ارزیابی برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت ارقام مختلف گیاه خیار *Cucumis sativus.* L علیه شته جالیز، *Aphis gossypii*

امین مقبلی قرایی[۱]، احمد استاجی[۲] و شهناز شهیدی نوقابی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۸)

چکیده

شته جالیز *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) یکی از آفات مهم گلخانه و مزارع است که سبب کاهش محصول می‌گردد. این آفت همچنین ناقل چندین ویروس گیاهی از جمله ویروس موزاییک خیار و هندوانه است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر تغذیه شته جالیز بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی که در مقاومت گیاهان نقش دارند در چهار رقم از گیاهان خیار (دلتا، سوپر دومینو، ۲۲۰۱ و هیبرید لونا) بوده است. برای این منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج مشخص نمود که خسارت شته جالیز سبب افزایش مقدار فنول، قندهای محلول و ساکاروز گردید که در این بین رقم دلتا بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. همچنین، نتایج مشخص نمود که مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، نشاسته، پروتئین‌های محلول و غلظت عناصر آهن، مس، روی و منگنز برگ نیز به‌طور قابل توجهی در اثر خسارت شته کاهش پیدا نمود. با توجه به داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که ارقام مختلف واکنش متفاوتی به خسارت شته جالیز از خود نشان می‌دهند و گیاهان در پاسخ به خسارت شته جالیز میزان فنول، پرولین، قندهای محلول و ساکاروز خود را افزایش می‌دهند. در بین ارقام مورد آزمایش، رقم دلتا از مقاومت بیشتری نسبت به سایر ارقام خیار به خسارت شته جالیز برخوردار بود.

کلمات کلیدی: پرولین، ترکیبات فنولی، شته جالیز، مکانیسم‌های مقاومت

مقدمه

شته‌ها از جمله آفاتی هستند که در صورت مناسب بودن محیط رشد، با زاد و ولد سریع و مکیدن شیره گیاهی، تولید عسلک و درنهایت ایجاد محیط مناسب برای رشد قارچ‌هایی نظیر *Capnodium* spp.، *Cladosporium* spp. و *Fumago* spp. روی گیاه میزبان، خسارت زیادی به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند (۱۵ و ۱۸). بسیاری از ویروس‌های گیاهی به‌وسیله شته‌ها منتقل می‌شوند و احتمالاً خسارت شته‌ها از طریق

۱. گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان

۲. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shahidi@vru.ac.ir

ویروس‌های مزبور در مقایسه با تغذیه آنها از شیره یشتر می‌باشد. شته پنبه یا شته جالیز با نام علمی *Aphis gossypii* Glover، آفتی همه‌جازی و پلی‌فاژ است که در مناطق گرمسیر، نیمه گرمسیر و معتدل گسترش دارد و دارای میزبان‌های زیادی از خانواده کدوئیان و پنیرکیان می‌باشد (۲۱). حدود ۷۰۰ میزبان گیاهی برای این آفت در سراسر جهان گزارش شده است (۳۰). پوره‌ها و حشرات کامل شته جالیز با فرو بردن قطعات دهانی درون برگ‌ها از شیره گیاهی تغذیه کرده و سبب کاهش تولید می‌شوند. شته‌ها برای رشد و نمو، به مواد پروتئینی نیاز دارند و چون درصد مواد قندی نسبت به مواد پروتئینی در شیره گیاهی خیلی زیادتر است، بنابراین برای تأمین پروتئین مورد نیاز خود باید شیره گیاهی زیادی بمکند. با مکیدن شیره گیاهی، گیاه دچار فقر مواد کربوهیدراته شده و از رشد و نمو باز می‌ماند. تغذیه از شیره گیاه سبب زردی، پیچیدگی، پژمردگی، خشک و شکننده شدن برگ‌ها می‌شود و میوه‌ها هم به‌طور کامل نمی‌رسند. مشکل دیگری که در مورد شته جالیز وجود دارد، تولید عسلک می‌باشد. عسلک تولید شده شامل قند گیاه مخلوط شده با قندهای همولمف حشره و ترهالوز می‌باشد (۶). تجمع عسلک روی سطح برگ‌ها موجب کاهش مقدار فتوسنتز گیاه می‌گردد (۱۰). در سال‌های اخیر دانشمندان به این نتیجه رسیدند که برخی از ارقام گیاهان مکانیسم‌های مقاومتی در برابر آفات و حشرات از خود نشان می‌دهند که این مکانیسم‌های مقاومت ممکن است به صورت تغییرات مورفولوژی و یا فیزیولوژیکی باشند که درنهایت باعث توانایی بیشتر گیاه در برابر حمله آفات می‌شود (۷). ازجمله تغییرات مورفولوژیکی که در اثر حمله آفات بخصوص آفات مکنده در گیاهان رخ می‌دهد می‌توان به کاهش سطح برگ، افزایش تعداد کرک و افزایش ضخامت کوتیکول اشاره کرد (۳۹) . در یک بررسی انجام شده روی گیاه کلم مشخص گردیده که در برگ گیاهان آلوده به شته، مقدار موم، که به عنوان یک پوشش سطحی در سطح برگ عمل می‌کند افزایش یافت، اما سطح برگ به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا نمود (۲۲).

تجمع و بیوسنتز ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم، بخصوص تنظیم کننده‌های اسمزی یکی از مکانیسم‌های دفاعی گیاه می‌باشد، که اکثر گونه‌های گیاهی از این ترکیبات به‌عنوان کاهش دهنده اثرات مضر تنش استفاده می‌کنند. این فرایند با حفظ پتانسیل اسمزی درون سلولی و حفظ حالت تورژسانس برگ سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه در شرایط تنش می‌گردد (۲۲ و ۲۳). به خوبی مشخص شده است که تجمع ترکیبات غیر سمی با وزن مولکولی پایین نظیر پرولین، قندهای محلول و پروتئین‌های محلول در شرایط تنش سبب پایداری غشاء و ساختار سلول می‌گردد (۱۹). همچنین گزارش شده است که تغییر در مقدار پروتئین نیز یکی دیگر از مکانیسم‌های مقاومت به شرایط خسارت شته می‌باشد و گونه‌های گیاهی که از مقدار پروتئین بیشتری برخوردار باشند می‌توانند تحمل بیشتری به شرایط حمله شته داشته باشند (۴).

