

## تأثیر محلول پاشی تریازول ها و سیلیکات کلسیم بر مقاومت به خشکی کلزا

رویان منشی<sup>۱</sup>، یونس شرقی<sup>۲</sup>، حسین زاهدی<sup>۲</sup>، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۳\*</sup>، مهرداد مرادی قهدریجانی<sup>۴</sup> و حامد کشاورز<sup>۴</sup>  
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه زراعت، دانشگاه آزاد واحد اسلامشهر  
۳ و ۴. استاد و دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۳)

### چکیده

آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار برای بررسی و ارزیابی تأثیر تنش کم‌آبی و محلول پاشی مواد تنظیم‌کننده رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا رقم هایولا ۴۰۱ انجام شد. تیمارها شامل تنش کم‌آبی (شاهد تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده) (S1)، تنش متوسط (تخلیه ۶۵ درصد آب قابل استفاده) (S2) و تنش شدید (تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده) (S3) و محلول پاشی (بدون محلول پاشی (F1)، شاهد آب (F2)، سیلیکات کلسیم (F3)، هگزوکونازول (F4)، پروپیکونازول (F5) و پنکونازول (F6)) بودند. نتایج نشان داد، بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار F6S1 در شرایطی بود که نسبت به F1S2 اختلاف ۲/۱ گرمی مشاهده شد. همچنین تیمارهای F6S1 و F1S3 با اختلاف بیش از ۲ برابر بیشترین و کمترین وزن هزاردانه را نشان دادند. همچنین در شرایط S2 بدون محلول پاشی و محلول پاشی F4 با اختلاف ۳۴/۴ درصد کمترین و بیشترین میزان روغن را نشان دادند. تیمارهای F2S1 و F1S3 با اختلاف ۰/۱۵۴ مولی بیشترین و کمترین هدایت روزنه‌ای را نشان دادند همچنین مشخص شد بیشترین غلظت Co2 درون‌یاخته‌ای مربوط به تیمار F1S1 می‌باشد که نسبت به تیمار F2S3 229 میکرومول بیشتر بود. لذا کاربرد تریازول‌ها به‌ویژه پنکونازول و همچنین سیلیکات کلسیم آسیب‌های ناشی از تنش را در گیاه کلزا تا حدودی کاهش دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، درصد روغن، عملکرد، اجزای عملکرد.

## Effect of triazoles foliar application and calcium silicate on canola (*Brassica napus* L.) dryness tolerance

Royan Monshi<sup>1</sup>, Younes Sharghi<sup>2</sup>, Hossein Zahedi<sup>2</sup>, Seyed Ali Mohammad Modarres Sanavy<sup>3\*</sup>,  
Mehrdad Moradi Ghahderijani<sup>4</sup> and Hamed Keshavarz<sup>4</sup>

1, 2. M.Sc. Student and Assistant Professor, Agronomy, Eslamshahr Branch, Azad University, Iran  
3, 4. Professor and Ph.D. Candidate, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran  
(Received: Nov. 26, 2015 - Accepted: Feb. 22, 2016)

### ABSTRACT

Due to reduction the crops yield and yield components in water stress condition, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications to evaluate the effect of water deficit stress and growth improver materials on canola (*Brassica napus* L.) yield and yield components in research greenhouse of Agricultural Faculty of TarbiatModares University. Treatments includes water deficit stress {Control (50% discharged available water) (S<sub>1</sub>), average stress (65% discharged available water) (S<sub>2</sub>) and sever stress (80% discharged available water) (S<sub>3</sub>)} and foliar application {Control (F<sub>1</sub>), distilled water (F<sub>2</sub>), calcium silicate (F<sub>3</sub>), Hexaconazole (F<sub>4</sub>), propiconazole (F<sub>5</sub>), and penconazole (F<sub>6</sub>)}. Results showed the highest of yield was related to S<sub>1</sub>F<sub>6</sub> that showed 2.1 gr higher than S<sub>2</sub>F<sub>1</sub>. Also S<sub>1</sub>F<sub>6</sub> and S<sub>3</sub>F<sub>1</sub> With more than 2-fold difference were the highest and the lowest of thousand seed weight. Also in S<sub>2</sub>, control and foliar application of F<sub>4</sub> were the highest and the lowest of oil percentage respectively with 34.4% difference. S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> with no significant difference were lower than control with a significant difference proximately 5.8 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> Leaf s<sup>-1</sup> in photosynthesis rate. S<sub>1</sub>F<sub>2</sub> and S<sub>3</sub>F<sub>1</sub> were the highest and lowest stomatal conductivity with 0.154 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> difference. Also S<sub>1</sub>F<sub>1</sub> was the highest amount of intercellular CO<sub>2</sub> concentration with 229 μmol CO<sub>2</sub> mol air<sup>-1</sup> difference with S<sub>3</sub>F<sub>2</sub>. So foliar application of triazoles (penconazole) and calcium silicate somewhat reduces the water deficit stress damages. So foliar application of triazoles (penconazole) and calcium silicate somewhat reduces the water deficit stress damages.

**Keywords:** Oil percentage, water deficit stress, yield and yield components.

\* Corresponding author E-mail: modarresa@yahoo.com

## مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در نظام‌های کشاورزی نواحی خشک و نیمه‌خشک است و ایران به‌عنوان یکی از مراکز اصلی گونه‌های زراعی از جمله کلزا شناخته شده است (Khajeh Pour, 2004). بدیهی است کلزا با ویژگی‌های مطلوب زراعی مانند مقاومت نسبی به شوری خاک و خشکی هوا، مقاومت بالا به سرمای زمستانه (تیپ پاییزه)، داشتن روغن مطلوب با بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه اسید لینولئیک، همواره به‌عنوان یک دانه روغنی با ارزش مطرح بوده است (Weiss, 2000). کشت این گیاه روغنی امروزه در کشور افزایش یافته و در راستای آن انجام تحقیقات روی این گیاه دانه روغنی برای دستیابی به تولید بالا با کیفیت مطلوب اهمیت دارد (Khajeh Pour, 2004). بخش اعظم اراضی کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شوند و با توجه به اینکه تنش خشکی شایع‌ترین تنش غیرزنده است، بررسی راهکارهایی مناسب برای برخورد با این موضوع برای کشاورزان اهمیتی اساسی دارد. یکی از این روش‌ها که امروزه توجه محققان به آن جلب شده است، کاربرد تریازول‌ها و سیلیکات کلسیم برای بهبود رشد گیاهان زراعی و افزایش تولید آن‌ها است.

تریازول‌ها در دهه ۱۹۶۰ برای کنترل بیماری‌های قارچی در گیاهان و جانوران استفاده می‌شدند که به دلیل اثرگذاری چندگانه تریازول‌ها، این گروه تحت عنوان plant-multi protectant نامیده می‌شوند (Fletcher et al., 2000). از تغییرپذیری بیوشیمیایی این ترکیب‌ها می‌توان به دفع گونه‌های اکسیژن فعال از طریق افزایش فعالیت پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان)‌های آنزیمی و غیرآنزیمی، افزایش پرولین، پروتئین محلول برگ، قندهای محلول و افزایش رنگدانه‌های نورساختی (فتوسنتزی) مانند سبزینه یا کلروفیل (Fletcher & Arnold, 1986) کاروتنوئید و آنتوسیانین اشاره کرد. همچنین کاربرد این ترکیب‌ها در شرایط تنش باعث افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو شده ضمن اینکه با تأثیر بر هدایت روزنه‌ای باعث افزایش عملکرد کوانتومی نظام نوری

(فتوسیستم) II می‌شود. کاربرد تریازول‌ها میزان تحمل به خشکی را از راه افزایش میزان آبسزیک اسید، پرولین و پاداکسنده‌ها و بسته شدن روزنه‌ها در گندم و بسیاری دیگر از گیاهان زراعی و دارویی افزایش می‌دهد (Gilley & Fletcher, 1997).

