

تأثیر آبیاری روی رشد جمعیت شته انار *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae)

محمد احمدی^۱، نفیسه پورجوادی^{۱*} و مهدیه غلامی^۲

۱- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۳۰)

چکیده

شته سبز انار (*Aphis punicae* (Passerini) (Hem., Aphididae)) با تغذیه از شیره گیاهی و همچنین ترشح عسلک فراوان می‌تواند موجب خسارت به درختان انار شود. با توجه به خشکسالی‌های اخیر که آبیاری باغ‌های انار را دچار مشکل کرده است، تأثیر آبیاری روی پارامترهای جدول زندگی شته انار با نصب قفس‌های برگ‌ریزی روی نهال انار بررسی شد. آزمایش در شرایط گلخانه (نور طبیعی، دمای 30 ± 5 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 50 ± 10 درصد) با تیمارهای شاهد (آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش خشکی متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش خشکی شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) روی نهال‌های انار، رقم رباب انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار جدول زندگی دو جنسی ویژه سن مرحله رشدی و برای ایجاد تکرار کاذب از روش بوت‌استرپ با تعداد ۱۰۰۰۰ مرتبه استفاده شد. بیش‌ترین میانگین تعداد پوره به ازای هر ماده (۱۶/۵۴ پوره)، طول عمر افراد ماده بالغ (۷/۱۴ روز)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (۰/۳۹ بر روز)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (۱/۷۴ بر روز) و نرخ خالص تولید مثل (۱۵/۱۹ پوره) شته انار روی نهال‌هایی با سطح تنش خشکی متوسط دیده شد. بیش‌ترین میانگین مدت زمان یک نسل شته انار (۸/۰۲ روز) روی نهال‌های تیمار شاهد دیده شد. میزان فنول، پرولین و قندهای محلول برگ با افزایش میزان خشکی افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار در گیاهان تحت تنش خشکی شدید اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه بیشترین رشد جمعیت شته انار مربوط به سطح تنش خشکی متوسط می‌باشد، به نظر می‌رسد در این سطح آبیاری بالاترین کیفیت گیاه میزبان برای شته حاصل شده است. همچنین تنش خشکی شدید می‌تواند با افزایش سطح ترکیبات دفاعی گیاه، کاهش رشد جمعیت شته را به دنبال داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: انار، جدول زندگی-باروری، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، تنش خشکی

مقدمه

شته انار با نام علمی *Aphis punicae* (Passerini) (Hem., Aphididae) مهم‌ترین شته‌ی زیان‌آور درختان انار است و در تمام مناطق انارکاری ایران دیده شده است (Socias et al., 1997; Rezvani, 2004). این شته تمام سرشاخه‌ها، سطح زیرین برگ‌ها، جوانه‌ها و گل‌های قرمز درختان انار را مورد حمله قرار می‌دهد و ضمن تغذیه از شیره گیاهی، ترشحات چسبنده‌ای نیز تولید کرده و باعث توقف رشد سرشاخه‌ها، ریزش اغلب گل‌ها و میوه‌های جوان و کاهش اندازه میوه می‌شود (Shakeri, 2003; Rezvani, 2004; Moawad and Al-Barty, 2011).

شرایط آب‌وهوایی مانند دمای محیط، بارندگی، باد و وجود یا عدم وجود زمستان سخت از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار روی تغییرات جمعیت شته‌ها می‌باشند (Kazemi and Talebi Chaichi, 1999; Shakeri, 2003). گیاهان در زیستگاه‌های طبیعی با تنش‌های محیطی مختلفی روبه‌رو می‌شوند که می‌تواند هم ترکیبات شیمیایی و فیزیولوژی گیاه و هم جمعیت گیاه‌خواران مرتبط با آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Dubois et al., 1956; Slinkard and Singleton, 1977). خشکسالی اصلی‌ترین تنش محیطی است که نه تنها به طور مستقیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به کاهش رشد می‌شود، بلکه باعث تغییر در تخصیص منابع و ویژگی‌های ترکیبات ثانویه گیاه می‌شود (Oswald and Brewer, 1997; Socias et al., 1997). از جمله سازوکارهایی که به شناسایی تنش در گیاهان کمک می‌کند، سازوکار تنظیم اسمزی است که نوعی سازگاری به تنش کمبود آب از طریق تجمع مواد درون سلول‌ها می‌باشد. این سازوکار به حفظ تورژسانس سلول‌ها و فرایندهای وابسته به آن در پتانسیل پایین آب از طریق تولید بیش‌تری از انواع مواد آلی مانند پرولین، پروتئین و قندهای محلول در ریشه‌ها و اندام‌های هوایی منجر می‌شود (Slinkard and Singleton, 1977; Agele et al., 2006). گزارش شده است که قندهای محلول نقش تنظیم‌کننده اسمزی، حفظ ثبات غشای سلولی و