تغییر در نوع و مقدار کربوهیدارت‌ها نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های مقاومت باشد. گیاهانی که مقدار کربوهیدرات بیشتری در شرایط تنش برخوردار باشند به خاطر نیاز گیاه به کربوهیدرات برای سوخت و ساز و رشد ریشه گیاهان از مقاومت بیشتری برخوردار خواهند بود (۳۱). معمولاً بافت گیاهی که در معرض حمله آفات قرار می‌گیرد به‌عنوان یک سینک قوی عمل کرده و در نتیجه نیاز به مواد کربوهیدراتی بالایی دارد (۱۲). از طرف دیگر در بافت‌های آسیب دیده مقدار اسید جاسمونات و اسید سالیسیلیک افزایش می‌یابد که این هورمون‌ها به‌عنوان یک عامل پیام‌رسان، سبب انتقال بیشتر و تغییر در مقدار کربوهیدرات‌ها می‌شوند. در چنین شرایطی فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده نشاسته به‌منظور تأمین کربوهیدرات محلول زیاد شده و یا سبب انتقال بیشتر قندهای محلول از سایر قسمت‌های گیاه می‌گردد (۲ و ۳). گزارش شده که مقدار قندهای محلول در گیاهان آلوده به شته نسبت به گیاهان شاهد به‌صورت قابل توجهی افزایش یافته است (۲۲).

با توجه به اینکه یکی از مشکلات تولید کنندگان خیار خسارت ناشی از حمله شته و خصوصاً انتقال ویروس توسط این آفت می‌باشد و از طرف دیگر کنترل شته با استفاده از سموم

جدول ۱. غلظت عناصر مختلف در محلول غذایی

نوع محلول	ترکیب شیمیایی	غلظت محلول	مقدار محلول در محلول نهایی
۱.	KH_2PO_4	مولار ۱	۵ (میلی‌لیتر در لیتر)
	KNO_3	مولار ۱	
۲.	$MgSO_4.7H_2O$	۱ مولار	۲ (میلی‌لیتر در لیتر)
۳.	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	۱مولار	۵ (میلی‌لیتر در لیتر)
۴.	H_3BO_3	۲/۹ (گرم در لیتر)	۱ (میلی‌لیتر در لیتر)
	$ZnSO_4$	۰/۲۲ (گرم در لیتر)	
	$MnSO_4$	۱/۸۱(گرم در لیتر)	
	$CuSO_4$	۰/۰۵۱(گرم در لیتر)	
	H_2MoO_4	۰/۲(گرم در لیتر)	
۵.	Fe-EDDHA	۵ (گرم در لیتر)	۲ (میلی‌لیتر در لیتر)

شیمیایی از لحاظ زیست محیطی و سلامت انسان آسیب‌های جبران ناپذیری را برجای می‌گذارد، لذا می‌توان با استفاده از سایر روش‌های مدیریتی نظیر استفاده از ارقام مقاوم و یا ترکیبی از روش‌های کنترل شته، محصول با کیفیت و کمیت بالاتری تولید نمود. از این رو هدف از انجام این پژوهش بررسی و ارزیابی مقاومت چند رقم تجاری خیار به حمله شته بر اساس پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

کاشت گیاهان

بذر چهار رقم از گیاهان خیار شامل: دلتا، سوپر دومینو، ۲۲۰۱ و هیبرید لونا از شرکت تاکی کشور ژاپن، درون گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۳× ۱۲/۵ سانتی‌متری که حاوی مخلوطی از کمپوست آلی، پیت ماس و پرلایت به نسبت ۱:۲:۱ بودند کاشته شدند. پرورش گیاهان در شرایط کنترل شده گلخانه با دمای ۲ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰٪ و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی صورت گرفت. گیاهان با محلول غذایی بر اساس جدول (۱) آماده و محلول‌دهی شدند (۲۹). از نشاءهای با سن ۶ تا ۸ برگی برای انجام آزمایش استفاده گردید. گیاهان در درون قفس توری به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر با شته جالیز آلوده شدند (بر روی هر گیاه ۵ عدد حشره با قلم مو رهاسازی گردید) و ۲۰ روز پس از تغذیه شته، به‌منظور اندازه‌گیری پارامترها، نمونه برداری صورت گرفت. گیاهان شاهد (گیاهانی که در معرض آفت قرار نگرفتند) در شرایط مشابهی درون قفس توری از حمله شته جالیز و نیز سایر آفات محافظت گردیدند.

سطح برگ

برای اندازه‌گیری سطح برگ، از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf Area Meter) مدل CI 202 استفاده گردید و سطح برگ بر اساس سانتی‌متر مربع محاسبه گردید.

تنظیم کننده‌های اسمزی

برای اندازه‌گیری پرولین، ابتدا عصاره نیم گرم برگ به‌خوبی رشد یافته، با استفاده از روش پاگوئین و لچاسور (۲۸) تهیه شد و سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (PG Instruments, T80 UV/VIS) در طول موج ۵۱۵ نانومتر میزان پرولین اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره‌ی الکلی که قبلاً برای پرولین تهیه شده بود، با سه میلی لیتر آنترون تازه

تهیه شده، مخلوط گردید. این محلول ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگی شود. سپس میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر یادداشت و مقدار قندهای محلول محاسبه گردید (۱۶).

پروتئین‌های محلول

برای اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول، به لوله‌های آزمایش مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره پروتئینی و ۵ میلی‌لیتر معرف بیوره افزوده و بلافاصله ورتکس شد. پس از دو دقیقه و قبل از یک ساعت جذب آنها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد و غلظت پروتئین‌ها با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید (۵). به‌منظور تهیه معرف بیوره، ۰/۱گرم کوماسی بریلیانت بلو G_{250} در ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به مدت یک ساعت حل و سپس ۱۰۰میلی‌لیتر اسیدفسفریک ۸۵ درصد قطره قطره به آن افزوده شد. در پایان حجم کل محلول به کمک آب مقطر به یک لیتر رسانده شد و محلول حاصل با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید.

نشاسته

به‌منظور تعیین میزان نشاسته از نمونه‌های برگی تهیه شده در روش قبل، حدود ۱ گرم آن در آون خشک گردید سپس نمونه‌های برگی با آسیاب پودر و۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه (برگ) پودر شده را برداشته به یک میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. پس از مرطوب شدن کامل ۴ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم پنج مولار به آن اضافه و به‌مدت یک ساعت هم زده شد. سپس، ۳/۸ میلی‌لیتر اسید کلریدریک پنج مولار اضافه و حجم محلول با آب مقطر دیونیزه شده به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه ۱ میلی‌لیتر از محلول مذکور را با ۳ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق کرده و ۱۲۰ میکرولیتر از این محلول رقیق شده به لوله آزمایش حاوی ۳/۶۸ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم اضافه شد. برای رساندن محلول به pH خنثی، ۰/۲ میلی‌لیتر معرف ید به لوله آزمایش مذکور اضافه و ورتکس شد. پس از ۱۰ دقیقه میزان جذب نور آن در طول‌موج ۶۰۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به مقدار جذب نوری محلول‌های استاندارد مقدار نشاسته موجود در نمونه‌ها محاسبه گردید (۳۲). برای تهیه استانداردها از نشاسته استفاده شد که در غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از رسم منحنی استاندارد غلظت نشاسته برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ به‌دست آمد.

