

اثر تنش کمبود آب و مصرف اسید سالیسیلیک بر عملکرد روغن و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

- محمد سببی^{۱*}، محمد میرزاخانی^۲، مسعود گماریان^۲ و سیدحسام‌الدین یعقوبی^۲
۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فراهان، گروه کشاورزی، فراهان، ایران.
۳. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه زراعت و اصلاح نباتات، اراک، ایران.
۴. دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه زراعت و اصلاح نباتات، اراک، ایران.
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۱ - تاریخ تصویب: ۹۱/۱۱/۳۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب و مصرف اسید سالیسیلیک بر عملکرد روغن و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام مختلف آفتابگردان، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در این آزمایش تنش آبی عامل اصلی در سه سطح I_0 آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (شاهد)، I_1 آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، I_2 آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید) در کرت‌های اصلی و ارقام مختلف آفتابگردان در سه سطح V_1 رقم آذرگل، V_2 رقم آلتستار، V_3 رقم اروفلور و مصرف اسید سالیسیلیک در دو سطح SA_0 عدم مصرف اسید سالیسیلیک و SA_1 مصرف اسید سالیسیلیک به مثابه عوامل فرعی به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار داده شد. نتایج نشان داد سطوح مختلف تنش کمبود آب و ارقام مختلف آفتابگردان بر صفاتی چون عملکرد دانه، وزن هکتولتر، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد روغن، میزان آب نسبی، کمبود آب اشباع و سرعت از دست دادن آب اختلاف بسیار معناداری ($P < 0/01$) نشان داد. همچنین، مصرف اسید سالیسیلیک نیز روی تمامی صفات اندازه‌گیری شده به غیر از عملکرد دانه در سطح آماری ۱ درصد معنادار شد. طبق نتایج به دست آمده در بین ارقام مختلف آفتابگردان بیشترین عملکرد روغن با میانگین ۱۲۷۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم آلتستار بود. همچنین، با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نیز عملکرد روغن افزایش پیدا کرد، به طوری که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۵/۳۳ درصدی عملکرد روغن نسبت به تیمار عدم مصرف آن شد.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، تنش آبی، رطوبت نسبی، شاخص برداشت، وزن هکتولتر.

مقدمه

ایجاد تغییر در فعالیت‌های فیزیولوژیکی طبیعی همه گیاهان می‌شود. همه این تنش‌ها ظرفیت بیوسنتزی گیاهان را کاهش می‌دهند و ممکن است موجب ایجاد خساراتی شوند که گیاهان را نابود می‌کند (Lichtenhaler, 1996). در شرایط تنش کمبود آب، گیاه به منظور ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی، از جمله پرولین و ممانعت از تجزیه پرولین و جلوگیری از ورود پرولین به چرخه ساخت پروتئین یا افزایش تجزیه پروتئین وارد عمل می‌شود، که ممکن است با کاهش رشد همراه باشد (Bandurska & Stroinski, 2003).

تنش‌های محیطی مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان‌اند. چنانچه تنش‌های محیطی حادث نمی‌شدند، عملکردهای واقعی باید برابر با عملکردهای پتانسیل گیاهان می‌بود؛ در حالی که در بسیاری از گیاهان زراعی متوسط عملکرد گیاهان کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد پتانسیل عملکرد آن‌هاست (Kafi & Mahdavi Damghani, 2002). تنش‌های زیستی (پاتوژن و رقابت با دیگر ارگانیسم‌ها) و غیرزیستی (خشکی، شوری، پرتوها، درجه حرارت بالا یا یخبندان) باعث

گیاهان عبارت‌اند از اسید جازمونیک، اسید سالیسیلیک و اتیلن که ترکیبات شبه‌هورمونی‌اند و نقش مهمی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله فتوسنتز دارند (Arfan *et al.*, 2007). اسید سالیسیلیک از ترکیبات فنلی است که در تعداد زیادی از گیاهان وجود دارد. این ترکیب امروزه ماده‌ای شبه‌هورمونی محسوب می‌شود که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (Kang, 2003). اسید سالیسیلیک نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی بر عهده دارد (Raskin, 1992). سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قراردارند، نقش حفاظتی دارد. اسید سالیسیلیک به طور مستقیم یا غیرمستقیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را فعال می‌کند و با افزایش فعالیت آن‌ها موجب پاک‌سازی اکسیژن‌های رادیکال آزاد (ROS) ایجاد شده در اثر تنش می‌شود (Cag *et al.*, 2009). اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقاومت به شوری در گیاهچه‌های گندم (Shakirova & Bezrukova, 1997) و مقاومت به کمبود آب می‌گردد (Bezrukova *et al.*, 2001). همچنین، اسید سالیسیلیک عملکرد گیاه را در شرایط شوری و تنش و بیماری‌ها افزایش می‌دهد. یکی از راه‌حل‌های ممکن برای بهتر شدن مقاومت به تنش خشکی در مراحل مهم رشد آفتابگردان استفاده از اسید سالیسیلیک است (He *et al.*, 2005). تیمار با اسید سالیسیلیک، افزایش در سطح اسید آبسزیک را نشان می‌دهد که بیانگر افزایش واکنش‌های حفاظتی برای کاهش آثار تنش روی رشد و تسریع میزان رشد و افزایش واکنش‌های ضد تنشی مثل ذخیره پرولین است (Farida *et al.*, 2003). اسید سالیسیلیک نقش مهمی در تنظیم تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیکی دارد، شامل فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، سنتز کلروفیل، سنتز پروتئین، ممانعت از بیوسنتز اتیلن، جذب و انتقال عناصر بازی (Klessig & Malamy, 1994).

پژوهشگران زیادی کاهش عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Goksoy *et al.*, 2004). تنش خشکی پیری زودرس برگ‌ها، کاهش تعداد برگ، قطر طبق، سطح برگ، وزن هزاردانه و در نتیجه عملکرد دانه در آفتابگردان را سبب می‌شود (Yegappan *et al.*, 1982). در تحقیقی بیشترین

تنش خشکی یکی از فاکتورهای محیطی محدودکننده فتوسنتز گیاهان است (Malakuti *et al.*, 2005). وقتی روزنه‌ها به علت تنش خشکی یا دمای زیاد بسته می‌شوند، دی‌اکسید کربن در دسترس کاهش می‌یابد، بنابراین انتقال الکترون در اثر محدودیت دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد و در نتیجه قدرت جذب ساخت محدود می‌شود (Malakouti *et al.*, 2005; Havaux *et al.*, 2007a). تنش‌های محیطی با تغییر ساختمان غشا از نظر کمیت و کیفیت اسیده‌های چرب و پروتئین‌ها بر رشد گیاه تأثیر دارند (Majidi heravan, 1994). با کاهش مقدار آب نسبی برگ (RWC)، اشباع نوری فتوسنتز و عملکرد کوانتومی، هردو کاهش می‌یابند. در پژوهشی روی گیاه گلرنگ گزارش شد با افزایش شدت تنش خشکی میزان آب نسبی (RWC) کاهش می‌یابد (Sibi *et al.*, 2012).

