# تاثیر پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل

**رامین بالجانی[1*] و فرید شکاری[2]**

تاریخ دریافت: 89/5/10 تاریخ پذیرش : 90/11/17

1 - دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه زنجان

2- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

* مسئول مکاتبه : E-mail: Raminbaljani@yahoo.com

**چکیده**

سالیسیلیک اسید ازجمله هورمون‌های گیاهی است که اثرات بهبود دهنده‌ای روی رشد و عملکرد گیاهان تحت شرایط مختلف محیطی دارد و می‌تواند بعنوان یک تنظیم کننده رشد جهت بهبود رشد گیاه در شرایط تنش آب مورد استفاده قرار گیرد. به منظور بررسی تاثیر سالیسیلیک اسید روی شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ آزمایشی به صورت اسپیلت، اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تنش خشکی به عنوان کرت اصلی در دو سطح آبیاری منظم و قطع کامل آبیاری بعد از گلدهی، ژنوتیپ های گلرنگ (رقم محلی اصفهان، Gilla، Lesaf، Dincer) بعنوان کرت فرعی و سطوح پیش‌تیمار (در 5 سطح شامل سطوح صفر، 700، 1400، 2100، 2800 میکرومولار) به عنوان کرت فرعی فرعی مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد گیاهانی که به صورت منظم آبیاری شده بودند دارای بیشترین شاخص سطح برگ (LAI)، دوام سطح برگ (LAD)، سرعت جذب خالص (NAR)، عملکرد دانه و شاخص برداشت دانه و روغن نسبت به گیاهانی بودند که بعد از شروع گلدهی آبیاری آن‌ها قطع شده بود. اعمال تنش موجب زوال سریع سطح برگ و کاهش دوره سبزمانی گردید. در بین ارقام، رقم Dincer و پس از آن Leasf در هر دو شرایط آبیاری منظم و تنش دارای بیشترین LAI، وزن مخصوص برگ (SLW)، LAD، NAR، عملکرد دانه، شاخص برداشت دانه و روغن بودند. در بین ارقام، رقم Dincer دارای کمترین نسبت سطح برگ (LAR) بود. در مقابل، رقم Gilla نسبت به سایر ارقام دارای بیشترین LAR و کمترین عملکرد دانه بود. در تیمار آبیاری منظم گیاهانی که بذورشان با غلظت 2800 میکرومولار سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شده بودند دارای بیشترین مقادیر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه بودند. درحالیکه در شرایط اعمال تنش پس از گلدهی، گیاهان حاصل از پیش‌تیمار با 1400 میکرومولار سالیسیلیک اسید کارکرد بهتری را نشان دادند. احتمالا، به دلیل توسعه بیشتر سطح برگ در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک اسید، این گیاهان تعرق و تخلیه بیشتری از آب موجود در خاک را انجام داده‌اند که درنتیجه برای مرحله پر کردن دانه رطوبت کافی در خاک نمانده و تیمارهایی با توسعه کمتر سطح برگ در این شرایط موفق‌تر عمل کرده‌اند.

**واژه‌های کلیدی**: گلرنگ، سالیسیلیک اسید، پیش‌تیمار، نسبت سطح برگ، دوام سطح برگ، سرعت جذب خالص

# Effects of Priming by Salicylic Acid on Yield and Growth Indices of Safflower (*Carthamus tinctorus* L.) Plants Under end Season Drought Stress

**R Baljain[1*] and F Shekari[2]**

Received: 01 August 2010 Accepted: 06 February 2012
[1]Dept of Agronomy and Plant Breeding. Faculty of Agriculture, University Zanjan, Iran
[2]Dept of Agronomy and Plant Breeding. Faculty of Agriculture, University Maraghe, Iran
*Corresponding author: E-mail: Raminbaljani@yahoo.com

**Abstract**

Salicylic acid is a plant hormone which had enhancing effects on growth and yield of plants under different environmental conditions. It is proposed, salicylic acid could be used as growth regulator for improving plant growth under water stress conditions. The effects of salicylic acid on yield and growth indices on safflower plants was investigated in a split, split plot in complete randomized block design. Water stress in two levels, normal irrigation and cut off irrigation after flowering, as main plot, safflower genotypes in four levels, including Isfehan Local, Gilla, Lesaf and Dincer, as sub plots and priming in five levels, including 0, 700, 1400, 2100 and 2800 µM salicylic acid as sub, sub plot were studied. Results showed that plants in normal conditions had highest leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), net assimilation rate (NAR), seed yield and seed and oil harvest index compared to plants in stress conditions. Water stress leads to rapid decrease in leaf area and decrease of greenness period. Among the genotypes, Dincer and follow it, Lesaf in both irrigated and stress conditions had highest LAI, specific leaf weight, LAD, NAR, seed yield and seed and oil harvest index. Also, Dicer had lowest leaf area ratio (LAR). By contrast, Gilla had highest LAR and lowest seed yield. In irrigated plots, plants which primed with 2800 µM salicylic acid had highest seed yield and growth indices. On the other hand, under stress condition treated plants with 1400 µM salicylic acid had better performance. It is possible in higher priming levels, plants had more leaf area and because of higher transpiration and rapid loss of storage soil water, they had not enough moisture in grain filling period. Therefore, treatments with lower leaf area had better performance.

**Key Words**: Leaf area duration, Leaf area ratio, Net assimilation rate, Priming, Safflower, Salicylic acid

**مقدمه**

در محیط‌های طبیعی گیاهان دستخوش انواع تنش‌هایی می‌شوند که اثرات منفی بر رشد آن‌ها به وجود می‌آورد. دما، نور، آب قابل دسترس و... از جمله عوامل غیر زنده‌ای می‌باشند که به‌طور موثری بر رشد گیاهان عالی اثر می‌گذارند. تنش خشکی، یکی از تنش‌های چند بعدی است و سبب اثرات فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود (پالگ و آسپینال 1981). وزن خشک گیاه بستگی به مجموع مقدار تشعشع جذب شده در طول دوره رشد دارد. از طرفی میزان تشعشع جذب شده به‌وسیله گیاه بستگی به شاخص سطح برگ و رشد کانوپی گیاه دارد. در بیشتر گیاهان هنگامی که شاخص سطح برگ به چهار تا پنج می‌رسد بیش از 80 درصد تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گیاه جذب می‌گردد. ارتباط قوی بین افزایش شاخص سطح برگ با مقدار تشعشع خورشیدی جذب شده و در نهایت تولید ماده خشک وجود دارد (شکاری و همکارن 1389). از جمله سازوکارهای مرتبط با اجتناب از خشکی کاهش سطح برگ است (لویت 1980). در نتیجه تنش خشکی، تغییراتی نظیر کاهش حجم سلول و سطح برگ و افزایش ضخامت برگ اتفاق می‌افتد. توسعه برگ از جمله حساس‌ترین فرآیندهایی است که بوسیله کمبود آب تحت تاثیر قرار می‌گیرد. خشکی و کمبود آب سبب کوچک‌تر شدن سلول‌ها و کاهش تعداد سلول‌های تولیدی به وسیله مریستم‌ها می‌شود (تاردیو و همکاران 2000). در مناطق خشک برگ‌های کوچک‌تر و ضخیم‌تر، از طریق کاهش سطح تبخیر، تلفات آب را کاهش می‌دهند و به بهبود روابط آبی کمک می‌کنند (پسرکلی 1993). نحوه تغییر شاخص سطح برگ در طول دوره رشد یا به عبارتی دوام سطح برگ، بیش از مقدار مطلق سطح برگ با عملکرد ماده خشک گیاه ارتباط دارد (بیکر و گیبیهو 1982). تاداشی و تئودور (1999) بیان کردند که تولید ماده خشک وابستگی قوی با سطح برگ و سرعت فتوسنتز برگ دارد و برای رسیدن به سرعت بالاتر تولید ماده خشک لازم است که سرعت فتوسنتز با حفظ سطح برگ در سرتاسر فصل رشد بالا نگه داشته شود.