ساکاروز

برای استخراج ساکاروز ۰/۵ گرم برگ تازه را با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی کوبیده و سپس محلول حاصل را در لوله فالکون ریخته و عمل استخراج دو بار و هر بار با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ صورت گرفت. محلول به‌دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰rpm سانتریفیوژ شد. ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره و ۰/۱ میلی‌لیتر KOH سی درصد به همه نمونه‌ها اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. وقتی که نمونه‌ها خنک شدند (تا دمای اتاق) ۳ میلی‌لیتر آنترون (۱۵۰میلی‌گرم آنترون) و ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک رقیق شده (۷۶ میلی‌لیتر اسید سولفوریک در ۳۰ میلی‌لیتر آب) به نمونه‌ها اضافه گردید و در دمای۴۰ درجه سلسیوس برای ۱۰–۱۵ دقیقه نگهداری شدند. بعد از خنک شدن نمونه‌ها، جذب در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه گیری شد. برای تهیه استاندارد از ساکاروز در غلظت‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر استفاده شد (۳۵).

رنگیزه‌های گیاهی

برای اندازه‌گیری کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها، ابتدا ۰/۲۵ گرم برگ تازه خرد گردید و درون یک هاون چینی سرد با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده شد تا توده یکنواختی تشکیل شد. سپس، مخلوط حاصل در لوله‌های فالکون ۲۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ سانتریفوژ گردید. میزان جذب نور محلول رویی با استفاده از

دستگاه اسپکتروفتومتر (مدلT80 UV/VIS ساخت کشور چین) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶، ۶۵۲ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید (۲۵). سپس مقدار کلروفیل بر اساس فرمول ۱ برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان گردید.

Chla ={۱۲/۲۵ (۶۶۳)- ۲/۷۹ (۶۴۶)} × وزن نمونه ×۱۰۰۰/حجم نمونه

Chlb= {۱۲/۲۱(۶۴۶)- ۵/۱۰ (۶۶۳)} × وزن نمونه ×۱۰۰۰/حجم نمونه

کلرفیل کل = chlb + Chla

کارتنوئید =((۴۷۰) –۱/۸) ×((Chla)-۸۵/۰۲)× ((Chlb) /۱۹۸)

(۱)

ترکیبات فنولی

به منظور سنجش مواد فنولی ۰/۱گرم از برگ تازه در ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ سائیده شد و مخلوط در لوله‌های آزمایش ریخته و به مدت ۷۲-۲۴ ساعت (۴۸ ساعت) در تاریکی نگهداری شد. پس از این ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی را برداشته و ۱ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ به آن اضافه گردید و به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد (آب مقطر دوبار تقطیر). به محلول حاضر ۵٪ میلی لیتر معرف فولین ۵۰ درصد و ۱ میلی‌لیتر کربنات‌کلسیم ۵ درصد اضافه گردید که منجر به ایجاد رنگ سیاه در نمونه‌ها گردید. لوله‌ها به‌مدت ۱ ساعت در تاریکی نگهداری شده و برای قرائت جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر آماده و با طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت گردید (۱۷). استانداردهای ترکیبات فنولی نیز با استفاده از اسید گالیک در غلظت‌های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و اندازه‌گیری شدند. سپس با استفاده از رسم منحنی استاندارد مقدار ترکیبات فنولی بر حسب میکروگرم بر گرم وزن‌تر برگ بر اساس رابطه (۲) محاسبه گردید.

فنول = (عدد دستگاه × ۱۰۴/۹۸۴) + ۳/۶

(۲)

عناصر غذایی

عناصر غذایی که در این آزمایش اندازه‌گیری گردید شامل آهن، روی مس و منگنز در اندام‌های هوایی بود. برای تهیه عصاره ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه خشک شده و آسیاب شده را وزن کرده و سپس در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شوند و سپس با استفاده از اسید کلریدریک ۲ نرمال ۵ میلی‌لیتر به ازاء هر نمونه اضافه گردید و درنهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. این عصاره به طور مستقیم جهت اندازه‌گیری عناصر آهن، روی مس و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل GBCAVANTA-PM، ساخت کشور استرالیا) استفاده گردید (۳۴).

محاسبات آماری

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور شامل رقم (دلتا، سوپر دومینو، ۲۲۰۱ و هیبرید لونا) و شته (گیاهان شاهد و گیاهان آلوده به شته) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام پذیرفت. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه شدند و مقایسه میانگین ها در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون دانکن انجام شد. با استفاده از برنامه MINITAB نسخه ۱۴ تست نرمالیته بر روی داده ها انجام شد.

نتایج

سطح برگ

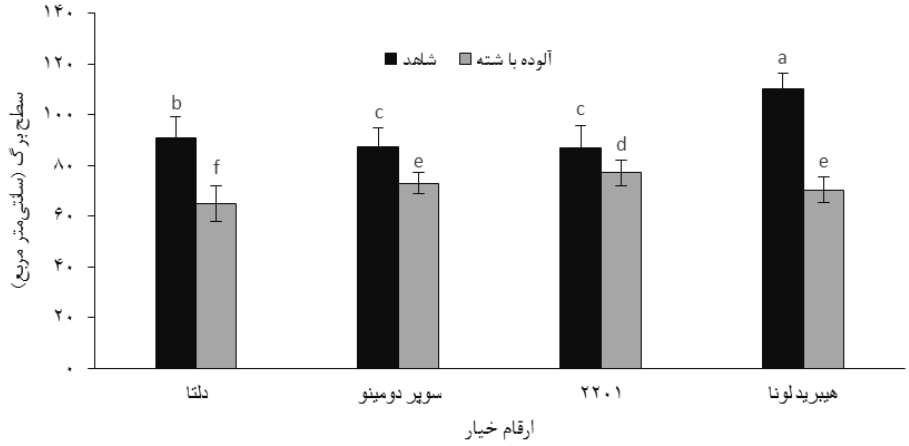
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطح برگ در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر حمله شته، رقم و برهم‌کنش بین آنها قرار گرفت (جدول ۲). به‌طوری که نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که سطح برگ ارقام ۲۲۰۱، سوپردومینو، دلتا و هیبرید لونا در شرایط حمله شته به‌ترتیب حدود ۱۱، ۱۶، ۲۸، و ۳۶ درصد نسبت به شاهد کاهش پیدا نمود که در این بین ارقام هیبرید لونا و دلتا از حساسیت بیشتری نسبت به دو رقم دیگر به خسارت شته از خود نشان دادند (شکل ۱).