همچنین حفظ تورژسانس سلول‌ها را به عهده دارند؛ به-طوری‌که در گیاهانی که قندهای محلول در پاسخ به تنش خشکی تجمع می‌یابند، تنظیم اسمزی بهتر صورت می‌گیرد (Campbell et al., 1947). همچنین نشان داده شده است که اسیدآمینو پرولین که از تنظیم‌کننده‌های اسمزی در بسیاری از گیاهان عالی می‌باشد، به طور معمول در مقادیر زیاد در پاسخ به تنش‌های محیطی، تجمع می‌یابد (Mirzaee et al., 2013). سطوح بالایی از پروتئین‌های محلول، کربوهیدرات‌های محلول و اسیدآمینو آزاد در گیاهان تحت تنش خشکی، ممکن است رشد جمعیت حشرات مکنده را تحت حمایت قرار دهد (Al-Khayri and Al-Bahrany, 2004)، به طوری که افزایش جمعیت برخی از گونه‌های شته‌ها در گیاهان تحت تنش خشکی مشاهده شده است (Dubois et al., 1956). در پژوهش‌هایی افزایش فعالیت شته‌ها روی گیاهان براسیکاسه تحت تنش خشکی در ارتباط با کاهش سطوح گلوکوزینولات گزارش شده است (Good and Zaplachinski, 1994; Kazemi and Talebi Chaichi, 1999; Kelm and Klukowski, 2000). اثر تنش خشکی روی تجمع متابولیت‌های ثانویه که می‌تواند در ارتباط با افزایش مقاومت گیاه در برابر گیاه‌خواران باشد، هنوز به خوبی مطالعه نشده است.

با توجه به خشکسالی‌های اخیر که آبیاری باغ‌های انار را تحت تأثیر قرار داده است و نیز افزایش جمعیت شته انار که نگرانی‌هایی را در تولید این محصول در پی داشته است، در این پژوهش تأثیر آبیاری بر پارامترهای زیستی و جمعیتی این شته مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین میزان فنل، پرولین و قندهای محلول برگ انار در سطوح مختلف تنش خشکی تعیین شد و ارتباط احتمالی آن‌ها با تغییرات جمعیت شته انار مورد بحث قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تیمار خشکی نهال‌های انار

نهال‌های یک‌ساله انار رقم رباب در اسفند ماه ۱۳۹۱ در گلخانه در گلدان‌های هفت کیلوگرمی با نسبت برابر خاک، ماسه و خاکبرگ کاشته شد. در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ بعد از

نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت داخل آون در دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. با استفاده از فرمول زیر محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد:

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

RWC = محتوای نسبی آب، FW = وزن تر اولیه، TW = وزن تر بعد ۲۴ ساعت تاریکی و DW = وزن خشک بعد از ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه می‌باشد.

بررسی جدول زندگی-باروری شته انار روی تیمارهای مختلف

برای این منظور، ۷۵ عدد قفس گیره‌ای برگی (ظروف پتری پلاستیکی به ابعاد ۱×۵ سانتی‌متر که در طرفین دارای پوشش توری برای تهویه بود) روی نهال‌های انار در هر تیمار نصب شد. برای از بین بردن اثر احتمالی ارتفاع گیاه روی کیفیت برگ‌های انار این تله‌ها به طور یکنواخت در سه سطح ارتفاع گیاه قرار داده شد. به هر قفس برگی یک شته ماده بکرزا انتقال داده شد. با تولد اولین پوره، شته مادر حذف و پوره آن در قفس تا زمان مرگ نگهداری شد. با بررسی روزانه، طول مرحله پورگی و تلفات ثبت شد و از زمان بالغ شدن شته‌ها تا هنگام مرگ آن‌ها، تعداد پوره‌های تولید شده توسط هر یک به صورت روزانه ثبت و از قفس حذف شدند. این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان در نیمه دوم خرداد ماه در شرایط نور طبیعی، دمای ۳۰±۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۵ درصد انجام شد.

پارامترهای نرخ خالص تولید مثل^۳ (R_0)، میانگین مدت زمان یک نسل^۴ (T)، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت^۵ (DT)، نرخ متناهی افزایش جمعیت^۶ (λ)، نرخ ناخالص تولید مثل^۷ (GRR) و نرخ ذاتی افزایش جمعیت^۸ (r) به عنوان مهم‌ترین پارامتر توسط نرم‌افزار جدول زندگی دوجنسی ویژه

محاسبه‌ی ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها که به روش وزنی انجام شد، نهال‌ها به مدت یک ماه در سه سطح آبیاری شامل ۱۵ عدد نهال شاهد (آبیاری منظم در حد ظرفیت زراعی) ۲۶۰ میلی‌لیتر آب در هفته، ۱۵ عدد نهال تحت تنش خشکی متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی، ۱۹۵ میلی‌لیتر آب در هفته) و ۱۵ عدد نهال تحت تنش خشکی شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی، ۱۳۰ میلی‌لیتر آب در هفته) قرار داده شد. همچنین برای تعیین زمان آب مورد نیاز (W) از رابطه زیر استفاده شد.

$$W = (FC - \theta)pbD$$

FC = ظرفیت زراعی است که پس از آزمایش تعیین بافت خاک مشخص شد.