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین منابع تولید روغن در جهان به شمار می‌رود (FAS, 2005). مقدار روغن دانه در ارقام مختلف آفتابگردان بسیار متغیر است و به ۴۰-۵۰ درصد می‌رسد. نیاز آبی زراعت آفتابگردان در دوره رشد در حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر بارندگی برآورد می‌شود. با افزایش مقدار آب تولید ماده خشک بیشتر می‌شود، ولی گیاه می‌تواند در صورت کاهش میزان آب در دسترس، تا حدودی خود را با شرایط محیطی سازگار کند (Alyari & Shekari, 2000). آفتابگردان محصول زراعی متحمل به خشکی با سیستم ریشه‌ای عمیق است (Angadi & Entz, 2002). کشت این گیاه به اراضی دیم و نیمه‌خشک دنیا تمایل یافته است. بنابراین، تنش خشکی و کم‌آبی عاملی محدودکننده برای گیاه آفتابگردان است و در گزارش‌های مختلفی به آثار تنش کم‌آبی و آبیاری محدود بر بسیاری از صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، زراعی و فیزیولوژیک آفتابگردان اشاره شده است (Rafiei *et al.*, 2005; Khani *et al.*, 2005).

گاهی در شرایط تنش ممکن است قدرت آنتی‌اکسیدانی به‌منظور کاهش اثر آسیب‌های اکسایشی کافی نباشد، لذا تولید مولکول‌های سیگنال در گیاهان گام مهمی در پاسخ آن‌ها به تنش‌های محیطی محسوب می‌شود. چندین مولکول سیگنالی شناسایی شده در

انجام شد. کرت‌های اصلی به تنش آبی در سه سطح I_0 آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (شاهد)، I_1 آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، I_2 آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و کرت‌های فرعی به صورت فاکتوریل به ارقام مختلف آفتابگردان در سه سطح V_1 رقم آذرگل، V_2 رقم آلتستار، V_3 رقم اروفلور و مصرف اسید سالیسیلیک در دو سطح SA_0 عدم مصرف، SA_1 مصرف سالیسیلیک (به صورت محلول‌پاشی با غلظت ۳۰۰ پی‌پی‌ام. Noreen & Ashraf, 2008) اختصاص یافتند. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۶۰ سانتی‌متر و برای حصول تراکم ۶/۶۶ بوته در مترمربع فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که هر کرت شامل چهار خط کشت به طول ۶ متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی از یکدیگر نیز دو خط نکاشت (۱۲۰ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. نمونه خاک از مزرعه تهیه و بر اساس نتیجه آزمایش خاک کودهای نیتروژن و فسفر به ترتیب به مقدار ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منابع اوره و سوپر فسفات تریپل در اختیار گیاهان قرارگرفت. کود فسفر در زمان کاشت به طور کامل به زمین داده شد و یک‌سوم کود نیتروژن به صورت پایه و مابقی به صورت سرک که یک‌سوم آن در زمان ساقه رفتن و یک‌سوم مابقی آن در زمان شروع طبق‌دهی به زمین داده شد.

در زمان برداشت تعداد ده بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن آثار حاشیه‌ای به طور کاملاً تصادفی انتخاب شد و صفاتی چون عملکرد دانه، وزن هکتولیتیر، شاخص برداشت کل، درصد روغن، عملکرد روغن، میزان آب نسبی، کمبود آب اشباع و سرعت از دست دادن آب اندازه‌گیری و ثبت شد. طول دوره رشد رقم هیبرید آذرگل که هیبریدی ایرانی است تقریباً ۱۱۵ روز، طول پرشدن دانه ۵۵ روز و تیپ رشدی آن دیررس است. این هیبرید طول ساقه بلندی دارد و تقریباً ۴۳ درصد روغن است. طول دوره رشد رقم هیبرید آلتستار که هیبریدی فرانسوی است تقریباً ۹۰ روز، طول پرشدن دانه حدوداً ۳۵ روز و تیپ رشدی آن زودرس است. این هیبرید طول ساقه کوتاه‌تری نسبت به هیبرید آذرگل و تقریباً ۴۲ درصد روغن دارد. طول دوره رشد رقم هیبرید اروفلور که هیبریدی فرانسوی است تقریباً ۱۰۵ روز،

تعداد دانه پوک در تیمار حداکثر تنش، و کمترین آن در تیمار شاهد به دست آمد (Abbasi Seyahjani et al., 2009). برخی محققان بیان داشتند که صفت عملکرد بیولوژیک در گیاه گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی قرارگرفت و در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (Ashkani et al., 2007). صفوی (Safavi, 2010) اظهار داشت تنش خشکی باعث کاهش درصد آب برگ در گیاه آفتابگردان می‌شود. یوسفوند (Yousefvand, 2011) اعلام کرد بیشترین تعداد برگ در بوته معادل ۲۱/۷۸ برگ مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین تعداد برگ در بوته با متوسط ۱۱/۱۶ برگ مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. استفاده از اسید سالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی در برگ، عملکرد دانه را افزایش می‌دهد و در مرحله گلدهی نیز باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Ahmad alias Haji et al., 2007). در لوبیا با کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Senaranta et al., 2002). در گیاه گلرنگ با مصرف اسید سالیسیلیک درصد آب برگ نسبت به تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک افزایش نشان می‌دهد (Mirzakhani & Sibi, 2011). در پژوهشی روی گیاه گلرنگ عنوان شد که در شرایط تنش کمبود آب با مصرف اسید سالیسیلیک میزان کمبود آب اشباع (WSD) کاهش یافت (Sibi et al., 2012).

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش کمبود آب و مصرف اسید سالیسیلیک بر عملکرد روغن و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مختلف آفتابگردان، در سال ۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک واقع در شهرستان اراک این آزمایش انجام شد. از نظر جغرافیایی این مزرعه آموزشی-تحقیقاتی در طول و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۵۷ متر قراردارد. این منطقه تابستان‌های ملایم تا گرم و زمستان‌های سرد دارد.

این تحقیق به صورت طرح اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار

آمریکایی شیمیدانان غلات (AACC) انجام گرفت؛ بدین شکل که ابتدا استوانه‌مدرجی به حجم ۱۰۰۰ سی‌سی را وزن و یادداشت می‌کنیم. سپس، استوانه‌مدرج را با دانه‌های آفتابگردان پر می‌کنیم، به طوری که فضای خالی بین دانه‌ها وجود نداشته باشد. سپس، مجدداً بشر را وزن و یادداشت می‌کنیم. وزن به دست آمده را در فرمول تعیین وزن هکتولیتتر قرار می‌دهیم و بر حسب کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر محاسبات را انجام می‌دهیم (Greenaway et al., 1977). از روابط زیر برای محاسبه وزن هکتولیتتر، شاخص برداشت کل، محتوای آب نسبی^۱ (Kuchaki et al., 1997; Siddiqi & Ashraf, 2008)، کمبود آب اشباع^۲ (Stocker, 1929) و سرعت از دست دادن آب^۳ (Clark & McCaig, 1982; Ashkani et al., 2007) استفاده شد.