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر *Aphis gossypii* بر سطح برگ و تنظیم کننده‌های اسمزی ارقام مختلف خیار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		سطح	فنول کل	پرولین	پروتئین محلول
شته	۱	۳۰۰۹ **	۷۸۳۹/۴۹ **	۳۰۳۷/۵۰ **	۰/۰۱ **
رقم گیاه	۳	۶۱/۰۱ **	۳۱۷۶/۵۵ **	۱۶۰/۵۵ **	۰/۰۱ ns
شته × رقم	۳	۹۵/۴۳ **	۲۶۲/۴۵ **	۱۶/۲۸ ns	۰/۰۱ ns
خطا	۱۶	۲/۹۲	۷۹/۳۸	۱۴/۵۰	۰/۰۰۰۰۰۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۲/۰۹	۵/۴۹	۴/۲۳	۳/۹۵

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار



شکل ۱. اثر تغذیه *Aphis gossypii* بر سطح برگ ارقام مختلف خیار

تنظیم کننده‌های اسمزی

فنول کل

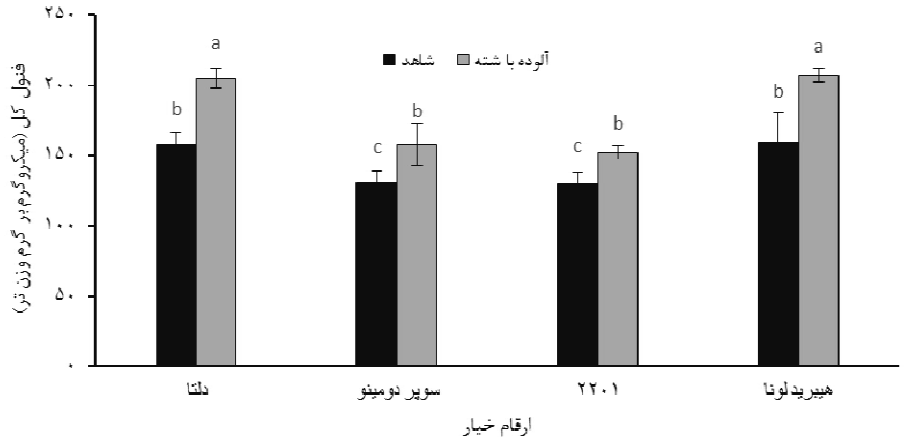
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده رقم و آفت و برهم‌کنش بین آنها بر محتوای فنول کل برگ در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت معنی‌داری است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که مقدار فنول کل در تمام ارقام خیار تحت شرایط خسارت شته جالیز افزایش پیدا کرد که در این بین رقم دلتا و هیبرید لونا به‌ترتیب با ۳۰ و ۲۹ درصد افزایش نسبت به شاهد، بیشترین مقدار افزایش فنول را داشتند. رقم ۲۲۰۱ و سوپر دومینو به ترتیب با ۱۸ و ۲۰ درصد افزایش نسبت به گیاهان شاهد خود، کمترین مقدار افزایش فنول کل برگ را به خود اختصاص دادند (شکل ۲).

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

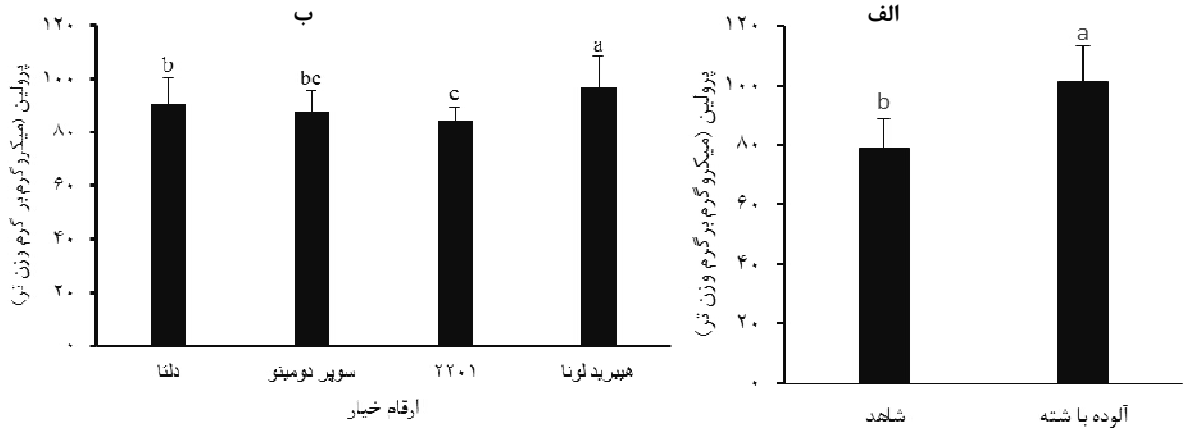
تنظیم کننده‌های اسمزی

پرولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده خسارت شته و رقم تأثیر معنی‌داری بر مقدار پرولین برگ خیار در سطح احتمال یک درصد داشت ولی بر همکنش بین حمله شته و رقم در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار پرولین برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج نشان داد که گیاهانی که تحت تأثیر خسارت شته قرار گرفته بودند از مقدار پرولین بیشتری نسبت به گیاهان شاهد برخوردار



شکل ۲. تأثیر خسارت *Aphis gossypii* بر مقدار فنول کل برگ ارقام مختلف خیار



شکل ۳. اثر تغذیه *Aphis gossypii* بر مقدار پرولین برگ‌های خیار. (الف) مقایسه پرولین در گیاهان شاهد و آلوده با شته، (ب) مقایسه پرولین ارقام مختلف خیار

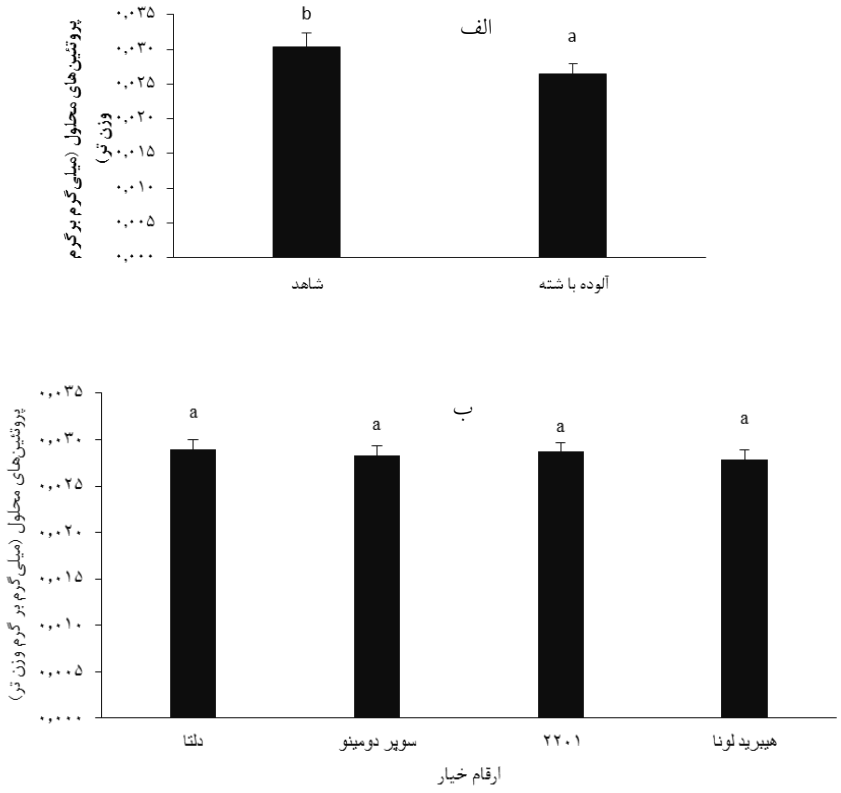
بودند. نتایج همچنین مشخص نمود که در بین ارقام خیار، رقم هیبرید لونا دارای بیشترین و رقم ۲۲۰۱ دارای کمترین مقدار پرولین بودند (شکل ۳).