θ = درصد رطوبت خاک که هر بار قبل از آبیاری با وزن کردن گلدان‌ها اندازه‌گیری شد.

p = جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم در سانتی‌متر مکعب) است. برای محاسبه جرم مخصوص ظاهری خاک، با استفاده از تعداد ۶ سیلندر با حجم مشخص، نمونه‌های خاک از داخل هر گلدان برداشته و جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری شد.

D = عمق مؤثر ریشه (متر) می‌باشد که برای محاسبه آن، هر هفته قبل از آبیاری، خاک ۱۰ عدد گلدان از هر تیمار کنار زده و عمق ریشه اندازه‌گیری شد.

پس از یک ماه برای محاسبه‌ی مقدار محتوای نسبی آب^۱ نهال‌های تحت تیمار، ابتدا از هر تیمار چهار گلدان به صورت تصادفی انتخاب و از هر گلدان چهار عدد برگ با یک تیغ تیز از محل دم‌برگ جدا شد و بلافاصله وزن آن‌ها اندازه‌گیری و به‌عنوان وزن تر اولیه ثبت شد. این نمونه‌های برگی به مدت ۲۴ ساعت در پتری حاوی آب مقطر در تاریکی (یخچال) قرار داده شدند و سپس نمونه‌ها وزن شدند و این وزن به‌عنوان وزن تورژسانس ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک،

5. Doubling time
6. Finite rate of increase
7. Gross reproduction rate
8. Intrinsic rate of increase

1. Field Capacity
2. Relative Water Content = RWC
3. Net reproductive rate
4. Mean generation time

استفاده شد که اساس کار آن بر احیای معرف فولین توسط ترکیبات فنول در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است که بیشترین جذب را در طول موج ۷۶۰ نانومتر نشان می‌دهد (Slinkard and Singleton, 1977). اندازه‌گیری قندهای محلول به روش دایوس و همکاران (Dubois et al., 1956) با استفاده از فنول اسید سولفوریک انجام شد و اندازه‌گیری پرولین در برگ به روش باتر (Bates et al., 1973) انجام گرفت.

تجزیه داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه ANOVA در نرم‌افزار SPSS (Advanced 2006) انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۰۱ استفاده شد.

نتایج و بحث

بیشترین میانگین تعداد پوره به ازای هر ماده بکرزا و بیشترین میانگین طول عمر افراد ماده بالغ در سطح تنش خشکی متوسط دیده شد.

سن مرحله رشدی^۱ (Chi, 2016) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری خطای استاندارد و ایجاد تکرارهای کاذب از روش بوت‌استرپ^۲ به تعداد ۱۰۰۰۰ مرتبه استفاده شد. برای مقایسه پارامترهای جدول زندگی تیمارهای مختلف از آزمون بوت‌استرپ جفت‌شده^۳ در نرم‌افزار ذکر شده استفاده شد. همچنین نرخ بقا ویژه سن^۴ (l_x) (احتمال بقا یک تخم تازه گذاشته شده تا مرحله x ، زادآوری ویژه سنی افراد ماده^۳ (m_x) (میانگین باروری افراد در سن x) و نرخ بقای سن-مرحله رشدی^۴ (s_{ij}) (احتمال این که یک فرد تازه به دنیا آمده تا سن x و مرحله j بقا پیدا کند) با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ رسم شد.

اندازه‌گیری میزان فنول، پرولین و قندهای محلول برگ انار

در گیاهان تیمار شده، میزان فنل، پرولین و قندهای محلول اندازه‌گیری شد. برای این منظور از هر تیمار تعداد چهار نمونه ۵۰ گرمی از برگ خشک شده تهیه شد. برای اندازه‌گیری میزان فنول از روش فولین سیوکالتو که از متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری ترکیبات فنولی می‌باشد،

جدول ۱- میانگین \pm خطای استاندارد ویژگی‌های زیستی شته‌ی سبز انار *Aphis punicae* در سه سطح آبیاری

Table 1. Mean \pm SE biological parameters of pomegranate aphid, *Aphis punicae* under three levels of irrigation

Treatment	Mean number of nymph per female	Preadult survival rate	Female adult longevity (days)	Nymphal development time (days)
Control (unstressed)	9.09 \pm 0.327 ^c	0.917 \pm 0.057 ^a	5.68 \pm 0.179 ^b	5.59 \pm 0.158 ^a
Moderately stressed	16.54 \pm 0.463 ^a	0.917 \pm 0.056 ^a	7.14 \pm 0.231 ^a	4.36 \pm 0.105 ^b
Highly stressed	12.5 \pm 0.615 ^b	0.880 \pm 0.086 ^a	6.23 \pm 0.185 ^b	4.41 \pm 0.107 ^b

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (آزمون بوت‌استرپ جفت شده، ۰/۰۵ < P).

The means followed by same letters in each column are not significantly different (paired bootstrap test, P<0.05).