سیلیکات کلسیم به‌عنوان منبع سیلیکون برای تأمین سیلیسیم گیاه استفاده می‌شود. سیلیسیم دومین عنصر بسیار فراوان در خاک است که نزدیک به ۲۸ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد (Elawad & Green, 1979). سیلیسیم، سطح کلسیم را افزایش می‌دهد و تا حدی ساختار غشاء را در شرایط تنش خشکی حفظ می‌کند. کلسیم در حفظ ثبات و نفوذپذیری غشاء نقش حیاتی را ایفا می‌کند (Mengel & Kirkby, 1987). غلظت بیشتر کلسیم در بافت گیاه به بقاء آن در شرایط تنش خشکی کمک می‌کند (Cakri, 2004). میزان پتاسیم در برگ ذرت تحت تنش خشکی و تیمار با سیلیسیم افزایش یافت. یکی از سازوکارهای ممکن برای تأثیر سیلیسیم در افزایش جذب پتاسیم در گیاه، افزایش فعالیت H-ATPase در غشاء است. سطح بالای پتاسیم برای حفظ بقاء گیاه و رشد بهتر آن در شرایط تنش خشکی بسیار سودمند و ضروری است (Liang, 1999). در کل می‌توان نتیجه گرفت کاربرد سیلیسیم در کشت ذرت می‌تواند ثبات غشاء یاخته‌ای را حفظ کند و مقادیر سبزینه، محتوای نسبی آب گیاه، پتاسیم و کلسیم و وزن خشک ریشه را افزایش می‌دهد. بنابراین، برنامه‌های کاربرد سیلیسیم می‌تواند باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد ذرت در شرایط تنش خشکی شود.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۷ آزاد راه تهران کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸ دقیقه شرقی اجرا شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۲۱۵ متر و شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک و معتدل و آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارها

وجین علف هرز در سه مرحله به روش دستی توسط کارگر انجام شد و با توجه به نبود شیوع آفت، نیازی به سمپاشی نبود. پس از رسیدن گیاه به آغاز رشد زایشی محلول پاشی سیلیکات کلسیم (۱۲۰۰mg/L) (F<sub>3</sub>)، هگزاکونازول (غلظت ۱۵ میلی گرم در لیتر) (F<sub>4</sub>)، پروپیکونازول (غلظت ۱۵ میلی گرم در لیتر) (F<sub>5</sub>)، پنکونازول (غلظت ۱۵ میلی گرم در لیتر) (F<sub>6</sub>) و آب (F<sub>2</sub>) و بدون محلول پاشی (F<sub>1</sub>) به عنوان شاهد در دو مرحله (یکبار به صورت محلول در آب آبیاری و یکبار به صورت افشانه) پیش از گلدهی به فاصله یک هفته انجام گرفت. برای محاسبه عملکرد کل در هنگام برداشت (مرحله رسیدگی فیزیولوژیک - ۲۴۰ الی ۲۴۵ روز پس از کاشت هنگامی که بیش از ۵۰ درصد بذرهای موجود در غلاف‌های گیاه به رنگ قهوه‌ای تیره درآمدند) ردیف‌های کناری هر کرت و ۰/۵ متر از دو انتهای هر ردیف به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و به طور تصادفی ده بوته از سطح باقی‌مانده هر کرت برداشت و پس از خرد کردن و اختلاط ریزنمونه‌ها برای تعیین وزن خشک (عملکرد زیست‌توده) در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد. عملکرد کل نیز از توزین بذرهای موجود در ۱ مترمربع و به صورت کیلوگرم در هکتار بر پایه ۱۰ درصد رطوبت گزارش شد و در نهایت شاخص برداشت از تقسیم عملکرد کل به عملکرد زیست‌توده به دست آمد.

در مرحله دانه‌بندی و پیش از انجام آبیاری چهار بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و شاخص سبزی‌نگی برگ با دستگاه SPAD (SPAD-502 minolta, Japon) اندازه‌گیری شد. در انتهای فصل رشد صفات ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) شامل ارتفاع بوته و اجزاء عملکرد شامل شمار خورجین در بوته، شمار دانه در خورجین و وزن هزار دانه با میانگین‌گیری از چهار بوته از هر کرت، ارزیابی گشت. اندازه‌گیری درصد روغن دانه به وسیله دستگاه اینفراماتیک (Inframatic 8620- Germany) صورت گرفت.

همه صفات نورساختی شامل نرخ تثبیت کربن نورساختی، غلظت CO<sub>2</sub> درون‌باخته‌ای، تعلق برگ و هدایت روزنه‌ای به وسیله دستگاه LI-6400XT (USA, ) Portable Photosynthesis System

شامل تنش کم‌آبی (شاهد) (تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>1</sub>)، تنش متوسط (تخلیه ۶۵ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>2</sub>) و تنش شدید (تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>3</sub>) و محلول پاشی (بدون محلول پاشی) (شاهد) (F<sub>1</sub>)، آب (F<sub>2</sub>)، سیلیکات کلسیم (F<sub>3</sub>)، هگزاکونازول (F<sub>4</sub>)، پروپیکونازول (F<sub>5</sub>) و پنکونازول (F<sub>6</sub>) بودند. با توجه به آزمایش خاک مزرعه و غنی بودن از فسفر و پتاسیم، نیازی به کودپاشی این دو عنصر در زمان تهیه بستر نبود و معادل ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به شکل اوره در زمین پاشیده شد. یک سوم کود نیتروژن‌دار، در زمان کاشت (اواخر مهرماه) و باقی‌مانده آن به صورت دو بار سرک در مرحله رشد رویشی و آغاز گلدهی مصرف شد پس از انجام تهیه بستر (در مهرماه ۱۳۹۲) شامل شخم، تسطیح و تهیه فارو، بنا بر نقشه عملیات میخ‌کوبی و طناب‌کشی برای مشخص کردن محدوده هر یک از کرت‌های آزمایشی انجام گرفت. طول و عرض هر کرت ۵ و ۱/۵ متر با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر ۶ خط کاشت داشت. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر، بین کرت‌ها ۱/۵ متر و بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد تا در نهایت تراکم به ۱۰۰ بوته در مترمربع برسد. کاشت بذرهای کلزا رقم هایولا ۴۰۱ (تهیه‌شده از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) پس از ضدعفونی توسط قارچ‌کش مانکوزب به صورت کپه‌ای و در عمق ۳-۴ سانتی‌متری صورت گرفت. دسته‌بندی مقاطع رشد برای اعمال تیمارهای آزمایشی از روش پیشنهادی (Sylvester-Bradley & Makepeace, 1984) انجام شد. میزان آب خاک با کاربرد دستگاه انعکاس‌سنجی زمانی<sup>۱</sup> در عمق‌های مشخص تعیین شد. بدین منظور در هر کرت آزمایشی، یک لوله دسترسی قرار گرفت. پیش از آغاز آزمایش از منحنی‌های واسنجی (کالیبراسیون) برای تعیین رابطه بین میزان عددی ارائه‌شده توسط دستگاه یادشده و میزان حجمی رطوبت خاک استفاده شد. در تیمار بدون تنش در حد ظرفیت زراعی<sup>۲</sup> آبیاری شد. در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی لازم شامل

1. Time Domain Reflectometry (TDR)  
2. Field capacity

میانگین داده‌های هر سه بوته به‌عنوان داده نهایی تجزیه و تحلیل شد. در نهایت داده‌های آزمایش از نظر عادی بودن بررسی و با کاربرد نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین آن‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت. نمودارهای مربوطه با کمک نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

(Nebresca)، در دمای ۲۳ تا ۲۵ درجه سلسیوس در بین ساعت‌های ۱۲ تا ۱۴ در شدت نور ۸۰۰ تا ۹۰۰ لوکس پیش از آبیاری هر تیمار اندازه‌گیری شد. لازم به یادآوری است از هر واحد آزمایشی سه نمونه از برگ‌های میانی گیاه انتخاب شد. پس از اتصال دستگاه به گیاه به مدت دو دقیقه دستگاه را ثابت نگه‌داشته شد و آنگاه داده‌ها در دستگاه ذخیره شد. در نهایت

جدول ۱. ویژگی‌های خاک کشتزار آزمایشی

Table 1. Properties of soil of experimental area

Depth (cm)	Texture	Sand (%)	Loam (%)	Clay (%)	Total N (%)	Available P (ppm)	Available K (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	OC (%)	EC (ds/m)	pH
0-60	Sandy-lomy- clay	73	4	23	10	80	848	0.45	10.07	100	1.03	1.12	7.73

جدول ۲. تغییرپذیری دمایی ماهانه در فصل کشت

Table 2. Monthly temperature changes in growing season

	Month									
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Jun	Jul	Aug	
The average min temperature (C°)	16	7	-2	-3	3	4	12	18	22	
The average max temperature (C°)	24	13	7	8	12	13	19	26	32	
Precipitation (mm)	49	25	32	12	61	52	35	8	5	

## نتایج و بحث

### شمار خورجین

زیانبار بیشتری بر عملکرد دارد. شمار خورجین در شرایط تنش متوسط با اختلاف سیزده عدد کمتر از شرایط بدون تنش بود (شکل ۱). پژوهشگران در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند چنانچه گیاه سویا در مرحله گله‌ی سه تا چهار هفته در شرایط خشکی قرار بگیرد، خورجین‌ها تشکیل نمی‌شوند و یا خیلی کم تشکیل می‌شوند (Palmer et al., 1995). همچنین در آزمایشی مشخص شد، کاربرد سیلیکات کلسیم بر گیاه برنج بر شمار برگ‌ها افزوده و باعث افزایش شمار پنجه‌ها، سنبلک‌ها، وزن دانه‌ها و درصد سنبلک‌های پرشده و خوشه باز (پانیکول) شده و بر کیفیت و عملکرد دانه اثرگذار بوده است (Agarie et al., 1993). عامل محلول پاشی و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت.