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

مجموع پروتئین‌های محلول

طبق نتایج تجزیه واریانس در بین تیمارهایی که تحت تأثیر خسارت شته قرار گرفتند، مقدار پروتئین‌های محلول متفاوت بود، ولی اثر رقم و برهم‌کنش آن با شته تأثیری بر مقدار پروتئین‌های محلول نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که گیاهانی که تحت تأثیر خسارت شته قرار گرفتند، مقدار پروتئین‌های محلول کمتری در مقایسه با گیاهان شاهد دارا بودند، به‌طوری‌که در اثر تغذیه شته جالیز مقدار پروتئین‌های محلول گیاهان خسارت دیده حدود ۱۳ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت (شکل ۴).

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.



شکل ۴. اثر تغذیه شته و رقم بر مقدار پروتئین‌های محلول در برگ خیار. (الف) مقایسه پروتئین‌های محلول در گیاهان شاهد و آلوده با شته، (ب) مقایسه پروتئین‌های محلول ارقام مختلف خیار

تنظیم کننده‌های اسمزی

رنگدانه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس مربوط به رنگیزه‌های گیاهی مشخص نمود که اثر خسارت شته، رقم و بر هم‌کنش بین آنها بر مقدار کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید اثر معنی‌داری دارد، ولی مقدار کلروفیل b تحت تأثیر سطوح شته، رقم و برهم‌کنش بین آنها قرار نگرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که مقدار کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید به‌طور قابل توجهی در گیاهان آلوده به شته نسبت به گیاهان غیرآلوده در تمام ارقام کاهش پیدا نمود، به نحوی که بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید در رقم هیبرید لونا در شرایط شاهد مشاهده شد و کمترین مقدار این رنگیزه‌ها در رقم ۲۲۰۱ در شرایط آلوده مشاهده گردید. نتایج همچنین حاکی از آن بود که بیشترین مقدار کاهش کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید به‌ترتیب با ۴۹، ۳۶ و ۳۵ درصد کاهش نسبت به شاهد مربوط به رقم ۲۲۰۱ و کمترین مقدار کاهش کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید در رقم دلتا مشاهده گردید که به‌ترتیب ۳۲، ۲۴ و ۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت (جدول ۴).

تغییرات کربوهیدرات

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص نمود که اثرات ساده و متقابل خسارت شته، رقم و برهم‌کنش بین آنها بر محتوای قندهای محلول و ساکاروز در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری دارد. همچنین نتایج تجزیه واریانس مشخص نمود که اثرات شته و رقم بر مقدار نشاسته در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت، اما اثر متقابل آنها تأثیری بر مقدار نشاسته نداشت (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها مشخص نمود که مقدار قندهای محلول و ساکاروز درگیاهان آلوده به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر خسارت *Aphis gossypii* بر رنگدانه‌های فتوسنتزی ارقام مختلف خیار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید
شته	۱	۳۸/۱۲ **	۰/۰۸ ns	۴۱/۶۸ **	۱/۰۱ **
رقم گیاه	۳	۳/۱۸ **	۰/۰۱۴ ns	۳/۶۰ **	۰/۱۱ **
شته × رقم	۳	۰/۹۰ **	۰/۰۰۰۰۰۸ ns	۰/۹۰ *	۰/۰۳ *
خطا	۱۶	۰/۱۶	۰/۰۵۲	۰/۹۰	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (٪)		۷/۸۹	۹/۶۷	۵/۸۹	۵/۸۹

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۴. اثرخسارت *Aphis gossypii* بر مقدار رنگدانه، قندهای محلول و ساکاروز برگ ارقام مختلف خیار

وضعیت خسارت	رقم	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	قندهای محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	ساکاروز (میکروگرم بر گرم وزن تر)
شاهد	دلتا	۵/۷۵ ± ۰/۴ b	۲/۴۰ ± ۰/۱ a	۸/۱۵± ۰/۴ b	۱/۴۸ b	۲/۶± ۰/۴ d	۱۱/۶۷±۱/۴bc
	سوپر دومینو	۵/۹۰ ± ۰/۵ b	۲/۴۰ ± ۰/۲ a	۸/۳۰ ± ۰/۴ b	۱/۵۱ b	۱/۷۷± ۰/۴ f	۱۰/۰±۲/۴ cd
	۲۲۰۱	۵/۷۵ ± ۰/۶ b	۲/۴۰ ± ۰/۱ a	۸/۱۵ ± ۰/۴ b	۱/۴۸ b	۲/۲۰± ۰/۴ e	۸/۶۷±۲/۵ d
	هیبرید لونا	۷/۸۰ ± ۰/۴ a	۲/۵۰ ± ۰/۱ a	۱۰/۳۰ ± ۰/۴ a	۱/۸۷ a	۲/۶± ۰/۴ d	۱۱/۰±۱/۶ bcd
گیاهان آلوده با شته	دلتا	۳/۸۸ ± ۰/۶ c	۲/۲۹ ± ۰/۲ a	۶/۱۷ ± ۰/۴ c	۱/۱۲ c	۴/۶۷± ۰/۴ a	۱۵/۱۷±۲/۴ a
	سوپر دومینو	۳/۹۸ ± ۰/۲ c	۲/۲۹ ± ۰/۰۹ a	۶/۲۷ ± ۰/۴ c	۱/۱۴ c	۳/۵۰± ۰/۴ c	۱۲/۹۰±۰/۹ab
	۲۲۰۱	۲/۹۳ ± ۰/۳ d	۲/۲۹ ± ۰/۱ a	۵/۲۲ ± ۰/۴ d	۰/۹۵ d	۳/۳۰± ۰/۴ c	۱۱/۱۸±۰/۹bc
	هیبرید لونا	۴/۲ ± ۰/۳ c	۲/۳۸ ± ۰/۱ a	۶/۷۰ ± ۰/۴ c	۱/۲۲ c	۴/۰۰± ۰/۴ b	۱۴/۳۰±۳/۲ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

نمود اما مقدار نشاسته در گیاهان آلوده کاهش پیدا نمود. همچنین نتایج مشخص نمود که در بین ارقام، بیشترین و کمترین مقدار قندهای محلول و ساکاروز به ترتیب در ارقام دلتا و سوپر دومینو مشاهده گردید (جدول ۴) و کمترین مقدار نشاسته در رقم ۲۲۰۱ و بیشترین مقدار نشاسته در رقم دلتا مشاهده شد (جدول ۷).

