

## بررسی خصوصیات روزنه ای انجیر خوراکی تحت شرایط تنش خشکی

سمیه شیربانی<sup>۱\*</sup>، غلامحسین داوری نژاد<sup>۲</sup> و محمود شور<sup>۳</sup>  
۱، ۲، ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه  
فردوسی مشهد  
(تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۵ - تاریخ تصویب: ۹۰/۷/۱۰)

### چکیده

استهبان با دو میلیون اصله درخت انجیر، مهمترین منطقه تولید انجیر دیم در ایران است که با مشکل کم آبی روبرو است. تحقیق حاضر اثرات سطوح مختلف تنش آبیاری را بر واکنش روزنه و سلول نگهبان در آزمایشی به صورت فاکتوریل ۴\*۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار داده است. تیمارها شامل چهار رقم انجیر خوراکی (سبز، سیاه، شاه انجیر و متی) و چهار سطح آبیاری شامل شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، تنش ملایم (۷۵٪ ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۵۰٪ ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵٪ ظرفیت زراعی) بودند. نتایج نشان داد که طول، عرض و اندازه روزنه همچنین طول، عرض و اندازه سلول های محافظ روزنه در سطوح مختلف از تنش خشکی متفاوت بوده و همگی در تنش شدید کاهش یافته است. نتایج همچنین نشان داد که تغییرات آناتومیکی که به وسیله خشکی متناوب ایجاد می شود نمی تواند به تنهایی تفاوت بین ارقام را تعیین کند.

### واژه های کلیدی: انجیر خوراکی، کم آبیاری، واکنش روزنه، اندازه سلول محافظ

#### مقدمه

انجیر با نام علمی (*Ficus carica L.*) از جمله محصولات نیمه گرمسیری است که در بسیاری از نقاط دنیا، از جمله ایران کشت می شود. کمبود آب قابل دسترس برای آبیاری، یکی از مهمترین مشکلات موجود در مناطق خشک و نیمه خشکی چون ایران می باشد. این میوه مهمترین محصول اقتصادی منطقه استهبان است به طوری که امرار معاش و گذران زندگی مردم این منطقه، در گرو حفظ و نگهداری این درختان می باشد (Faghieh & Sarvestani, 2001). اگر چه درخت انجیر تا حدودی مقاوم به خشکی است ولی کمبود آب به ویژه در سالهای اخیر مسئله ساز بوده است. خشکی پدیده ای است که می توان آن را تحت عنوان دوره ای با

بارندگی کمتر از حد نرمال که تولید گیاه را در طبیعت محدود می کند، تعریف نمود (Kramer & Boyer, 1995). بخشی از تنش که به عنوان خشکی تعریف می شود در حقیقت همان کاهش در آب قابل دسترس خاک است (Verslues et al., 2006). اگر آب قابل دسترس برای ریشه گیاه محدود شود و یا سرعت تعرق بسیار زیاد شود، گیاه تنش خشکی را تجربه می کند که این شرایط معمولاً در مناطق و اقلیم های خشک و نیمه خشک مشاهده می شود (Reddy et al., 2004). گیاهان مکانیسم های مختلفی را در مواجهه با تنش خشکی به کار می برند که این مکانیسم ها عمدتاً شامل اجتناب و یا تحمل است (Kramer & Boyer, 1995). اعمال تنش خشکی در دوره های کوتاه چند هفته ای بر روی گیاهان نونهال امکان مطالعه تغییرات فیزیولوژیک و

### مواد و روش ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. اواسط بهمن قلمه های ارقام مختلف انجیر خوراکی استهبان شامل سبز، سیاه، شاه انجیر و متی از ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان جمع آوری و به دانشگاه فردوسی مشهد منتقل و در محیط کشت پرلایت و کوکوپیت ریشه دار شدند. به دنبال آن گیاهان سالم و نسبتاً یکنواخت به گلدان های ده لیتری حاوی خاک، ماسه و خاکبرگ به نسبت ۱:۱:۱ منتقل گردیدند. وزن گلدان های حاوی قلمه های ریشه دار شده از ارقام مختلف یکسان بود. برای هر واحد آزمایشی سه گلدان یکسان و سه مشاهده (Sample) برای هر تکرار در نظر گرفته شد. در ضمن لازم به ذکر است گیاهان تا زمان استقرار کامل (به مدت نود روز) به گونه ای که خروج آب از زهکش گلدان ها قابل رویت بود آبیاری شدند.

جهت اعمال تنش خشکی از روش وزنی استفاده شد بدین ترتیب که، چهار نمونه خاک به طور تصادفی از توده خاک برداشته و جهت تعیین  $P.W.P.$ <sup>۱</sup> به آزمایشگاه انتقال یافتند و به وسیله دستگاه صفحات فشاری مقدار  $P.W.P.$  (فشار بر روی ۱۵ بار تنظیم شد) اندازه گیری شد.