گلرنگ یکی از محصولاتی است که در سالهای اخیر در سطح جهانی به منظور تولید روغن مورد توجه قرار گرفته است. این گیاه به دلیل قابلیت‌هایی نظیر مقاومت به سرما، مقاومت نسبی به گرما، مقاومت به شوری و قلیایی بودن خاک و موارد مصرف متعدد همراه با تولید روغنی با کیفیت بالا به دلیل وجود اسیدهای چرب اشباع نشده نظیر لینولئیک و اولئیک، چشم‌انداز روشنی برای توسعه در کشور دارد (آلیاری و همکاران 1379). گلرنگ که به دلیل ریشه عمیق و برگ‌های کوچک، ضخیم و کوتیکولی، در گروه گیاهان مقاوم به خشکی دسته‌بندی می‌شود (آلیاری و همکاران 1379، اوزتورک و همکاران 2008). انگل و برگمن (1997) گزارش کردند حداقل آب مورد نیاز برای تولید دانه در گلرنگ بین 200 تا 270 میلی متر می‌باشد که با افزایش هر 25 میلی متر رطوبت اضافی عملکرد دانه حدود 102 کیلوگرم در هر هکتار افزیش می‌یابد.

تجزیه و تحلیل عوامل تاثیرگذار بر تولید ماده خشک و عملکرد می‌تواند در توضیح بهتر اختلاف بین ارقام یا تیمارهای یک آزمایش موثر باشد. زیمان و همکاران (1993) گزارش کردند که انتخاب به منظور بهبود سرعت رشد نسبی (RGR[1]) معمولا پیچیده است. لذا، بهتر است گزینش در جهت اجزاء آن صورت گیرد. آن‌ها اعلام کردند LAR عامل تعیین کننده RGR است. همچنین، نسبت وزن برگ (LWR[2]) در مقایسه با SLA همبستگی بیشتری با LAR داشت. نوربخشیان و رضائی(1378) گزارش دادند که در برنج سرعت رشد محصول (CGR[3]) و RGR در مرحله گلدهی همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه داشتند. محمدی نیکپور (1374) در بررسی ارقام گلرنگ پاییزه، حداکثر رشد محصول را در حدفاصل مراحل ظهور جوانه‌های زایشی تا کامل شدن طبق گزارش کرد.

نام سالیسیلیک اسید[4] از کلمه سالیکس، نام علمی درخت بید گرفته شده است. سالیسیلیک اسید از نظر شیمیایی، متعلق به گروه بسیار متنوع فنل‌های گیاهی

[1] Relative Growth Rate
[2] Leaf Weight Rratio
[3] Crop Growth Rate
[4] Salicylic acid

می‌باشد که دارای یک حلقه آروماتیک به همراه یک گروه هیدروکسیل با مشتقات وابسته به آن می‌باشد (راسکین 1992). هنگامی که بذور گندم در استیل سالیسیلیک اسید (که در محلول آبی به سالیسیلیک اسید تجزیه می‌شود) خیسانده شده بودند، گیاهان مقاومت بهتری به تنش خشکی داشتند (الحکیمی و هامادا 2001). خیساندن در 100 ppm استیل سالیسیلیک اسید به مدت شش ساعت قبل از کاشت، نه‌تنها اثرات ممانعت کنندگی خشکی را کاهش داد، بلکه تأثیر تحریک کنندگی بر افزایش وزن خشک در قسمت هوایی و ریشه داشت و سرعت تنفس نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان داد. مارتین-مکس و وهمکاران (2005) گزارش کردند که در گیاهان زینتی نظیر بنفشه آفریقایی، سالیسیلیک اسید تعداد برگ‌های تشکیل شده را افزایش داد. بطوریکه سطح برگ گیاهان تیمار شده، 10 درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود. گزارش شده است که هم سالیسیلیک اسید و هم استیل‌سالیسیلیک اسید، در غلظتهای 0/1 میلی مول و 0/5 میلی مول، بطور موثری گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا را در مقابل تنش خشکی محافظت کردند و موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط گردید (سنارتنا و همکاران 2000).

هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر بذور گلرنگ در شرایط آبیاری منظم و تحت تنش خشکی انتهای فصل، و ارزیابی واکنش ارقام گلرنگ از نظر واکنش به عوامل ذکر شده فوق با تاکید بر شاخص‌های رشد و ارتباط آن‌ها با عملکرد بود.

**مواد و روش‌ها**

آزمایش بصورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان واقع در عرض شمالی ´41 و° 36 و طول شرقی ´27 و °48 و ارتفاع 1620 متر از سطح دریا انجام شد. در این آزمایش تاثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید و اعمال خشکی روی چهار رقم گلرنگ مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا بذور گلرنگ به مدت دو دقیقه در داخل محلول هیپوکلریت 5 درصد قرار گرفتند و بلافاصله 3-2 مرتبه با آب مقطر شسته شدند. پس از تهیه غلظت‌های مورد نظر سالیسیلیک اسید، بذور به مدت 24 ساعت در محلول سالیسیلیک اسید ودر دمای یخچال قرار گرفتند. سپس بذور در دمای اتاق به مدت 48 ساعت خشک گردیدند و پس از تیمار شدن با قارچ‌کش کاربوکسی تیرام، جهت کشت به مزرعه منتقل گردیدند. کرت اصلی با دو سطح، که در یکی بصورت آبیاری منظم و کرت اصلی دیگر از زمان ظهور 50 درصد گلدهی تا آخر دوره‌ی رشدی قطع آبیاری و تنش خشکی اعمال شد. بذور چهار رقم گلرنگ (رقم محلی اصفهان، Gilla، Lesaf، Dincer) به عنوان فاکتور فرعی منظور شد. در کرت‌های فرعی فرعی نیز تیمارهای پیش‌تیمار بذور با سالیسیلیک اسید در پنج سطح شامل سطوح صفر، 700، 1400، 2100 و 2800 میکرومولار قرار گرفتند. پس از کاشت تا گلدهی بوته‌ها، آبیاری هر هفت روز یکبار و پس از آن تنش خشکی به صورتی که ذکر شده به کرت‌های مربوط اعمال شد. حداکثر درجه حرارت در زمان اعمال تنش 33 و حداقل دما 12 درجه سانتیگراد بود. همچنین، در این دوره هیچ گونه بارندگی صورت نگرفت.