طول پر شدن دانه ۴۵ روز و تیپ رشدی آن دیررس است. این هیبرید ساقه کوتاهی دارد و تقریباً دارای ۳۸ درصد روغن است (Akbari et al., 2008). تمامی هیبریدها هم‌زمان در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۲ کشت شدند. محاسبه درصد روغن دانه به روش سوکسیله انجام گرفت. به این صورت که دانه‌ها پس از خشک شدن در اتوو، پودر شدند و در کارتریج سلولزی قرار گرفتند و در محفظه بالایی دستگاه مستقر شدند. حلال دی‌اتیل اتر در محفظه پایینی وارد و گرم‌کننده دستگاه روشن شد. با گرم شدن محفظه پایینی، بخار حلال داغ به محتویات پودر دانه‌ها رسید و مایع ایجاد شده چربی را در خود حل کرد و از طریق مجرای مخصوص خارج و جداگانه جمع‌آوری شد. سپس، حلال اولیه تبخیر و چربی به‌جا مانده توزین شد (Dingler's, 1879). اندازه‌گیری وزن هکتولیتتر بر اساس دستورالعمل شماره ۵۵-۱۰ انجمن

وزن بشر خالی - وزن بشر پر از دانه‌های آفتابگردان = وزن هکتولیتتر

$$100 \times \{ \text{عملکرد بیولوژیک کل گیاه} / \text{عملکرد دانه کل گیاه} \} = \text{شاخص برداشت کل}$$

$$100 \times \{ (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن برگ اشباع از آب}) / (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تر برگ تازه}) \} = \text{محتوای آب نسبی}$$

$$100 \times \{ (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن برگ اشباع از آب}) / (\text{وزن برگ تازه} - \text{وزن برگ اشباع از آب}) \} = \text{کمبود آب اشباع}$$

$$\{ (w_0 - w_2) + (w_2 - w_4) + (w_4 - w_6) \} / \{ 3 \times w_d \times (t_2 - t_1) \} = \text{سرعت از دست دادن آب}$$

در این فرمول برای جایگذاری اعداد تشتک تبخیر که از نوع کلاس A بود از آمارهای روزانه ایستگاه هواشناسی دانشگاه (در مجاورت مزرعه) استفاده شد. دبی آب ورودی سیفون‌ها محاسبه شد و ضریب گیاهی (ضریب گیاهی آفتابگردان ۱/۱) از جدول کتاب نیاز آبی گیاهان در ایران به دست آمد (Alizadeh & Kamali, 2008). سپس، با توجه به اعداد به‌دست آمده و میزان اعمال تنش، آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاهان انجام شد. پس از تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.0. میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

w_0 وزن برگ تازه، w_2 وزن برگ بعد از گذشت ۲ ساعت از قطع گیاه، w_4 وزن برگ بعد از گذشت ۴ ساعت از قطع گیاه، w_6 وزن برگ بعد از گذشت ۶ ساعت از قطع گیاه، w_d وزن خشک برگ، $(t_2 - t_1)$ فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری وزن برگ، که در این آزمایش ۲ ساعت بوده است.

نحوه اعمال تنش از ابتدای ساقه‌دهی گیاه با استفاده از فرمول زیر محاسبه و انجام شد (Alizadeh & Kamali, 2008):

$$60 \div \{ (\text{دبی آب ورودی}) \div (\text{ارتفاع تبخیر از تشتک}) \times$$

$$\text{حجم تشتک تبخیر} \times \text{راندمان آبیاری} \times \text{مساحت کرت} \times$$

$$\text{ضریب گیاهی} \times 1000 \}$$

1. Relative water content
2. Water saturation deficit
3. Rate of water loss

نتایج و بحث

میزان آب نسبی

در جدول تجزیه واریانس صفات، محتوای آب نسبی تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی، رقم، مصرف اسید سالیسیلیک و آثار متقابل آن‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنادار بود (جدول ۱). در جدول مقایسه میانگین آثار اصلی، با افزایش شدت تنش آبی، محتوای آب نسبی برگ کاهش یافت، به طوری که بیشترین و کمترین محتوای آب نسبی برگ با میانگین‌های ۹۰/۵۱ و ۸۵/۸۷ درصد به ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری براساس ۱۰۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۲). در بین ارقام مختلف آفتابگردان، بیشترین محتوای آب نسبی برگ با میانگین ۹۱/۸۶ درصد مربوط به رقم آلستار و کمترین محتوای آب نسبی برگ با میانگین ۸۴/۶۷ درصد مربوط به رقم آذرگل بود (جدول ۲). با مصرف اسید سالیسیلیک نیز محتوای آب نسبی برگ افزایش یافت، به طوری که بیشترین مقدار آن با ۸۹/۱۲ درصد از تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به دست آمد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین آثار متقابل سه گانه صفات، بیشترین میزان محتوای آب نسبی با میانگین ۹۵/۳۶ درصد متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آلستار + محلول پاشی اسید سالیسیلیک) و کمترین آن با میانگین ۸۰/۵۱ درصد متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آذرگل + عدم مصرف اسید سالیسیلیک)

بود (جدول ۳). با افزایش شدت تنش آبی، شرایط جذب آب برای گیاهان مشکل‌تر خواهد شد. در نتیجه، مقدار آب موجود در سلول‌های بافت گیاهی از حالت تورژسانس فاصله خواهد گرفت. کاهش محتوای آب باعث تأثیر منفی بر تقسیم سلولی و رشد و نمو گیاه می‌شود. مصرف اسید سالیسیلیک نیز موجب افزایش توانایی سیستم دفاعی گیاه و کاهش تعرق در گیاه می‌شود و میزان آب نسبی برگ در زمان محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بیشتر از زمانی است که اسید سالیسیلیک مصرف نشد.

فراست (Ferasat, 2010) عنوان کرد بیشترین محتوای آب نسبی در تیمار آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با محتوای ۸۸/۲۷ درصد و کمترین محتوای آب نسبی در تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با محتوای ۶۵/۸۴ درصد است. سیبی (Sibi, 2011) عنوان کرد که میزان آب نسبی برگ تحت تأثیر تنش آبی در سطح آماری ۱ درصد معنادار بود. در تحقیقات بیشترین و کمترین میزان آب نسبی برگ با میانگین‌های ۸۰/۵۹ و ۷۲/۶۳ درصد به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری براساس ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه است. همچنین، وی عنوان کرد با مصرف اسید سالیسیلیک بیشترین میزان آب نسبی برگ با میانگین ۷۷/۶۷ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک به دست آمد.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات

منابع تغییرات	۳	میزان آب نسبی کمبود آب اشباع	سرعت از دست دادن آب	میانگین مربعات			عملکرد دانه	وزن هکتولتر شاخص برداشت درصد روغن	عملکرد روغن
				۱	۲	۳			
تکرار	۳	۰/۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۵ ^{ns}	۸/۹۴ ^{ns}	۴۷۴۴۳/۴۶ ^{ns}	۹۹۹۹/۵۴ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	
آبیاری	۲	۴۰/۴۷ ^{**}	۰/۰۰۰۰۸ ^{**}	۲۰۳۱۱۹۳۳/۲۰ ^{**}	۴۴۹۳۳/۵۱ ^{**}	۳۸۹۳۴۸۲/۹۵ ^{**}	۴/۰۰۹ ^{**}	۵۳/۹۶ ^{**}	
خطای عامل اصلی	۶	۰/۳۱	۰/۰۰۰۰۵	۸/۹۸	۴۹۹۳۴/۳۹	۵۹۶۸/۷۴	۰/۲۹	۰/۲۱	
رقم	۲	۳۹۲/۴۸ ^{**}	۰/۰۰۰۰۳ ^{**}	۲۲۲۲۸۳۹/۲۳ ^{**}	۶۴۷۰/۲۵ ^{**}	۳۵۳۰۸۶/۴۵ ^{**}	۱۵/۸۶ ^{**}	۶۹/۷۷ ^{**}	
اسید سالیسیلیک	۱	۱۴/۸۵ ^{**}	۰/۰۰۰۰۲ ^{**}	۴۴۶۳۷/۲۳ ^{ns}	۶۸۲/۵۹ ^{**}	۶۴۹۹۶/۳۷ ^{**}	۲۵/۲۱ ^{**}	۳۱/۲۳ ^{**}	
آبیاری × رقم	۴	۰/۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۶ ^{**}	۱۷۷۰۵۱/۱۴ ^{**}	۴۱۵۳/۹۸ ^{**}	۳۰۶۱۲/۶۲ ^{**}	۱/۸۰ ^{ns}	۲/۹۶ ^{**}	
آبیاری × اسید سالیسیلیک	۲	۱/۳۶ [*]	۰/۰۰۰۰۲ ^{**}	۳۰۵۴/۹۲ ^{**}	۳۹۵/۴۲ ^{**}	۲۱۹۰/۳۱ ^{ns}	۷/۵۱ ^{**}	۱/۲۸ ^{**}	
رقم × اسید سالیسیلیک	۲	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲ ^{**}	۹۴۶۴/۹۸ ^{ns}	۱۲۶۴/۵۴ ^{**}	۶۹۵۳/۶۷ ^{**}	۶/۶۶ ^{**}	۲/۱۷ ^{**}	
آبیاری × رقم × اسید سالیسیلیک	۴	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲ [*]	۲۸۱۵۴/۳۵ ^{ns}	۴۳۴/۹۸ ^{**}	۶۵۴۷/۴۰ ^{**}	۴/۳۱ ^{**}	۰/۷۷ [*]	
خطای عامل فرعی	۴۵	۰/۶۵	۰/۰۰۰۰۲	۱۲۶۲۴/۲۷	۱۱/۰۰۲	۲۲۰/۱/۷۱	۰/۷۷	۰/۲۳	
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۹۱	۴/۶۹	۷/۱۶	۳/۷۷	۳/۸۵	۷/۸۲	۱/۲۴	۴/۰۲

ns, **, * به ترتیب غیرمعنادار، معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های آثار اصلی صفات

تیمار	میزان آب نسبی (درصد)	کمبود آب اشباع (درصد)	سرعت از دست دادن آب (گرم بر گرم در ساعت)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هکتولتر (کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر)	شاخص برداشت (درصد)	درصد روغن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن
تنش آبی (I)								
I ₀	۹۰/۵۱ a	۹/۹۴ c	۰/۰۲۷ a	۳۸۹۱ a	۴۲/۷۶ a	۴۸/۳۰ b	۴۰/۳۹ a	۱۵۷۲ a
I ₁	۸۹/۱۶ b	۱۱/۳۹ b	۰/۰۲۱ b	۲۹۹۳ b	۳۹/۹۸ b	۴۸/۱۸ b	۳۸/۹۱ b	۱۱۶۵ b
I ₂	۸۵/۸۷ c	۱۲/۵۳ a	۰/۰۱۵ c	۲۰۵۲ c	۳۴/۲۷ c	۴۸/۹۴ a	۳۷/۳۹ c	۷۶۷ c
رقم (V)								
V ₁	۸۴/۶۷ c	۱۵/۳۳ a	۰/۰۲۲ b	۲۸۹۵ b	۴۰/۴۴ a	۴۹/۳۵ a	۴۰/۸۴ a	۱۱۸۸ b
V ₂	۹۱/۸۶ a	۷/۲۴ c	۰/۰۲۴ a	۳۳۱۶ a	۳۹/۳۷ b	۴۷/۷۵ c	۳۸/۱۸ b	۱۲۷۸ a
V ₃	۸۹/۰۱ b	۱۱/۳۰ b	۰/۰۱۷ c	۲۷۲۵ c	۳۷/۲۱ c	۴۸/۳۱ b	۳۷/۶۷ c	۱۰۳۸ c
اسید سالیسیلیک (SA)								
SA ₀	۸۷/۹۰ b	۱۱/۷۴ a	۰/۰۲۱ a	۲۹۵۴ a	۳۹/۳۱ a	۴۷/۸۸ b	۳۸/۲۴ b	۱۱۳۸ b
SA ₁	۸۹/۱۲ a	۱۰/۸۳ b	۰/۰۲۰ b	۳۰۰۴ a	۳۸/۷۰ b	۴۹/۰۷ a	۳۹/۵۵ a	۱۱۹۸ a

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک‌اند، اختلاف آماری معناداری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. تنش آبی (I): I₀ = ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، I₁ = ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، I₂ = ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه. رقم (V): V₁ = آذرگل، V₂ = آلستار، V₃ = اروفلور. اسید سالیسیلیک (SA): SA₀ = عدم مصرف، SA₁ = محلول پاشی.

درصد متعلق به تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین آثار سه گانه صفات نشان داد بیشترین مقدار کمبود آب اشباع با میانگین ۱۶/۸۷ درصد متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آذرگل + عدم مصرف اسید سالیسیلیک) و کمترین مقدار کمبود آب اشباع با میانگین ۵/۶۰ درصد مربوط به تیمار (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آلستار + محلول پاشی اسید سالیسیلیک) بود (جدول ۳).

سلول‌های گیاهی، تنها زمانی قادر به رشد و تقسیم سلولی‌اند که در وضعیت تورژسانس آبی قرار داشته باشند. در اکثر گیاهان با کاهش درصد آب موجود در سلول به کمتر از ۹۰ درصد، تقسیم سلولی متوقف می‌شود. بنابراین، با افزایش مقدار کمبود آب اشباع، سرعت رشد گیاه کاهش می‌یابد. با افزایش شدت تنش آبی، آب موجود در بافت‌های گیاهی کاهش و در نتیجه مقدار کمبود آب اشباع افزایش خواهد یافت. سلول‌های گیاهی زمانی به حداکثر اشباع آبی خواهند رسید، که ریشه‌های گیاه هیچ گونه محدودیتی برای جذب آب از زمین نداشته باشند. در نتیجه انتظار می‌رود که بیشترین مقدار کمبود آب اشباع از تیمار تنش آبی شدید به دست آید. همچنین، با مصرف اسید سالیسیلیک و توانایی این ماده در ایجاد سیگنال طی فرایند ارسال سیگنال در تمام قسمت‌های گیاه و ایجاد حالت دفاعی در گیاه هنگام مواجهه با تنش‌های محیطی و در نهایت

صفوی و همکاران (Safavi et al., 2011) در مطالعه خود اظهار داشتند تنش خشکی در محتوای آب نسبی اختلاف معناداری نداشت. در تحقیقی دیگر، اثر اسید سالیسیلیک بر صفات محتوای نسبی آب‌بافت در شرایط تنش معنادار شد (Kordi et al., 2011).