برای تعیین  $F.C.$ <sup>۲</sup> نیز سه عدد گلدان با وزن و اندازه مشابه کاملاً اشباع گردید سپس اجازه داده شد تا آب ثقیلی از گلدان ها خارج گردد در این حالت وزن گلدان ( $w_t$ ) نشان دهنده مجموع وزن خاک خشک ( $w_s$ ) + وزن گلدان ( $w_p$ ) + وزن آب در حد ظرفیت مزرعه ( $w_{w(f.c)}$ ) می باشد.

$$W_{t(f.c)} = w_s + w_p + w_{w(f.c)}$$

پس از به دست آمدن مقادیر رطوبت وزنی خاک در  $F.C.$  و  $P.W.P.$  (به ترتیب  $w_{f.c} = 0.32$  و  $w_{p.w.p} = 0.075$ ) برای تعیین  $A.W$  یا آب قابل دسترس به طریق زیر عمل شد:

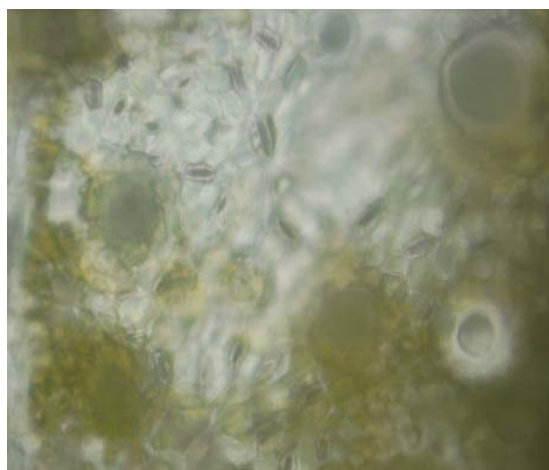
$$(w_{f.c} - w_{p.w.p}) \times w_s$$

$$(0.32 - 0.075) \times 10\text{kg} = 2.45\text{kg}$$

مرفولوژیک گیاه مانند تراکم و اندازه روزنه ها و متعاقباً هدایت روزنه ای، شاخص های فتوسنتزی و روابط آبی را فراهم می کند (Yadollahi et al., 2009). روزنه ها از جمله عوامل مهم در از دست دادن آب گیاه می باشند، به طوری که در شرایط تنش خشکی گیاه با بستن روزنه هایش تلفات کاهش آب از طریق روزنه ها را کاهش می دهد. عمل بسته شدن روزنه ها به وسیله عوامل مختلف در گیاه کنترل می گردد که یکی از مهمترین این عوامل آبسزیک اسید (ABA) است. این هورمون در اثر تنش خشکی تحریک شده، میزان آن افزایش می یابد و به نوبه خود موجب کنترل و بسته شدن روزنه ها می گردد. باز شدن روزنه ها نتیجه کاهش پتانسیل اسمزی سلول های محافظ روزنه ها نسبت به سلول های اطراف آن می باشد. تعرق هنگامی صورت می گیرد که بخار آب از طریق روزنه به بیرون منتشر شود (Koocheki & Rashed, 1987). اندازه روزنه ها و فراوانی آنها به عنوان شاخصی از مقاومت گیاهان تحت شرایط کم آبیاری به دفعات مطالعه شده است (Venora & Calcagno, 1991; Wang & Clarke, 1993a; Singh & Sethi, 1995) اطلاعاتی در مورد عرض روزنه ها که آن را در ارتباط با کاهش مصرف آب بدانند وجود ندارد. این شاید بدان دلیل باشد که منفذ روزنه ها خصوصاً تحت شرایط نامطلوب به سختی اندازه گیری می شود. Wang & Clarke (1993b) عرض روزنه ها را به عنوان شاخصی از شکاف روزنه اندازه گرفتند. این عمل به خوبی تفاوت های بین واریته ها را تحت شرایط کم آبیاری مشخص می کند مشروط بر اینکه واریته هایی که روزنه های بزرگتری دارند منفذ های روزنه ای بزرگتری داشته باشند (Yadollahi et al., 2009). کاهش سطح برگ تحت تاثیر تنش خشکی در گیاهان متحمل، سبب حفظ و نگه داری بیشتر آب برگ در برابر تنش های شدید می شود (Johns & Lazenby, 1973; Johns, 1978). (Johns, 1978). Torrecillas et al., (1999) نشان دادند که تنش آبی روی زرد آلو باعث کاهش معنی داری در سطح کل برگ می شود. این مطالعه با هدف بررسی رفتار روزنه ای چهار رقم انجیر خوراکی در شرایط تنش خشکی انجام گرفت.

1. Permanent wilting point

2. Field capacity



شکل ۱- نمایی از روزنه های یک رقم از انجیر که توسط یک میکروسکوپ الکترونی با قابلیت تصویر برداری تهیه شده است.

