

بررسی مقاومت القایی در گندم، *Triticum aestivum* L. نسبت به شته سبز گندم، *Sitobion avenae* Fabricius Hem.: Aphididae در شرایط آزمایشگاهی

قدیر نوری قنبلانی^۱، مژگان مردانی طلایی^۲، منیژه پناهی خانقاه^۳، جبرائیل رزمجو^۱ و سیدعلی اصغر فتحی^۱
۱، ۲ و ۳. استاد، دانشجوی سابق دکتری و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی
دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۲)

چکیده

شته سبز گندم، *Sitobion avenae* (Fabricius) یکی از آفات مهم غلات دانه ریز به ویژه گندم است. پارامتر (فراسنجه) های زیستی شته درون اتاقک رشد تنظیم شده در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۴:۱۰ (روشنایی: تاریکی) در قالب طرح کامل تصادفی و آزمایش کرت های خرد شده تعیین شد. عامل اصلی شامل دو رقم گندم (سای سونز و شیروودی) و عامل فرعی عبارت از مدت زمان های پیش آلودگی (۰، ۲، ۴، ۶، ۸ روز) بود. نتایج نشان داد، بین تیمارها از نظر پارامترهای نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) و میانگین مدت زمان یک نسل *S. avenae* (T) اختلاف معنی داری وجود دارد. بیشترین و کمترین مقدار r_m در رقم سای سونز به ترتیب در شاهد ($0.092 d^{-1}$) و تیمار ۶ روز پیش آلودگی ($0.063 d^{-1}$) مشاهده شد. همچنین، در رقم شیروودی بیشترین و کمترین مقدار r_m شته به ترتیب در شاهد ($0.216 d^{-1}$) و تیمار شش روز پیش آلودگی ($0.157 d^{-1}$) به دست آمد. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که آلودگی های پیشین گندم به مدت شش روز ضمن القای مقاومت، نرخ رشد جمعیت شته را کاهش می دهد و در برنامه مدیریت تلفیقی یا IPM این آفت می تواند مفید واقع شود.

واژه های کلیدی: پارامترهای زیستی، پیش آلودگی، مقاومت القایی، *Sitobion avenae*.

Study of induced resistance in wheat, *Triticum aestivum* L., to English grain aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hem.: Aphididae) under laboratory conditions

Ghadir Nouri Ghanbalani^{1*}, Mojgan Mardani-Talae², Manijeh Panahi Khaneghah³, Jebraeil Razmjou¹ and Seyed Ali Fathi¹

1, 2, 3. Professor, Former Ph. D. Student and Former M. Sc. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(Received: Dec. 24, 2017 - Accepted: Jun. 12, 2018)

ABSTRACT

English grain aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius), is an important pest of cereal, particularly wheat. The biological parameters of aphid were determined in a growth chamber at 25 ± 2 °C, $60 \pm 5\%$ R. H. and 14:10 (L: D) conditions in a completely randomized design as a split plot experiment. The main factor was wheat cultivars of Sysonz and Shiroodi, and the subplot consisted of five different pre-infestation periods (0, 2, 4, 6 and 8 days). The results indicated significant differences among the treatments in the aspect of net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (r_m), finite rate of increase (λ), doubling time (DT) and mean generation time (T) of *S. avenae*. The highest and lowest r_m in Sysonz cultivar was observed on control ($0.092 d^{-1}$) and 6 days pre-infestation period treatment ($0.063 d^{-1}$), respectively. Also, the highest and lowest r_m in Shiroodi cultivar was obtained on control ($0.216 d^{-1}$) and 6 days pre-infestation period ($0.157 d^{-1}$), respectively. Therefore, it was concluded that the prior infestation of the wheat plants by this aphid for a 6 days period, can reduce population growth rate of the aphid and so it can be used in the IPM of the aphid.

Keywords: Biological parameters, Induced resistance, pre-infestation, *Sitobion avenae*.

* Corresponding author E-mail: gadirnouri@yahoo.com

مقدمه

گندم *Triticum aestivum* L. گیاهی تک‌لپه‌ای و یک‌ساله است. این گونه رقم‌های زراعی متعدد دارد که در شرایط اقلیمی متفاوت در سراسر جهان کشت می‌شوند (Iran Nejad, 2004). گندم، مورد حمله چندین گونه شته از جمله شته سبز گندم، *Sitobion avenae* (Fabricius) قرار می‌گیرد که در نتیجه تغذیه آن‌ها عملکرد محصول به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Tradan & Milevol, 1999). شته سبز گندم یکی از آفات مهم غلات در نقاط مختلف جهان به شمار می‌آید. این شته هنگامی که بوته‌های گیاه میزبان سبز و شاداب هستند از برگ‌ها تغذیه می‌کنند و هنگامی که خوشه‌ها تشکیل می‌شوند، برگ‌ها را ترک کرده و لابه‌لای سنبلچه‌ها مستقر و آغاز به تغذیه می‌نمایند (Blackman & Eastop, 2006). این نوع تغذیه موجب کاهش وزن هزاردانه و چروکیدگی دانه‌ها می‌شود. شته سبز گندم عامل انتقال بیماری ویروسی کوتولگی زرد جو (BYDV) است (Blackman & Eastop, 2006). استفاده از حشره‌کش‌ها روش متداول کنترل شته سبز گندم است، ولی این ترکیب‌ها با از بین بردن دشمنان طبیعی و دیگر موجودهای غیرهدف باعث برهم خوردن تعادل اکولوژیک (بوم‌شناختی) در گندمزار شده و همچنین باعث ایجاد بیوتیپ (زیست‌جور)‌های مقاوم به حشره‌کش‌ها می‌شوند. امروزه، یکی از روش‌های کنترل (مهار) سازگار با محیط برای این آفت، استفاده از مقاومت القایی در گیاه میزبان است (Herron *et al.*, 2000). مقاومت القایی عبارت است از افزایش کمی یا کیفی مکانیسم (سازوکار)‌های دفاعی یک گیاه در برابر آفت مورد نظر، که در نتیجه واکنش گیاه به محرک‌های شیمیایی یا فیزیکی ایجاد می‌شود (Kogan & Paxton, 1983). القای مقاومت می‌تواند به دو روش مستقیم و غیرمستقیم ایجاد شود. در روش مستقیم، مقاومت القایی توسط پروتئین‌های رهاسده برای محافظت گیاهان در مقابل حشرات ایجاد می‌شود و یا گیاه ممکن است برای کاهش تغذیه، تخم‌ریزی و نشو و نما گیاه‌خواری مواد شیمیایی دفاعی تولید کند (Senthil-Nathan *et al.*, 2009). در روش غیرمستقیم،