به منظور مطالعه شاخص‌های رشد در دو مرحله نمونه‌برداری انجام گردید. این نمونه برداری‌ها بعد از اعمال تنش در مرحله قبل از قوزه‌دهی و در مرحله بعد از قوزه‌دهی به فاصله 14 روز صورت گرفت. در هر مرحله نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و سطح برگ‌ها به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین گردید. نمونه‌ها به قسمت‌های برگ و ساقه تفکیک و وزن آن‌ها تعیین شد. در این مطالعه RGR متوسط از معادله زیر محاسبه شد که در آن $W_1$ و $W_2$ به ترتیب وزن خشک کل هر نمونه در زمان های $t_1$ و $t_2$ می‌باشد (هانت 1982).

$$RGR=(LnW_2- LnW_1)/(t_2- t_1)$$

مقدار NAR[1] متوسط از معادله زیر به دست آمد که در آن $LA_1$ و $LA_2$ به ترتیب سطح برگ کل نمونه در

[1]Net Assimilation Rate

نمونه‌برداری‌های به عمل آمده در فاصله زمانی $t_1$ و $t_2$ می باشد(هانت 1982).

$$NAR=[(W_2- W_1)/(t_2- t_1)]*[(LnLA_2- LnLA_1)/ LA_2-LA_1)]$$

دوام سطح برگ نیز از رابطه زیر بدست آمد(هانت 1982).

$$LAD=[(LAI_1+LAI_2) * (t_2-t_1)/2]$$

شاخص سطح برگ (LAI)از تقسیم سطح برگ به واحد سطح زمین، LAR از تقسیم کردن سطح برگ به وزن کل گیاه، LWR از تقسیم کردن وزن برگ به وزن کل گیاه حاصل شد. SLW نیز از تقسیم کردن وزن برگ به سطح برگ بدست آمد که SLW وزن برگ‌ها را نسبت به سطح آنها نشان می‌دهد و معیاری از وزن مخصوص یا ضخامت برگ است (هانت 1982).

پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها، در سطح 1/5 متر مربع از واحدهای آزمایشی، بوته‌ها برداشت و پس از اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، طبق‌های کلیه بوته‌ها کوبیده شده و دانه‌های بدست آمده با ترازوی دقیق توزین و به صورت عملکرد دانه در واحد سطح ( کیلوگرم در هکتار) ثبت شدند. میزان روغن دانه نیز برای هر نمونه از هر کرت و با استفاده از روش سوکسله اندازه گیری شد و در نهایت شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه و روغن در هکتار بر بیوماس کل بوته در هکتار و طبق فرمول زیر بدست آمد:

$$HI = (EY / BY) \times 100$$
$$Oil\ HI = (Oil\ Y/BY) \times 100$$

که در آن EY، عملکرد اقتصادی، BY، عملکرد بیولوژیک و Oil Y عملکرد روغن می‌باشد. داده‌های حاصل توسط نرم‌افزار MSTAT- c مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

## نتایج و بحث

### سطوح آبیاری

سطوح آبیاری بر صفات LAI، LAD، NAR، عملکرد کل در هکتار و شاخص برداشت روغن تاثیر معنی‌داری داشت (جدول 1). بطوری که گیاهانی که در طول دوره رشدی خود به‌صورت کنترل شده و منظم آبیاری شده بودند دارای بیشترین LAI (2/290)، LAD (84/069)، NAR (2/977)، عملکرد (2572/700kg/ha) و شاخص برداشت روغن (5/953) نسبت به گیاهانی بودند که بعد از شروع گلدهی آبیاری آن‌ها قطع شده بود (جدول 2).

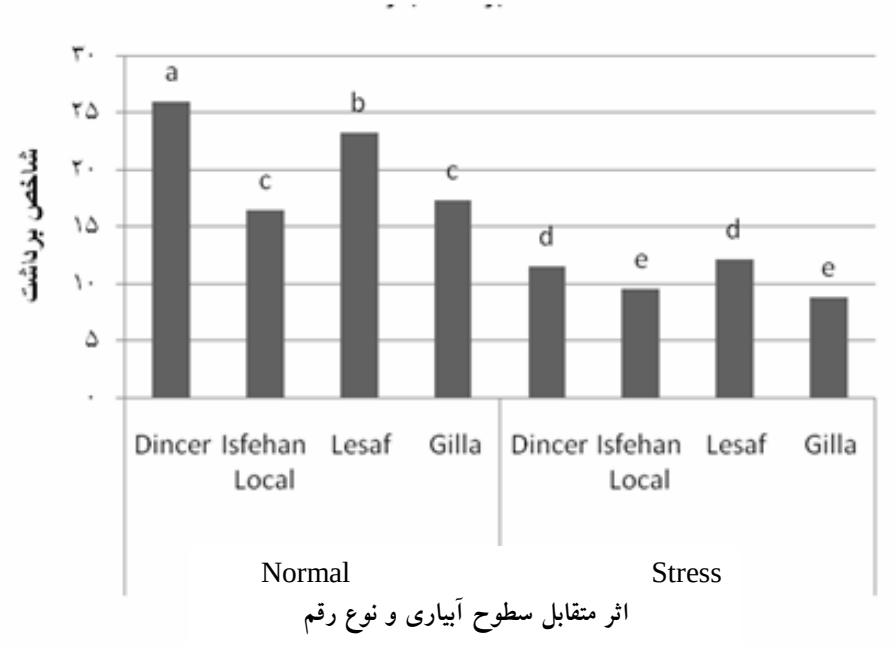
سطح برگ از طریق تاثیر در جذب تابش خورشیدی، در مقدار ماده خشک گیاهی اثر تعیین کننده‌ای دارد. بیشتر بودن شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ به ترتیب سبب افزایش میانگین سرعت رشد محصول و حفظ این سرعت برای زمان طولانی‌تری در دوره رشد گیاه می‌شود و سرانجام افزایش در تولید ماده خشک و احتمالاً عملکرد اقتصادی را به دنبال خواهد داشت (کریمی و سدیک 1991). نتایج پژوهش گاردنر و همکاران (1990) نشان دادند که معمولاً شاخص سطح برگ سه تا پنج برای تولید حداکثر ماده خشک در بیشتر محصولات زراعی مناسب است. در تیمار آبیاری نرمال در اثر افزایش LAI، LAD، NAR و LAR، عملکرد دانه گلرنگ افزایش پیدا کرد. در مقابل، در تیمار قطع آبیاری و به عنوان مکانیسم اجتناب و فرار از تنش، زوال سریع‌تر سطح برگ و کاهش دوره رشد اتفاق افتاد که موجب کاهش پارامترهای ذکر شده فوق و کاهش سبزمانی گیاهان گردید. نتایج آزمایش حاضر با نتایج پژوهش‌های دیگر (احسان زاده 1998 و گیفورد و ایوانز 1981) مبنی بر این که بین مقدار عملکرد دانه، ماده خشک گیاهی و LAI و به ویژه LAD رابطه نزدیکی وجود دارد، سازگاری دارد.