4. Age specific survival rate
5. Age specific fecundity
6. Age-stage specific survival rate

1. Age-Stage, Two-Sex Life Table
2. Bootstrap
3. Paired Bootstrap Test

تعداد ماده‌های تولید شده توسط یک فرد ماده در طول عمر با احتساب احتمال بقای فرد ماده می‌باشد و همچنین نرخ ناخالص تولیدمثل اختلاف معنی‌داری را در تیمارهای مختلف نشان داد و بیش‌ترین میزان آن در تیمار تنش خشکی متوسط و پس از آن در تیمار تنش شدید دیده شد (جدول ۲). بیش‌ترین میانگین مدت زمان یک نسل شته انار، روی نهال‌های تیمار شاهد دیده شد (جدول ۲).

نرخ بقا دوره پورگی تحت تاثیر تیمارهای خشکی قرار نگرفت، اما بیش‌ترین میانگین طول دوره پورگی شته در نهال‌های شاهد (بدون تنش) مشاهده شد (جدول ۱). نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت شته انار تحت تاثیر میزان آبیاری قرار گرفت و به طور معنی‌داری در سطح تنش متوسط بیش‌تر از شاهد و تنش شدید بود (جدول ۲). نرخ خالص تولیدمثل که نشان‌دهنده میانگین

جدول ۲- میانگین \pm خطای استاندارد پارامترهای جدول زندگی شته‌ی سبز انار *Aphis punicae* در سه سطح آبیاری

Table 2. Mean \pm SE life table parameters of pomegranate aphid, *Aphis punicae*, under three levels of irrigation

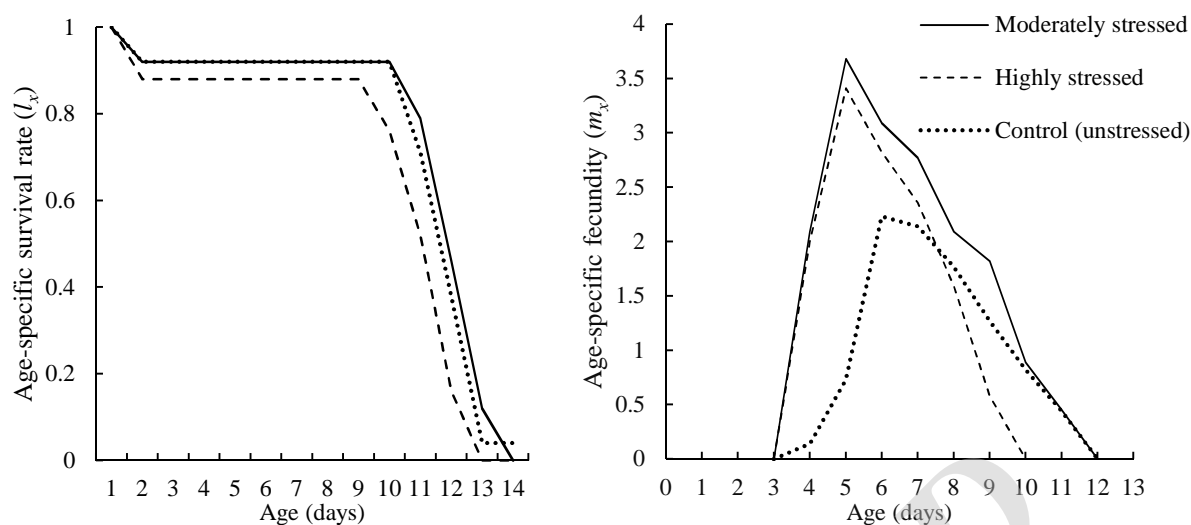
	r (day ⁻¹)	λ (day ⁻¹)	R ₀ (offspring)	T (day)	GRR (offspring)	DT (day)
Control (unstressed)	0.264 \pm 0.01 ^c	1.302 \pm 0.013 ^c	8.333 \pm 0.593 ^c	8.023 \pm 0.145 ^a	9.54 \pm 0.365 ^c	2.62
Moderately stressed	0.389 \pm 0.012 ^a	1.746 \pm 0.017 ^a	15.199 \pm 1.042 ^a	6.979 \pm 0.104 ^b	16.89 \pm 0.478 ^a	1.78
Highly stressed	0.363 \pm 0.015 ^b	1.437 \pm 0.021 ^b	11.16 \pm 1.001 ^b	6.643 \pm 0.087 ^b	12.76 \pm 0.614 ^b	1.91

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (آزمون بوت‌استرپ جفت شده، ۰/۰۵ < P).

The means followed by same letters in each column are not significantly different (paired bootstrap test, P<0.05).