مقاومت القایی در نتیجه رهاسازی ترکیب‌های فرار رقیق برای جلب دشمنان طبیعی گونه‌های گیاه‌خواری که روی گیاهان تغذیه می‌کنند، ایجاد می‌شود (Bruinsma & Dicke, 2008). تداوم مقاومت القایی می‌تواند در تغییر جمعیت و کاهش نرخ رشد جمعیت حشرات گیاه‌خوار و تولیدمثل آن‌ها مؤثر باشد (Underwood, 1999). واکنش گیاهان در نتیجه آسیب واردشده توسط حشرات گیاه‌خوار، اغلب موجب افزایش تولید مواد شیمیایی ثانویه زیان‌بار برای حشرات خسارت‌زا می‌شود (Baldwin, 1994). بنا بر نتایج Prado & Tjallingii (1997) مشخص شد که تغییرهای ایجادشده ناشی از آلودگی‌های قبلی از طریق تغذیه شته یولاف، *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) و شته سیاه باقلا، *Aphis fabae* Scop. با استفاده از روش EPG در برگ‌های آلوده‌شده از قبل، گیاهان میزبان را در برابر شته سیاه باقلا مقاوم می‌کند. در پژوهش دیگری بررسی مقاومت یونجه نسبت به شته آبی یونجه، *Acrythosiphon kondoi* Haris، نشان داد، آلودگی‌های قبلی مقاومت یونجه را افزایش می‌دهد (Klingler *et al.*, 2005). علاوه بر این، Prado & Tjallingii (2007) در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، القای مقاومت در برگ‌های گیاهان موجب کاهش تغذیه و استقرار شته‌ها نسبت به گیاهان شاهد شدند. نتایج بررسی‌های انجام‌گرفته توسط Mahfuza & Gordon (2008) روی گندم نشان داد، که تفاوت معنی‌داری بین پارامتر (فراسنج)‌های رشد جمعیت دو گونه شته سبز گندم و شته یولاف در سطوح مختلف نیتروژن وجود دارد. همچنین، افزایش غلظت فلز سنگین در گندم باعث کاهش نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) شته سبز گندم می‌شود (Huan-Huan *et al.*, 2012).

عوامل‌های متعددی از جمله رقم، نوع ترکیب‌های شیمیایی، نوع هورمون‌ها و ... روی شاخص میانگین نرخ نسبی رشد (*MRGR*) تأثیرگذار است. یک همبستگی منفی معنی‌داری بین غلظت ازون و *MRGR* پوره یک‌روزه شته جوانه صنوبر، *Cinara hartig* (Hemiptera: Lachnidae) جود داشته و از سوی دیگر روی ترجیح شته تأثیر منفی داشته است (Holopainen & Kossi,)

۸ روز آلودگی قبلی)، هر تیمار با ۳۰ تکرار در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۸×۷ سانتی‌متر آغاز شد. هر بوته (به جزء شاهد) در مرحله دو تا سه برگی که با طلق‌های پلاستیکی توردار پوشانده شده بودند، با پنج عدد شته سبز گندم بالغ بی‌بال آلوده شدند. پس از گذشت مدت‌زمان‌های فوق، شته‌های موجود در روی بوته‌ها حذف و گیاهان گندم به مدت دو روز بدون شته نگهداری شدند. سپس گیاهان گندم تیمار شده پس از دو روز بدون آلودگی، با یک شته بالغ بی‌بال در قفس‌های برگی به ابعاد ۳×۳ سانتی‌متر آلوده شدند. پس از آغاز تولیدمثل، همه شته‌ها به جزء یک پوره، حذف شدند. پوره‌ها روی بوته‌های گندم نگهداری شدند تا به مرحله تولیدمثل برسند. سپس، تعداد پوره‌های متولد شده در هر روز در هر گلدان شمارش و حذف شدند و این کار تا زمان مرگ آخرین شته ادامه یافت. پس از انجام آزمایش، جدول باروری شته تنظیم، پارامترهای زیستی و پارامترهای نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، مدت‌زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) و میانگین مدت‌زمان یک نسل (T) با استفاده از روش Carey (1993) و فرمول Birch (1948) محاسبه شد.

محاسبه شاخص میانگین نرخ رشد نسبی (MRGR)

در این آزمایش، پس از گذشت زمان‌های یاد شده، شته‌ها با قلم‌موی نرم از روی گیاهان حذف شدند و گیاهان به مدت ۴۸ ساعت بدون شته نگهداری شدند. سپس دو گیاه با یک شته بالغ آلوده شد تا تغذیه و پوره‌زایی کند. به منظور ارزیابی میانگین نرخ نسبی رشد، پوره‌های یک‌روزه در دسته‌های ۱۰ تایی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شده و دوباره روی گیاهان قرار داده شدند تا به مدت ۵ روز تغذیه کنند. پس از گذشت ۵ روز پوره‌ها دوباره به صورت جداگانه وزن شدند. شاخص MRGR آن‌ها با رابطه زیر (Van Emden, 1969) محاسبه شد.

$$MRGR =$$

(وزن شته در هنگام تولد L_n - وزن شته پس از پنج

روز تغذیه L_n)

تعداد روزهای تغذیه

(1998). همچنین، Gonzales et al. (2002) در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، میزان شاخص MRGR شته *Sipha flava* (Forbes) در برگ‌های آلوده شده در مقایسه با برگ‌های شاهد به طور قابل توجهی کاهش یافته است. بنابر نتایج Yin et al. (2005) میزان شاخص MRGR مرحله‌های نابالغی شته‌های *S. avenae* و *Mythimna separate* (Walker) با تغذیه از گندم‌های تیمار شده با جاسمونیک اسید به طور قابل توجهی کاهش یافته است. لذا با توجه به یافته‌های فراوانی که در مورد بررسی مقاومت القایی وجود دارد، این بررسی با هدف بررسی امکان مقاومت القایی در دو رقم گندم نسبت به شته سبز گندم برای استفاده در مدیریت تلفیقی این آفت انجام شد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاهان میزبان و شته سبز گندم

بذرهای رقم‌های گندم شیروودی و سای‌سونز از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) تهیه و بذرها با محلول بنومیل (۱ در هزار) ضدعفونی شدند. سپس درون هر گلدان پلاستیکی به قطر دهانه ۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر، در مخلوطی از خاک، ماسه و کود حیوانی با نسبت ۱:۱:۲ کاشته شدند.

شته‌های مورد نیاز از گندم‌زارهای شهرستان نیز از استان اردبیل گردآوری و پس از شناسایی به روی بوته‌های رقم سبلان در اتاقک رشد، در مرحله رویشی گندم منتقل شدند. پس از تکثیر (افزودن) اولیه شته، هر هفته یک‌بار بوته‌های گندم کاشته شده در گلدان‌های پلاستیکی (ابعاد ۶۰×۵۰ سانتی‌متر) به شته‌های حاصل از جمعیت‌های قبلی آلوده شدند. تکثیر شته به مدت ۲ ماه در اتاقک رشد در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام گرفت.