کمبود آب اشباع

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس صفات، کمبود آب اشباع تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی، رقم و مصرف اسید سالیسیلیک در سطح آماری ۱ درصد و اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک در سطح آماری ۵ درصد معنادار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین آثار اصلی صفات نشان داد با افزایش شدت تنش آبی میزان کمبود آب اشباع برگ نیز افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان کمبود آب اشباع با میانگین ۱۲/۵۳ درصد مربوط به آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید آبی) و کمترین مقدار آن با میانگین ۹/۹۴ درصد مربوط به تیمار آبیاری نرمال (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول ۲). در بین ارقام مختلف آفتابگردان نیز بیشترین میزان کمبود آب اشباع با میانگین ۱۵/۳۳ درصد مربوط به رقم آذرگل و کمترین میزان کمبود آب اشباع با میانگین ۷/۲۴ درصد متعلق به رقم آلستار بود. با مصرف اسید سالیسیلیک نیز کمبود آب اشباع کاهش نشان داد، به طوری که بیشترین میزان کمبود آب اشباع با میانگین ۱۱/۷۴

کاهش تعرق، مقدار آب مورد نیاز برگ حفظ می‌شود و تقسیم سلولی و رشد سلولی به صورت مطلوب‌تری نسبت به حالت عدم مصرف اسید سالیسیلیک صورت می‌گیرد.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های آثار متقابل سه گانه صفات

تیمار	میزان آب نسبی (درصد)	کمبود آب اشباع سرعت از دست دادن آب (گرم بر گرم در ساعت)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هکتولتر (کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر)	شاخص برداشت (درصد)	درصد روغن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن
تنش آبی × رقم × اسید سالیسیلیک (I × V × SA)							
I ₀ V ₁ SA ₀	۸۵/۴۹ g	۱۴/۲۴ c	۰/۰۳۰ a	۳۷۸۲ b	۴۳/۵۳ bc	۴۷/۰۳ fg	۴۱/۲۰ b
I ₀ V ₁ SA ₁	۸۸/۸۲ d-f	۱۲/۹۹ d	۰/۰۳۰ a	۳۷۱۷ bc	۴۴/۳۳ a	۵۲/۵۶ a	۴۱/۹۵ a
I ₀ V ₂ SA ₀	۹۴/۶۸ a	۶/۵۵ j	۰/۰۳۰ a	۴۳۰۹ a	۴۳/۲۵ c	۴۶/۵۷ g	۳۹/۰۲ de
I ₀ V ₂ SA ₁	۹۵/۳۶ a	۵/۶۰ k	۰/۰۳۰ a	۴۴۱۲ a	۴۴/۴۰ a	۴۸/۲۶ c-f	۴۰/۹۰ b
I ₀ V ₃ SA ₀	۹۰/۶۲ c	۱۱/۱۱ f	۰/۰۲۰ b	۳۵۳۱ d	۴۱/۵۲ d	۴۷/۵۹ d-g	۳۸/۳۵ e
I ₀ V ₃ SA ₁	۸۸/۰۹ ef	۹/۱۵ g	۰/۰۲۰ b	۳۵۹۸ cd	۳۹/۵۴ e	۴۷/۸۱ c-g	۴۰/۹۰ b
I ₁ V ₁ SA ₀	۸۴/۴۰ h	۱۶/۲۷ a	۰/۰۲۰ b	۲۹۱۱ f	۴۴/۱۴ a	۴۸/۳۵ c-f	۴۱/۰۰ b
I ₁ V ₁ SA ₁	۸۵/۹۵ g	۱۵/۰۳ b	۰/۰۲۰ b	۲۹۹۱ f	۴۳/۹۶ ab	۴۹/۱۱ bc	۴۱/۵۲ ab
I ₁ V ₂ SA ₀	۹۲/۳۳ b	۷/۶۵ i	۰/۰۲۲ b	۳۴۳۱ de	۳۹/۰۵ e	۴۷/۲۰ e-g	۳۷/۲۲ f
I ₁ V ₂ SA ₁	۹۳/۳۶ b	۶/۸۵ j	۰/۰۲۲ b	۳۳۰۸ e	۳۹/۳۵ e	۴۷/۸۹ c-g	۳۸/۴۵ e
I ₁ V ₃ SA ₀	۸۹/۳۰ de	۱۱/۶۱ ef	۰/۰۲۰ b	۲۵۸۰ g	۳۹/۰۷ e	۴۸/۱۴ c-f	۳۶/۴۰ g
I ₁ V ₃ SA ₁	۸۹/۶۶ cd	۱۰/۹۵ f	۰/۰۲۰ b	۲۷۳۸ g	۳۴/۳۳ h	۴۸/۳۸ b-e	۳۸/۸۸ de
I ₂ V ₁ SA ₀	۸۰/۵۱ j	۱۶/۸۷ a	۰/۰۲۰ b	۱۹۷۰ j	۳۳/۵۰ i	۴۹/۱۸ bc	۳۹/۳۰ d
I ₂ V ₁ SA ₁	۸۲/۸۷ i	۱۶/۵۶ a	۰/۰۱۰ c	۱۹۹۸ ij	۳۳/۱۷ i	۴۹/۸۹ b	۴۰/۰۸ c
I ₂ V ₂ SA ₀	۸۶/۲۱ g	۸/۴۷ gh	۰/۰۲۰ b	۲۱۴۶ hi	۳۵/۲۸ f	۴۸/۰۵ c-f	۳۶/۲۲ g
I ₂ V ₂ SA ₁	۸۹/۱۹ de	۸/۳۲ hi	۰/۰۲۰ b	۲۲۹۲ h	۳۴/۸۷ fg	۴۸/۵۵ b-e	۳۷/۲۵ f
I ₂ V ₃ SA ₀	۸۷/۶۱ f	۱۲/۹۱ d	۰/۰۱۰ c	۱۹۲۶ j	۳۴/۴۸ gh	۴۸/۸۲ b-d	۳۵/۴۲ h
I ₂ V ₃ SA ₁	۸۸/۸۲ d-f	۱۲/۰۶ e	۰/۰۱۰ c	۱۹۷۸ ij	۳۴/۳۴ h	۴۹/۱۵ bc	۳۶/۰۵ gh

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک‌اند، اختلاف آماری معناداری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. تنش آبی (I): I₀ = ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، I₁ = ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، I₂ = ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه. رقم (V): V₁ = آذرگل، V₂ = آلتستار، V₃ = اروفلور. اسید سالیسیلیک (SA): SA₀ = عدم مصرف، SA₁ = محلول پاشی.