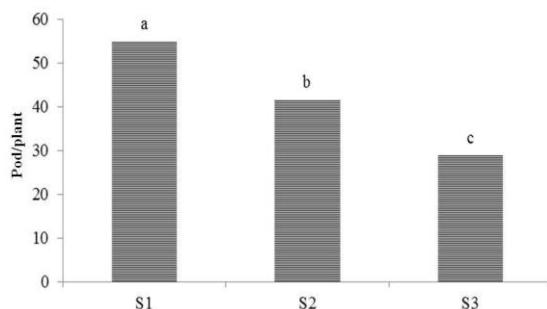
بررسی نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد، تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر شمار خورجین در بوته دارد (جدول ۱). شرایط بدون تنش و تنش شدید با اختلاف ۸۹ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر این صفت را نشان دادند. (Kulshreshtha et al., 1987) با اعمال تنش خشکی در طی سه مرحله V<sub>1</sub>، گله‌ی و پر شدن خورجین در سویا نتیجه‌گیری شد که شمار خورجین در بوته و وزن بذر تحت تأثیر تنش قرار گرفتند و شمار بذر در هر خورجین کمتر تحت تأثیر قرار گرفت. آنان همچنین بیان کردند که رخداد خشکی در مرحله زایشی از هنگام گله‌ی تا پر شدن خورجین نسبت به مراحل اولیه رشد تأثیر

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مختلف کلزا (*Brassica nupus L.*) در شرایط تنش کم‌آبی و محلول پاشی

Table 3. Analysis of variance of water deficit and foliar application in canola plant

SOV	df	Intracellular CO <sub>2</sub> concentrations	Stomatal conductance	Photosynthesis rate	Chlorophyll	Oil Yield	Oil Percentage	Harvest Index	1000 seed weight	Seed/pod	Seed Yield	Biomass Yield	Pod/plant
Rep	2	222ns	0.001ns	42.1 ns	1.5 ns	116092**	ns 36	15.6ns	2	0.8 ns	1152245*	ns 28423585	23.5 ns
Stress (S)	2	1324ns	0.006*	205*	383.5**	4451240**	285.5**	976**	33**	ns 4	38173000*	128603496**	3055**
Foliar application (F)	5	11428**	0.01**	32.1 ns	39.5*	ns 12736	84**	145**	3.5**	5.5**	659294*	1066664012**	ns 25
F×S	10	3275**	0.003*	4.67ns	12.5 ns	76202**	60.5**	77**	1.8**	5**	ns 402209	ns 17211639	ns 21
Error	34	419	0.001	39.6	8.5	16644	2.5	20.9	0.5	1.2	0.08	8876228	19
CV (%)		8.27	15.48	7.03	4.50	18.00	5.5	24.6	17.00	12.70	20.6	22.3	10.5

\*, \*\*, ns: Significant at 0.05, 0.01 probability level and no significant, respectively. ns: غیر معنی‌دار، \* و \*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.



شکل ۱. تأثیر تنش کم آبی بر شمار خورجین در کلزا (*Brassica napus L.*). شاهد (تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>1</sub>)، تنش متوسط (تخلیه ۶۵ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>2</sub>) و تنش شدید (تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>3</sub>)

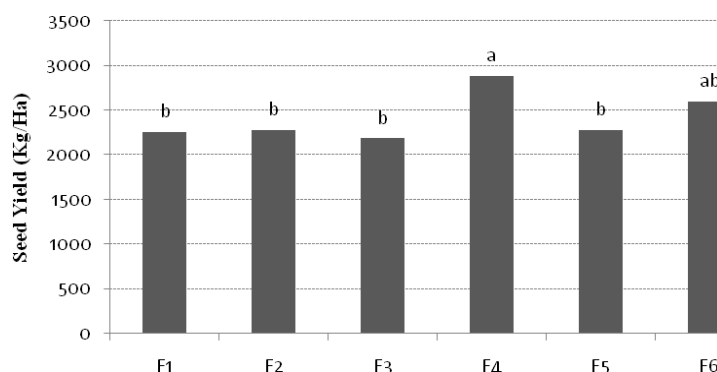
Figure 1. Effect of water deficit stress on number of pod per plant in canola plant (*Brassica napus L.*). Control: 50% discharged of plant available water (S<sub>1</sub>). Medium stress: 65% discharge of plant available water. Severe stress: 80% discharge of plant available water.

2003). دلیل اصلی کاهش عملکرد دانه را می توان تأمین نبودن مواد نورساختی، پیر شدن سریع برگ (کاهش توان منبع) و کاهش توان مخزن عنوان کرد (Ritchie *et al.*, 1990). ارتفاع بوته با دو نقش به کلی متفاوت در شرایط آبیاری و خشکی به عنوان دومین صفت مهم مطرح شد که با افزایش ارتفاع در شرایط آبی، میزان عملکرد دانه کاهش و در شرایط خشکی افزایش می یابد (Volkmar *et al.*, 1998). محققان دیگری در نتایج بررسی خود بیان کردند، تریازولها با تأثیر مثبت بر افزایش تولید جیبرلین در گیاه رشد ریشه و ضخامت دیواره یاخته ای را افزایش داده، که این خود موجب پایداری گیاه در طول فصل رشد می شود (Pitann *et al.*, 2009).

تحقیقات گذشته نشان داده است، رخداد تنش در گیاهان زراعی باعث کاهش عملکرد دانه می شود که این کاهش عملکرد ناشی از کاهش میزان نورساخت، هدایت روزنه ای و میزان تبخیر و تعرق است. در مورد تأثیر تیمار هگزا کونازول بر عملکرد دانه، چنین به نظر می رسد که افزون بر اینکه کاربرد تریازولها در شرایط تنش از راه انتقال مواد به غلافها سبب افزایش عملکرد دانه می شود. همچنین از راه افزایش پتانسیل آب برگها، افزایش میزان نورساخت گیاه (ناشی از افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و میزان سبزینه) و همچنین با افزایش انتقال مواد پرورده به ریشه و غلافها باعث افزایش عملکرد گیاه می شود (Cachorro *et al.*, 1994; Guinta *et al.*, 2010; Hau *et al.*, 2014; Kpoghomou *et al.*, 1990; Matysiak *et al.*, 2003).

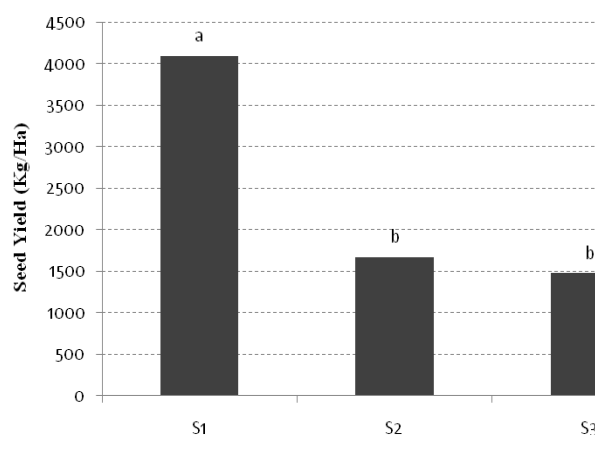
### عملکرد زیست توده و دانه

با توجه به اهمیت کلزا در تأمین روغن و پروتئین گیاهی مورد نیاز برای جمعیت روز افزون کشور، شناسایی عاملهایی که باعث افزایش یا کاهش عملکرد می شوند می تواند در دستیابی به عملکرد بیشتر مؤثر باشد. نتایج به دست آمده از این بررسی نشان داد تنها اثر ساده تیمارها مقادیر این دو صفت را به طور معنی داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). هگزا کونازول موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه شد. دیگر مواد محلول پاشی شده تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه نداشتند (شکل های ۲ و ۳) اگرچه پنکونازول نیز از لحاظ عددی، باعث افزایش معنی داری در میزان عملکرد دانه کلزا شد اما از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با گروه پایین تر از خود نداشت. سطوح تنش متوسط و شدید موجب کاهش شدید و معنی دار عملکرد دانه و عملکرد زیست توده شدند ولی باهم اختلاف معنی داری نداشتند (شکل ۳). همه سطوح محلول پاشی به غیر محلول پاشی آب مقطر موجب افزایش معنی دار عملکرد زیست توده کلزا شدند. در این بین پنکونازول به طور معنی داری توانایی بالاتری داشت (شکل ۴). در تحقیقی روی گیاه برنج در کلمبیا مشخص شد با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیکات عملکرد گیاه ۴۲ درصد افزایش داشت (Seebold *et al.*, 2000). تنش خشکی سبب تغییر ریخت شناسختی، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاهان می شود که تأثیر منفی بر رشد و عملکرد آنها می گذارد همچنین سبب تنش اسمزی و اختلال در تخصیص یونها به یاخته و اختلال در غشاء یاخته ای می شود (Wang,