درختان خوب آبیاری شده می‌باشد و تنش خشکی می‌تواند کاهش بقا به ویژه در پوره‌ها را موجب شود (شکل ۲). بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که تنش خشکی موجب افزایش جمعیت شته‌ها روی میزبان‌های گیاهی نظیر غلات می‌شود. وادلی (Wadley, 1931) و والکر (Walker, 1954) گزارش کرده‌اند که دوره‌های خشکی، رشد جمعیت شته سبز گندم (*Toxoptera graminum*) را تقویت کرد، به طوری که تراکم شته سبز (تعداد شته سبز به ازای گرم وزن خشک ساقه) روی گیاهان تحت تنش خشکی بیش‌تر بود و طغیان این آفت را به همراه

کم‌ترین مقدار بقای شته‌ی انار بالغ در تنش شدید ثبت شد، در حالی که تنش متوسط تاثیر منفی بر بقای شته بالغ انار نداشته و نسبت به شاهد کاهش نداشته است (شکل ۱). در منحنی زادآوری ویژه سنی، بیش‌ترین مقدار پوره‌زایی این شته در سه سطح شاهد (بدون تنش)، تنش متوسط و تنش شدید به ترتیب در روزهای ششم، پنجم و پنجم مشاهده شد (شکل ۱)، که نشان می‌دهد تنش خشکی می‌تواند مدت زمان لازم تا نقطه اوج پوره‌زایی در این شته را کاهش دهد. نرخ بقای ویژه سن-مرحله رشدی (S_{xj}) برای شته انار در سه سطح آبیاری نشان می‌دهد که بیشترین نرخ بقا شته انار روی

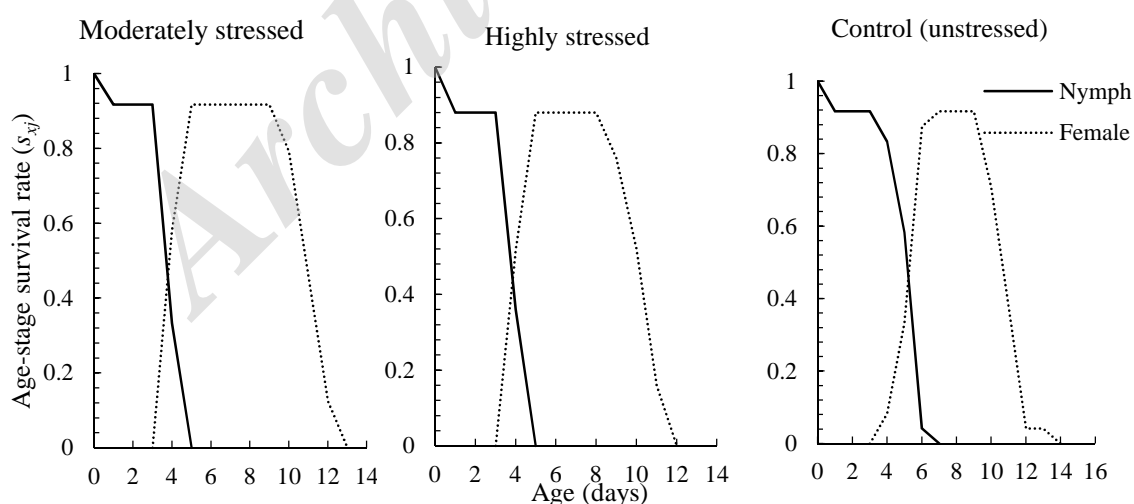


شکل ۱- نرخ بقا ویژه سن (l_x) و زادآوری ویژه سنی (m_x) شتهی سبز انار *Aphis punicae* در سه سطح آبیاری

Figure 1. Age- specific survival rate (l_x) and age- specific fecundity (m_x) of pomegranate aphid *Aphis punicae* under three levels of irrigation

Meligethes spp. افزایش یافت. همچنین مشخص شد که در صورت وقوع خشکسالی طی ماه جولای در این کشور، امکان ترمیم خسارت توسط گیاه وجود نداشت، به طوری که موجب کاهش عملکرد گیاه کلزا شد (Kelm and Klukowski, 2000).

داشت. بررسی انجام شده روی گیاه کلزا در جمهوری چک نشان داده است که با کاهش بارندگی شدت خسارت آفات مختلف شامل شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* (L.) شپشک *Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsham) و سوسک گرده‌خوار



شکل ۲- نرخ بقای ویژه مرحله سن - مرحله رشدی (s_{xj}) شته *Aphis punicae* در سه سطح آبیاری

Figure 2. Age-stage survival rate (s_{xj}) of pomegranate aphid, *Aphis punicae* under three levels of irrigation

(Daane and Williams, 2003) اظهار داشتند که تاثیر تنش شدید در کاهش جمعیت شته احتمالاً مربوط به عدم استفاده بهینه‌ای حشرات از مواد گیاهی میزبان در شرایط تنش شدید خشکی می‌باشد، چون که در تنش شدید مقدار مواد شیمیایی ثانویه گیاه افزایش می‌یابد که این امر باعث کاهش تغذیه و در نتیجه کاهش میزان رشد جمعیت می‌شود. تغذیه شته‌ها روی گیاهان تحت تنش خشکی می‌تواند باعث رشد و نمو ماهیچه‌های پروازی و در نتیجه ایجاد مورف‌های بالدار در جمعیت شته شود که توانایی پراکنش آن‌ها و فرار از شرایط نامساعد را در صورت ادامه خشکسالی فراهم می‌سازد (Muller *et al.*, 2001; Braendle *et al.*, 2006). از آنجا که شته انار نیز دارای دو مورف بالدار و بی بال می‌باشد (Ahmadi and Poorjavand, 2015)، به نظر می‌رسد در صورت ادامه آزمایش برای چند نسل متوالی روی نهال‌های انار تحت تنش خشکی، شرایط فیزیولوژی گیاه میزبان می‌توانست القاکننده ایجاد مورف‌های بالدار در جمعیت شته باشد.