بررسی مکانیسم مقاومت القایی

این آزمایش بر پایه طرح کامل تصادفی در گلخانه و اتاقک رشد گروه گیاه‌پزشکی روی دو رقم گندم، (شیروودی و سایسونز) در ۵ تیمار زمانی، (۰، ۲، ۴، ۶ و

تجزیه داده‌ها

پیش از تجزیه داده‌ها نرمال (عادی) بودن آن‌ها مورد آزمون قرار گرفت و در مواردی که به نرمال‌سازی داده‌ها نیاز بود از تبدیل Normal Scores برای نرمال کردن غیریکنواختی واریانس‌ها استفاده شد. داده‌های مقادیر کاذب جک نایف برای پارامترهای زیستی و رشد جمعیت در هر یک از رقم‌های گندم با استفاده از نرم‌افزار MINITAB نسخه ۱۶ از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA, one way) انجام شد. اختلافات بین میانگین داده‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

میانگین طول دوره نشو و نما و میزان بقای پوره‌ها

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، از نظر طول دوره پورگی *S. avenae*، بین دو رقم گندم تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($F=32/21$; $df=1$ و 191 ; $P\leq 0/05$). طول دوره پورگی شته سبز گندم در رقم سای‌سونز $10/15$ روز و در رقم شیروودی $7/98$ روز ثبت شد (جدول ۱). همچنین، از

نظر طول دوره پورگی *S. avenae*، بین تیمارهای مورد بررسی روی دو رقم گندم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($F=1/34$; $df=4$ و 191 ; $P\leq 0/05$).

طول دوره نشو و نما پورگی بین تیمارهای زمانی پیش‌آلودگی در رقم شیروودی از $7/6$ تا $8/8$ روز و در رقم سای‌سونز از $9/8$ تا $10/3$ روز نوسان داشت. به طوری که، کمترین و بیشترین میانگین آن به ترتیب در شاهد و تیمار شش روز پیش‌آلودگی به دست آمد (جدول‌های ۲ و ۳). طول دوره نشو و نما آفات از جمله ویژگی‌هایی است که در بررسی و تشخیص مقاومت رقم‌ها به آن به کار می‌رود. هراندازه مدت این دوره طولانی‌تر باشد به همان اندازه مقاومت گیاهان مورد آزمایش نیز بیشتر خواهد بود. نتایج این تحقیق نشان داد، در تیمار زمانی شش روز آلودگی پیشین با شته سبز گندم طول دوره نشو و نما پورگی آن افزایش و نرخ بقای پوره‌ها نیز کاهش می‌یابد. درصد بقای پوره‌ها در رقم شیروودی از $84/4$ درصد روی شاهد تا $52/6$ درصد در تیمار شش روز پیش‌آلودگی مشاهده شد؛ در رقم سای‌سونز به ترتیب در شاهد و شش روز پیش‌آلودگی از $37/5$ تا $31/1$ درصد متغیر بود.

جدول ۱. تأثیر تیمار آلوده‌سازی‌های پیشین بر پارامترهای زندگی شته سبز گندم، *Sitobion avenae* روی دو رقم گندم در شرایط آزمایشگاهی

Table 1. The effect of pre-infestation treatments on the life parameters of English grain aphid, *Sitobion avenae* on two wheat cultivars under laboratory conditions

Cultivar	Developmental time (days)	Adult longevity (days)	Reproduction period (days)	Fecundity (Number of nymphs)
Syonz	10.15±0.36 ^a	6.30±0.67 ^b	6.35±0.80 ^b	5.10±0.60 ^b
Shiroodi	7.98±0.13 ^b	11.58±0.54 ^a	19.08±1.38 ^a	10.03±0.54 ^a

* حرف‌های غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (T-test، سطح احتمال ۵ درصد).

* Means followed by different letters in each column are significantly different (T- test, P<0.05).

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های (\pm خطای معیار) دوره‌های نشوونمای پورگی، مدت‌زمان پوره‌زایی شته‌های بالغ، طول عمر افراد بالغ شته سبز گندم *Sitobion avenae* و بارآوری آن‌ها روی گیاهان از پیش‌آلوده شده گندم رقم شیروودی

Table 2. Means (\pm SE) of nymph developmental time, adult reproduction period, and adult longevity of English grain aphid, *Sitobion avenae* and their fecundity on pre-infested plants of Shiroodi wheat cultivar

Treatments (days of pre-infestation)	Survival (n)	Developmental time (days)	Adult longevity (days)	Reproduction period (days)	Fecundity (Number of nymphs)
Control	84.4 (32)	7.6 ± 0.2 ^{b*}	15.0±0.9 ^a	29.2±3.2 ^a	13.8 ± 1.01 ^a
2 days	70.3 (37)	7.7 ± 0.3 ^b	11.0 ± 0.9 ^b	15.2±1.4 ^b	9.7 ± 0.9 ^b
4 days	64.9 (37)	7.8 ± 0.2 ^b	10.9 ± 1.2 ^b	14.9±2.3 ^c	8.8 ± 1.2 ^b
6 days	52.6 (32)	8.8 ± 0.5 ^a	8.40±1.1 ^c	13.1±3.5 ^c	6.6±1.04 ^{bc}
8 days	55.9 (37)	8.5 ± 0.2 ^a	8.60 ± 1.4 ^c	14.2±2.8 ^c	7.1 ± 1.4 ^{bc}

* حرف‌های ناهمسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (HSD، سطح احتمال ۵ درصد).

* Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD, P<0.05).

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های (\pm خطای معیار) دوره‌های نشوونمای پورگی، مدت‌زمان پوره‌زایی شته‌های بالغ، طول عمر افراد بالغ شته سبز گندم *Sitobion avenae* و بارآوری آن‌ها روی گیاهان از پیش‌آلوده‌شده گندم رقم سای‌سونز

Table 3. Means (\pm SE) of nymph developmental time, adult reproduction period, and adult longevity of English grain aphid, *Sitobion avenae* aphid and their fecundity on pre-infested plants of Sysonz wheat cultivar

Treatments (days of pre-infestation)	Survival (n)	Developmental time (days)	Adult longevity (days)	Reproduction period (days)	Fecundity (Number of nymphs)
Control	37.5 (40)	9.8 \pm 0.5 ^{bc}	7.4 \pm 1.7 ^a	9.2 \pm 3.0 ^a	6.2 \pm 1.4 ^a
2 days	33.3 (45)	10.1 \pm 0.8 ^a	6.9 \pm 2.0 ^b	6.6 \pm 1.4 ^b	5.9 \pm 1.9 ^b
4 days	32.5 (40)	10.2 \pm 1.1 ^a	6.2 \pm 1.1 ^b	5.4 \pm 1.7 ^c	5.0 \pm 1.04 ^b
6 days	31.1 (45)	10.3 \pm 0.6 ^a	5.2 \pm 1.3 ^c	5.4 \pm 1.1 ^c	4.1 \pm 1.2 ^c
8 days	31.3 (48)	10.2 \pm 0.9 ^a	5.9 \pm 1.4 ^c	5.4 \pm 1.3 ^c	4.3 \pm 1.2 ^c

* حرف‌های ناهمسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (HSD، سطح احتمال ۵ درصد).

* Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD, P<0.05).