### رقم

ارقام مورد آزمایش از نظر صفات شاخص سطح برگ، وزن مخصوص برگ، نسبت سطح برگ، دوام سطح برگ، سرعت جذب خالص، عملکرد کل، شاخص برداشت دانه و شاخص برداشت روغن در هکتار اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول 1). در بین ارقام، رقم Dincer دارای بیشترین LAI (2/258)،

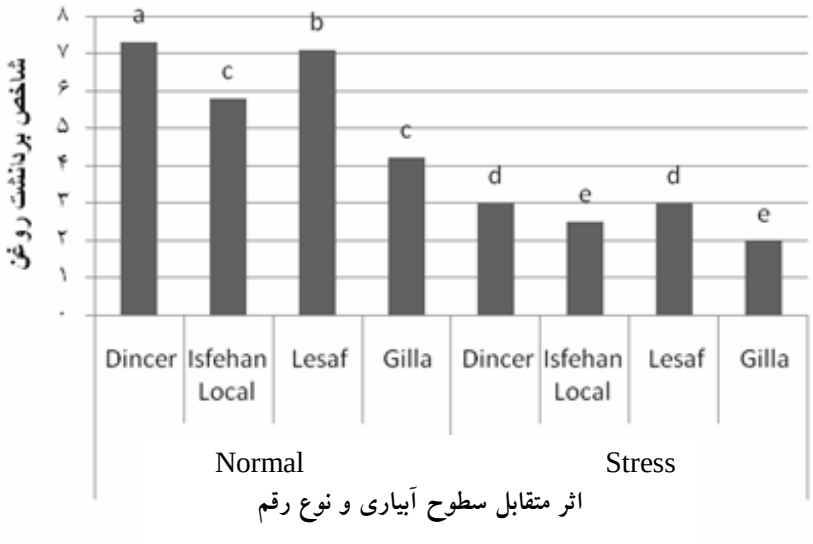
SLW (5/002)، LAD (82/85)، NAR (3/049)، عملکرد دانه (2071 kg/ha)، شاخص برداشت دانه (18/79) و شاخص برداشت روغن (5/158) بود. دو رقم Gilla و محلی اصفهان پایین‌ترین مقادیر صفات را دارا بودند. تولید ماده خشک بالا در مرحله گلدهی و بعد از آن می‌تواند تضمینی برای افزایش عملکرد اقتصادی باشد. به نظر می‌رسد، رقم Dincer به دلیل داشتن شاخص سطح برگ و دوام سطح برگی بالاتر، مدت زمان بیشتری فتوسنتز کرده و باعث تولید ماده خشک بالاتر و عملکرد بالاتر شده است. یاماگوچی- شینزوکی (2002) گزارش کردند مقدار فتوسنتز با افزایش مدت زمان فتوسنتز یا افزایش دوام سطح برگ در طول پرشدن دانه افزایش می‌یابد. به‌عبارت دیگر دریافت انرژی خورشید در طول زمان برای رقم Dincer بیشتر بوده و این رقم توانست از طریق اجرای فتوسنتز بیشتر در طول زمان، عملکرد بالا و در نهایت شاخص برداشت دانه و روغن بالایی تولید نماید. ولی رقم Dincer دارای کمترین نسبت سطح برگ ($41/35\ cm^2g^{-1}$) نسبت به سایر ارقام بود. در مقابل رقم Gilla نسبت به سایر ارقام دارای بیشترین نسبت سطح برگ ($51/14\ cm^2g^{-1}$) و کمترین عملکرد کل در هکتار (1517 kg/ha) بود. که نشان می‌دهد رقم Gilla علی‌رغم دارا بودن سطح فتوسنتزی بیشتر، سرعت فتوسنتزی خالص در واحد سطح برگ کمتری داشت (بالجانی 1389). این مطالب بیانگر روابط جبرانی بین سطح فتوسنتز کننده و سرعت فتوسنتز می‌باشد. از سوی دیگر این اطلاعات نشان می‌دهد کارهای اصلاحی بیشتری برای رسیدن به ژنوتیپ ایده‌ال در گلرنگ نیاز است تا صفات زراعی مناسب در یک رقم تجمع پیدا کند.

اثر متقابل بین سطوح آبیاری و نوع رقم بر صفات شاخص برداشت دانه و روغن در هکتار معنی دار بود (جدول 1). در کلیه ارقام تحت شرایط تنش، شاخص برداشت دانه و روغن در مقایسه باشرایط آبیاری منظم کاهش یافت. در شرایط آبیاری نرمال، رقم Dincer و پس از آن رقم Lesaf دارای بیشترین شاخص برداشت دانه (به ترتیب، 26/01 و 23/34) و شاخص برداشت روغن (به ترتیب 7/33 و7/11) بودند (نمودار 1و2). همچنین، در شرایط تنش نیز این ارقام بیشترین شاخص برداشت دانه را داشتند. با این اختلاف که در شرایط تنش با یک اختلاف جزئی Dincer شاخص برداشت پایین‌تری را نسبت به Lesaf نشان داد (به ترتیب 11/57 و 12/23). در هر دو شرایط آبیاری منظم و تنش رقم Gilla پایین‌ترین شاخص برداشت دانه و روغن را داشت. شاخص برداشت بیان‌گر میزان انتقال مواد فتوسنتزی تجمع یافته در گیاه به سمت بخش‌های اقتصادی گیاه می‌باشد. به نظر می‌رسد که ارقام Dincer و Leasf توانسته‌اند از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه و تبدیل بیشتر مواد فتوسنتزی انتقال یافته به روغن، شاخص برداشت دانه و روغن بالاتری تولید نمایند. مدت زمان اعمال تنش، شدت و مرحله فنولوژیک تنش اعمال شده از جمله عواملی هستند که می‌توانند روی تغییرات شاخص برداشت تاثیر گذار باشند. شکاری (1380) در بررسی صفات تحمل به خشکی در لوبیا گزارش نمود که اعمال تنش کنترل شده و محدود رطوبتی در مرحله رویشی موجب کاهش ارتفاع بوته ولی توسعه شاخه‌های جانبی و در نتیجه افزایش عملکرد اقتصادی گردید؛ که در نهایت موجب افزایش شاخص برداشت نیز گردید. در مقابل اعمال همین میزان تنش در مرحله گلدهی و لقاح پایین‌ترین عملکرد و شاخص برداشت را بوجود آورد.




**اثر متقابل سطوح آبیاری و نوع رقم**

**نمودار 1- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و نوع رقم بر شاخص برداشت بذر**




**اثر متقابل سطوح آبیاری و نوع رقم**

**نمودار 2 مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و نوع رقم بر شاخص برداشت روغن**

**سطوح پیش‌تیمار**

فاکتور پیش‌تیمار بذر بر تمامی صفات مورد ارزیابی در سطح 1 درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول 1). در بین سطوح پیش‌تیمار گیاهانی که بذورشان با غلظت 2800 میکرومولار سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شده بودند دارای بیشترین LAI (2/195)، SLW ($g/m^2$) (5/40)، LAD (80/45)، NAR ($3/32\ mg^1cm^{-2}day^{-1}$)، RGR ($69/71\ mg^1day^{-1}$)، عملکرد کل (1986 kg/ha) شاخص برداشت دانه (16/96) و روغن (5/036) بودند و از نظر شاخص رشدی LAR و LWR مقدار متوسطی را نشان دادند. همچنین، گیاهان شاهد یا گیاهانی که بذورشان با سالیسیلیک اسید پرایم نشده بودند، دارای بیشترین LAR ($60/41\ cm^2g^{-1}$) و LWR ($0/217\ g^1g^{-1}$) بودند. به نظر می‌رسد در گیاهان پیش‌تیمار شده به دلیل افزایش وزن بوته به‌ویژه در قسمت ساقه میزان این دو صفت در گیاهان شاهد بالاتر از گیاهان پیش‌تیمار شده بود. با توجه به پایین بودن شاخص برداشت در گلرنگ در مقایسه با دیگر گیاهان زراعی، به نظر می‌رسد امکان دستورزی‌های اصلاح نباتات در افزایش میزان عملکرد در این گیاه امکان‌پذیر باشد.