### تجزیه و تحلیل داده ها یا محاسبات آماری

جهت آنالیز نتایج از نرم افزار C MSTAT استفاده شد و مقایسه میانگین داده ها توسط آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ انجام گردید. جهت رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### طول روزنه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد صفت طول روزنه به طور معنی داری تحت تاثیر رقم ( $P \leq 0/05$ )، سطح تنش ( $P \leq 0/01$ ) و اثر متقابل رقم در سطح تنش ( $P \leq 0/05$ ) می باشد (جدول ۱). طول روزنه در بین ارقام در تیمار شاهد دارای تفاوت معنی دار نبود. به طور کلی بزرگترین طول روزنه در تیمار شاهد و کوچکترین طول آن در تنش شدید (۲۵٪) مشاهده شد. در تیمار شاهد رقم شاه انجیر طول روزنه بیشتر و رقم سبز از طول روزنه کمتری برخوردار بود. طول روزنه تحت تیمار تنش شدید در بین ارقام متفاوت بود به طوری که رقم سبز کمترین اندازه و رقم متی بیشترین طول را دارا بود (جدول ۲).

#### عرض روزنه

تجزیه واریانس میانگین مربعات نشان داد که عرض روزنه به طور معنی داری تحت تاثیر رقم ( $P \leq 0/05$ )، سطح تنش ( $P \leq 0/01$ ) و اثر متقابل رقم در سطح تنش

بنابراین میزان  $A.W^1$  برابر 2.45kg یا 24.5% وزن خاک بود که برای تعیین وزن تیمارها به روش زیر عمل شد:

(۱) تیمار آبیاری ۱۰۰٪/ظرفیت مزرعه (شاهد)

$$1) W_P^2 + W_S^3 + (W_{P.W.P}^4 + W_{AW}^5) W_S$$

(۲) تیمار آبیاری ۷۵٪/ظرفیت مزرعه (تنش ملایم)

$$2) W_P + W_S + (W_{P.W.P} + 75\% W_{AW}) W_S$$

(۳) تیمار آبیاری ۵۰٪/ظرفیت مزرعه (تنش متوسط)

$$3) W_P + W_S + (W_{P.W.P} + 50\% W_{AW}) W_S$$

(۴) تیمار آبیاری ۲۵٪/ظرفیت مزرعه (تنش شدید)

$$4) W_P + W_S + (W_{P.W.P} + 25\% W_{AW}) W_S$$

در ضمن آبیاری و وزن کردن گلدان ها هر دو روز یکبار انجام شد.

#### نحوه اندازه گیری ویژگی های روزنه

جهت اندازه گیری طول و عرض سلول های محافظ و روزنه از یک میکروسکوپ الکترونی با قابلیت تصویر برداری استفاده شد.

بدین ترتیب که در پایان دوره اعمال تنش (که حدودا سه ماه طول کشید) از هر گلدان یک نمونه برگ تهیه و جهت حفظ رطوبت نمونه ها آنها را به طور جداگانه درون نایلون پیچیده و سریعاً به داخل یخچال در آزمایشگاه منتقل شدند سپس یک لایه نازک از اپیدرم سطح زیرین برگ ها تهیه و زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰ X تصویربرداری شد و سپس توسط نرم افزار ایزی الایزا (Easy Olysia) طول و عرض سلولهای محافظ و روزنه، همچنین تراکم روزنه و تراکم سلولهای اپیدرمی محاسبه شد.

اندازه روزنه از حاصلضرب طول در عرض روزنه به دست آمد (Shoor et al., 2010).

اندازه روزنه  $(\mu m)^2 =$  طول روزنه  $(\mu m) \times$  عرض روزنه  $(\mu m)$

1. Available water
2. Pot weight
3. Soil weight
4. Weigh of the relative moisture content of soil in the permanent wilting point
5. Weight of available water

مواجه شدن با تنش ملایم عرض روزنه افزایش و سپس کاهش یافت. درحالی که در رقم سبز عرض روزنه با شروع تنش وارد سیر نزولی گردید. این موضوع می تواند بیانگر این موضوع باشد که رقم سبز در حالت عادی و در مزرعه به آب بیشتری نسبت به سایر ارقام در حد ظرفیت مزرعه نیاز دارد، در حالی که برای سه رقم دیگر مقدار آب در حد ۷۵٪ ظرفیت مزرعه کفایت می کند. در تیمار شاهد نیز به طور کلی رقم سبز عرض روزنه کمتری داشت (جدول ۲).