داده‌های حاصل از تجزیه برگی نهال‌های تحت تنش خشکی نشان داد که میزان فنل، پرولین و قندهای محلول با تنش خشکی افزایش یافت و این افزایش در تنش خشکی شدید تفاوت معنی‌داری را با گیاهان شاهد نشان داد (جدول ۳).

داده‌های این پژوهش نشان داد که کوتاه‌ترین متوسط طول دوره پورگی، بیش‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت و بیش‌ترین مقدار نرخ متناهی افزایش جمعیت مربوط به سطح تنش خشکی متوسط می‌باشد و به نظر می‌رسد در این سطح آبیاری، بالاترین کیفیت گیاه میزبان برای شته انار حاصل می‌شود. شاخص‌های رشد جمعیت شته در تنش خشکی شدید در رتبه دوم قرار می‌گیرد، که احتمالاً می‌تواند مرتبط با افزایش سطح ترکیبات دفاعی در گیاه در اثر تنش باشد. به طوری که گزارش شده است علاوه بر تغییر کیفیت شیرهی آوند آبکش (متابولیت‌های اولیه)، ترکیبات دفاعی گیاه میزبان از جمله گلوکوزینولات ممکن است مسئول چنین تغییراتی در عملکرد شته‌ها روی گیاهان تحت تنش خشکی باشد (Slinkard and Singleton, 1977; Mcvean and Dixon, 2001; Khan *et al.*, 2010). سوسیاس و همکاران (Socias *et al.*, 1997) علت اصلی افزایش جمعیت آفات در نتیجه خشکسالی یا تنش خشکی در بعضی از گیاهان را مرتبط با تغییر بروز ژن‌های گیاهی و افزایش ترکیبات قندی و ازته در گیاهان در اثر تنش خشکی گزارش کردند. ون امدن (Van Emden, 1966) گزارش کرده است که افزایش رشد و نمو و تولیدمثل شته سبز هلو (*Myzus persicae* (Sulzer)) تا حدود زیادی وابسته به سطح ازت محلول برگ می‌باشد. همچنین دن و ویلیامز

جدول ۳- میزان (\pm خطای استاندارد) فنل، پرولین و قندهای محلول در برگ درخت انار در سه سطح آبیاری

Table 3. Amount (\pm SE) of proline, phenol and soluble carbohydrate in leaf of pomegranate tree under three levels of irrigation

Treatment	Soluble Carbohydrate $\mu\text{g}/\text{Gdw}^{-1}$	Proline $\mu\text{g}/\text{G Fw}^{-1}$	Phenol $\mu\text{mol}/\text{Gdw}^{-1}$
Control (unstressed)	0.474 \pm 0.04 ^b	0.149 \pm 0.018 ^b	148.10 \pm 48.04 ^b
Moderately stressed	0.476 \pm 0.02 ^b	0.152 \pm 0.005 ^b	230.18 \pm 15.96 ^a
Highly stressed	0.542 \pm 0.017 ^a	0.166 \pm 0.004 ^a	246.87 \pm 25.16 ^a
	F _{2,35} =8.12 P=0.004	F _{2,35} =4.58 P=0.002	F _{2,35} =6.38 P=0.003

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (آزمون توکی، سطح احتمال یک درصد).

The means followed by the same letter are not significantly different (Tukey test, $P < 0.01$).

استفاده در تحقیق حاضر رقم رباب بود که به عنوان رقم حساس به شته انار معرفی شده است (Ahmadi and Poorjavad, 2016)، به نظر می‌رسد استفاده از سایر ارقام درخت انار به‌ویژه ارقام مقاوم به شته در بررسی تاثیر تنش خشکی بر جمعیت شته انار می‌تواند نتایج متفاوتی حاصل نماید.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان بیان داشت که کم آبیاری کردن باغ‌های انار در صورت ایجاد تنش ملایم خشکی باعث افزایش جمعیت شته انار می‌شود. با توجه به خشکسالی‌های اخیر که در مناطق انار کاری ایران وجود دارد، پیش‌بینی می‌شود آبیاری این باغ‌ها با فواصل بیشتر و در حد ظرفیت زراعی کمتر خاک انجام شود که می‌تواند با تجمع متابولیت‌های ثانویه و کاهش رطوبت گیاه، موجب کاهش جمعیت آفت شود. این فرضیه می‌تواند با بررسی پارامترهای رشد جمعیت این شته و نسبت شته‌های بالدار به بی‌بال در تنش‌های خشکی شدیدتر و همچنین روی ارقام مهم تجاری انار آزمایش شده و پیش‌بینی دقیق‌تری را در رابطه با وضعیت این آفت در خشکسالی‌های پیش‌رو در پی داشته باشد.