عناصر غذایی

نتایج تجزیه واریانس مربوط به عناصر آهن، مس، روی و منگنز نشان داد که اثر خسارت شته و رقم در سطح احتمال یک درصد بر مقدار این عناصر تفاوت معنی‌داری ایجاد می‌نماید، اما برهم‌کنش بین آنها تأثیری بر مقدار این عناصر نداشت (جدول ۶). به‌طوری که نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که مقدار آهن، روی، مس و منگنز به ترتیب حدود ۳۳، ۳۴، ۳۵ و ۳۱ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش پیدا کرد. نتایج همچنین حاکی از آن بود که رقم هیبرید لونا بیشترین مقدار عناصر آهن، منگنز، روی و مس را به خود اختصاص داد (جدول ۷).

بحث

در این تحقیق مشخص شد که سطح برگ ارقام مختلف گیاه خیار در شرایط آلوده به شته جالیز به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد. که این نتایج با نتایج مایر و ویتلاو (۲۷) روی گیاه سرده مطابقت دارد. در واقع کاهش نرخ رشد و کاهش سطح برگ ارتباط نزدیکی با تقسیمات سلولی و متعاقباً کاهش نرخ فتوسنتز دارد به‌طوری که گزارش شده است گیاهانی که تحت تأثیر حمله آفات و بخصوص

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر خسارت *Aphis gossypi* بر میزان کربوهیدرات ارقام مختلف خیار

		میانگین مربعات		
		قندهای محلول	ساکاروز	نشاسته
شته	۱	۱۴/۱۲ **	۵۵/۹۴ **	۳۷۲۵/۶۸ **
رقم گیاه	۳	۱/۱۸ **	۱۳/۹۳ **	۸۷۴/۶۰ **
شته × رقم	۳	۰/۲۶ **	۰/۲۸ **	۶/۵۱ ns
خطا	۱۶	۰/۰۴	۱/۹۰	۱۱۱/۷۳
ضریب تغییرات (٪)		۶/۲۵	۹/۶۷	۱۱/۶۳

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر خسارت *Aphis gossypii* بر برخی عناصر میکرو در برگ ارقام مختلف خیار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		آهن	منگنز	روی	مس
شته	۱	۳۲۷۶/۰۱ **	۳۶۴/۰۸ **	۲۰۴/۷۵ **	۷۹/۶۹ **
رقم گیاه	۳	۸۹/۹۴ *	۹/۹۹ **	۵/۶۲ **	۱/۵۹ **
شته × رقم	۳	۳/۶۰ ns	۰/۳۹ ns	۰/۲۲ ns	۰/۵۱ ns
خطا	۱۶	۲۱/۳۲	۲/۳۷	۱/۳۳	۰/۵۱
ضریب تغییرات (٪)		۷/۹۰	۶/۶۷	۷/۹۰	۷/۲۳

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۷. تجزیه واریانس اثر خسارت *Aphis gossypii* برمیزان نشاسته و عناصر میکرو برگ ارقام مختلف خیار

تیمار	نشاسته (میکروگرم بر گرم وزن تر)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)
شاهد	۳/۵۰±۰/۴ a	۷۰/۱۰±۷/۴ a	۲۳/۳۷±۲/۷ a	۱۷/۵۰±۱/۴ a	۱۱/۶۸±۲/۴ a
گیاهان آلوده با شته	۳/۵۰±۰/۴ a	۴۶/۷۳± ۲/۴ b	۱۵/۵۸±۳/۲ b	۱۱/۶۸±۲/۵ b	۸/۰۴±۱/۴ b
دلتا	۱۰۳/۲۱±۱۰/۴a	۵۸/۰±۵/۴ b	۱۹/۳۳±۱/۶ b	۱۴/۵۰±۱/۴ b	۹/۶۷±۱/۴ b
سوپر دومینو	۸۷/۳۱±۱۱/۴bc	۵۴/۳۳±۴/۲ b	۱۸/۱۱±۲/۴ b	۱۳/۵۸±۲/۱ b	۹/۴۳±۲/۱ b
۲۲۰۱	۷۵/۶۷±۱۲/۴ c	۵۷/۶۷±۴/۱ b	۱۹/۲۲±۲/۲ b	۱۴/۴۲±۲/۴ b	۹/۷۳±۲/۴ b
هیبرید لونا	۹۷/۳۳±۸/۴ ab	۶۳/۶۷±۳/۷ a	۲۱/۲۲±۱/۷ a	۱۵/۹۲±۲/۱ a	۱۰/۶۱±۲/۱ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

شته بوده‌اند نرخ فتوسنتز در آنها به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده است (۲۷). همچنین در طی پژوهشی مشخص شده نرخ رشد و سطح برگ گیاه داودی تحت تأثیر خسارت شته به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است (۹) و آنچنان که آنها گزارش کرده‌اند کاهش سطح برگ احتمالاً به دلیل افزایش سنتز اتیلن می‌باشد که در اثر حمله شته در گیاه سنتز می‌گردد. از طرف دیگر با توجه به

اینکه شته از مواد شیره پرورده حاصل از فتوسنتز موجود در آوند آبکش استفاده می‌کند در نتیجه انتقال مواد فعال فتوسنتزی به سمت ریشه به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند و درنهایت منجر به کاهش رشد و سنتز سایتوکنین می‌گردد (۳۴).

مقدار ترکیبات فنولی به عنوان یک مارکر بیوشیمیایی در تعیین مقاومت گیاه به شرایط تنش زنده و غیر زنده در گیاه لحاظ می‌گردد. ترکیبات فنولی و ترکیبات حد واسط مسیر بیوسنتز ترکیبات فنولی در شرایط تنش نقش دفاعی را در برابر رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کنند و سبب تجزیه رادیکال آزاد می‌شوند. به‌طور کلی ارقام و ژنوتیپ‌هایی را که مقادیر بالاتر ترکیبات فنولی را داشته باشند می‌توان به‌عنوان یک رقم و ژنوتیپ مقاوم به شرایط تنش معرفی نمود (۲۳ و ۲۶). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گیاهان آلوده به شته جالیز از مقادیر بالای ترکیبات فنولی برخوردار بودند و در این شرایط مقدار ترکیبات فنولی در رقم دلتا و هیبرید لونا بالاتر بود. در یک بررسی انجام شده روی گیاه نخود نشان داده شده که گیاهانی که به شته نخود آلوده شده بودند از مقادیر بالای ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی برخوردار بودند (۳۸). همچنین گزارش شده است که بیوسنتز ترکیبات فنولی به عنوان ترکیبات دفاعی و عامل پیام‌رسان در برابر حمله آفات عمل می‌کنند (۳۷) که تجمع ترکیبات فنولی در گیاهان آلوده به شته جالیز در این تحقیق نیز می‌تواند به‌عنوان یک عامل دفاعی مهم در گیاه خیار مطرح شود. مطابقت دارد.