( $P \leq 0/01$ ) می باشد (جدول ۱). در بررسی اندازه عرض روزنه تفاوت معنی داری در بین ارقام مختلف در سطح تنش شدید و متوسط مشاهده نشد. عرض روزنه رقم سبز در تیمار تنش ملایم (۷۵٪) در مقایسه با سایر ارقام به طور معنی داری کوچکتر بود. در حالی که در این سطح تنش در بین سه رقم سیاه، متی و شاه انجیر تفاوت معنی داری از لحاظ عرض روزنه وجود نداشت، اما رقم سیاه در این سطح تنش (۷۵٪) بیشترین عرض روزنه را دارا بود. در کلیه ارقام به جز رقم سبز به محض

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر رقم و تنش خشکی برصفت مورد مطالعه

درجه	طول روزنه	عرض روزنه	اندازه روزنه	طول سلول محافظ	عرض سلول محافظ	اندازه سلول محافظ	تراکم سلولهای تراکم	تراکم سلولهای تراکم	سطح برگ	منابع تغییرات آزادی
۳	۴۵۳/۵ *	۴۶۵/۴ *	۱۸۱۹۷/۳ **	۳۹۹/۶ **	۲۲۵۶**	۱۱۲۷۷۱۹۱ **	۲۰/۷**	۲۷۵۹**	۵۸۱۲۷۱/۷**	رقم
۳	۵۲۸۱۵**	۲۱۳۶/۴**	۱۵۱۷۳۵۷ **	۵۱۳/۹ **	۹۸۷**	۲۵۱۷۲۱**	۱۳۰/۷**	۵۷۸**	۷۳۸۱۸۲۲/۴**	سطح تنش
۹	۵۱۲/۱ *	۵۸۳/۷ **	۲۴۷۹۸/۹ *	۸۸۹/۹ *	۴۸۷**	۲۵۷۰۵۷۳**	۱۱۹/۸**	۳۵۰۳**	۲۸۵۱۰۷۱*	رقم × سطح تنش
۳۲	۱۴۴/۰	۱۶۴/۹	۹۹۲۳۹۵	۳۶۵/۱	۸۷	۶۷۷۲۵۸	۲۳/۸	۲۹۳	۱۱۸۵۸۷/۵	غطای آزمایش

\*\* معنی دار در سطح احتمال یک درصد، \* معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، ns : عدم تفاوت معنی دار

### اندازه روزنه

نتایج آنالیز آماری نشان داد که اندازه روزنه به طور معنی داری تحت تاثیر رقم ( $P \leq 0/01$ )، سطح تنش ( $P \leq 0/05$ ) و اثر متقابل رقم در سطح تنش ( $P \leq 0/01$ ) قرار گرفت (جدول ۱). بزرگترین اندازه روزنه در تیمار شاهد در رقم شاه انجیر و پس از آن در سطح تنش ۷۵٪ (تنش ملایم) در رقم سیاه و کوچکترین اندازه روزنه در رقم سبز در سطح تنش ۲۵٪ (تنش شدید) مشاهده شد. هرچند در این رقم تفاوت معنی داری بین سطوح تنش شدید (۲۵٪)، تنش متوسط (۵۰٪) و تنش ملایم (۷۵٪) وجود نداشت، ولی تفاوت اندازه روزنه شاهد با سایر تیمارها در رقم سبز معنی دار بود. در تنش ملایم (۷۵٪) بین رقم سبز با ارقام دیگر تفاوت معنی داری دیده شد (جدول ۲).

### طول سلول محافظ

تجزیه واریانس مقایسه میانگین صفت طول سلول محافظ نشان داد که طول سلول محافظ به طور معنی داری تحت تاثیر رقم ( $P \leq 0/01$ )، سطح تنش ( $P \leq 0/01$ ) و اثر متقابل رقم در سطح تنش ( $P \leq 0/05$ ) قرار گرفت (جدول ۱). در بررسی طول سلول محافظ به طور کلی در همه ارقام تفاوت معنی داری بین سطح تنش ملایم (۷۵٪) و شاهد به چشم نمی خورد اما کمترین طول سلول محافظ در سطح تنش شدید (۲۵٪) و در رقم سبز مشاهده شد و بیشترین طول سلول محافظ در رقم شاه انجیر و سطح تنش ملایم (۷۵٪) و شاهد مشاهده شد. در سطح تنش شدید طول سلول محافظ رقم سبز با

ارقام سیاه و شاه انجیر تفاوت معنی داری را نشان می دهد (جدول ۲).