گزارش شده است کاربرد خارجی سالسیلیک اسید ممکن است در دامنه‌ای از فرایندهای مختلف در گیاهان مانند جوانه‌زنی بذور (کات و کلسیگ 1992) و فتوسنتز و سرعت رشد (خان و همکاران 2003) اثر داشته باشد. مطالعات بر روی کاربردهای متفاوت سالسیلیک اسید اثر مثبت آن را بر روی فتوسنتز و رشد گیاهان تحت تنش خشکی نشان می‌دهد (راجاسکاران و همکاران 2002). میارصادقی و همکاران (1389) گزارش کردند که در گیاهان کلزا، سالسیلیک اسید وزن تر و خشک برگ، وزن مخصوص برگ و وزن خشک کل را افزایش داد. آنها همچنین، اعلام کردند سطح برگ‌های لپه‌ای و حقیقی کلزا براثر پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید در شرایط نرمال و تنش رطوبتی بطور معنی‌داری افزایش یافت.

بذرهای پرایم شده با سالیسیلیک اسید سرعت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به شاهد داشتند و جوانه‌زنی بذرهای پیش‌تیمار شده نسبت به بذرهای شاهد زودتر آغاز شده در نتیجه این بذرها سریع‌تر از خاک خارج شده و زودتر استقرار یافته‌اند و توانستند از طریق گسترش زودتر شاخص سطح برگ و رسیدن به ماکزیمم شاخص سطح برگ، افزایش تراکم کلروفیل در واحد سطح برگ، حفظ منبع فتوسنتز کننده در طول دوره رشدی، دریافت انرژی تابشی خورشید و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مقصد (دانه)، عملکرد، شاخص برداشت دانه و روغن بالاتری تولید نمایند (بالجانی 1389). به نظر می‌رسد یکی از عوامل مهم پایین بودن عملکرد در تیمار شاهد، پایین بودن شاخص سطح برگ می‌باشد که به عنوان یک عامل محدود کننده عملکرد عمل کرده است.

در اثر متقابل بین سطوح آبیاری و سطوح پیش‌تیمار گیاهانی که در طول دوره رشدی خود به طور منظم آبیاری شده بودند و قبل از کاشت نیز بذورشان با غلظت 2800 میکرومولار سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شده بودند، دارای بیشترین LAI (2/672)، SLW ($7/59\ g/m^2$)، LAD (97/85)، NAR ($mg.cm^{-2}.day^{-1}$) 4/27)، عملکرد (3000 kg/ha) شاخص برداشت دانه (22/98) و شاخص برداشت روغن (7/76) بودند. میارصادقی و همکاران (1389) گزارش کردند که کمبود آب باعث کاهش معنی‌داری در سطح برگ کلزا گردید ولی تیمار با سالسیسیلیک اسید موجب تخفیف این اثرات و افزایش سطح برگ شده بود. آنیا و هرزوگ (2004) گزارش کردند که تنش خشکی، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد شاخه‌ها، سطح ویژه برگ (SLA) و LAR لوبیا چشم‌بلبلی را بطور متوسط در حدود 20-5 درصد و میزان سطح برگ و تعداد برگ‌ها را 50-40 درصد کاهش داد. کاستا و همکاران (1997) گزارش کردند که در باقلا و در تیمارهای تحت تنش، شاخص سطح برگ در شروع پر شدن دانه، عملکرد را تعیین می‌کند و هر چه شاخص سطح برگ در شرایط تنش بهتر حفظ شود، عملکرد دانه بیشتر خواهد شد. بنابه

اظهار اگریگ و همکاران (2007)انتخاب براساس سطح برگ و بیوماس در ذرت تحت شرایط تنش خشکی پتانسیل عملکرد را افزایش داد. باندروسکا و استرویسنکی (2005) گزارش کردند تیمار گیاه جو با سالیسیلیک اسید قبل از تنش، تأثیر مخرب کمبود آب روی غشاء سلولی در برگ‌ها را کاهش داد. تیمار گیاه با سالسیلیک اسید محتوای آبسزیک اسید در برگ‌های ژنوتیپ‌های جو وحشی (*Hordeum spontoneum* و *H. maresi*) را افزایش داد. افزایش در سطح پرولین فقط در گونه‌های وحشی *H. spontoneum* مشاهده شده بود. نتایج نشان داد که آبسزیک اسید و پرولین ممکن است، به توسعه واکنش‌های ضد تنشی القاء شده بوسیله سالسیلیک اسید کمک کنند. گزارش مشابهی در رابطه با افزایش میزان پرولین، غلظت کلروفیل و پایداری غشاء سلولی در کلزای تحت تنش خشکی و پیش‌تیمار شده با سالیسیلیک اسید توسط میارصادقی (1389) نیز انجام شده بود. در نتیجه پیش‌تیمار مقدار عملکرد و وزن خشک گیاهان کلزا افزایش یافت. خان و همکاران (2003) گزارش کردند کاربرد سالیسیلیک اسید، استیل سالیسیلیک اسید، جنتسییک اسید یا دیگر آنالوگ‌های سالیسیلیک اسید در برگ‌های ذرت و سویا موجب افزایش سطح برگ و بیوماس خشک این گیاهان گردید. بیشترین LWR ($0/233\ g^1g^{-1}$) مربوط به تیمار گیاهان شاهد و آبیاری منظم بود و بیشترین LAR ($65/77\ cm^2.g^{-1}$) مربوط به تیمار گیاهان شاهد و اعمال تنش پس از گلدهی بود. همچنین، بیشترین مقدار RGR ($88/31\ mg.mg^{-1}day^{-1}$) مربوط به گیاهانی بود که بذورشان قبل از کاشت با غلظت 1400 میکرومولار سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شده و آبیاری آنها در طول دوره رشدی پس از گلدهی قطع شده بود.

اگر چه در بین سطوح آبیاری در شرایط آبیاری نرمال از غلظت شاهد تا 2800 میکرومولار سالیسیلیک اسید شاخص‌های رشدی و شاخص برداشت در دانه و روغن بهبود یافت، ولی در تیمار قطع آبیاری این افزایش تا غلظت 1400 میکرومولار بوده و فراتر از این غلظت سالیسیلیک اسید اثر کاهش دهندگی مشاهده گردید. به طوری که در برخی موارد حتی تیمار شاهد نسبت به سطح 2800 میکرومولار تولید بهتری داشت (جدول 3). این مطلب احتمالا به دلیل توسعه سطح برگی و رشد رویشی بیشتر و سریع‌تر در مرحله قبل از گلدهی و قبل از اعمال تنش می‌باشد که در غلظت‌های بالای پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید، به علت بالا بودن LAI در زمان گلدهی و تخلیه سریع‌تر رطوبت خاک، در تیمارهایی با غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک اسید به عوض افزایش رشد و عملکرد، کاهش در میزان عملکرد و رشد دیده شد.