نتایج پژوهش حاضر مشخص نمود گیاهانی که به شته جالیز آلوده شده بودند نسبت به گیاهان شاهد مقدار پرولین بیشتری دارند که این نتایج با نتایج پژوهشی که روی گیاهان کلم آلوده به شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L.) صورت گرفته، مطابقت دارد (۲۲). با توجه به اینکه پرولین یکی از مکانیسم‌های اصلی در کاهش تنش اکسیداتیو در گیاهانی که تحت شرایط تنش از جمله خسارت حشرات قرار می‌گیرند می‌باشد، لذا در پژوهش حاضر نیز احتمالاً بالا بودن میزان پرولین در گیاه آلوده به شته جالیز نسبت به گیاهان سالم می‌تواند دلیلی بر افزایش مقاومت آنها نسبت به شته جالیز باشد. سنتز پرولین نیاز به صرف انرژی بالایی دارد، بنابراین در گیاهانی که تحت شرایط تنش قرار می‌گیرند که باعث تنش اکسیداتیو می شود، بخش زیادی از انرژی دریافتی صرف تولید پرولین شده و در نتیجه مانع از تشکیل رادیکال‌های آزاد در گیاه می شود (۱۱). از طرف دیگر پرولین به‌عنوان بخشی از پروتئین دیواره سلولی می‌باشد که در صورت بالا بودن غلظت منجر به ضخیم‌تر شدن دیواره سلولی می‌شود و تا حدودی می‌تواند خسارت آفات بخصوص آفات مکنده را کاهش دهد لذا ارقام و گیاهانی که از مقادیر بالای پرولین برخوردار باشند از مقاومت بیشتری نسبت به خسارت آفات نیز برخوردار هستند (۲۴).

به طور کلی توقف در سنتز پروتئین یکی از تغییرات اساسی در شرایط تنش می‌باشد (۱). نتایج پژوهش حاضر مشخص نمود که گیاهان آلوده از محتوای پروتئین‌های محلول کمتری برخوردار هستند. که این نتایج با نتایج داگلاس مطابقت دارد (۱۱). وی گزارش نمود که مقدار اسیدهای آمینه موجود در آوند آبکش به‌طور قابل توجهی در گیاهان باقلا تحت تغذیه شته (*Acyrthosiphon pisum*) کاهش یافت. همچنین کاهش در مقدار پروتئین‌ها ممکن است به خاطر افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز باشد که در شرایط تنش ژن‌های فعال کننده این آنزیم افزایش می‌یابد. برخی از محققین نیز کاهش مقدار پروتئین در شرایط تنش‌های زنده و غیرزنده را به کاهش مقدار فتوسنتز نسبت می‌دهند که سبب کاهش سنتز مواد اولیه برای سنتز پروتئین می‌گردد (۱۳).

قندهای محلول و ساکاروز تنظیم کننده‌های اسمزی هستند که معمولاً در زمانی که گیاهان با شرایط تنش (زنده یا غیرزنده) روبرو می‌شوند در گیاه تجمع پیدا می‌کنند. لذا تجمع این ترکیبات نیز یک همبستگی مثبتی با تغذیه شته از گیاهان دارد (۲۲). نتایج این تحقیق مشخص نمود که گیاهان آلوده به تنش از مقدار ساکاروز و قندهای محلول بیشتری نسبت به گیاهان شاهد برخوردار بودند. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش مقدار قندهای محلول گیاه کلم گل که به شته آلوده شده بودند گزارش شده است (۲۲). افزایش قندهای محلول در شرایط تنش ممکن است به خاطر افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفاتاز باشد (۸). همچنین افزایش مقدار قندهای محلول و ساکاروز در شرایط حمله شته را می توان به خاطر کاهش فتوسنتز

و کاهش مصرف کربوهیدرات توسط گیاه نسبت داد (۲۰).

زردی برگ یکی از نشانه‌های بارز خسارت شته به گیاهان می‌باشد که این زردی برگ رابطه مستقیمی با کاهش محتوای رنگدانه های فتوسنتزی دارد. در یک بررسی که روی گیاه کلم صورت گرفت مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه کلم به‌طور قابل توجهی در اثر تغذیه شته از گیاهان کاهش یافت (۲۲) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی ممکن است به خاطر کاهش سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی در نتیجه کاهش مواد غذایی و افزایش رادیکال‌های آزاد باشد که در اثر حمله شته‌ها رخ می‌دهد (۳۳). همچنین کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر تغذیه شته روی گندم نیز گزارش شده است که این کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی را به تجزیه این رنگدانه‌ها نسبت داده‌اند (۱۴ و ۳۶). از طرفی رنگ پریدگی و زردی برگ‌های گیاهان آلوده به شته ممکن است در اثر کاهش مقدار عناصر غذایی باشد (۴۰). همچنین نتایج این پژوهش مشخص نمود که گیاهان آلوده به شته از مقدار عناصر ریز مغذی کمتری در مقایسه با گیاهان شاهد برخوردار هستند که این کاهش در مقدار عناصر غذایی را می توان به کاهش رشد گیاه و درنهایت رشد ریشه نسبت داد که سبب جذب کمتر عناصر غذایی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که ارقام مختلف واکنش متفاوتی به خسارت شته جالیز از خود نشان می‌دهند و گیاهان در پاسخ به خسارت شته جالیز میزان فنول، پرولین، قندهای محلول و ساکاروز خود را افزایش می‌دهند. در بین ارقام مورد آزمایش، رقم دلتا از مقاومت بیشتری نسبت به سایر ارقام خیار به خسارت شته جالیز برخوردار است.