جدول ۲- اثر تنش خشکی بر خصوصیات روزنه ای ۴ رقم انجیر خوراکی

رقم	تیمار	طول روزنه ( $\mu\text{m}$ )	عرض روزنه ( $\mu\text{m}$ )	اندازه روزنه $m^2$ ( $\mu$ )	طول محافظ سلول ( $\mu\text{m}$ )	عرض محافظ سلول ( $\mu\text{m}$ )	اندازه سلول محافظ ( $\mu\text{m}$ ) <sup>2</sup>
سبز	شاهد (۱۰۰٪)	66.67abc	43.00bcd	2866abc	63.33a	34.67b	2195bc
	ملایم (۷۵٪)	53.33bcde	19.00e	1013de	54.00ab	26.67bc	1440cd
	متوسط (۵۰٪)	36.67efgh	14.83e	543de	61.67ab	11.67cde	719de
	شدید (۲۵٪)	3.50i	13.00e	45e	6.17c	1.83e	11e
سیاه	شاهد (۱۰۰٪)	73.00ab	21.67de	1581ede	65.00a	16.67cde	1083cde
	ملایم (۷۵٪)	73.33a	46.67abc	3422ab	68.33a	16.67cde	1139cde
	متوسط (۵۰٪)	30.33fgh	25.00de	758de	50.00ab	11.67cde	583de
	شدید (۲۵٪)	23.00ghi	8.67e	199de	55.00ab	7.67de	421de
متی	شاهد (۱۰۰٪)	70.00ab	25.33cde	1773bcd	53.33ab	13.33cde	710de
	ملایم (۷۵٪)	61.67abcd	50.00ab	3083abc	55.00ab	17.67cd	971cde
	متوسط (۵۰٪)	50.00cdef	21.67de	1083de	61.67ab	13.33cde	822de
	شدید (۲۵٪)	35.00efgh	14.67e	513 de	31.33bc	8.17de	255de
شاه انجیر	شاهد (۱۰۰٪)	79.33a	50.00ab	3966a	55.00ab	63.33a	3483ab
	ملایم (۷۵٪)	43.33def	65.00a	2816abc	58.33ab	61.67a	3597a
	متوسط (۵۰٪)	40.00efg	21.00e	840de	39.33ab	22.00bcd	865cde
	شدید (۲۵٪)	20.00hi	11.67e	233de	43.33ab	20.67bcd	895cde

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.

### عرض سلول محافظ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عرض سلول محافظ به طور معنی داری تحت تاثیر رقم ( $P \leq 0.01$ ) سطح تنش ( $P \leq 0.01$ ) و اثر متقابل رقم در سطح تنش ( $P \leq 0.01$ ) قرار گرفت (جدول ۱). در این پژوهش بیشترین عرض سلول محافظ در سطح تنش ملایم (۷۵٪) در رقم شاه انجیر و شاهد مشاهده شد هر چند که در بین این دو سطح تنش تفاوت معنی داری مشاهده نشد اما تفاوت آنها با سطح تنش متوسط (۵۰٪) و شدید (۲۵٪) معنی دار بود. کمترین عرض سلول محافظ در سطح تنش شدید (۲۵٪) مشاهده شد. در بین ارقام کمترین عرض سلول محافظ در رقم سبز در سطح تنش شدید مشاهده شد. در این رقم تفاوت معنی داری بین سطوح تنش شدید (۲۵٪) تنش متوسط (۵۰٪) با شاهد به چشم می خورد. در رقم سیاه و متی تفاوت معنی داری از لحاظ عرض روزنه بین سطوح مختلف تنش نشان داده نشد. اما عرض روزنه در این دو رقم در سطح تنش شدید از سایر سطوح تنش کمتر است (جدول ۲).

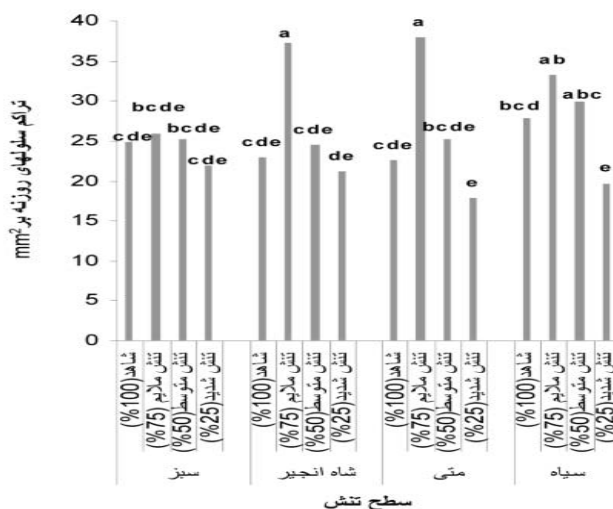
### اندازه سلول محافظ

تجزیه واریانس میانگین مربعات نشان داد که اندازه سلول محافظ در اثر رقم ( $P \leq 0.01$ ) اثر سطح تنش ( $P \leq 0.01$ ) و اثر متقابل رقم در سطح تنش ( $P \leq 0.01$ ) معنی دار است (جدول ۱). در بررسی میزان اندازه سلول محافظ بیشترین اندازه سلول محافظ در رقم سیاه در سطح تنش ملایم (۷۵٪) و شاهد مشاهده شد هر چند که در بین این دو سطح تنش تفاوت معنی داری نبود. کمترین اندازه سلول محافظ در سطح تنش شدید (۲۵٪) در رقم سبز مشاهده شد. هر چند در این رقم تفاوت معنی داری بین سطوح تنش شدید (۲۵٪) و تنش متوسط (۵۰٪) مشاهده نشد. در رقم متی و شاه انجیر تفاوت معنی داری از لحاظ اندازه سلول محافظ در بین سطوح مختلف تنش وجود نداشت اما در سطح تنش متوسط (۵۰٪) و شدید (۲۵٪) اندازه سلول محافظ نسبت به سایر سطوح تنش کمتر بود (جدول ۲).