افزایش میزان پرولین تحت تنش خشکی در گیاهان دیگری مانند برنج (Chutipaijit et al., 2008)، بامیه (Sankar et al., 2007) و درختان خرما (Agele et al., 2006) گزارش شده است. اگرچه هال و همکاران (Hale et al., 2003) افزایش رشد جمعیت شته *Rhopalosiphum padi* (L.) روی گیاهان تحت تنش خشکی را مرتبط با افزایش تجمع اسیدهای آمینه و قندهای محلول در گیاهان تحت تنش دانستند، نشان دادند که نوع میزان گیاهی در تاثیر تنش بر جمعیت گیاهخوار آن موثر می‌باشد. افزایش میزان فنول که از ترکیبات دفاعی گیاه محسوب می‌شود در گیاهان تحت تنش خشکی شدید می‌تواند به عنوان یک عامل دورکننده و ضد تغذیه‌ای برای حشرات گیاهخوار عمل کند و سطح گیاهخواری را کاهش دهد (War et al., 2012). رقم گیاه میزبان می‌تواند در پاسخ شته‌ها به تنش خشکی تفاوت ایجاد کند، به طوری که گزارش شده است عملکرد شته *M. persicae* روی ارقام مقاوم درخت هلو به این آفت، در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد (Mewis et al., 2012; Simpson et al., 2012). در صورتی که تنش خشکی اعمال شده روی ارقام حساس، باعث کاهش عملکرد این شته می‌شود (Verdugo et al., 2015). با توجه به اینکه رقم مورد

References

- Agele, S. O., Ofuya, T. I. and James, P. O. 2006. Effects of watering regimes on aphid infestation and performance of selected varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in a humid rainforest zone of Nigeria. **Crop Protection** 25: 73-78.
- Ahmadi, M. and Poorjavad, N. 2015. Biology and seasonal fluctuations of pomegranate aphid, *Aphis punicae* (Hem., Aphididae) in Isfahan. **Entomology and Phytopathology** 83: 181-188 (In Farsi).
- Ahmadi, M. and Poorjavad, N. 2016. The impact of temperature and pomegranate cultivars on biological characters of pomegranate aphid, *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae). **Plant Pest Research** 6: 37-47 (In Farsi).
- Al-Khayri, J. M. and Al-Bahrany, A. M. 2004. Growth, water content, and proline accumulation in drought-stressed callus of date palm. **Biologia Plantarum** 48: 105-108.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and soil** 39(1): 205-207.
- Braendle, C., Davis, G. K., Brisson, J. A. and Stern, D. L. 2006. Wing dimorphism in aphids. **Heredity** 97: 192-199.
- Campbell, A., Frazer, B. D., Gilbert, N., Gutierrez, A. P. and Mackauer, M. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. **Journal of Applied Ecology** 11: 431-438.
- Chi, H. 2016. TWSEX-MSchart, a computer program for the age stage, two –sex life table analysis. (<http://140.120.197.173/Ecology/>).