آبیاری، رقم و اسید سالیسیلیک در سطح ۵ درصد معنادار شد (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه میانگین آثار اصلی، با افزایش شدت تنش آبی، سرعت از دست دادن آب برگ کاهش یافت، به طوری که بیشترین میزان سرعت از دست دادن آب با میانگین ۰/۰۲۷ گرم بر گرم در ساعت مربوط به تیمار آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین میزان سرعت از دست دادن آب با میانگین ۰/۰۱۵ گرم بر گرم در ساعت متعلق به تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۲). در بین ارقام مختلف آفتابگردان بیشترین میزان سرعت از دست دادن آب برگ با میانگین ۰/۰۲۴ گرم بر گرم در ساعت مربوط به رقم آلتستار و کمترین میزان سرعت از دست دادن آب برگ با میانگین ۰/۰۱۷ گرم بر گرم در ساعت مربوط به رقم اروفلور بود (جدول ۲). مصرف اسید سالیسیلیک نیز میزان سرعت از دست دادن آب را کاهش داد، به نحوی که بیشترین میزان سرعت از دست دادن آب با میانگین ۰/۰۲۱ گرم بر گرم در ساعت

در تحقیقی عنوان شد که آب اشباع با افزایش شدت تنش آبی افزایش پیدا می‌کند، به طوری که بیشترین کمبود آب اشباع با میانگین ۱۸/۵۲ درصد مربوط به تیمار آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین کمبود آب اشباع با میانگین ۱۳/۴۱ درصد متعلق به تیمار عدم تنش آبی است. همچنین، با مصرف اسید سالیسیلیک نیز کمبود آب اشباع نسبت به زمانی که اسید سالیسیلیک استفاده شده است، کاهش می‌یابد (Sibi, 2011). نتایج مطالعه دیگری در این زمینه افزایش معنادار کمبود آب اشباع را در شرایط تنش خشکی نشان داده است (Moghanni Nasri et al., 2006).

سرعت از دست دادن آب

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که سرعت از دست دادن آب تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی، رقم، مصرف اسید سالیسیلیک و آثار متقابل و دوگانه آن‌ها در سطح آماری ۱ درصد و اثر متقابل سه گانه

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، رقم و اثر متقابل آبیاری و رقم در سطح ۱ درصد معنادار شد و مصرف اسید سالیسیلیک، اثر متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک، رقم و اسید سالیسیلیک و اثر متقابل سه گانه آبیاری، رقم و اسید سالیسیلیک اختلاف معناداری روی عملکرد دانه نشان نداد (جدول ۱). بیات و همکاران (Bayat et al., 2010) عنوان کردند اسید سالیسیلیک در رژیم رطوبتی ۷، ۱۱ و ۱۵ روزه به ترتیب عملکرد دانه را به میزان ۱۱/۵۶، ۲۸/۶۳ و ۴۰/۴۴ درصد افزایش داده است. در تحقیقی سیبی (Sibi, 2011) عنوان کرد عملکرد دانه در گیاه گلرنگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب و مصرف اسید سالیسیلیک قرار گرفت و در سطح آماری ۱ درصد معنادار شد، به طوری که بین آثار متقابل دوگانه آبیاری و اسید سالیسیلیک بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار عدم تنش معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به همراه محلول پاشی اسید سالیسیلیک بود. براساس نتایج مقایسه میانگین آثار اصلی، مشاهده شد با افزایش شدت تنش آبی عملکرد دانه کاهش یافت به طوری که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۸۹۱ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۲۰۵۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۲).

قهرمانی (Ghahramani, 2009) اعلام کرد عملکرد دانه در گیاه آفتابگردان در بین تیمارهای آبیاری در سطح ۱ درصد معنادار بود، به طوری که تیمار آبیاری با عملکرد ۶/۲ تن بالاتر از تیمار خشکی با عملکرد ۱/۹ تن در هکتار قرار گرفت.

در بین ارقام مختلف آفتابگردان بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۳۱۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم آلتار و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۲۷۲۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم اروفلور بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین آثار سه گانه صفات، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۴۴۱۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آلتار + محلول پاشی اسید سالیسیلیک)

مربوط به تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین آثار سه گانه صفات نشان داد که بیشترین میزان سرعت از دست دادن آب با میانگین ۰/۰۳ گرم بر گرم در ساعت متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آلتار + عدم مصرف و مصرف اسید سالیسیلیک) بود که با تیمار (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آذرگل + عدم مصرف و مصرف اسید سالیسیلیک) در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین میزان سرعت از دست دادن آب نیز با متوسط ۰/۰۱ گرم بر گرم در ساعت از تیمار (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم اروفلور + محلول پاشی و عدم محلول پاشی اسید سالیسیلیک) به دست آمد که با تیمار (آبیاری بر اساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آذرگل + محلول پاشی اسید سالیسیلیک) در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). در تیمار آبیاری شاهد، به دلیل اینکه بیشترین مقدار آبیاری در اختیار گیاه بود، در نتیجه همواره سطح بالایی از آب در اختیار سلول‌های گیاه قرار داشته است. با قطع برگ‌های گیاه و اندازه‌گیری سرعت از دست دادن آب مشخص شد که سرعت از دست دادن آب در تیمار آبیاری شاهد بیشترین مقدار بود ولی در تیمار تنش آبی شدید، چون از ابتدای رشد آب کمتری در اختیار سلول‌های گیاه بوده است در نتیجه همواره آب موجود در بافت‌های گیاه، سطح پایینی داشته است و میزان سرعت از دست دادن آب در این تیمار کمتر است. سیبی و همکاران (Sibi et al., 2012) در تحقیقی روی گیاه گلرنگ بهاره اظهار داشتند غلظت شیرۀ سلولی در گیاهان تحت شرایط تنش از گیاهانی که در شرایط آبیاری مطلوب رشد کرده‌اند بیشتر است و پس از قطع برگ‌ها از گیاه، سرعت از دست دادن آب در آن‌ها کمتر خواهد بود.

بنابراین، به نظر می‌رسد در این آزمایش نیز به همین دلیل سرعت از دست دادن آب در تیمار آبیاری شاهد بیشتر از تیمار تنش آبی شدید بوده است. در مطالعه‌ای بیشترین سرعت از دست دادن آب مربوط به تیمار آبیاری شاهد (عدم تنش آبی) و کمترین سرعت از دست دادن آب مربوط به تیمار تنش آبی شدید بود (Mirzakhani & Sibi, 2011).

برابر با ۳۸/۷۰ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین آثار سه گانه صفات مشاهده شد که بیشترین وزن هکتولیترا با میانگین ۴۴/۴۰ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آلتار + محلول پاشی اسید سالیسیلیک) و کمترین وزن هکتولیترا با میانگین ۳۳/۱۷ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر مربوط به تیمار (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آذرگل + محلول پاشی اسید سالیسیلیک) بود (جدول ۳). در صورتی که در مرحله رشد دانه آب کافی در دسترس گیاه نباشد، تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها به واسطه کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده از برگ‌ها به دانه در حال رشد کاهش می‌یابد و دانه‌هایی که تشکیل می‌شوند چروکیده و سبک خواهند بود. از این رو، وزن هکتولیترا چنین دانه‌هایی در مقایسه با دانه‌های تولید شده در شرایط مطلوب کمتر خواهد بود.

قبادی و همکاران (Ghobadi et al., 2011) اظهار داشتند تیمار آبیاری با سطح احتمال ۵ درصد وزن هکتولیترا دانه را تحت تأثیر قرارداد و با افزایش شدت تنش وزن هکتولیترا دانه کاهش یافت، به طوری که بالاترین میزان وزن هکتولیترا در تیمار آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن در تیمار تنش شدید خشکی حاصل شد.