بنابراین در این بررسی، با مقایسه بین دو رقم می‌توان گفت که درصد بقاء در رقم شیروودی در مقایسه با رقم سای‌سونز بیشتر بوده و تعداد بیشتری از پوره‌ها به مرحله حشره کامل رسیده‌اند. به همین منظور رقم شیروودی از نظر مطلوبیت میزبانی برای شته سبز گندم مناسب‌تر از رقم سای‌سونز است.

طول عمر حشرات بالغ شته سبز گندم

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تأثیر دو رقم گندم روی طول عمر حشره کامل شته سبز گندم در جدول ۱ ارائه شده است ($P \leq 0.05$; 191 ; $F=24/81$; $df=1$). طول عمر حشرات کامل روی رقم شیروودی $11/58$ روز و روی رقم سای‌سونز $6/30$ روز بود. این در حالی است که طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول عمر شته سبز گندم در رقم شیروودی در شاهد و تیمار شش روز آلودگی پیشین (به ترتیب $15/00$ و $8/4$ روز) ثبت شد؛ در رقم سای‌سونز در شاهد و در تیمار شش روز آلودگی پیشین (به ترتیب $7/4$ و $5/2$ روز) به‌دست آمد (جدول ۲ و ۳). نتایج بررسی‌های Basagli et al. (2003) نشان داده است، در شته سبز گندم پرورش‌یافته روی گندم‌های تیمار شده با سیلیس، میزان ترجیح، طول عمر و میزان تولیدمثل در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش می‌یابد. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تأثیر محلول‌پاشی جاسمونات در القای مقاومت در گوجه‌فرنگی نسبت به شته سیب‌زمینی، *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) نشان داده است، القای مقاومت در گوجه‌فرنگی با استفاده از جاسمونیک اسید به‌طور قابل توجهی، طول عمر و

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی مقاومت القایی گیاهان در مقابل حشرات پلی‌فاژ (چندین‌خوار) توسط Yonggen & Jiaan (1997) نشان داد، آلودگی‌های پیشین گیاهان موجب القای تغییرهایی در آنتوژنی (هستی‌زایی)، ویژگی‌های مورفولوژیکی (ریخت‌شناختی)، فیزیولوژیکی، کیفیت غذایی و مواد شیمیایی ثانویه گیاهان می‌شود و روی طول دوره نشو و نما، بقا و باروری گیاهخواران تأثیر منفی می‌گذارد. همچنین تحریک گیاهان برای تولید ترکیب‌های شیمیایی سمی یا رهاسازی سینومون جلب‌کننده سبب جلب دشمنان طبیعی شده و موجب کاهش جمعیت گیاهخواران روی گیاهان می‌شود. نتایج بررسی‌های مزرعه‌ای Agrawal (1998) نشان داد، آلودگی‌های پیشین گیاه ترپن و وحشی به شته سبز هلو، *Myzus persicae* Sulzer در شرایط مزرعه‌ای طغیان مجدد این شته و دیگر حشرات آفت را به میزان ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. همچنین گیاهان از پیش‌آلوده شده در مقایسه با شاهد بیشترین نرخ مرگ‌ومیر را داشتند که می‌تواند به دلیل افزایش غلظت مواد شیمیایی ثانویه تولیدشده در نتیجه آسیب شته سبز هلو باشد (Agrawal, 1998). نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تأثیر عنصر سیلیس را روی پارامترهای رشدی شته *Mahanarva fimbriolata* (Stal) در دو رقم مقاوم (SP79-1011 و SP80-1816) و یک رقم حساس (SP81-3250) نیشکر نشان داد که درصد مرگ‌ومیر و طول دوره پوره‌گی در گیاهان تیمار شده با سیلیس در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش یافت (Korndorfer et al., 2011).

به دست آمده از نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته سبز گندم در منابع علمی تفاوت‌هایی با مقادیر به دست آمده در رقم‌های گندم مورد بررسی در این تحقیق داشت. بنابر نتایج بررسی‌های Khalghani (1994) نرخ ذاتی افزایش جمعیت *S. avenae* روی رقم‌های گندم Timna، Tonic، Maris hunstaman، Axona و Bountry و Einkorn به ترتیب ۰/۳۱۱، ۰/۳۰۷، ۰/۳۰۶، ۰/۲۸۸، ۰/۲۶۶، ۰/۲۶۴ و ۰/۲۳۱ بر روز ثبت شد که با مقادیر به دست آمده در این تحقیق بسیار متفاوت است. دلیل احتمالی این تفاوت می‌تواند به تفاوت بودن رقم‌های مورد بررسی و تفاوت جمعیت‌های شته سبز گندم باشد. بنا بر نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها، از نظر نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته سبز گندم بین تیمارهای پیش‌آلودگی روی هر دو رقم شیروودی و سای‌سونز تفاوت معنی‌داری به دست آمد ($P \leq 0.05$; $F=0.93$; $df=4$ و $F=0.93$). در بین دو رقم مورد آزمایش و پیش‌آلودگی‌های مختلف، بیشترین مقدار r_m روی رقم شیروودی در گیاهان شاهد (۰/۲۱۶ بر روز) و کمترین مقدار آن در تیمار شش روز آلودگی پیشین (۰/۱۵۷ بر روز) مشاهده شد (جدول ۵). همچنین بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر در رقم سای‌سونز به ترتیب در شاهد (۰/۰۹۲ بر روز) و در تیمار شش روز آلودگی پیشین (۰/۰۶۳ بر روز) مشاهده شد (جدول ۶). پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت در تیمارهای از پیش آلوده شده به مدت زمان‌های شش روز معرف القاء شدن مقاومت در این گیاهان در مقایسه با دیگر تیمارها است که از پایین بودن میزان باروری و بقاء و طولانی بودن دوره نشو و نمای پورگی روی این گیاهان ناشی شده است. افزایش مقدار r_m در گیاهان بدون آلودگی پیشین (شاهد) در مقایسه با دیگر تیمارها می‌تواند به دلیل نبود زمینه القای مقاومت باشد.

تولید مثل شته‌های بالغ و همچنین درصد بقا را در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش می‌دهد (Cooper & Goggin, 2005).

پارامترهای رشد جمعیت شته سبز گندم روی دو رقم گندم

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بین دو رقم گندم از نظر نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته سبز گندم در حالت معمولی (بدون آلودگی پیشین) تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P \leq 0.05$; $df=169$; $F=127.78$). نتایج نشان داد، نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته سبز گندم روی رقم‌های شیروودی و سای‌سونز به ترتیب ۰/۱۹۸ و ۰/۰۷۵ بر روز است (جدول ۴).