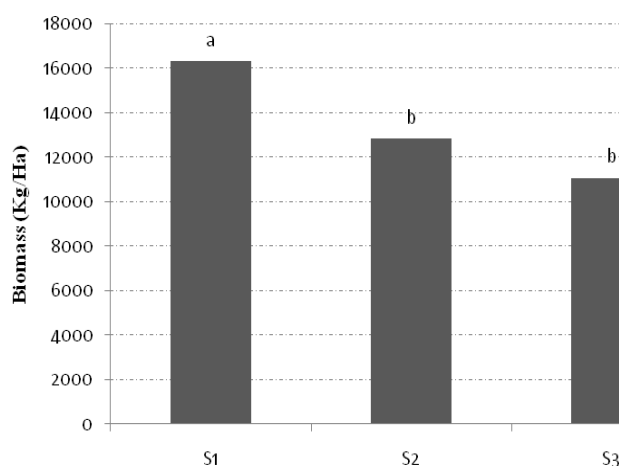


شکل ۲. تأثیر محلول پاشی بر عملکرد دانه کلزا (*Brasica nupus L.*). بدون محلول پاشی (F<sub>1</sub>), شاهد آب (F<sub>2</sub>), سیلیکات کلسیم (F<sub>3</sub>), هگزوکونازول (F<sub>4</sub>), پروپیکونازول (F<sub>5</sub>) و پنکونازول (F<sub>6</sub>)

Figure 2. Effect of foliar application on seed yield of canola plant (*Brasica nupus L.*). None foliar application (F<sub>1</sub>). Distilled water (control): (F<sub>2</sub>). Calcium silicate (F<sub>3</sub>). Hexaconazole (F<sub>4</sub>). Propiconazole (F<sub>5</sub>). Penconazole (F<sub>6</sub>).



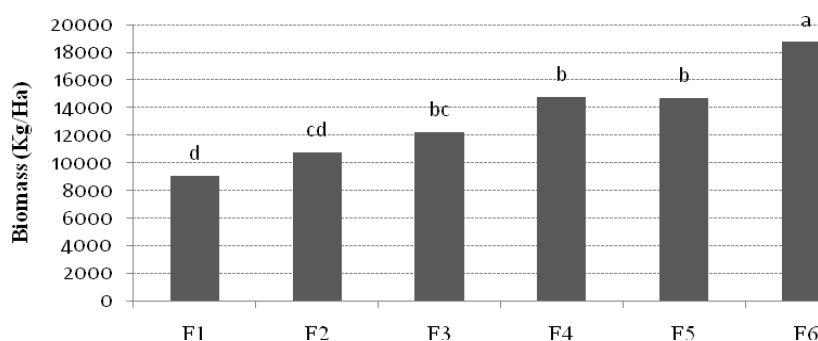
(a)



(b)

شکل ۳. (a) تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد دانه، (b) تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد زیست‌توده کلزا (*Brasica nupus L.*). شاهد (تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>1</sub>), تنش متوسط (تخلیه ۶۵ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>2</sub>) و تنش شدید (تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>3</sub>)

Figure 3. a) Effect of water deficit stress on seed yield. B) Effect of water deficit stress on biomass yield of canola (*Brasica nupus L.*). Control: 50% discharged of plant available water (S<sub>1</sub>). Medium stress: 65% discharge of plant available water. Severe stress: 80% discharge of plant available water.



شکل ۴. تأثیر محلول‌پاشی بر عملکرد زیست‌توده کلزا (*Brassica napus* L.). (بدون محلول‌پاشی (F<sub>1</sub>), شاهد آب (F<sub>2</sub>), سیلیکات کلسیم (F<sub>3</sub>), هگزاکونازول (F<sub>4</sub>), پروپیکونازول (F<sub>5</sub>) و پنکونازول (F<sub>6</sub>))

Figure 4. Effect of foliar application on biomass yield of canola plant (*Brassica napus* L.). None foliar application (F<sub>1</sub>). Distilled water (control): (F<sub>2</sub>). Calcium silicate (F<sub>3</sub>). Hexaconazole (F<sub>4</sub>). Propiconazole (F<sub>5</sub>). Penconazole (F<sub>6</sub>).

مختلف محلول‌پاشی افزایش دادند. به‌طور کلی بین سطوح S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub> از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و با افزایش سطح تنش به شرایط تنش شدید از میزان این صفت کاسته شد. تنش خشکی در گندم از راه کاهش شمار دانه در خوشه و وزن هزار دانه سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود. کاهش شمار دانه می‌تواند به دلیل اثر سوء تنش بر گرده‌افشانی و ریزش برخی گل‌ها باشد (Bradford *et al.*, 2010). بررسی تأثیر خشکی روی رقم ۳۷ رقم گندم اصلاح‌شده در کرج نشان داد، آبیاری نکردن در بهار در مرحله گلدهی و پر شدن دانه گیاه منجر به کاهش شدید عملکرد می‌شود. انجام آبیاری در این مرحله سبب افزایش عملکرد، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه و افزایش شمار دانه در سنبله شده است (Balatra *et al.*, 1989).

#### وزن هزار دانه

با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده از جدول ۱ اثر متقابل تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری وزن هزار دانه را تحت تأثیر قرار داد. محلول‌پاشی پنکونازول در شرایط بدون تنش و محلول‌پاشی در شرایط تنش شدید با اختلاف بیش از ۲ برابر به ترتیب بیشترین و کمترین میزان این صفت را نشان دادند. در شرایط تنش شدید محلول‌پاشی آب مقطر بیش از دیگر سطوح تیماری باعث تعدیل شرایط تنش شد و پس‌از آن محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم با اختلاف معنی‌داری قرار گرفت. در شرایط تنش متوسط پروپیکونازول و هگزاکونازول

#### شمار دانه در خورجین

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد، اثر متقابل بین تیماری به‌طور معنی‌داری شمار دانه در خورجین را تحت تأثیر قرار می‌دهند (جدول ۱). محلول‌پاشی هگزاکونازول در شرایط بدون تنش (شاهد) و سیلیکات کلسیم در شرایط تنش متوسط همچنین بدون محلول‌پاشی در شرایط تنش شدید با اختلاف معنی‌داری به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر این صفت را نشان دادند (جدول ۲). کاربرد یونیکونازول در گیاهان کلزا در شرایط تنش غرقابی سبب افزایش شمار شاخه‌های فرعی اولیه و ثانویه، شمار خورجین در بوته و شمار دانه در خورجین شد (Leul & Zhou, 1999). همچنین ترکیب تریادیمفون (مشتقات تریازول‌ها) در گیاه ماش سبز (*Vigna radiate* L.) در شرایط تنش UV، میزان ریزش گل‌ها را کاهش داد. افزون بر وزن صدانه، شمار خورجین در بوته و شمار دانه در خورجین در شرایط تنش و غیر تنش افزایش یافت و منجر به افزایش عملکرد دانه شد (Rajendiran & Ramanujam., 2004). محلول‌پاشی پنکونازول و پروپیکونازول در شرایط بدون تنش نسبت به یکدیگر و دیگر سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری را نشان دادند و بدون محلول‌پاشی در شرایط بدون تنش و تنش شدید کمترین مقادیر را نسبت به دیگر سطوح تیماری نشان داد. در شرایط تنش شدید محلول‌پاشی پروپینونازول و سیلیکات کلسیم نسبت به دیگر سطوح تنش (S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub>) مقادیر این صفت را بین سطوح

درصدی شاخص برداشت شد و هگزاکونازول موجب ۱۶ درصد افزایش شاخص برداشت در این سطح آبیاری شد. (جدول ۲). Nader Darbaghshahi *et al.* (2004) در نتایج تحقیقات خود بیان کردند، شاخص برداشت تحت تأثیر تنش کم آبی قرار گرفت و در سطح ۱ درصد معنی دار شد و تنش شدید کم آبی باعث افزایش معنی دار شاخص برداشت نسبت به دیگر سطوح تنش شد. در شرایط بدون تنش و تنش متوسط محلول پاشی پنکونازول نسبت به دیگر سطوح با اختلاف معنی داری باعث افزایش شاخص برداشت شد. شاخص برداشت از راه افزایش توزیع مواد برای رشد سنبله و به بیشینه رساندن شمار دانه یکی از راهکارهای مؤثر برای بهبود عملکرد شناخته می شود (Foulkes *et al.*, 2011). Nader Darbaghshahi *et al.* (2004) همچنین در نتایج تحقیقات خود بیان کردند، شاخص برداشت تحت تأثیر تنش کم آبی قرار گرفت و در سطح ۱ درصد معنی دار شد و تنش شدید کم آبی باعث افزایش معنی دار شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد و دیگر سطوح تنش شد. در نتایج تحقیقی با اعمال تنش کم آبی روی لوبیا مشاهده شد که با کاهش میزان رطوبت قابل دسترس از میزان شاخص برداشت کاسته می شود که علت آن را کاهش شمار خورجین بیان کردند (Rosales-Serna *et al.*, 2004). در حالی که برخی محققان در نتایج بررسی های خود نشان دادند، در شرایط تنش، شاخص برداشت در گیاه ذرت در عمل ثابت است (Cakri, 2004). همچنین در آزمایش دیگر، رخداد تنش رطوبتی در مرحله گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی تأثیر معنی داری روی شاخص برداشت گذاشت (Chimenti *et al.*, 2002).