شاخص برداشت

در جدول تجزیه واریانس صفات، شاخص برداشت بوته تحت تأثیر آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و آثار متقابل آبیاری و اسید سالیسیلیک، رقم و اسید سالیسیلیک، همچنین آبیاری و رقم و اسید سالیسیلیک در سطح آماری ۱ درصد معنادار شد (جدول ۱). طبق نتایج جدول مقایسه میانگین آثار اصلی، بیشترین شاخص برداشت با میانگین ۴۸/۹۴ درصد مربوط به تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین شاخص برداشت با میانگین ۴۸/۱۸ درصد متعلق به تیمار آبیاری براساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۲). در بین ارقام مختلف آفتابگردان بیشترین شاخص برداشت با میانگین ۴۹/۳۵ درصد مربوط به رقم آذرگل و کمترین شاخص

و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۹۲۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم اروفلور + عدم مصرف اسید سالیسیلیک) بود (جدول ۳).

مظاهری لقب و همکاران (Mazaheri Laghab et al., 2001) علت اصلی افت عملکرد دانه را در اثر تنش خشکی کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد طی دوره پر شدن دانه بیان کرده‌اند. قلینژاد و همکاران (Gholinejad et al., 2009) نشان دادند با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه به میزان ۴۶۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار از تیمار آبیاری مطلوب به دست آمد ولی در تنش خشکی ملایم و شدید افزایش عملکرد زیاد نبود. استفاده از اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی در برگ عملکرد دانه را افزایش داد. همچنین، محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله گلدهی باعث افزایش عملکرد دانه شد (Bayat et al., 2010). به نظر می‌رسد که در شرایط تنش کمبود آب، کاهش عملکرد در مرحله زایشی به واسطه کاهش دوره پر شدن دانه‌ها، کوچک شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌هاست. در نتیجه، بر عملکرد دانه اثر منفی می‌گذارد و باعث کاهش آن می‌شود.

وزن هکتولیترا

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، وزن هکتولیترا تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی، رقم، مصرف اسید سالیسیلیک و آثار متقابل آن‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنادار شد (جدول ۱). در جدول مقایسه میانگین آثار اصلی با افزایش شدت تنش آبی وزن هکتولیترا کاهش می‌یابد، به نحوی که بیشترین و کمترین مقدار آن با میانگین‌های ۴۲/۷۶ و ۳۴/۲۷ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر به ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری براساس ۱۰۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۲). در بین ارقام مختلف آفتابگردان بیشترین وزن هکتولیترا با میانگین ۴۰/۴۴ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر مربوط به رقم آذرگل و کمترین وزن هکتولیترا با میانگین ۳۷/۲۱ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر مربوط به رقم اروفلور بود. با مصرف اسید سالیسیلیک مشاهده شد که وزن هکتولیترا کاهش یافت، به نحوی که در تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک وزن هکتولیترا

(2005; He et al., 2007). طی تحقیقی بیشترین درصد شاخص برداشت معادل ۳۴/۸۲ درصد از تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین درصد شاخص برداشت معادل ۲۷/۴۷ درصد از آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (Yousefvand, 2011).

درصد روغن

در جدول تجزیه واریانس، درصد روغن تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی، رقم، مصرف اسید سالیسیلیک اثر متقابل آبیاری و رقم، آبیاری و اسید سالیسیلیک و رقم و اسید سالیسیلیک در سطح آماری ۱ درصد و اثر متقابل سه گانه آبیاری، رقم و اسید سالیسیلیک در سطح ۵ درصد معنادار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین آثار اصلی نشان داد که با افزایش شدت تنش آبی، درصد روغن کاهش پیدا می‌کند، به طوری که بیشترین درصد روغن با میانگین ۴۰/۳۹ درصد مربوط به تیمار بدون تنش (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کمترین میزان درصد روغن با میانگین ۳۷/۳۹ درصد متعلق به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول ۲). در بین ارقام مختلف نیز بیشترین درصد روغن با میانگین ۴۰/۸۴ درصد مربوط به رقم آذرگل و کمترین درصد روغن با میانگین ۳۷/۶۷ درصد مربوط به رقم اروفلور به دست آمد. با مصرف اسید سالیسیلیک نیز درصد روغن افزایش پیدا کرد، به طوری که بیشترین درصد روغن با میانگین ۳۹/۵۵ درصد مربوط به تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک بود (جدول ۲). رضایی‌زاد (Rezaeizad, 2007) نشان داد درصد روغن دانه در اثر تنش خشکی دچار کاهش ۵ درصدی شد. نتایج تحقیق سببی (Sibi, 2011) نشان داد با افزایش شدت تنش آبی درصد روغن دانه کاهش و با مصرف اسید سالیسیلیک نیز درصد روغن افزایش نشان داد، به طوری که بیشترین و کمترین درصد روغن با میانگین‌های ۳۴/۷۱ و ۳۱/۲۰ درصد به ترتیب مربوط به تیمار محلول پاشی و تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک بود.

در بین آثار سه گانه صفات، بیشترین درصد روغن با میانگین ۴۱/۹۵ درصد متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آذرگل +

برداشت با میانگین ۴۷/۷۵ درصد مربوط به رقم آلتار بود (جدول ۲). با مصرف اسید سالیسیلیک مشاهده شد که شاخص برداشت افزایش پیدا کرد، به طوری که با محلول پاشی اسید سالیسیلیک شاخص برداشت برابر با ۴۹/۰۷ درصد بود (جدول ۲).

براساس نتایج مقایسه میانگین آثار سه گانه صفات، بیشترین شاخص برداشت با میانگین ۵۲/۵۶ درصد متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آذرگل + محلول پاشی اسید سالیسیلیک) و کمترین آن با میانگین ۴۶/۵۷ درصد متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آلتار + عدم مصرف اسید سالیسیلیک) بود (جدول ۳). هرگاه شرایط زراعی برای تولید تعداد زیادی گل فراهم باشد و رشد رویشی و تولید مواد فتوسنتزی نیز در گیاه چشمگیر باشد، انتظار می‌رود با انتقال حجم قابل توجهی از اسیمیلات به دانه‌ها، شاخص برداشت دانه در گیاه افزایش یابد. شرایط تنش آبی، باعث کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود. در نتیجه، حجم اندام‌های رویشی گیاه نمی‌تواند پشتیبانی مناسبی از اندام‌های زایا در گیاه داشته باشد. در چنین شرایطی انتظار می‌رود تعداد و اندازه دانه‌های موجود در واحدهای زایشی گیاه کاهش یابد و باعث کاهش شاخص برداشت دانه می‌شود. نتایج تحقیق سببی (Sibi, 2011) نشان داد با افزایش شدت تنش آبی شاخص برداشت نیز افزایش پیدا می‌کند، به طوری که بیشترین و کمترین شاخص برداشت با میانگین‌های ۳۵/۱۵ و ۳۴/۲ درصد به ترتیب متعلق به تیمارهای آبیاری بر اساس ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. همچنین، شاخص برداشت در اثر مصرف اسید سالیسیلیک با تیمار عدم مصرف آن از لحاظ آماری در یک کلاس قرار گرفتند. قهرمانی (Ghahramani, 2009) گزارش کرد که اختلاف شاخص برداشت در بین تیمارهای آبیاری در سطح ۱ درصد معنادار است، به طوری که تیمار آبیاری نرمال با شاخص برداشت ۳۰ درصد و تیمار آبیاری خشکی با شاخص برداشت ۲۴/۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار این صفت را دارا بودند. نتایج مطالعات محققان نشان می‌دهد که استفاده از اسید سالیسیلیک در مرحله گلدهی باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود (Ahmad alias Haji et