بالتر بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته سبز گندم روی رقم شیروودی نسبت به رقم سای‌سونز در نتیجه باروری بالا، مرگومیر پایین و کوتاه بودن دوره رشدی پیش از بلوغ آفت روی این رقم بود. بالا بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت یک حشره روی گیاه میزبان نشان‌دهنده حساسیت آن گیاه و پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت بیانگر مقاومت گیاه میزبان در برابر تغذیه حشره است (Razmjou *et al.*, 2011). از آنجاکه رقم شیروودی میزبانی حساس به آفت بود، بنابراین شته سبز گندم امکان بیشتری برای افزایش جمعیت روی این رقم داشت. با این حال، رقم سای‌سونز میزبان به نسبت نامناسبی برای شته سبز گندم بود. لذا مقاومت بیشتری در مقایسه با رقم شیروودی از خود نشان داد. نتایج بررسی در Razmjou *et al.* (2011) نشان داد، رقم سای‌سونز در مقایسه با رقم‌های شیروودی، زاگرس، سرداری و آرتا بالاترین مقاومت را نسبت به شته سبز گندم دارد و کمترین تعداد پوره تولید شده، در این رقم مشاهده شده است. بسته به نوع میزبان غذایی مورد بررسی، مقادیر

جدول ۴. تأثیر تیمار آلوده‌سازی‌های پیشین بر پارامترهای رشد جمعیت شته سبز گندم، *Sitobion avenae* روی دو رقم گندم در شرایط آزمایشگاهی

Table 4. The effect of pre-infestation treatments on the population growth parameters of English grain aphid, *Sitobion avenae* on two wheat cultivars under laboratory conditions

Cultivar	R_0 (nymph/female/generation)	r_m (d^{-1})	λ (d^{-1})	T (d)	DT (d)
Syonz	2.53±0.30 ^b	0.075±0.008 ^b	1.078±0.008 ^b	12.72±0.61 ^a	8.48±1.59 ^a
Shiroodi	11.01±0.88 ^a	0.198±0.007 ^a	1.219±0.008 ^a	12.00±0.25 ^a	3.51±0.14 ^b

* حرف‌های ناهمسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (T-test، سطح احتمال ۵ درصد).
* Means followed by different letters in each column are significantly different ($P < 0.05$, T-test).

معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طوری‌که میانگین زمان یک نسل روی رقم سای‌سونز ۱۲/۷۲ روز و روی رقم شیروودی ۱۲/۰۰ روز بود. ولی، در بین تیمارهای زمانی مدت‌های آلودگی پیشین از نظر T در هر دو رقم گندم تفاوت معنی‌داری دیده شد ($P \leq 0.05$; $F=0.002$; $df=4$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$ ؛ $F=0.002$ ؛ $df=4$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$). بیشترین مدت زمان (T) در رقم شیروودی و سای‌سونز به ترتیب ۱۳/۳۱ روز در تیمار شش روز آلودگی پیشین و ۱۴/۱۴ روز در تیمار ۲ روز آلودگی پیشین مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۶). از نظر مدت‌زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت (DT) شته سبز گندم در شرایط معمولی (بدون آلودگی پیشین) بین دو رقم گندم تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P \leq 0.05$; $F=49.12$; $df=1$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$ ؛ $F=49.12$; $df=1$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$). به‌طوری‌که مدت‌زمان دو برابر شدن جمعیت در رقم سای‌سونز ۸/۴۸ روز و در رقم شیروودی ۳/۵۱ روز به دست آمد (جدول ۵). با توجه به بالا بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت آفت روی رقم شیروودی، کوتاه‌ترین زمان مورد نیاز برای دو برابر شدن جمعیت اولیه روی این رقم دیده شد. از نظر مدت‌زمان لازم برای DT شته سبز گندم، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در روی دو رقم گندم مشاهده شد ($P \leq 0.05$; $F=0.045$; $df=4$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$ ؛ $F=0.045$; $df=4$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$). به‌طوری‌که طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین مدت‌زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت به ترتیب در تیمار شش روز آلودگی پیشین و شاهد به‌دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶).

بین دو رقم گندم از نظر نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در حالت معمولی (بدون آلودگی پیشین) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد به دست آمد (جدول ۴). مقدار R_0 در رقم سای‌سونز و شیروودی به ترتیب ۲/۵۳ و ۱۱/۰۱ پوره/ ماده/ نسل ثبت شد ($P \leq 0.05$; $F=79.22$; $df=1$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$ ؛ $F=79.22$; $df=1$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$). همچنین، بین تیمارهای مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد از نظر R_0 روی هر دو رقم گندم مشاهده شد ($P \leq 0.05$; $F=3.21$; $df=4$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$ ؛ $F=3.21$; $df=4$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$). به‌طوری‌که مقدار R_0 در رقم شیروودی از ۶/۷۵ تا ۱۶/۸۳ پوره/ ماده/ نسل به ترتیب در تیمار شش روز پیش‌آلودگی و شاهد (جدول ۵) و در رقم سای‌سونز نیز از ۲/۰۰ تا ۳/۴۰ پوره/ ماده/ نسل به ترتیب در تیمار شش روز آلودگی و شاهد متغیر بود (جدول ۶). مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) شته روی رقم سای‌سونز و شیروودی در حالت عادی (بدون آلودگی پیشین) به ترتیب ۱/۰۷۸ و ۱/۲۱۹ بود (جدول ۴). همچنین، بین ۵ تیمار زمانی روی هر دو رقم گندم از نظر نرخ متناهی افزایش جمعیت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P \leq 0.05$; $F=0.04$; $df=4$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$ ؛ $F=0.04$; $df=4$ و 169 ؛ $P \leq 0.05$). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار آن در هر دو رقم مورد بررسی به ترتیب در شاهد و تیمار پیش‌آلودگی شش روز به‌دست آمد. از نظر متوسط مدت‌زمان یک نسل (T) در بین رقم‌های گندم اختلاف

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های (\pm خطای معیار) تأثیر آلودگی پیشین گیاه گندم با شته سبز گندم روی نرخ خالص تولیدمثلی (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و میانگین مدت‌زمان یک نسل (T) و زمان دو برابر شدن

جمعیت (DT) در گندم رقم شیروودی

Table 5. Means (\pm SE) of the effects of pre-infestation of wheat plants with English grain aphid on the net reproduction rate (R_0), intrinsic rate of natural increase (r_m), finite rate of increase (λ), mean generation time (T) and doubling time (DT) on Shiroodi cultivar of wheat

Treatments (days of pre- infestation)	R_0 (nymph/female/generation)	r_m (d^{-1})	λ (d^{-1})	T (d)	DT (d)
Control	16.83 \pm 2.14 ^{a*}	0.216 \pm 0.029 ^a	1.241 \pm 0.036 ^a	12.37 \pm 0.527 ^{ab}	3.14 \pm 0.502 ^b
2 days	10.60 \pm 1.61 ^b	0.213 \pm 0.008 ^{ab}	1.237 \pm 0.009 ^a	11.26 \pm 0.508 ^{bc}	3.26 \pm 0.116 ^{ab}
4 days	10.11 \pm 1.23 ^b	0.206 \pm 0.012 ^{ab}	1.229 \pm 0.014 ^b	12.45 \pm 0.816 ^b	3.35 \pm 0.188 ^{ab}
6 days	6.75 \pm 1.83 ^d	0.157 \pm 0.018 ^c	1.169 \pm 0.002 ^b	13.31 \pm 0.364 ^a	4.35 \pm 0.534 ^a
8 days	8.66 \pm 2.35 ^c	0.192 \pm 0.011 ^b	1.211 \pm 0.013 ^a	10.17 \pm 0.357 ^c	3.60 \pm 0.204 ^{ab}

* حرف‌های ناهمسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (HSD، سطح احتمال ۵ درصد).

* Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD, $P < 0.05$).

جدول ۶: مقایسه میانگین‌های (\pm خطای معیار) تأثیر آلودگی پیشین گیاه گندم به وسیله شته سبز گندم روی نرخ خالص تولیدمثلی (R_0)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) و میانگین مدت زمان یک نسل (T) و زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) در گندم رقم سای سونر

Table 6. Means (\pm SE) of the effects of pre-infestation of wheat plants with English grain aphid on the net reproduction rate (R_0), intrinsic rate of natural increase (r_m), finite rate of increase (λ), mean generation time (T) and doubling time (DT) on Sysonz cultivar of wheat

Treatments (days of pre- infestation)	R_0 (nymph/female/generation)	r_m (d^{-1})	λ (d^{-1})	T (d)	DT (d)
Control	$3.40 \pm 1.12^{a*}$	0.092 ± 0.022^a	1.096 ± 0.024^a	13.34 ± 2.25^b	6.97 ± 2.26^c
2 days	2.82 ± 0.595^b	0.089 ± 0.017^b	1.093 ± 0.019^a	14.14 ± 0.696^a	7.43 ± 1.66^b
4 days	2.34 ± 0.555^b	0.068 ± 0.012^{bc}	1.069 ± 0.013^b	12.26 ± 1.63^c	8.04 ± 0.07^b
6 days	2.00 ± 0.585^c	0.063 ± 0.023^c	1.065 ± 0.025^b	11.88 ± 0.514^d	9.97 ± 3.18^a
8 days	2.11 ± 0.406^b	0.064 ± 0.016^{bc}	1.066 ± 0.017^a	11.95 ± 0.526^d	9.87 ± 2.11^{ab}

* حرف‌های ناهمسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (HSD، سطح احتمال ۵ درصد).

* Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD, $P < 0.05$).

فنولیک‌ها و آنزیم‌های موجود در مکانیسم دفاع گیاه تولید می‌شود (Agrawal *et al.*, 1999). نتایج Brown *et al.* (1991) نشان داد، پس از آلوده‌سازی اولیه گیاه سویا نسبت به کرم برگ‌خوار سویا، *Anticarsia gemmatalis* (Hubner) افزون بر ایجاد مقاومت القایی در سویا نسبت به آفت اول، باعث مقاومت نسبت به آفت ثانویه هم شد. همچنین آلودگی پیشین به کنه تارتن، در افزایش مقاومت به هر دو آفت مؤثر بوده است. بنابر گزارش‌های Bentur & Kalode (1996) مقاومت القایی برنج نسبت به *Oreoseolia oryzae* (Wood-Mason) می‌تواند تا ۴ هفته پس از آلوده‌سازی توسط این آفت ایجاد شود. بنا بر دیدگاه Underwood (1999) در نتایج بررسی‌هایشان، مقاومت القایی در کاهش نرخ رشد جمعیت حشرات گیاهخوار و تولیدمثل آن‌ها مؤثر است. همچنین، محققان متعدد دیگری، ظهور مقاومت القایی ناشی از آلودگی اولیه روی گیاهان میزبان و همچنین القای مقاومت در گیاهان با استفاده از ترکیب‌های شیمیایی مختلفی را گزارش کرده‌اند. در یک تحقیق دیگر، Bruce *et al.* (2003) نشان دادند، گندم‌هایی که با سیس-جاسمون اسپری پاشی شده بودند در مقایسه با گیاهان شاهد کمتر مستعد حمله شته سبز گندم بوده‌اند. همچنین، این شته روی گیاهان تیمار شده با سیس جاسمون کاهش یافته است. افزون بر این، Gomes *et al.* (2005) تأثیر تیمار کردن پیشین گیاهان با سیلیس و همچنین آلوده‌سازی پیشین گیاهان با شته‌ها را در

بنابراین، افزون بر پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته روی گیاهان از پیش آلوده شده به مدت شش روز، طولانی‌ترین زمان مورد نیاز برای دو برابر شدن جمعیت اولیه آن نیز روی این بوته‌ها مشاهده شد. به عبارت دیگر، شته سبز گندم برای رساندن جمعیت خود به دو برابر تعداد اولیه روی گیاهان آلوده شده از پیش به مدت زمان بیشتری نیاز دارد. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد، آلودگی پیشین گیاه میزبان با شته سبز گندم در طی زمان‌های مختلف می‌تواند موجب القای مقاومت در گندم شود و تا مدت‌زمان شش روز آلودگی پیشین هرچقدر مدت‌زمان این آلودگی اولیه بیشتر باشد میزان مقاومت القاء شده نیز متناسب با آن افزایش می‌یابد. ولی، در مورد بیشتر پارامترهای زیستی محاسبه شده بین تیمارهای ۶ و ۸ روز آلودگی پیشین، تفاوتی مشاهده نشد. بالاتر بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته در رقم شیروودی روی گیاهان بدون آلودگی اولیه به علت طول عمر و باروری بیشتر شته روی این رقم در مقایسه با رقم سای سونز است و عملکرد ضعیف شته روی گیاهان از پیش آلوده شده به مدت ۶ و ۸ روز ناشی از کاهش باروری، افزایش مدت‌زمان نشو و نما و درصد بالای مرگ‌ومیر پوره‌ها به علت ایجاد یک مکانیسم دفاعی در گیاه است. به طوری که این مکانیسم نوعی مقاومت القایی تلقی می‌شود. در نتیجه این آسیب، ژن‌های پاسخ‌دهنده دفاع در گیاه فعال شده و موادی از ترکیب‌های شیمیایی دفاعی مانند پروتئین‌های بازدارنده تغذیه،