#### درصد روغن

داده های به دست آمده از جدول ۱ نشان داد، اثر متقابل تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی داری بر درصد روغن دارند. در شرایط بدون تنش بین سطوح مختلف محلول پاشی اختلاف معنی داری وجود نداشت که در این بین محلول پاشی پروپیکونازول از لحاظ عددی نسبت به دیگر سطوح مقادیر بالاتری را نشان داد، اما

بدون اختلاف معنی داری قرار داشتند و محلول پاشی پنکونازول نسبت به دیگر سطوح تیماری تأثیر مطلوب تری داشت. با توجه به تجزیه آماری جدول ۴ وزن هزار دانه گیاهان تحت تیمار هگزاکونازول در هر سه سطح تیمار آبیاری از لحاظ آماری در یک سطح قرار دارند (حرف b در هر تیمار مشترک است). بنابراین این سه تیمار از لحاظ آماری تفاوت معنی داری ندارند و اختلاف مشاهده شده بین آنها تنها بر پایه خطای موجود در آزمایش است. با این حال، از نتایج موجود می توان این گونه استنباط کرد که شاید هگزاکونازول در شرایط عادی تأثیری در میزان وزن هزار دانه نداشته است اما در تیمار تنش کم آبی متوسط و شدید، توانسته با تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه، باعث افزایش وزن هزار دانه نسبت به دیگر تیمارهای محلول پاشی در سطوح مختلف تنش کم آبی شود.

به طور کلی بین سطوح تنش کم آبی اختلاف های معنی دار بود و با افزایش تنش از میزان این صفت کاسته شد (جدول ۲). کاربرد کودهای سیلیسی باعث افزایش وزن هزار دانه در برنج شده که این افزایش بیشتر به خاطر جایگزینی این عنصر در پالئا و لما بوده است (Balastra *et al.*, 1989). انتقال مواد نورساختی به دانه با میزان آب مصرفی قابل دسترس مرتبط بوده و تنش رطوبتی می تواند سهم دانه از ماده خشک را کاهش داده و در نتیجه وزن هزار دانه کاهش یابد (Hamrouni *et al.*, 2001). نتایج تحقیقات نشان داد که مهم ترین صفت مرتبط با عملکرد، در همه تیمارها، وزن هزار دانه است که بالاترین اثرگذاری مستقیم با عملکرد را در شرایط آبی و خشکی نشان داده است (Volkmar *et al.*, 1998).

#### شاخص برداشت

اثر متقابل تیمارهای آزمایشی به طور معنی داری میزان این صفت را تغییر داد (جدول ۱). نتایج نشان داد، در شرایط آبیاری کامل محلول پاشی موجب کاهش معنی دار شاخص برداشت گشته است. به نظر می رسد تأثیر بیشتر این مواد بر عملکرد زیست توده موجب این امر شده باشد. تنش متوسط موجب کاهش ۶۰



از میزان این صفت به شدت کاسته شد. برخی محققان در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند، تنش کم‌آبی اثر معنی‌داری بر عملکرد روغن گلرنگ دارد ( Esendal *et al.*, 2008). (Omid Tabrizi *et al.*, 1999) نیز با بررسی صفات مهم زراعی رقم‌های گلرنگ بهاره، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد روغن با عملکرد دانه را مشاهده کرده و نتیجه‌گیری کردند که با افزایش عملکرد دانه در بوته، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد. (Nader Darbaghshahi *et al.*, 2004) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند که با اعمال تنش کم‌آبی در گلرنگ عملکرد روغن به شدت کاهش می‌یابد. در تحقیقات ایشان عملکرد روغن تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. محققان همچنین در نتایج بررسی‌های خود بیان کردند، کاربرد پاکروبوترازل در ۱۰ سانتی‌متری بالای بوته کلزا موجب افزایش عملکرد دانه و روغن در این گیاه می‌شود (Hau *et al.*, 2014).

#### شاخص سبزیگی

بررسی نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد، تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر شاخص سبزیگی گیاه زراعی کلزا دارد (جدول ۱). با افزایش سطوح تنش کم‌آبی از میزان این صفت کاسته شد. بیشترین میزان این صفت در سطح S<sub>1</sub> مشاهده شد که با اختلاف ۹/۲ واحد نسبت به تنش شدید میزان بالاتری از این صفت را داشت. همچنین مشخص شد تنش متوسط با اختلاف معنی‌داری نسبت به سطوح دیگر قرار دارد (شکل ۵).

بررسی نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد، تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی بر شاخص سبزیگی معنی‌دار است (جدول ۲). محلول‌پاشی پروپیکونازول و بدون محلول‌پاشی با اختلاف ۸ درصدی به ترتیب بیشترین و کمترین میزان این صفت را نشان دادند (شکل ۶). محلول‌پاشی پروپیکونازول، پنکونازول و هگزاکونازول بدون اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر بودند که هر سه سطح نسبت به شرایط بدون محلول‌پاشی میزان بالاتری از شاخص سبزیگی را نشان دادند. (Salehifar, 2010) در نتیجه بررسی خود

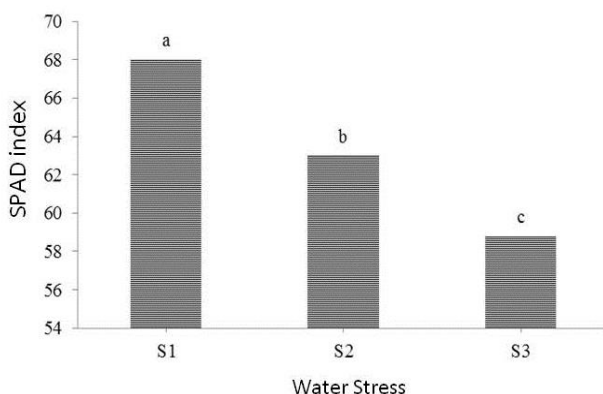
با تیمار سیلیکات تفاوتی نداشت. افزایش سطح تنش از مقادیر این صفت کاسته شد. در شرایط تنش متوسط بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی هگزاکونازول با اختلاف ۳۴/۴ به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر این صفت را نشان دادند. محلول‌پاشی پروپیکونازول در شرایط بدون تنش و محلول‌پاشی در شرایط تنش متوسط با اختلاف ۷۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر این صفت را نشان دادند. برخی محققان نیز در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند که تنش کم‌آبی باعث کاهش درصد روغن می‌شود (Hamrouni *et al.*, 2001; Naderi Darbaghshahi *et al.*, 2004) محققان دیگری در نتایج بررسی خود بیان کردند که کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیک بذر و آسیب به انتقال آسمیلات‌ها به دانه باشد (Bouchereau *et al.*, 1996). در شرایط تنش شدید محلول‌پاشی هگزاکونازول با اختلاف معنی‌داری با شاهد بیشترین مقادیر این صفت را نشان داد. به‌طورکلی بدون تنش و تنش متوسط با اختلاف معنی‌داری ۲/۷ واحد بیشترین و کمترین مقادیر این صفت را نشان دادند.

#### عملکرد روغن

یکی از مهم‌ترین هدف‌های کاشت کلزا و دیگر گیاهان دانه روغنی دستیابی به عملکرد روغن بالا است. با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده از جدول ۱ اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی به‌طور معنی‌داری مقادیر عملکرد روغن را تحت تأثیر قرار داد. بالاترین میزان عملکرد روغن در شرایط کاربرد پروپیکونازول تحت آبیاری کامل مشاهده شد. در صورتی‌که در شرایط تنش شدید کاربرد این ماده موجب پایین‌ترین عملکرد روغن گشت. به دلیل اینکه این ماده تأثیر کمی بر عملکرد دانه، درصد روغن دانه و وزن دانه داشت، کمتر بودن عملکرد روغن دور از ذهن نیست. به‌احتمال این ماده نتوانسته است مانند دیگر تیمارهای محلول‌پاشی بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه تأثیرگذار باشد. در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب پنکونازول و هگزاکونازول موجب بیشترین عملکرد روغن شدند. به‌طورکلی با افزایش سطوح تنش

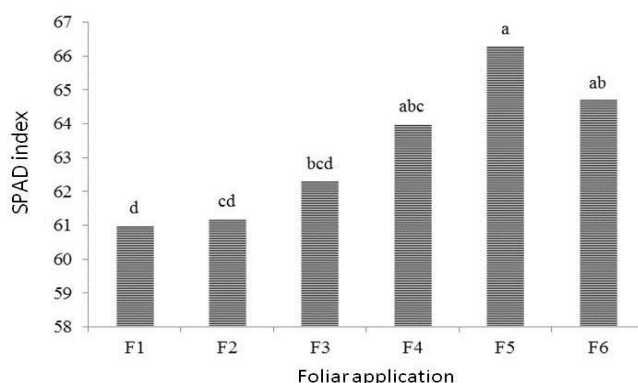
می‌شود. کاهش محتوای سبزینه نیز تحت تنش گزارش شده است (Castrillo & Trujillo, 1994) و به نظر می‌رسد که این کاهش در سبزینه b بیشتر است (Kulshreshtha *et al.*, 1987). برخی پژوهشگران در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، تبوکونازول به‌عنوان یک تریازول موجب افزایش ۱۰ درصدی شاخص سبزینه برگ در کلزای پاییزه می‌شود. پژوهشگران دیگری نیز در نتایج بررسی‌های خود به رابطه بین کاربرد تریازولها و میزان سبزینه پی بردند. آنان بیان کردند، کاربرد تریازولها موجب افزایش ۱۹ تا ۳۸ درصدی شاخص سبزینه برگ می‌شود (Matysiak *et al.*, 2003).