### تراکم سلولهای روزنه

نتایج آنالیز آماری نشان داد که تراکم سلولهای روزنه به طور معنی داری تحت تاثیر رقم (P ≤ ۰/۰۱) و سطح تنش (P ≤ ۰/۰۱) و اثر متقابل رقم در سطح تنش (P ≤ ۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین تراکم سلولهای روزنه در سطح تنش ملایم (۷۵٪) در ارقام متی و شاه

انجیر مشاهده شد و کمترین آن در سطح تنش (۲۵٪) در همین ارقام مشاهده شد. در حالی که در بین ارقام تفاوت معنی داری از لحاظ تراکم سلولهای روزنه در تیمار شاهد وجود نداشت. ولی در بین ارقام شاه انجیر، سیاه و متی تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف تنش و شاهد وجود داشت (شکل ۲).

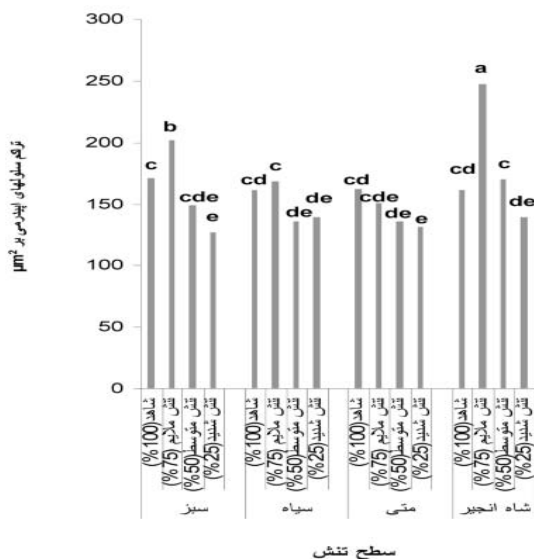


شکل ۲- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر تراکم سلول های روزنه در هر میلی متر مربع سطح برگ در ارقام مختلف انجیر

### تراکم سلولهای اپیدرمی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تراکم سلول های اپیدرمی به طور معنی داری تحت تاثیر رقم (P ≤ ۰/۰۱) و سطح تنش (P ≤ ۰/۰۱) و اثر متقابل رقم در سطح تنش (P ≤ ۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۱).

بیشترین تراکم سلول های اپیدرمی در سطح تنش ملایم (۷۵٪) در رقم شاه انجیر و سپس در رقم سبزی مشاهده شد. کمترین تراکم سلول های اپیدرمی هم در سطح تنش شدید و متوسط در همه ارقام مشاهده شد. در اینجا هم تفاوت معنی داری از لحاظ تراکم سلول های اپیدرمی در بین ارقام در تیمار شاهد وجود نداشت، ولی در بین ارقام شاه انجیر و سبزی تفاوت معنی داری بین سطح تنش ملایم (۷۵٪) با شاهد وجود داشت. تراکم سلولهای اپیدرمی در ارقام شاه انجیر و سبزی در سطح تنش ملایم (۷۵٪) به طور معنی داری بیشتر از شاهد بود (شکل ۳).



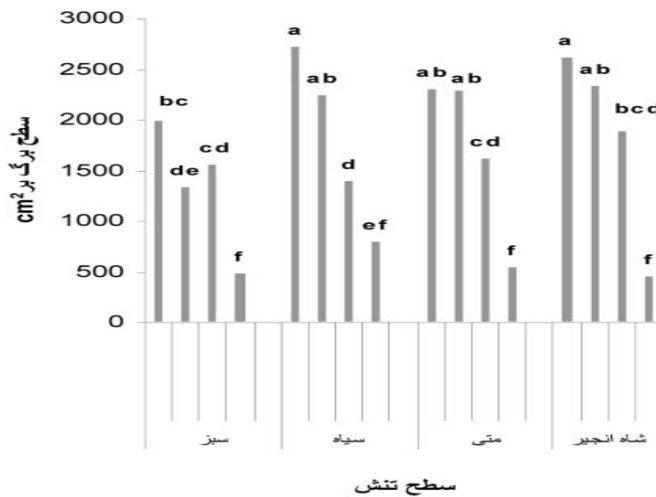
شکل ۳- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر تراکم سلول های اپیدرمی در هر میکرو متر مربع سطح برگ در ارقام مختلف انجیر



## سطح کل برگ

(شکل ۴). به نظر می رسد رقم سبز در شاهد و سطح تنش ملایم به طور معنی داری میزان سطح برگ کمتری نسبت به سه رقم دیگر دارد این در حالی است که در سطح تنش متوسط و شدید در بین تمامی ارقام تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی داری از لحاظ سطح برگ در اثر متقابل رقم در سطح تنش ( $P \leq 0.05$ ) وجود دارد (جدول ۴). به طوری که کمترین سطح برگ در همه ارقام در سطح تنش شدید مشاهده شد. اما بیشترین میزان آن در همه ارقام به ترتیب در شاهد و سطح تنش ملایم مشاهده شد