- Chutipajit, S., Chaun, S. and Sompornpailin, K.** 2008. Influence of drought stress on proline and anthocyanin accumulations in india rice cultivars. **KMITL Science and Technology Journal** 8: 40-47.
- Daane, K. and Williams, L. E.** 2003. Manipulating vineyard irrigation amounts to reduce insect pest damage. **Ecological Applications** 13: 1650-1666.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F.** 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry** 28(3): 350-356.
- Good, A. G. and Zaplachinski, S. T.** 1994. The effects of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. **Physiologia Plantarum** 90: 9-14.
- Hale, B. K., Bale, J. S., Pritchard, J., Masters, G. J. and Brown, V. K.** 2003. Effects of host plant drought stress on the performance of the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.): a mechanistic analysis. **Ecological Entomology** 28(6): 666-677.
- Kazemi, M. H. and Talebi Chaichi, P.** 1999. Aphid ecology (Translated). Tabriz University Publication, Tabriz. (In Farsi).
- Kelm, M. and Klukowski, Z.** 2000. Weather as a factor determining damage caused by oilseed rape pests. Integrated control in Oilseed Crop. **IOBC Wprs Bulletin** 23: 135-138.
- Khan, M. A. M., Ulrichs, C. and Mewis, I.** 2010. Influence of water stress on the glucosinolate profile of *Brassica oleracea* Var. *italica* and the performance of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 137: 229-239.
- Mevean, R. I. K. and Dixon, F. G.** 2001. The effect of plant drought-stress on populations of the pea aphid *Acyrthosiphon pisum*. **Ecological Entomology** 26: 440-443.
- Mewis, I., Khan, M. A. M., Glawisching, F.** 2012 Water Stress and Aphid Feeding Differentially Influence Metabolite Composition in *Arabidopsis thaliana* (L.). **PLOS ONE** 7(11): e48661.
- Mirzaee, M., Moieni, A. and Ghanati, F.** 2013. Effect of drought stress on proline and soluble sugar content in canola (*Brassica napus* L.) seedlings. **Iranian Journal of Biology** 26 (1): 90-98. (In Farsi).
- Moawad, S. S. and Al-Barty, A. M. F.** 2011. Evaluation of some medicinal and ornamental plant extracts toward pomegranate aphid, *Aphis punicae* laboratory conditions. **African Journal of Agricultural Research** 6: 2425-2429.
- Muller, C. B., Williams, I. S. and Hardie, J.** 2001. The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in development of winged aphids. **Ecological Entomology** 26: 330-340.
- Oswald, H. C. J. and Brewer, M. J.** 1997. Aphid-barley interactions mediated by water stress and barley resistance to Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology** 26: 591-602.
- Rezvani, A.** 2004. Aphids on trees and shrubs in Iran. Plant Pests & Diseases Research Institute. (In Farsi).
- Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R.** 2007. Drought induced biochemical modifications and proline metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. **Acta Botanica Croatica** 66: 43-56.
- Shakeri, M.** 2003. Diseases and Pests of Pomegranate. Tasbih Publications. Agriculture Researches Center of Yazd (In Farsi).
- Simpson, K. L. S., Jackson, G. E. and Grace, J.** 2012. The response of aphids to plant water stress- the case of *Myzus persicae* and *Brassica oleracea* var. *capitata*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 142: 191-102.
- Slinkard, K. and Singleton, V. L.** 1977. Total phenol analysis; automation and comparison with manual methods. **American Journal of Enology and Viticulture** 28: 49-55.
- Socias, F. X., Aguilo, P. F. and Medrano, H.** 1997. Effects of rapidly and gradually induced water stress on plant response in subterranean clover leaves. **Journal of plant physiology** 150: 212-219.
- Van Emden, H. F.** 1966. Studies on the relation of insect and host plants III. A comparison on the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on Brussels sprouts plants supplies with different rates of nitrogen and potassium. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 9: 444-460.
- Verdugo, J. A., Sauge, M. H., Lacroze, J. P., Francis, F., Ramirez, C.** 2015. Drought stress and plant resistance affect herbivore performance and proteome: the case of the green peach aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Physiological Entomology** 40(4): 265-276.

- Wadley, F. M.** 1931. Ecology of *Toxoptera graminum*, especially as to factors affecting importance in the northern United States. **Annals of the Entomological Society of America** 24: 325-395.
- Walker P. T.** 1954. The influence of climate on an outbreak of wheat aphids in Kenya. **Empire Journal of Experimental Agriculture** 22: 293-304.
- War, A. R., Paulraj, M. G., Ahmad, T., Buhroo, A., Hussain, B., Ignacimuthu, S. and Sharma, H. C.** 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling and Behavior** 7: 1306–1320.

Archive of SID

Effect of irrigation on population growth of pomegranate aphid, *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae)

M. Ahmadi¹, N. Poorjavad^{1*} and M. Gholami²

1. Department of Plant Protection, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, 2. Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

(Received: January 29, 2018- Accepted: June 20, 2018)

Abstract

Pomegranate aphid, *Aphis punicae* (Passerini) (Hem.: Aphididae), damages pomegranate trees through feeding and producing considerable amounts of honeydew. The effect of drought stress on fertility-life table parameters of *A. punicae* was studied by using leaf cages on plant in three treatments including control (irrigation at 100% of field capacity), moderately (at 75% of field capacity) and highly (at 50% of field capacity) drought stressed pomegranate plants (Robab cultivar) in greenhouse (natural photoperiod, $30\pm 5^{\circ}\text{C}$ and $50\pm 10\%$ RH). Life table parameters and their pseudo-replication were calculated by a computer program for the age-stage two sex life table analysis and bootstrap technique (10000 replications), respectively. The highest mean number of nymphs per female (16.54 nymphs), female adult longevity (7.14 days), the intrinsic rate of increase (0.39 day^{-1}), the finite capacity for increase (1.74 day^{-1}) and the net reproductive rate (15.19 nymphs) were observed in aphids that reared on moderately drought stressed trees. The highest mean generation time of *A. punicae* was 8.02 days in aphids reared at control condition. Amount of proline, phenol and soluble carbohydrate in leaves increased by increasing drought stress and the highest amount were measured in plant under highly drought stress. Considering that the highest population growth rate of pomegranate aphid calculated in plants under moderately drought stress, it seems that the highest quality of host plant for aphids obtained under this irrigation condition. Also, highly drought stress can lead to a decrease in aphid population growth by increasing the level of plant defensive compounds.

Key words: Pomegranate, Fertility life table, Intrinsic rate of increase, Drought stress

* Corresponding author: npoorjavad@cc.iut.ac.ir