گندم نسبت به شته سبزی بررسی می‌کردند، نشان داده است که شاخص میانگین نرخ نسبی رشد شته نسبت به افزایش غلظت ازن در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. به طوری که با افزایش سطح اوزون میانگین نرخ نسبی رشد شته سبزی گندم افزایش یافته است. به عبارت دیگر، افزایش غلظت ازن جو زمین نه تنها در گندم نسبت به شته سبزی مقاومتی القا نمی‌کند، بلکه باعث کاهش مقاومت نیز می‌شود. نتایج Gonzales *et al.* (2002) روی تغییرهای ایجاد شده در گیاهان میزبان در نتیجه آلوده‌سازی پیشین با شته *S. flava* که نشان داد، در نتیجه افزایش غلظت ازن میانگین نرخ نسبی رشد پوره‌های این شته به طور معنی‌داری افزایش یافته است که این نتایج با نتایج بررسی‌های بیشتر محققان دیگر در تناقض است. نتایج به دست آمده در این پژوهش، نشان داد که از نظر میانگین نرخ نسبی رشد نسبی پوره‌های شته سبزی گندم بین پنج زمان پیش آلودگی روی دو رقم، اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($F=۴/۵۴$; $df=۴$ و ۲۲۲ ; $P\leq ۰/۰۵$)، به طوری که مقدار *MRGR* در رقم شیروودی در بین گیاهان از پیش آلوده شده در مدت زمان‌های ۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ روز پیش آلودگی به ترتیب ۰/۴۷۹، ۰/۴۸۵، ۰/۴۷۹، ۰/۴۷۴ و ۰/۴۴۰ میلی‌گرم بر روز و در رقم سای‌سونز به ترتیب ۰/۴۲۰، ۰/۴۲۷، ۰/۴۴۰، ۰/۳۷۹ و ۰/۳۵۷ میلی‌گرم بر روز به دست آمد (جدول ۸).

جدول ۷. مقایسه میانگین نرخ نسبی رشد (*MRGR*) شته سبزی گندم، *Sitobion avenae* بین دو رقم گندم در شرایط آزمایشگاهی

Table 7. Comparison of mean relative growth rates (*MRGR*) of English grain aphid, *Sitobion avenae* on pre-infested wheat cultivars under laboratory conditions

Cultivar	<i>MRGR</i>
Sysonz	0.403 ± 0.009 ^{b*}
Shiroodi	0.471 ± 0.006 ^a

* حرف‌های ناهمسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (HSD، سطح احتمال ۵ درصد).

* Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD, $P<0.05$).

در رقم شیروودی بین تیمار ۸ روز آلودگی پیشین و دیگر تیمارهای زمانی آلودگی پیشین و در رقم سای‌سونز بین تیمارهای ۶ و ۸ روز آلودگی و بقیه تیمارها تفاوت

القای مقاومت گندم نسبت به شته سبزی گندم بررسی کرده و نشان داده‌اند، کود سیلیس و آلوده‌سازی پیشین با شته، مقاومت گندم را نسبت به شته سبزی گندم القا می‌کند به طوری که نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) این شته روی این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بنابراین، مقاومت القایی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش جمعیت شته سبزی گندم ایفا کند.

به طور کلی، نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد، آلودگی پیشین رقم‌های سای‌سونز و شیروودی به شته سبزی گندم حداقل به مدت شش روز باعث القای مقاومت در گندم به این شته می‌شود و بین ۶ و ۸ روز آلودگی پیشین تفاوت معنی‌داری به دست نیامد. القای مقاومت گیاهان گندم با استفاده از نیتروژن و تأثیر آن روی ترجیح کلنی (جمعیت) و مورف (ریخت)‌های دو گونه شته گندم (شته سبزی گندم، *S. avenae* و شته یولاف، *R. padi*) توسط Mahfuza & Gordon (2008) گزارش شده است. در بیشتر موارد، رقم‌های زراعی مقاوم به آفات با کاهش دادن توانایی جسمی و وضعیت فیزیولوژیکی حشره آفت باعث افزایش کارایی دشمنان طبیعی می‌شوند (Nouri-Ganbalani *et al.*, 1996). رقم‌های مقاوم گیاهی، سبب افزایش طول دوره پورگی شته‌ها می‌شوند و در نتیجه نسبت پوره‌ها در جمعیت افزایش می‌یابد و پوره‌های بیشتری توسط دشمنان طبیعی شکار یا پارازیت می‌شوند. بنابراین، کاربرد رقم‌های مقاوم می‌تواند کارایی روش‌های کنترل بیولوژیک و شیمیایی را در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات افزایش دهد.

میانگین نرخ نسبی رشد (*MRGR*) شته سبزی گندم

نتایج به دست آمده نشان داد، از نظر شاخص میانگین نرخ نسبی رشد شته سبزی گندم در بین دو رقم شیروودی و سای‌سونز اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($F=۳۸/۳۷$; $df=۱$ و ۲۲۲ ; $P\leq ۰/۰۵$) به طوری که *MRGR* در رقم سای‌سونز ۰/۴۰۳ میلی‌گرم بر روز و در رقم شیروودی ۰/۴۷۱ میلی‌گرم بر روز بود (جدول ۷).

نتایج Summers *et al.* (1994) که تأثیر تغییرهای غلظت گاز ازن اتمسفر را روی مقاومت القایی در

بنابراین، بنابر نتایج این بررسی، آلودگی پیشین گندم به شته سبز گندم تأثیر معنی‌داری روی پارامترهای زیستی این شته دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد، افزون بر وجود تفاوت معنی‌دار بین دو رقم گندم مورد بررسی، بین تیمارهای زمانی مورد آزمایش نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در بین تیمارها بیشترین مقدار مقاومت در گیاهان گندمی که برای مدت‌زمان‌های ۶ و ۸ روز از پیش آلوده شده بودند، القاء شده بود، زیرا در این تیمارها افزون بر کاهش رشد جمعیت شته و نیز کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت، شاخص نرخ نسبی رشد شته سبز گندم نیز کاهش یافت. همچنین، نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ تولیدمثل شته در رقم شیرودی در مقایسه با رقم سای‌سونز به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مقاومت القایی در گیاهان، مکانیسم مؤثری در محدود کردن جمعیت‌های آسیب‌زای آفات است و می‌توان در برنامه مدیریت تلفیقی شته گندم از مقاومت القایی استفاده کرد.

معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد از نظر شاخص نسبی رشد مشاهده شد (جدول ۸). به عبارت دیگر، تنها در تیمارهایی با ۶ تا ۸ روز آلودگی پیشین شاخص نسبی رشد شته کاهش یافت و تیمارهای ۰، ۲ و ۴ روز آلودگی پیشین همه در یک گروه قرار گرفتند.

جدول ۸. میانگین نرخ نسبی رشد (*MRGR*) شته سبز گندم، *Sitobion avenae* در تیمارهای زمانی آلوده‌سازی پیشین روی دو رقم گندم در شرایط آزمایشگاهی

Table 8. The mean of relative growth rate (*MRGR*) of English grain aphid, *Sitobion avenae* on pre-infested wheat cultivars under laboratory conditions

Treatments (days of pre- infestation)	<i>MRGR</i> (Mean±SE)	
	Sysoz	Shiroodi
Control	0.420±0.017 ^{a*}	0.479±0.010 ^a
2 days	0.427±0.019 ^a	0.485±0.014 ^a
4 days	0.440±0.021 ^a	0.479±0.010 ^a
6 days	0.379±0.024 ^b	0.474±0.009 ^a
8 days	0.357±0.016 ^b	0.440±0.017 ^{b*}

* حرف‌های ناهمسان در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (HSD، سطح احتمال ۵ درصد).

* Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD, P<0.05).