شکل ۴- سطح برگ ارقام انجیر بر حسب سانتی متر مربع تحت تاثیر شدت تنش خشکی

## بحث و نتیجه گیری کلی

را در واحد سطح دارند همچنین روزنه هایشان طول و عرض بزرگتری دارند، آب بیشتری را در طول هر دوره رشد از دست بدهند (Wang & Clarke, 1993). در بررسی ارتباط بین ویژگی های روزنه و موقعیت آبی در دو واریته گندم Falchetto (مقاوم به خشکی) و Oxley (حساس به خشکی) نشان داده شد که فراوانی روزنه ها در Falchetto به طور معنی داری بالاتر از Oxley بود. با این حال Falchetto روزنه های کوچکتری داشت (Mohammadi, 2002). این مطالعات نشان می دهد، واریته ای که در برابر کم آبیاری مقاوم تر می باشد طول و عرض روزنه کوچکتری دارد و بالعکس. در حالی که در مطالعه ی Yadollahi et al., (2009) که بر روی رقم های مختلف بادام تحت تنش خشکی انجام گرفت، اندازه روزنه ها در رقم بیوت بادام کمتر بود، و این در حالی است که این رقم از مقاومت به خشکی کمتری برخوردار بود. شاید این بدان دلیل باشد که این رقم در حالت طبیعی هم از اندازه های روزنه

بیشتر بودن طول، عرض و اندازه روزنه، عرض و اندازه سلول های محافظ در تیمارهای شاهد و تنش ملایم (۷۵٪) نشان از آبیاری مطلوب گیاهان در تیمارهای مذکور دارد. در مقابل نتایج حاکی از اینست که طول، عرض و اندازه روزنه، عرض و اندازه سلول های محافظ در تیمار تنش شدید خشکی کاهش یافته است. تنش آب می تواند موجب کاهش اندازه شکاف روزنه شود (Koocheki & Rashed, 1987). تعداد و اندازه روزنه ها که متأثر از ژنوتیپ و محیط اند، در مقایسه با باز و بسته شدنشان تأثیر کمتری بر میزان کل تعرق می گذارند (Koocheki & Sarmadnia, 1987). تراکم کم روزنه ها صفتی با تنوع ژنتیکی و سهولت انتخاب متوسط است (Ehdaie, 1993). در پژوهش های گذشته ثابت شده که روزنه های گیاهان سازگار با شرایط خشکی در مقایسه با گیاهانی که سازگار نیستند باز شدن خود را حفظ می کنند (Spence et al., 1985). از لحاظ تئوری انتظار می رود واریته هایی که تعداد بیشتری از روزنه ها

رقم نیز باشد چرا که در بین ارقام مقایسه شده رقم شاه انجیر دارای عمیق ترین بریدگی در بین لوب های برگ خود است که این بریدگی ها به نوعی سطح برگ (منظور سطح کل برگ نیست بلکه سطح یک برگ به تنهایی مدنظر است) را نسبت به سایر ارقام کاهش داده و در عوض بدین ترتیب جبران سطح نموده است. در این مطالعه نتایج به خوبی نشان داد که میزان سطح برگ در شرایط تنش کاهش می یابد که این با نتایج et al., Torrecillas (1996) مطابقت داشت.

اما همان طور که قبلا نیز توضیح داده شد در سطح تنش متوسط و شدید از لحاظ صفت سطح برگ تفاوت معنی داری در بین ارقام مشاهده نشد. با توجه به نتایج این پژوهش مشخص شد که در تمامی ارقام در سطح تنش شدید و متوسط طول، عرض و اندازه روزنه، طول، عرض و اندازه سلول های محافظ کاهش می یابد که این نتیجه بیانگر این موضوع است که تنش ویژگی های روزنه را کاهش می دهد اما با توجه به این که در این سطوح تنش (شدید و متوسط) تفاوت معنی داری در بین ارقام مشاهده نشد نمی توان به صراحت نتیجه گرفت که کدامین رقم به شرایط تنش مقاوم تر و یا حساس تر است که این نتیجه با نتایج Silva et al., (2009) مطابقت دارد که تغییرات روزنه ای روزنه را، در چهار رقم درخت آمبو، تحت شرایط خشکی متناوب بررسی کردند و مشاهده کردند که تغییرات آناتومیکی که به وسیله خشکی متناوب ایجاد می شود نمی تواند به تنهایی تفاوت بین ارقام را تعیین کند.

کمتری برخوردار است. همان طور که در این آزمایش نشان داده شد، رقم شاه انجیر در شرایط عادی و حالت طبیعی از اندازه ی روزنه بزرگتری برخوردار است چرا که در این رقم میزان طول، عرض و اندازه روزنه، عرض و اندازه سلول های محافظ آن در شاهد بزرگتر بود و برعکس. بنابراین درست است که هر چه قدر وارسته ای در برابر کم آبیاری مقاوم تر باشد طول و عرض روزنه کوچکتری دارد و بالعکس، اما همیشه کوچکتر بودن طول و عرض روزنه گیاه با مقاوم تر بودن آن به شرایط خشکی رابطه ی مستقیمی ندارد. در این مطالعه در حالت عادی در بین ارقام تفاوت معنی داری از لحاظ طول، عرض و اندازه روزنه، عرض و اندازه سلول های محافظ وجود داشت. عکس العمل ارقام مختلف به سطوح مختلف تنش در این آزمایش متفاوت بود.