بیان کرد، در شرایط تنش رطوبتی، آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز از عامل‌های مؤثر در کاهش سبزینه در شرایط تنش رطوبتی هستند. همچنین کاهش سبزینه برگ در شرایط درازمدت ممکن است تا حدودی به دلیل کاهش جریان نیتروژن به بافت‌ها و فعالیت نیترات ردوکتاز باشد (Mihailovic *et al.*, 2011). تنش خشکی به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، که انتشار CO<sub>2</sub> را به درون برگ محدود کرده و یا عامل‌های غیر روزنه‌ای مانند بازدارندگی ساخت (سنتز) رایبیسکو و ATP منجر به یک کاهش عمده در میزان نورساخت می‌شود (Lawlor *et al.*, 2002). کمبود آب سبب آسیب به رنگدانه‌ها و پلاستیدها



شکل ۵. تأثیر تنش کم‌آبی بر شاخص سبزینه کلزا (*Brasica nupus L.*). (شاهد تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده (S<sub>1</sub>), تنش متوسط (تخلیه ۶۵ درصد آب قابل استفاده (S<sub>2</sub>) و تنش شدید (تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده (S<sub>3</sub>))

Figure 5. Effect of water deficit stress on greenness (SPAD index) of canola (*Brasica nupus L.*). Control: 50% discharged of plant available water (S<sub>1</sub>). Medium stress: 65% discharge of plant available water. Severe stress: 80% discharge of plant available water.



شکل ۶. تأثیر محلول پاشی بر شاخص سبزینه کلزا (*Brasica nupus L.*). (بدون محلول پاشی (F<sub>1</sub>), شاهد آب (F<sub>2</sub>), سیلیکات کلسیم (F<sub>3</sub>), هگزوکونازول (F<sub>4</sub>), پروپیکونازول (F<sub>5</sub>) و پنکونازول (F<sub>6</sub>))

Figure 6. Effect of foliar application on greenness (SPAD index) of canola (*Brasica nupus L.*). None foliar application (F<sub>1</sub>). Distilled water (control): (F<sub>2</sub>). Calcium silicate (F<sub>3</sub>). Hexaconazole (F<sub>4</sub>). Propiconazole (F<sub>5</sub>). Penconazole (F<sub>6</sub>).

### نرخ نورساخت

با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش اثر اصلی تنش کم آبی بر صفت نرخ نورساخت معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان این صفت در شرایط بدون تنش به دست آمد که نسبت به دو سطح دیگر میزان بالاتری از این صفت را داشت (شکل ۷). سطوح تنش متوسط و تنش شدید بدون اختلاف معنی داری نسبت به یکدیگر و با اختلاف تقریبی  $5/8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ Leaf s}^{-1}$  نسبت به شاهد اختلافی معنی دار داشتند. محققان در نتایج بررسی های خود بیان کردند، تنش خفیف و شدید به ترتیب ۲۵ و ۵۰ درصد نورساخت را نسبت به تیمار شاهد کاهش می دهد (Moradi et al., 2005). این کاهش در نورساخت در نتیجه تداوم دوره خشکی تا رسیدن به آستانه تنش رطوبتی خفیف به طور عمده به دلیل بسته شدن روزنه است زیرا همان گونه که از نتایج بر می آید با تغییر رژیم رطوبتی از شاهد به خفیف میزان نورساخت خالص به طور معنی داری تنزل یافت و این کاهش در نورساخت با کاهش در هدایت روزنه ای هماهنگ بود. بنابراین عمده کاهش نورساخت خالص تحت تنش خفیف رطوبتی ناشی از عامل های روزنه ای است (Lopez et al., 1988). در این شرایط گیاه برای جلوگیری از پسابدگی اقدام به بستن روزنه های خود می کند، بنابراین در شرایط کمبود آب خفیف دستگاه نورساختی آسیب نمی بیند و در این شرایط به فعالیت خود ادامه می دهد ولی اقدام به بستن روزنه های خود می کند که در نهایت منجر به کاهش غلظت کربن درونی برگ و نورساخت می شود (Costa Franca et al., 2000). با تداوم دوره تنش رطوبتی و کاهش آب قابل دسترس گیاه میزان نورساخت در تیمار تنش رطوبتی شدید به طور معنی داری نسبت به شاهد کاهش یافت، این کاهش در ظرفیت نورساختی خالص اگرچه با کاهش هدایت روزنه ای و تعرق همراه بود. ولی هدایت روزنه ای به تنهایی مسئول همه کاهش مشاهده شده در نورساخت خالص در تنش شدید نیست، زیرا که درصد کاهش در نورساخت خالص نسبت به تیمار کنترل بر اثر تنش خشکی شدید بیشتر از تأثیر این رژیم رطوبتی روی هدایت روزنه ای بود. بنابراین چنین می توان نتیجه گیری کرد که در شرایط تنش رطوبتی شدید عمده

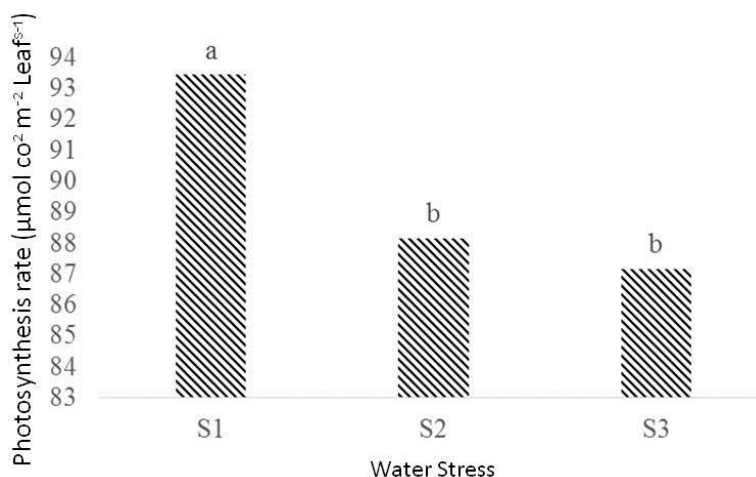
کاهش در ظرفیت نورساختی برگ ناشی از عامل های غیرروزنه ای است (Siddique et al., 2000). در نتایج این آزمایش مشخص شد میزان این صفت در سطح اول تنش کم آبی (بدون اعمال تنش) نسبت به دیگر سطوح تنش (اعمال تنش به میزان ۶۵ و ۸۰ درصد تخلیه زراعی) اختلاف معنی داری داشت.