اثر متقابل بین رقم و پیش‌تیمار بر صفات LAR، NAR، RGR و شاخص برداشت روغن اثر معنی‌داری داشت. رقم Dincer در سطح پراپم 2800 میکرومولار با سالیسیلیک اسید دارای بیشترین NAR ($mg^1cm^{-2}day^{-1}$ 3/78)، RGR ($mg.mg^{-1}day^{-1}$ 78/85) و شاخص برداشت روغن (6/29) بود. کمترین شاخص برداشت روغن (2/57) مربوط به رقم محلی اصفهان در تیمار شاهد یا بذر خشک دیده شد(جدول 4). در تمامی ارقام، بذوری که با سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار نشده بودند یا با غلظت‌های کمتر پرایم شده بودند دارای بیشترین LAR بودند. در صورت تداوم RGR در طول زمان، RGR می‌تواند عامل تعیین کننده تجمع ماده خشک باشد. از آنجایی که RGR حاصلضرب NAR در LAR است، افزایش هر یک از آنها در صورت ثابت ماندن دیگری باعث افزایش سرعت رشد نسبی خواهد شد (وان درورف 1997).

کاهش درصد روغن به موازات اعمال تنش آبیاری بعد از گلدهی را می‌توان به کاهش سطح برگ، اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به مقصد یا دانه‌ها، یا افزایش میزان تنفس جهت جلوگیری از صدمات تنش نسبت داد. به نظر می‌رسد در گیاهانی که بذورشان با سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شده بودند، سالیسیلیک اسید از طریق افزایش میزان LAI در این گیاهان جهت استفاده بهینه از تشعشعات خورشیدی و افزایش سرعت فتوسنتز خالص (بالجانی 1389) باعث افزایش عملکرد دانه،

درصد روغن و در شاخص برداشت دانه و روغن در این گیاهان گردیده است.

اثر متقابل بین سطوح آبیاری، نوع رقم و سطوح پیش‌تیمار بر صفات LAI، LAD و NAR اثر معنی‌داری داشت (جدول 1). بیشترین LAI (3/089)، LAD (112/7) و NAR ($4/981 mg.cm^{-2}day^{-1}$) مربوط به رقم Dincer در تیمار 2800 میکرومولار سالیسیلیک اسید و شرایط آبیاری منظم بود ( جدول 5). اعمال تنش پس از گلدهی موجب کاهش شاخص‌های رشد در ارقام و تیمارهای پیش‌تیمار گردید. پیش تیمار کردن بذرها در هر چهار رقم باعث شد تا اثرات نامطلوب تنش خشکی کاهش یافته و مقادیر

**جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم با سطوح پرایمینگ**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 µM | Dincer | 59/54a | 1/95k | 50/81ij | 4/07def |
| | | 700 µM | | 43/96cd | 2/63fg | 60/68efgh | 4/49d |
| | | 1400 µM | | 36/18ef | 3/3b | 71/39abcd | 5/51b |
| | | 2100 µM | | 32/59f | 3/67a | 77/09ab | 5/4bc |
| | | 2800 µM | | 34/47ef | 3/78a | 78/85a | 6/29a |
| | | 0 µM | Local Isfahan | 59/36a | 1/92k | 50/30ij | 2/57k |
| | | 700 µM | | 52/35b | 2/17ij | 58/73fghi | 3/20ij |
| | | 1400 µM | | 40/26de | 2/84def | 70/85abcd | 3/69fgh |
| | | 2100 µM | | 38/81de | 2/88de | 63/43def | 3/97efg |
| | | 2800 µM | | 38/13ef | 3/16bc | 66/58cdef | 3/94efg |
| اثر متقابل رقم با سطوح پرایمینگ (BC) | | 0 µM | lesaf | 62/16a | 1/82k | 45/71j | 4/03def |
| | | 700 µM | | 48/13bc | 2/34hi | 59/26fghi | 4/46d |
| | | 1400 µM | | 38/94de | 3/01cd | 74/12abc | 4/99c |
| | | 2100 µM | | 35/34ef | 3/28b | 68/95ab | 5/19bc |
| | | 2800 µM | | 35/7ef | 3/61a | 77/28bcde | 5/66b |
| | | 0 µM | Gilla | 60/57a | 1/92k | 53/42ghij | 2/97jk |
| | | 700 µM | | 58/86a | 1/98jk | 52/60hij | 3/32hij |
| | | 1400 µM | | 46/37c | 2/49gh | 62/49defg | 3/50ghi |
| | | 2100 µM | | 45/93c | 2/48gh | 58/08fghi | 3/73fgh |
| | | 2800 µM | | 43/96cd | 2/73ef | 59/44fghi | 4/24de |

**جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری،رقم و سطوح پرایمینگ**

| NAR | | LAD | | LAI | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قطع آبیاری بعد از گلدهی | آبیاری بصورت منظم | قطع آبیاری بعد از گلدهی | آبیاری بصورت منظم | قطع آبیاری بعد از گلدهی | آبیاری بصورت منظم | | | |
| 1/86stu | 2/03rst | 68/03kl | 78/24fghi | 1/85jk | 2/12fgh | 0 µM | Dincer | اثر متقابل رقم با سطوح پرایمینگ |
| 2/52klmnop | 2/74ghijklm | 72/01ijk | 81/76efg | 1/95hij | 2/22efg | 700 µM | | |
| 3/6c | 3efgh | 77/04fghij | 92/99c | 2/09fghi | 2/54c | 1400 µM | | |
| 3/21def | 4/13b | 73/15hijk | 101/5b | 1/98hij | 2/77b | 2100 µM | | |
| 2/59jklmno | 4/98a | 71/15jk | 112/7a | 1/92ij | 3/08a | 2800 µM | | |
| 1/75tu | 2/09qrs | 56/19o | 71jk | 1/51n | 1/93ij | 0 µM | Local Isfahan | |
| 2/02rst | 2/33nopqr | 60/95mno | 75/34ghij | 1/64lmn | 2/05ghi | 700 µM | | |
| 2/86ghij | 2/81ghijk | 67/58klm | 78/88fgh | 1/83jkl | 2/14fgh | 1400 µM | | |
| 2/69hijklm | 3/06efg | 61/56lmno | 80/32efg | 1/66klmn | 2/18efg | 2100 µM | | |
| 2/35nopqr | 3/96b | 57/74no | 95/05c | 1/56mn | 2/59c | 2800 µM | | |
| 1/6u | 2/05rst | 59/9no | 72/36hijk | 1/61mn | 1/96hij | 0 µM | lesaf | |
| 2/27opqr | 2/41mnopq | 61/06mno | 80/38efg | 1/64lmn | 2/19efg | 700 µM | | |
| 3/28de | 2/73hijklm | 72/9hijk | 83/46ef | 1/98hij | 2/27ef | 1400 µM | | |
| 2/92fghi | 3/63c | 64/41lmn | 86/32de | 1/74klm | 2/35de | 2100 µM | | |
| 2/45lmnop | 4/77a | 62/68lmno | 93/74c | 1/69klmn | 2/55c | 2800 µM | | |
| 1/57u | 2/27opqr | 56/93o | 72/61hijk | 1/53n | 1/97hij | 0 µM | Gilla | |
| 1/67u | 2/28nopqr | 61/95lmno | 75/45ghij | 1/67klmn | 2/04ghi | 700 µM | | |
| 2/78ghijkl | 2/19pqr | 67/41klm | 77/39fghij | 1/82jkl | 2/1efghi | 1400 µM | | |
| 2/35nopqr | 2/61ijklmn | 63/98lmn | 82/02efg | 1/73klm | 2/22efg | 2100 µM | | |
| 2/09qrs | 3/38cd | 62/23lmno | 89/96cd | 1/68klmn | 2/44cd | 2800 µM | | |

شاخص‌های ذکر شده در مقایسه با تیمار شاهد افزایش پیدا کند. نکته قابل توجه در این بود که در شرایط آبیاری منظم با افزایش سطوح پیش‌تیمار یک روند افزایشی در شاخص‌ها دیده می‌شد. ولی در شرایط قطع آبیاری تقریبا در فراتر از تیمار 1400 میکرو مولار اثر بهبود دهندگی پیش تیمار با سالیسیلیک اسید کاهش پیدا کرد و روند نزولی در این شاخص‌ها دیده شد.