در شرایط عادی (رطوبت مزرعه) کلیه ارقام از لحاظ عرض و اندازه روزنه، عرض و اندازه سلول محافظ و تراکم سلولهای اپیدرمی متفاوت بودند و این تفاوت معنی دار بود. Misirh et al., (1997) نیز به این تفاوت ها در بین ارقام انجیر خوراکی ترکیه اشاره کردند. انجیر رقم سبز در کلیه صفت های طول، عرض و اندازه روزنه، عرض و اندازه سلول های محافظ و تراکم سلول های اپیدرمی از حالت شاهد به سمت تیمار تنش شدید دارای روند نزولی بوده است و در صفت طول سلول محافظ نیز در تنش شدید کاهش معنی داری را نسبت به شاهد از خود نشان می دهد در حالی که بالاتر بودن اندازه روزنه، تراکم سلول های اپیدرمی و تراکم سلولهای روزنه در شاه انجیر شاید به دلیل شکل خاص برگ این

## REFERENCES

1. Ehdai, B. (1993). Selection for drought resistance in wheat. Proceedings of 4th Congress on Agriculture & Plant Breeding, 26-29 Aug., Esfahan University, Esfahan, Iran. pp.43-46. (In Farsi).
2. Faghih, H. & Sabet Sarvestani, J.S. (2001). *Fig (cultivation, maintenance, harvesting)*. Rahgosha Publication. 292p. (In Farsi).
3. Johns, G. G. & Lazenby, A. 1973. Defoliation, leaf area index, and the water use four temperate pasture species under irrigated and dryland conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 24,783-795.
4. Kramer, P. J. & Boyer, J.S. (1995). *Water relations of plant and soils*. New York, Academic Press. 495p.
5. Koochaki, A. & Rashed, M. H. (1987). *Physiological principles of crop growth and development*. Astan Ghods Razavi Publication. 404p. (In Farsi).
6. Koochaki, A. & Sarmadnia, GH. H. (1987). *Physiology of crop plants*. Jahad Daneshgahi Mashad Publication. 400p. (In Farsi).



7. Misirh, A., Topuz, F. & Zeybekoglu, N. (1997). Research on variation of female and male figs in term of leaf properties and stomata distribution. *Journal of Horticultural science*, 480, 129-133p.
8. Mohammadi, D. S. (2002). Inheritance of tolerance to water stress in wheat (*Triticum aestivum*). Ph D. Thesis. University of Newcastle upon Tyne, UK.
9. Reddy, A. R., Claitanya, K. V. & Vivekanadan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism I higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161, 1189-1202.
10. Shoor, M. M., Zargariyan & Bostani, S. (2010). Effect of increased carbon dioxide on the anatomical and morphological traits in Parsley flowers ( *Tagets tenuifolia*) in greenhouse. *Iranian Journal of Horticultrual Science*, 24 (2), 128-135. (In Farsi).
11. Silva, C., Nogueira, J. M. C., Vale, H. A., de Arajo, P. & Pimenta, A. (2009). Stomatal changes induced by intermittent drought in four umbu tree genotypes. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 21 (1), 33-42.
12. Singh, S. & Sethi, GS. (1995). Stomatal size, frequency and distribution in *Triticum aestivum*, *Secale cereale* and their amphiploids. *Cereal Research Communications*, 23, 103-108.
13. Torrecillas, A., Alarcón, J. J., Domingo, R., Planesa J. & Sánchez-Blanco, M. J. (1996). Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. *Plant Science*, 118, 135-143.
14. Torrecillas, A., Galego, R., Perez-Pastor, A. and Ruize- Anchez, M. C. 1999. Gas Exchange and water relations of young apricot plants under drought conditions. *Journal of Horticultural science*.132,445-452.
15. Venora, G. & Calcagno, F. (1991). Study of stomatal parameters for selection of drought resistant varieties in *Triticum Durum* DESF. *Euphytica*, 57, 275-283.
16. Verslues, P. E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J. & Zhu, J. K. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing ,abiotic stress that affect plat water status. *The Plant journal*, 45, 523-539.
17. Wang, H. & Clarke, J. M. (1993a). Genotypic, intraplant, and environmental variation in stomatal frequency and size in wheat. *Canadian Journal Plant Science*, 73, 671-678.
18. Wang, H. & Clarke, J. M. (1993b). Relationship of excised-leaf water-loss and stomatal frequency in wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 73, 93-99.
19. Yadollahi, A., Arzani, K. & Ebadi, A. (2009). An evaluation of morphological markers linked to drought resistance in cultivated almond seedlings (*Prunus dulcis* Mill.). *Iranian Journal of Horticultrual Science*, 40( 1), 1-12. (In Farsi).