S., Stout, M. J., Karban, R., & Duffey, S. S. (2001). Jasmonate-mediated induced plant resistance affects a community of herbivores. *Ecological Entomology*, 26(3), 312-324.
- Tiwari, J. K., Mehta, N., & Upadhyay, D. (2011). Multiple regression analysis for fruit yield in tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill). *International Journal of Agricultural and Statistics Sciences*, 7(2), 561-564.
- Tudor-Radu M., Vijan L. E., Tudor-Radu, C. M., Tita, I., Sima R., & Mitrea, R. (2016). Assessment of ascorbic acid, polyphenols, flavonoids, anthocyanins and carotenoids content in tomato fruits. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 44(2), 477-483.