بطور کلی، به نظر می‌رسد با توجه به اینکه بذرهای پیش‌تیمار شده تولید گیاهانی با LAI بالاتر نمودند، در نتیجه میزان بالاتری از RGR و NAR در این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد دیده شد. اعمال تنش خشکی پس از گلدهی از طریق افزایش زوال برگ و کاهش میزان فتوسنتز موجب کاهش شاخص‌های رشدی ذکر شده گردید. در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش، دو رقم Dincer و Lesaf با قابلیت تولید ژنتیکی بالاتر نسبت به دو رقم دیگر توانستند با نمایش مقادیر بالاتری از شاخص‌های رشدی و حفظ سبزمانی بیشتر، عملکرد، شاخص برداشت دانه‌ای و روغنی بالایی در هکتار نماید. به نظر می‌رسد براساس نتایج آزمایش حاضر، برای شرایط آبیاری منظم غلظت 2800 میکرومولار و برای محیط‌هایی با تنش انتهای دوره رشد غلظت 1400 میکرومولار سالیسلیک اسید می‌تواند غلظت‌های مناسبی جهت انجام پیش‌تیمار باشد.

**منابع مورد استفاده**

آلیاری ه، شکاری ف و شکاری ف، 1379. دانه های روغنی. زراعت و فیزیولوژی . انتشارات عمیدی تبریز. 182ص.

بالجانی ر، 1389. تاثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر نمود و خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ تحت تنش کم آبی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.

شکاری ف، 1380. بررسی صفات مرتبط با تحمل به خشکی در لوبیا. گزارش طرح پژوهشی پژوهشکده فیزیولوژی و بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه زنجان.

شکاری ف، شکاری ف و اسفندیاری ع، 1389. فیزیولوژی تولید در گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه مراغه.

محمدی نیکپور ع ر، 1374. بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد گلرنگ در منطقه مشهد. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

میارصادقی س، 1389. تاثیر پرایمینگ سالیسیلیک اسید بر برخی خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک کلزا تحت تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.

میارصادقی س، شکاری ف، فتوت ر و زنگانی ا، 1389. تاثیر پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر بنیه و رشد گیاهچه کلزا در شرایط کمبود آب. مجله زیست شناسی گیاهی. سال دوم. شماره 6. صفحات 55-70.

نوربخشیان ج و رضایی ع، 1378. مطالعه همبستگی صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه در ارقام برنج. مجله علوم زراعی ایران. جلد 1(4): صفحات 65-55.

Al-Hakimi AMA and Hamada AM, 2001. Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. Biol Plant 44: 253–261.

Agric, J, Saleem, R, Saleem, U and Sobhani, GH 2007 Correlation and path analysis in maize. J Agric Res 45(3): 177-183.

Anyia AO and Herzog H, 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. Europ J Agron 20: 327-339.

Baker RJ and Gebyehou G, 1982. Comparative growth analysis of two spring wheats and one spring barley. Crop Sci 22: 1225-1229.

Bandurska H and Stroinski A, 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiol Plant 27: 379-386.

Cassto E, Ventricelli P and Coreto A, 1997. Response of hybrid and open pollinated safflower to increasing doses of nitrogen fertility. 15th International Safflower Confers. Italy. 98-103.

Cutt JR and Klessig DF, 1992. Salicylic acid in plants: A changing perspective. Pharmaceu Technol 16: 25–34.

Ehsanzadeh P, 1998. Agronomic and growth characteristics of spring spelt compared to common wheat. Ph. D. Thesis, University of Saskatchewan, Canada.

Engel R and Bergman J, 1997. Safflower seed yield and oil content as affected by water and N fertilizer. Fertilizer Facts, Montana State University. 14:124-127.

Gardner FP, Valle R and Mcclud D E, 1990. Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. Agron J 82:864-868.

Gifford RM and Evans LT, 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. Ann Rev Plant Physiol 32: 485-509.

Hunt R, 1982. Plant growth curves. Edward Arnold Pub. Ltd. London. Britain.

Karimi MM and Siddique KHM, 1991. Crop growth and relative rate of old and modern wheat cultivars. Aust J Agric Res 42:13-20.

Khan W, Prithiviraj B and Smith D, 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J Plant Physiol 160: 485–492.

Levitt J, 1980. Response of plants to environmental stresses. Vol. 2. Water, Radiation, Salt and other stresses. Acad. Press. New York.

Martin-Mex R, Villanueva-Couoh E, Herrera-Campos T and .Larqué-Saavedra A, 2001. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. Sci Hort 103: 499-502.

Ozturk E, Ozer H and Polat T, 2008. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non-irrigated conditions in highland environments. Plant Soil Environ 54 (10): 453-460.

Paleg IG and Aspinal D, 1981. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants.Acad. Press. New York.

Pessarkli M, 1993. Handbook of plart and crop stress. Marcel Dekker, Inc. PP 693.

Rajasekaran LR, Stiles A, Surette MA, Sturz AV, Blake TJ, Caldwell C and Nowak J, 2002. Stand establishment technologies for processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Can J Plant Sci 82: 443-450.

Raskin I, 1992. Role of salicylic acid in plants. Ann Rev Plant Physiol Mol Biol 43: 439-463.

Saleem R, Saleem U and Sobhani Gh, 2007. Correlatin and path analysis in maize. J Agric Res 45(3): 177-183.

Senaratna T, Touchell D, Bunn E and Dixon K, 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regul 30: 157-161.

Simane B, Peacock JM and Stuik PC, 1993. Differences in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. Plant Soil. 157:155-166.

Tadashi H and Theodore C, 1999. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at mid day in maize growing in the field. Field Crops Res 62:53-62.

Tardieu F, Reymond M, Hamard P, Granier C and Muller B, 2000. Spatial distributions of expansion rate, cell division rate and cell size in maize leaves: A synthesis of the effects of soil water status, evaporative demand and temperature. J. Exp Bot 51: 1505-1514.

Van der Werf A K 1997. Plant functional types in: Modeling Inter-Plant competition in Natural and Agro-Ecosystems. Workshop Report. Department of Theoretical Production Ecology, Wageningen Agricultural University. 12 to 14 November 1997. The Netherland.

Yamaguchi-Shinozaki K, Kasuga M and Liu Q, 2002. Biological mechanisms of drought stress response. Japan Inter Res Center for Agric Sci. Working Reports PP, 1-8.