REFERENCES

1. Agrawal, A. A., Tuzun, S. & Bent, E. (1999). *Induced plant defenses against pathogens and herbivores*. Biochemistry, ecology and agriculture. APS Press, Saint Paul, 390 pp.
2. Agrawal, A. A. (1998). Induced responses to herbivory and increased plant performance. *Science*, 279, 1201-1202.
3. Baldwin, I. T. (1994). Chemical changes rapidly induced by folivory. In: Bernays E. A. (Ed.) *Insect-plant interactions*. vol. 5. CRC, Boca Raton, 1-23 pp.
4. Basagli, M. A. B., Moraes, J. C., Carvalho, G. A., Carvalho, E. C. & Goncalves, G. C. R. (2003). Effect of sodium silicate application on the resistance of wheat plant to the green-aphid *Schizaphis graminum* (Rond) (Homoptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 32, 659-663.
5. Bentur, J. S. & Kalode, M. B. (1996). Hypersensitive reaction and induced resistance in rice against the Asian rice gall midge *Orseolia oryzae*. *Entomol. Experimental and Applied Acarology*, 78, 77-81.
6. Birch, L.C. (1948). The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology*, 17, 15- 26.
7. Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2006). *Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs*. Affiliated with the Department of Entomology, The Natural History Museum. John Wiley. London, England. 1439 pp.
8. Brown, G. C., Nurdin, F., Rodriguez, J. G. & Hilderand, D. F. (1991). Inducible resistance of soybean (var Williams) to two spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 64, 388-393.
9. Bruce, T. J. A., Martin, J. L., Pickett, J. A., Pye, B. J., Smart, L. E. & Wadhams, L. J. (2003). Cis-Jasmone treatment induced resistance in wheat plants against the green aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae). *Pest Management Science*, 59, 1031-1036.
10. Bruinsma, M. & Dicke, M. (2008). Herbivore- induced indirect defense: from induction mechanisms to community ecology. In: Schiller, A. (Ed.) *Induced plant resistance to herbivory*. Springer Verlag, Berlin, 31-60 pp.
11. Carey, J. R. (1993). *Applied demography for biologists*. Oxford University Press. Inc. New York. 206 pp.
12. Cooper, W. R. & Goggin, F. L. (2005). Effects of jasmonate- induced defenses in tomato on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115, 107-115.

13. Gomes, F. B., Moraes, J. C., Santos, C. D. & Goussain, M. M. (2005). Resistance Induced in wheat plants by silicon and aphids. *Scientia Agricola*, 62, 547-551.
14. Gonzales, W. L., Ramirez, C. C., Olea, N. & Niemeyer, H. M. (2002). Host plant change produced by the aphid *Sipha flava*: consequences for aphid feeding behavior and growth. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 103, 107-113.
15. Herron, G., Powis, K. & Rophail, J. (2000). Baseline studies and preliminary resistance survey of Australian populations of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hom.: Aphididae). *Australian Journal of Entomology*, 39, 33-38.
16. Holopainen, J. K. & Kossi, S. (1998). Variable growth and reproduction response of the spruce shoot aphid, *Cinara pilicornis*, to increasing ozone concentrations. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 87, 109-113.
17. Huan-Huan, G., Hui-Yan, Zh., Chao Du, M. M. D., Er-Xia Du, Zu. Q. H. & Xiang-Shun, H. (2012). Life table evaluation of survival and reproduction of the aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemi: Aphididae), exposed to cadmium. *Journal of Insect Science*, 12, 1-9.
18. Iran Nejad, H. (2004). *Cereal Growing*. Tehran University Press, 1-8 pp.
19. Khalghani, J. (1994). *The interaction of host plant resistance to cereal aphids with biological and chemical control methods with respect to integrated pest management: Field and laboratory studies*. Ph. D. thesis, University of Newcastle upon Tyne, U K. 291 pp.
20. Klingler, J., Creasy, R., Gao, L., Nair, R. M., Calix, A. S., Jacob, H. S., Edwards, O. R. & Singh, K. B. (2005). Aphid resistance in *Medicago truncatula* involves antixenosis and phloem-specific, inducible, and maps to a single locus flanked by NBS- LRR resistance gene analogs. *Plant Physiology*, 137, 1445-1455.
21. Kogan, M. & Paxton, J. (1983). *Natural inducers of plant resistance to insects*. In: Hedin, P. A. (Ed) Plant resistance to insects. American Chemical Society Symposium. American Chemical Society, Washington, D. C. Series, 208, 153-171.
22. Korndorfer, A. P., Grisoto, E. & Vendramim, J. D. (2011). Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. *Neotropical Entomology*, 40, 387-392.
23. Mahfuza, K. & Gordon, P. (2008). Performance of clones and morphs of two cereal aphids on wheat plant with high and low nitrogen content. *Entomological Science*, 11, 159-165.
24. Nouri- Ganbalani, G., Heseini, M. & Yagmai, F. (1996). *Plant Resistance to Insect*. Fundamental Approach Jahad Mashad University, 320 PP. (in Farsi)
25. Prado, E. & Tjallingii, W. F. (1997). Effects of previous plant infestation on sieve element acceptance by two aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82, 189-200.
26. Prado, E. & Tjallingii, W. F. (2007). Behavioral evidence for local reduction of aphid- induced resistance. *Journal of Insect Science*, ISSN, 1536-2442.
27. Razmjou, J., Ramazani, Sh., Naseri, B., Nouri Ganbalani, G. & Rafiee Dastjerdi, H. (2011). Resistance and susceptibility of various to *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) in Iran. *Applied Entomology and Zoology*, 46, 455-461.
28. Senthil-Nathan, S., Kalaivani, K., Choi, M. Y. & Paik, C. H. (2009). Effects of jasmonic acid-induced resistance in rice on the plant brownhopper, *Nilaparvata lugens* Stal (Homoptera: Delphacidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 95, 77- 84.
29. Summers, C. G., Retzlaff, W. A. & Stephenson, S. (1994). The Effect of ozone on the mean relative growth rate of *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Agricultural Entomology*, 11, 181-187.
30. Tradan, A. & Milevol, L. (1999). The cereal aphid as wheat pest. *Sodobnokmotijstro*, 32, 119-128.
31. Underwood, N. (1999). The influence of plant and herbivore characteristics on the interactions between induced resistance and herbivore population dynamics. *American Naturalist*, 153, 282-294.
32. Van Emden, H. F. (1969). Plant resistance to *Myzus persicae* induced by a plant regulator and measured by aphid relative growth rate. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 12, 125-131.
33. Yin, J., Cao, Y., Li, K., Hu, Y. & Sun, J. (2005). Wheat resistance induced by exogenous chemicals to wheat aphid, *Sitobion avenae* (F) and the oriental armyworm, *Mythimna separate* (Walker). *Acta Entomologica Sinica*, 48, 718-724.
34. Yonggen, L. & Jiaan, C. (1997). Induced Plant Resistance to Phytophagous Insects. *Acta Entomologica Sinica*, 130, 423-431.