منابع مورد استفاده

1. Anjum, S. A., X.Y. Xie, L.C. Wang, M. F. Saleem, C. Man and W. Lei. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6: 2026-2032.
2. Arnold, T., H. Appel, V. Patel, E. Stocum, A. Kavalier and J. Schultz. 2004. Carbohydrate translocation determines the phenolic content of Populus foliage: a test of the sink–source model of plant defense. New Phytol. 164: 157-164.
3. Arnold, T. M. and J. C. Schultz. 2002. Induced sink strength as a prerequisite for induced tannin biosynthesis in developing leaves of Populus. Oecologia. 130: 585-593.
4. Azzouz, H., A. Cherqui, E. Campan, Y. Rahbe, G. Duport, L. Jouanin, L. Kaiser and P. Giordanengo. 2005. Effects of plant protease inhibitors, oryzacystatin I and soybean Bowman–Birk inhibitor, on the aphid *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera, Aphididae) and its parasitoid *Aphelinus abdominalis* (Hymenoptera, Aphelinidae). J. Insect Physiol. 51: 75-86.
5. Bradford, M. M. 1976. A dye binding assay for protein. Anal. Biochem. 72: 248-254.
6. Brushwood, D. and Y. Han. 2000. Possible NIRS screening tool for entomological sugars on raw cotton. J. Cotton Science. 4: 137-140.
7. Chang, G. C., J. Neufeld and S. D. Eigenbrode. 2006. Leaf surface wax and plant morphology of peas influence insect density. Entomol. Exp. Appl. 119: 197-205.
8. Cheikh, N. and M. L. Brenner. 1992. Regulation of key enzymes of sucrose biosynthesis in soybean leaves effect of dark and light conditions and role of gibberellins and abscisic acid. Plant Physiol. 100: 1230-1237.
9. Davies, F. T., C. He, A. Chau, K. M. Heinz and A. D. Cartmill. 2004. Fertility affects susceptibility of chrysanthemum to cotton aphids: Influence on plant growth, photosynthesis, ethylene evolution, and herbivore abundance. J. Am Soc Hortic Sci. 129: 344-353.
10. Dorschner, K. 1990. Aphid induced alteration of the availability and form of nitrogenous compounds in plants. pp. 225–235. *In:* Campbell, R.K. and R.D. Eikenbary (Eds), Aphid–plant genotype interactions, Amsterdam: Elsevier.
11. Douglas, A. 2006. Phloem-sap feeding by animals: problems and solutions. J. Exp. Bot. 57: 747-754.

12. Gomez, S., R. A. Ferrieri, M. Schueller and C. M. Orians. 2010. Methyl jasmonate elicits rapid changes in carbon and nitrogen dynamics in tomato. New Phytol. 188: 835-844.
13. Gupta, P. and S. Rustgi. 2004. Molecular markers from the transcribed/expressed region of the genome in higher plants. Funct. Integr. Genomic. 4: 139-162.
14. Heng-Moss, T., G. Sarath, F. Baxendale, D. Novak, S. Bose, X. Ni and S. Quisenberry. 2004. Characterization of oxidative enzyme changes in buffalograsses challenged by *Blissus occiduus*. J. Econ. Entomol. 97: 1086-1095.
15. Hillocks, R. and J. Brettell. 1993. The association between honeydew and growth of *Cladosporium herbarum* and other fungi on cotton lint. Tropical Science. 33: 121-129.
16. Irigoyen, J., D. Einerich and M. Sanchez-Díaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiol. Plant. 84: 55-60.
17. Isfendiyaroglu, M. and E. Zeker. 2001. The relation between phenolic compoud and seed dormancy in pistachios and almond. XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds. Zaragoza: CIHEAM, 2001. p. 227-232.
18. Jamwal, R., J. Kandoria and G. Singh. 1988. Biology of *Aphis gossypii* Glover on chilli in the Punjab. J. Insect Sci (Ludhiana). 1: 65-68.
19. Javadi, T., K. Arzani and H. Ebrahimzadeh. 2006. Study of proline, soluble sugar, and chlorophyll a and b changes in nine Asian and one European pear cultivar under drought stress. XXVII International Horticultural Congress-IHC 2006: International Symposium on Asian Plants with Unique Horticultural. p. 241-246.
20. Karimi, S., A. Yadollahi and K. Arzani. 2013. Responses of almond genotypes to osmotic stress induced in vitro. J. Nuts. 4: 1-7.
21. Kerns, D. and S. Stewart. 2000. Sublethal effects of insecticides on the intrinsic rate of increase of cotton aphid. Entomol. Exp. Appl. 94: 41-49.
22. Khattab, H. 2007. The defense mechanism of cabbage plant against phloem-sucking aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). Aust. J. Basic and Appl. Sci. 1: 56-62.
23. Khoyerdi, F. F., M. H. Shamshiri and A. Estaji. 2016. Changes in some physiological and osmotic parameters of several pistachio genotypes under drought stress. Sci Hort. 198*:* 44-51.
24. Kishore, G. K., S. Pande and A. Podile. 2005. Biological control of late leaf spot of peanut (*Arachis hypogaea*) with chitinolytic bacteria. Phytopathology. 95: 1157-1165.
25. Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148: 350-382.
26. Mayer, A. and E. Harel. 1991. Phenoloxidases and their significance in fruit and vegetables. Food Enzymology. 1: 373-398.
27. Meyer, G. A. and T. H. Whitlow. 1992. Effects of leaf and sap feeding insects on photosynthetic rates of goldenrod. Oecologia. 92: 480-489.
28. Paquin, R. and P. Lechasseur. 1979. Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Can. J. Bot. 57: 1851-1854.
29. Roosta, H. R. and J. K. Schjoerring. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. J. Plant Nutr. 30: 1933-1951.
30. Schirmer, S., C. Sengonca and P. Blaeser. 2008. Influence of abiotic factors on some biological and ecological characteristics of the aphid parasitoid *Aphelinus asychis* (*Hymenoptera: Aphelinidae*) parasitizing *Aphis gossypii* (Sternorrhyncha: Aphididae). Eur. J. Entomol. 105: 121-129.
31. Schultz, J. C., H. M. Appel, A. Ferrieri and T. M. Arnold. 2013. Flexible resource allocation during plant defense responses. Front Plant Sci. 4: 324.
32. Sene, M., C. Thevenot and J. L. Prioul. 1997. Simultaneous spectrophotometric determination of amylose and amylopectin in starch from maize kernel by multi-wavelength analysis. J. Cereal Sci. 26: 211-221.
33. Stacey, G. and N. T. Keen. 1996. Plant-microbe interactions. Springer Science and Business Media, pp: 1-234.
34. Tzin, V., N. Fernandez-Pozo, A. Richter, E. A. Schmelz, M. Schoettner, M. Schafer, K. R. Ahern, L. N. Meihls, H. Kaur and A. Huffaker. 2015. Dynamic maize responses to aphid feeding are revealed by a time series of transcriptomic and metabolomic assays. Plant Physiol. 169: 1727-1743.

35. Van Handel, E. 1968. Direct microdetermination of sucrose. Anal. Biochem. 22: 280-283.
36. Wang, T., S. S. Quisenberry, X. Ni and V. Tolmay. 2004. Enzymatic chlorophyll degradation in wheat near-isogenic lines elicited by cereal aphid (Homoptera: Aphididae) feeding. J. Econ. Entomol. 97: 661-667.
37. War, A. R., M. G. Paulraj, T. Ahmad, A. A. Buhroo, B. Hussain, S. Ignacimuthu and H. C. Sharma. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. Plant Signal Behav. 7: 1306-1320.
38. Wojcicka, A. 2010. Cereal phenolic compounds as biopesticides of cereal aphids. Pol. J. Environ Stud. 19: 1337-1343.
39. Wojcicka, A. 2015. Surface waxes as a plant defense barrier towards grain aphid. Acta Biol Cracov Ser Bot. 57: 95-103.
40. Wu, J. C., Z. H. Qiu, J. L. Ying, B. Dong and H. N. Gu. 2004. Changes of zeatin riboside content in rice plants due to infestation by *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). J. Econ Entomol. 97: 1917-1922.