**جدول 1- تجزیه واریانس شاخص های رشدی ارزیابی شده در گلرنگ**

| منابع تغییر | Df | LAI | SLW | LWR | LAR | LAD | NAR | RGR | عملکرد کل | شاخص برداشت دانه | شاخص برداشت روغن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | 2 | 0/031 | 36/246 | 0/2 | 1165/07 | 37/87 | 3/038 | 2185/514 | 1180723/108 | 2/475 | 8/718 |
| (A)سطوح آبیاری | 1 | 8/ 459** | 120/50 | 0/077 | 1245/432 | 10975/072 ** | 9/079* | 5408/262 | 75479327/008* | 3150/85 | 341/537* |
| E(a) | 2 | 0/015 | 13/237 | 0/018 | 84/186 | 25/837 | 0/12 | 1359/765 | 3277855/758 | 265/279 | 15/965 |
| رقم (B) | 3 | 0/768** | 5/423* | 0/001 | 511/55 ** | 989/191 ** | 3/023** | 598/002 | 2059818/764** | 269/049** | 22/819 ** |
| A×B | 3 | 0/019 | 1/87 | 0/001 | 15/188 | 21/8 | 0/047 | 546/343 | 414603/675 | 80/766* | 6/557* |
| E(b) | 12 | 0/041 | 1/35 | 0/004 | 51/558 | 50/162 | 0/15 | 182/106 | 180230/378 | 16/119 | 1/446 |
| (C)پیش‌تیمار | 4 | 0/541** | 11/358 ** | 0/007** | 2311/ 59** | 713/638 ** | 8/28** | 1812/962** | 891632/554** | 17/667** | 9/576** |
| A×C | 4 | 0/403** | 12/16 ** | 0/005** | 524/719** | 524/684 ** | 4/33 ** | 1751/338** | 503501/737** | 12/156** | 10/036** |
| B×C | 12 | 0/017 | 0/255 | 0/001 | 39/511* | 20/934 | 0/26 ** | 164/907** | 14969/965 | 0/796 | 0/312* |
| A×B×C | 12 | 0/024 * | 0/206 | 0/001 | 32/698 | 27/99 * | 0/19** | 83/602 | 23441/904 | 1/766 | 0/189 |
| Error | 64 | 0/010 | 0/256 | 0/001 | 18/929 | 12/165 | 0/03 | 47/556 | 17966/600 | 2/748 | 0/139 |
| Cv | - | 4/93 | 11/25 | 15/20 | 9/55 | 4/68 | 6/36 | 10/94 | 7/53 | 10/55 | 8/73 |

*و**: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد.

**جدول 2- نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح آبیاری، ارقام و سطوح پیش‌تیمار بر صفات مورد بررسی در آزمایش گلرنگ**

| | LAI | SLW $gr/m^2$ | LWR $g^1g^{-1}$ | LAR $cm^2g^1$ | LAD | NAR $mg^1cm^2day^{-1}$ | RGR $mg.mg^{-1}.day^{-1}$ | عملکرد کل (Kg/ha) | شاخص برداشت | شاخص برداشت روغن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سطوح آبیاری | | | | | | | | | | |
| شاهد | 2/290a | - | - | - | | 2/977a | - | 2572/700 a | - | 5/953a |
| قطع آبیاری بعد از گلدهی | 1/759b | - | - | - | 84/069a | 2/427b | - | 986/517 b | - | 2/579b |
| کولتیوار: | | | | | 64/943b | | | | | |
| Dincer | 2/258a | - | 5/002a | 41/35c | | 3/069a | - | 2071 a | 18/79a | 5/158a |
| local Isfahan | 1/913c | - | 4/292c | 45/78b | 82/85a | 2/598c | - | 1604 c | 13/11c | 3/480c |
| lesaf | 2/002b | - | 4/663b | 44/05b | 70/46c | 2/816b | - | 1926 b | 17/79b | 4/87b |
| Gilla | 1/927c | - | 4/031c | 51/14a | 73/72b | 2/323d | - | 1517 d | 13/18c | 3/556c |
| سطوح پرایمینگ: | | | | | 70/99c | | | | | |
| 0 µM | 1/816d | 3/55d | 0/217a | 60/41a | | 1/90e | 50/06c | 1512 d | 14/93c | 3/415d |
| 700 µM | 1/931c | 4/18c | 0/212a | 50/82b | 66/91d | 2/28d | 58/07b | 1652 c | 15/04c | 3/873c |
| 1400 µM | 2/099b | 4/63b | 0/19b | 40/44c | 71/11c | 2/91c | 68/97a | 1857 b | 15/45bc | 4/427b |
| 2100 µM | 2/082b | 4/71b | 0/177b | 38/17c | 77/20b | 3/08b | 68/45a | 1891 b | 16/21ab | 4/578b |
| 2800 µM | 2/195a | 5/40a | 0/187b | 38/07c | 76/65b | 3/32a | 69/71a | 1986 a | 16/96a | 5/036a |

* میانگین های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 % تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

**جدول3- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و سطوح پیش‌تیمار بذر گلرنگ با سالیسیلیک اسید.**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاخص برداشت روغن | شاخص برداشت دانه | عملکرد (Kg/ha) | RGR $mg.mg^{-1}$ $day^{-1}$ | NAR $mg^1cm^2$ $day^{-1}$ | LAD | LAR $Cm^2g^1$ | LWR $g^1g^{-1}$ | SLW $gr/m^2$ | LAI | | | |
| 4/62e | 19/37b | 2173e | 45/72e | 2/11f | 73/55e | 55/05b | 0/233a | 3/91de | 2/001e | 0 µM | شاهد | اثر متقابل سطوح آبیاری و سطوح پرایمینگ AC |
| 5/24d | 19/66b | 2365d | 49/76de | 2/44e | 78/23d | 47/84c | 0/219ab | 4/87c | 2/129d | 700 µM | | |
| 5/65c | 20/24b | 2571c | 51/12de | 2/68d | 83/18c | 44/02d | 0/228a | 5/19c | 2/265c | 1400 µM | | |
| 6/48b | 21/97a | 2754b | 61/44c | 3/36b | 87/53b | 35/99f | 0/212ab | 5/90b | 2/386b | 2100 µm | | |
| 7/76a | 22/98a | 3000a | 73/65b | 4/27a | 97/85a | 28/89g | 0/218ab | 7/59a | 2/672a | 2800 µM | | |
| 2/20h | 10/48c | 851/6h | 54/4d | 1/69g | 60/26g | 65/77a | 0/215ab | 3/18f | 1/631g | 0 µM | قطع آبیاری بعد از گلدهی | |
| 2/50gh | 10/42c | 938/8gh | 66/38c | 2/12f | 63/99f | 53/81b | 0/191b | 3/48ef | 1/733f | 700 µM | | |
| 3/204f | 10/67c | 1143f | 88/31a | 3/13c | 71/23e | 36/85ef | 0/151c | 4/06d | 1/933e | 1400 µM | | |
| 2/67g | 10/46c | 1027g | 76/5b | 2/79d | 65/78f | 40/34e | 0/143c | 3/52ef | 1/780f | 2100 µM | | |
| 2/30h | 10/94c | 971/9g | 63/25c | 2/37e | 63/45f | 47/24cd | 0/155c | 3/21f | 1/718f | 2800 µM | | |