### هدایت روزنه ای

با توجه به داده های به دست آمده از جدول ۱ مشاهده شد که تنش، محلول پاشی و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی اثر معنی داری بر هدایت روزنه ای داشت. شرایط بدون تنش کم آبی و محلول پاشی آب مقطر و بدون محلول پاشی و تنش شدید با اختلاف  $0/154 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  بیشترین و کمترین میزان این صفت را نشان دادند. در شرایط مختلف تنش بین سطوح مختلف تریازول ها اختلاف معنی داری وجود نداشت اما در شرایط تنش شدید محلول پاشی پنکونازول میزان هدایت روزنه ای را ۳۷ درصد افزایش داد. همچنین مشخص شد در دیگر سطوح تنش کم آبی بین سطوح مختلف محلول پاشی از این نظر اختلاف معنی داری وجود ندارد (جدول ۲). عمده تفاوت های مشاهده شده در تعرق و هدایت روزنه ای بین تیمارهای رطوبتی به احتمال ناشی از این راهبرد است که گیاه برای اینکه بتواند از خشکی گریز کند و بتواند از میزان آب محدودی که در اختیار دارد نهایت استفاده را کند، اقدام به بستن روزنه های خود می کند تا از هدررفت آب جلوگیری شود (Lopez et al., 1988). همین محققان در نتایج بررسی های خود اعلام کردند با آغاز دوره خشکی تا مدتی گیاه تعرق و هدایت روزنه ای خود را در سطح بیشینه نگه می دارد، ولی با تداوم دوره خشکی اقدام به تنگ کردن روزنه های خود و در نهایت بستن آنها می کند. تنش خشکی از راه تأثیر بر آنزیم های مؤثر در فرآیند نورساخت، بستن منفذ روزنه ها و کاهش میزان نورساخت درون کلروپلاست باعث کاهش توان منبع می شود (Thomas et al., 2003). اگرچه عامل های روزنه ای و غیر روزنه ای با هم در کاهش نورساخت نقش دارند اما بسته به اینکه شدت تنش خشکی چقدر

نورساخت ناشی از این شدت تنش با بستن روزنه است. ولی با ادامه تنش عامل‌های غیر روزنه‌ای نقش بیشتری در کاهش نورساخت بازی می‌کنند (Siddique *et al.*, 2000). محققان در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند تیمار شاهد در گیاه ماش بیشترین هدایت روزنه‌ای و پس‌از آن نیز تیمارهای خفیف و شدید کمترین میزان را نشان دادند (Moradi *et al.*, 2005).

باشد و در چه مرحله‌ای از رشد رخ داده باشد، یکی از این عامل‌ها می‌تواند تأثیر بیشتری روی ظرفیت جذب و ساخت (آسیمیلایون) برگ در شرایط تنش خشکی داشته باشد (Lazcano-Ferrat & Lovatt, 1992). به طوری که عمده گزارش‌ها گویای این موضوع است که در شرایط تنش خفیف دستگاه نورساختی آسیب نمی‌بیند و به فعالیت خود ادامه می‌دهد و عمده کاهش



شکل ۷. تأثیر تنش کم‌آبی بر شدت نورساخت گیاه زراعی کلزا (*Brassica nupus* L.). (شاهد (تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>1</sub>), تنش متوسط (تخلیه ۶۵ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>2</sub>) و تنش شدید (تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>3</sub>))

Figure 7. Effect of water deficit stress on photosynthesis rate of canola (*Brassica nupus* L.). Control: 50% discharged of plant available water (S<sub>1</sub>). Medium stress: 65% discharge of plant available water. Severe stress: 80% discharge of plant available water.

میزان این صفت را نسبت به شاهد آب مقطر افزود (جدول ۲).

به‌طور عمده در هنگام تنش هنگامی که بقاء از بهینه عمل کردن مهم‌تر است، نسبت جذب دی‌اکسید کربن خالص به هدر رفت آب ممکن است ثابت باقی نماند و منجر به افزایش بازده مصرف آب نورساختی شود، این موضوع می‌تواند به وسیله کاهش زودتر در نرخ تعرق بالقوه نسبت به نورساخت بالقوه رخ دهد (Siddique & Islam, 2000). بسته شدن روزنه از نخستین پاسخ‌های گیاه به تنش خشکی است و به نظر می‌رسد که عمده‌ترین دلیل کاهش نورساخت در نتیجه تنش خشکی باشد، زیرا که بسته شدن روزنه ممکن است قابلیت دسترسی به دی‌اکسید کربن را برای روزنه محدود کند (Lazcano-Ferrat & Lovatt, 1992).

#### غلظت CO<sub>2</sub> درون یاخته‌ای

نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد، اثر اصلی محلول پاشی و اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول پاشی بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان این صفت مربوط به تیمار اعمال نشدن تنش کم‌آبی و بدون محلول پاشی بود که نسبت به تنش شدید و محلول پاشی آب مقطر  $229 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$  بیشتر بود. در شرایط تنش شدید محلول پاشی پروپیکونازول با اختلاف ۱۶ درصد غلظت CO<sub>2</sub> درون یاخته‌ای را افزود. همچنین مشخص شد در شرایط تنش شدید بین سطوح مختلف محلول پاشی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین مشخص شد در شرایط بدون تنش و تنش متوسط محلول پاشی هگزاکونازول و پروپیکونازول

جدول ۲. مقایسه میانگین برخی صفات کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط اثر متقابل تنش کم آبی و محلول پاشی

Table 2. Analysis of variance of water deficit and foliar application in canola plant

	Intracellular CO <sub>2</sub> concentrations (μmol CO <sub>2</sub> mol air <sup>-1</sup> )	Stomatal conductance (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Oil Yield (Kg/ha)	Oil percentage	Harvest index (%)	1000 seed weight (gr)	Seed/pod	
S <sub>1</sub>	F1	327a	0.301ab	1364abc	33.00bc	37.6a	5.20ab	9.00cd
	F2	240d-h	0.315a	1217bc	29.50de	28.1bc	5.30ab	9.00cde
	F3	243c-g	0.248bc	1404ab	35.00ab	33.7bc	5.00ab	8.50cde
	F4	286b	0.249bc	1161c	28.50ef	21.8cde	5.20ab	11.50a
	F5	285b	0.239cd	1457a	36.00a	22.1cde	5.80a	8.30de
	F6	290b	0.220c-e	945 d	22.50hi	18.5ghi	4.90abc	9.50bcd
S <sub>2</sub>	F1	272bcd	0.183d-f	428 efg	32.00cd	14.8e-i	3.55d	7.50de
	F2	208h	0.245bc	318 gh	31.50cd	12.2 f-i	3.00de	8.00cde
	F3	211gh	0.207c-f	449 efg	35.00ab	10.1hi	2.40efg	6.80e
	F4	247c-f	0.216c-f	425 efg	17.50j	17.2d-h	4.50bc	8.80cd
	F5	242c-g	0.207c-f	540 ef	30.00de	10.9hi	2.60ef	8.20cde
	F6	226fgh	0.171ef	578 e	26.50fg	15d-i	2.70ef	11.25ab
S <sub>3</sub>	F1	236e-h	0.161f	332 fgh	25.00gh	22.5cd	2.65e	9.60bc
	F2	98i	0.312a	439 efg	25.50g	19.7 def	3.00de	9.50c
	F3	242c-g	0.184def	267 gh	21.00i	10.8hi	2.50efg	8.50cde
	F4	264b-e	0.202c-f	471 efg	21.50i	19.2d-g	5.40ab	8.40cde
	F5	274bc	0.206c-f	205 h	21.00i	11.9ghi	2.40efg	8.80cd
	F6	261b-e	0.221cde	368 e-h	26.00fg	7.7 i	3.20ed	8.60cde

اعداد با حرف‌های همسان در هر ستون از هر بخش بر پایه آزمون LSD ( $P < 0.05$ ) اختلاف معنی‌داری ندارد. (شاهد (تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>1</sub>), تنش متوسط (تخلیه ۶۵ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>2</sub>) و تنش شدید (تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده) (S<sub>3</sub>) - بدون محلول پاشی (F<sub>1</sub>), شاهد آب (F<sub>2</sub>), سیلیکات کلسیم (F<sub>3</sub>), هگزاکونازول (F<sub>4</sub>), پروپیکونازول (F<sub>5</sub>) و پنکونازول (F<sub>6</sub>).

Within columns, means followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$ . Control: 50% discharged of plant available water (S<sub>1</sub>). Medium stress: 65% discharge of plant available water. Severe stress: 80% discharge of plant available water. None foliar application (F<sub>1</sub>). Distilled water (control): (F<sub>2</sub>). Calcium silicate (F<sub>3</sub>). Hexaconazole (F<sub>4</sub>). Propiconazole (F<sub>5</sub>). Penconazole (F<sub>6</sub>).

گیاه مورد بررسی در نتیجه‌بخش بودن هر ماده‌ای مؤثر است می‌توان گفت که کم بودن تأثیر ماده سیلیکات کلسیم در این آزمایش تا حدودی شاید مربوط به گیاه مورد بررسی باشد. چنانچه نتایج مغایری با نتایج این تحقیق گزارش شده است که گویای اثربخشی قابل توجه تیمارهایی است که با سیلیس تیمار شده‌اند. لذا کاربرد این ترکیب به‌منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه سویا در شرایط تنش توصیه می‌شود.

#### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان گفت، هگزاکونازول می‌تواند اثرگذاری زیان‌آور به‌دست‌آمده از تنش کم آبی را کاهش دهد و سبب بهبود عملکرد گیاه در شرایط تنش شود. محلول پاشی هگزاکونازول در این گیاه سبب افزایش مقاومت به تنش کم آبی شد. در شرایط تنش، صفات مورد بررسی واکنش بهتری به این محلول پاشی نشان دادند. همچنین با توجه به اینکه

#### REFERENCES

1. Agarie, S., Uchida, H., Agata, W., Kubota, F. & Kaufam, B. (1993). Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Production and Improvement Technology*, 34, 225-234.
2. Balastra, M. L. F., Perez, C. M., Juliano, B. O. & villreal, P. (1989). Effects of silica level on some properties of *Oryza sativa* straw and hult. *Canadian Journal of Borany*, 45, 2356-2363.
3. Bouchereau, A., Clossais, B. N., Bensaoud, A., Beport, L. & Renard, M. (1996). Water stress effects on rapeseed quality. *European Journal of Agronomy*, 5, 19-30.
4. Bradford, M. A., Watts, B. W. & Davies, C. A. (2010). Thermal adaptation of heterotrophic soil respiration in laboratory microcosms. *Global Change Biological*, 16, 1576-1588.
5. Cachorro, P., Ortiz, A. & Cerda, A. (1994). Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. *Plant and Soil*, 159, 205-212.
6. Cakri, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crop Research*, 89, 1-16.
7. Castrillo, M. & Trujillo, I. (1994). Ribulose-1-5, biphosphate carboxylase activity & chlorophyll & protein content in two cultivars of French bean plants under water stress & rewatering. *Photosynthetic*, 30, 175-181.
8. Chimenti, C. A., Pearson, J. & Hall, A. J. (2002). Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Residual*, 75, 235-246.

9. Costa Franca, M. G., Thi, A. T. P., Pimentel, C., Pereura Rossiello R. O., Zuily-Fodil, Y. & Laffary, D. (2000). Differences in growth induced drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 43, 227-237.
10. Elawad, S. H. & Green, V. E. (1979). Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. *Riv. Riso*, 28, 235-253.
11. Esendal, E., Arslan, B. & Paşa, C. (2008). Effect of winter and spring sowing on yield and plant traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In: Proceedings of 7<sup>th</sup> international safflower conference, Wagawaga, Australia. November 3-6.
12. Fletcher, R. A. & Arnold, V. (1986). Stimulation of cytokinins and chlorophyll synthesis in cucumber, *Physiological Plant*, 66, 197-201.
13. Fletcher, R. A., Gilley, A., Davis, T. D. & Sankhla, N. (2000). Triazoles as plant growth regulators and stress. *Horticulture Reviv*, 24, 55-138.
14. Foulkes, M. J., Slafer, G. A., Davies, W. J., Berry, P. M., Sylvester-Bradley, R., Martre, P., Calderini, D. F., Griffiths, S. & Reynolds, M. P. (2011). Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *Journal of Experimental Botany*, 62, 469-486.
15. Gilley, A. & Fletcher, R. A. (1997). Relative efficiency of paclobutrazol, propiconazole and tetraconazole as stress protectants in wheat seedlings. *Plant Growth Regulatore*, 21, 169-175.
16. Guinta, S., Belotserkovskaya, R. & Jackson, P. S. (2010). DNA damage signaling in response to double-strand breaks during mitosis. *The Journal of Cell Biology*, 190(2), 197-207.
17. Hamrouni, I., Ben Salah, H. & Marzouk, B. (2001). Effects of water-deficit on lipids of safflower aerial parts. *Phytochemistry Journal*, 58, 277-280.
18. Hau, H., Yaofen, Z. & Huasheng, Y. (2014). Paclobutrazol Application Effects on Plant Height, Seed Yield and Carbohydrate Metabolism in Canola. *International Journal of Agriculture Biology*, 16(3), 471-479.
19. Khajeh Pour, M. R. (2004). Industrial plants. (First Edition). *Isfahan University of Technology Jahad Daneshgah Press*. 580 pp. (in Farsi)
20. Matysiak, K. & Kaczmarek, S. (2013). Effect of chlorocholin chloride and triazoles – tebuconazole and flusilazole on winter oilseed rape (*Brassica napus* Var. Oeifera L.) in response to the application term and sowing density. *Plant Protection Residual*, 53(1), 79-88.
21. Kpoghomou, B. K., Sapra, V. T. & Reyl, C. A. (1990). Sensitivity for drought stress of three Canola cultivars during different growth stages. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 164, 104-109.
22. Kulshreshtha, S., Mishra, D. P. & Gupta, R. K. (1987). Changes in content of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotypes of wheat. *Photosynthetica*, 21(1), 65-70.
23. Lawlor, D. W. & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ*, 25, 275-294.
24. Lazcano-Ferrat, J. & Lovatt, C. L. (1992). Relationship between relative water content, Nitrogen Pools, and growth of *Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus acutifolius* A. gray during water deficit. *Crop Science*, 39, 467-473.
25. Leul, M. & Zhou, W. J. (1999). Alleviation of waterlogging damage in winter rape by uniconazole application: effects on enzyme activity, lipid peroxidation, and membrane integrity. *Journal of Plant Growth Regulatore*, 18, 9-14.
26. Liang, Y. (1999). Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant Soil*, 209, 217-224.
27. Lopez, F. B., Setter, T. L. & McDavid, C.R. (1988). Photosynthesis and Water vapor Exchange of Pigeon pea leaves in response to water deficit and recovery. *Crop Science*, 28, 141-145.
28. Matysiak, B. E., Brodzeller, T., Buck, S., French, A., Counts, C., Boorsma, B., Datta, M.W. & Kajdacsy-Balla, A. A. (2003). Simple, inexpensive method for automating tissue microarray production provides enhanced microarray reproducibility. *Appl. Immunohistochem. Molecular Morphology*, 11, 269-73.
29. Mengel, K. & Kirkby, E. A. K. (1987). Principles of Plant nutrition. 4<sup>th</sup> Edition. International potash Institute, IPI, Bern, Swizelamd. 685p.
30. Mihailovic, V., Vucovic, N., Niciforovic, N., Solujic, S., Mladenovic, M., Mascovic, P. & S.Stankovic, M. (2011). Studies on the antimicrobial activity and chemical composition of the essential oils and alcoholic extracts of (*Gentiana asclepiadea* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(7), 1164-1174.
31. Moradi, A., Ahmadi, A. & Joudi, M. (2005). Reaction of photosynthesis and stomatal conductance Mungbean severe and mild drought stress in different growth stages. Beans the National of the first meeting articles. 33 October and 21 November, Mashhad, *Plant Sciences Research Center of Mashhad University*. (in Farsi)

32. Naderi Darbaghshahi, M. R., Noor Mohammadi, Gh., Majidi, E., Darvish, F., Shirani Rad, A. H. & Madani, H. (2004). Effect of drought stress and plant density on physiological traits of three sunflower lines in summer planting in Isfahan. *Plant and Seed*, 20(3), 281-296. (in Farsi)
33. Omidi Tabrizi, A. H., Ghannad ha, M. R., Ahmadi, M. R. & Peyghanbari, S. A. (1999). Evaluation of important agronomic traits of spring safflower cultivars through statistical multivariate methods. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 30(4), 817-826. (in Farsi)
34. Palmer, J., Dunphy, E. J. & Reese, P. (1995). Managing drought-stressed Canolas in the southeast. <http://www.ces.ncsu.edu/drought/dro-24.html>.
35. Pitann, B., Schubert, S., Mu" hling, K. H. (2009). Decline in leaf growth under salt stress is due to an inhibition of H<sup>+</sup> pumping activity and increase in apoplastic pH of maize leaves. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 172, 535-543.
36. Rajendiran, K. & Ramanujam, M. P. (2004). Improvement of biomass partitioning, flowering and yield by triadimefon in UV-B stressed *Vigna radiate* (L.) Wilczek. *Biological Plantarum*, 48(1), 145-148.
37. Ritchie, S.W., Nguyen, H. T. & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas exchanges parameters of tow wheat genotypes differing in droght resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.
38. Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-López, C., Ortiz-Cereceres, J. & Kelly, J. D. (2004). Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. *Field Crops Residual*, 85, 203-211.
39. Salehi far, M. (2010). The effect of drought stress on the germination and seedling growth of 8 Genetics beans. In: Proceedings of *Iranian agronomy and plant breeding sciences eleventh congress*. Shahid Beheshti University. (in Farsi)
40. Seebold, K. W., Datnoff, L. E., Correa-Victoria, F. J., kucharek, T. A. & Synder, G. H. (2000). Effect of silicon rate and host resistance on blast, acald, and yield of upland rice. *Plant Disease*, 84, 871-876.
41. Siddique, M. R. B., Hamid, A. & Islam, M. S. (2000). Drought stress effects on water relations of wheat. *Botany Bull Academia Sinica*, 41, 35-39.
42. Sylvester-Bradley, R. & Makepeace, R. J. (1984). A code for stage of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects of Apply. Boilogy*, 6, 399-419.
43. Thomas, M. B., Casula, P. & Wilby, A. (2004). Biological control and indirect effects. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(2), 61.
44. Volkmar, K. M., Hu, Y. & Steppuhn, H. (1998). *Physiological responses of plants to salinity: A review*. *Canadian Journal of Plant Science*, 78, 19-27.
45. Wang, W., Vinocur, B. & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.
46. Weiss, E. A. (2000). Oilseed Crops. Second ed. *Blackwell Science*, Oxford.