مصرف اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آبیاری و رقم در سطح ۱ درصد و اثر متقابل رقم و اسید سالیسیلیک، همچنین اثر متقابل سه گانه آبیاری، رقم و اسید سالیسیلیک نیز در سطح ۱ درصد معنادار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین آثار اصلی صفات نشان داد با افزایش شدت تنش آبی عملکرد روغن کاهش یافت، به طوری که بیشترین عملکرد روغن با میانگین ۱۵۷۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کمترین عملکرد روغن با میانگین ۷۶۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تنش شدید آبی (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول ۲). در بین ارقام مختلف آفتابگردان بیشترین و کمترین عملکرد روغن با میانگین‌های ۱۲۷۸ و ۱۰۳۸ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به ارقام آلتار و اروفلور بود (جدول ۲). عملکرد روغن، تحت تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک قرار گرفت، به نحوی که بیشترین عملکرد روغن با میانگین ۱۱۹۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین آثار سه گانه صفات نشان داد بیشترین عملکرد روغن با میانگین ۱۸۰۵ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم آلتار + محلول پاشی اسید سالیسیلیک) و کمترین آن با میانگین ۶۸۲ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم اروفلور + عدم مصرف اسید سالیسیلیک) بود (جدول ۳).

وقوع تنش آبی و افزایش شدت آن طی مراحل رشد گیاه میزان آسمیلات در دسترس گیاه و تشکیل اندام‌های زایشی را محدود می‌کند. در نتیجه، روابط منبع- مخزن مختل می‌شود و در نهایت به کاهش عملکرد دانه می‌انجامد. این مسئله موجب کاهش عملکرد روغن در واحد سطح خواهد شد. همچنین، مصرف اسید سالیسیلیک نیز با ایجاد سیستم دفاعی و تحمل مناسب در مقابل شرایط نامناسب محیطی مانند تنش آبی در گیاه، موجب افزایش عملکرد دانه و روغن نسبت به تیمار عدم مصرف می‌شود. رشدی و همکاران (Roshdi et al., 2006) گزارش کردند که مقایسه آثار سطوح مختلف آبیاری و رقم بر عملکرد روغن بیانگر

محلول پاشی سالیسیلیک اسید) و کمترین آن با میانگین ۳۵/۴۲ درصد متعلق به تیمار (آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه + رقم اروفلور + عدم مصرف اسید سالیسیلیک) بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که اعمال تنش آبی، طول دوره پر شدن دانه‌ها را کاهش می‌دهد و با توجه به اینکه قسمت عمده نیتروژن تجمع یافته در دانه در روزهای اول دوره پر شدن دانه به دانه منتقل می‌شود، بنابراین باعث کاهش تجمع نشاسته (هیدرات کربن) در دانه می‌شود و در نتیجه درصد پروتئین دانه افزایش نسبی خواهد داشت. همچنین، با افزایش شدت تنش آبی، مقدار تنفس گیاه افزایش می‌یابد و از این طریق انرژی نگهداری پایه گیاه بیشتر و از ذخایر چربی گیاه کاسته خواهد شد. در نتیجه، درصد روغن دانه کاهش می‌یابد. مصرف اسید سالیسیلیک نیز در افزایش درصد روغن دانه مؤثر است و موجب افزایش آن نسبت به عدم مصرف اسید سالیسیلیک می‌شود. این نشان‌دهنده آن است که اسید سالیسیلیک به هنگام وجود تنش آبی توانسته مانع از رسیدن آسیب زیاد به گیاه شود و گیاه به واسطه برخورد کمتر با شرایط تنش‌زای محیطی توانسته است درصد روغن خود را حفظ و از کاهش بیشتر آن جلوگیری نماید.

در مطالعه‌ای بیشترین میزان درصد روغن بذر معادل ۴۱/۹۴ درصد از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین میزان درصد روغن معادل ۳۷/۵۵ درصد از آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (Yousefvand, 2011).

مقدم خمسه و همکاران (Moghaddam Khamseh et al., 2009) اظهار داشتند اعمال تنش پس از ۱۸۰ میلی‌متر باعث کاهش ۱۴/۳۷ درصدی روغن دانه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب (شاهد) شد. در مطالعه‌ای مشخص شد بیشترین درصد روغن در تیمار آبیاری شاهد معادل ۴۷/۵۶ درصد و کمترین آن در تیمار تنش آبیاری معادل ۳۷/۴۴ درصد حاصل شد (Abbasi et al., 2009).

عملکرد روغن

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد عملکرد روغن تحت تأثیر مصرف سطوح مختلف تنش آبی، رقم،

اعمال تنش خشکی باعث کاهش ۶۵ درصدی در عملکرد روغن شد.

نتیجه‌گیری

اکثر صفات مورد بررسی در ارقام مختلف آفتابگردان تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت و کاهش پیدا کرد، به طوری که تیمار تنش شدید آب باعث کاهش تقریباً ۱۰۵ درصدی عملکرد روغن نسبت به تیمار عدم تنش کمبود آب (شاهد) شد. مصرف اسید سالیسیلیک نیز روی صفاتی چون وزن هکتولیترا، شاخص برداشت کل، درصد روغن، عملکرد روغن، میزان آب نسبی، کمبود آب اشباع و سرعت از دست دادن آب اثر معناداری داشت و موجب افزایش ۵/۳۳ درصدی عملکرد روغن نسبت به تیمار عدم مصرف آن شد. این امر نشان‌دهنده اثر اسید سالیسیلیک بر ایجاد سیستم دفاعی و تحمل در داخل گیاه به هنگام مواجه شدن با شرایط تنش کمبود آب است که توانسته شرایط مطلوبی را برای رشد گیاه در شرایط محدودیت ایجاد نماید.

وجود اختلاف معنادار (در سطح ۱ درصد) بین سطوح هر دو فاکتور آزمایشی است. سیبی (Sibi, 2011) بیان کرد که با افزایش شدت تنش آبی عملکرد روغن نیز کاهش می‌یابد و با مصرف اسید سالیسیلیک عملکرد روغن افزایش پیدا کرد به طوری که در تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک عملکرد روغن برابر با ۲۵۹/۳۵ کیلوگرم در هکتار بود.

دانشیان و جباری (Daneshian & Jabari, 2009) در مطالعه خود بیان کردند حداکثر عملکرد روغن از آبیاری شاهد با میانگین ۱۲۳۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و اعمال تنش شدید کم آبیاری باعث کاهش ۷۷ درصدی عملکرد روغن شد. محققان نتایج مشابهی را درباره اثر معنادار تنش کم‌آبی بر عملکرد روغن گزارش کردند (Goksoy *et al.*, 2004; Abraham, 2001). عباسی سیه‌جانی و همکاران (Abbasi Seyahjani *et al.*, 2009) گزارش کردند که حداکثر عملکرد روغن از آبیاری شاهد با میانگین ۲۳۱۳ کیلوگرم حاصل شد و

REFERENCES

1. Abbasi Seyahjani, E., Khomari, S. & Sadeghi, A. (2009). Comparison of performance potential of sunflower cultivars for seed and oil yield in water deficit stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 2, 1-11. (In farsi).
2. Abraham Nel, A. (2001). *Determinants of sunflower seed quality for processing (Growth and development of the seed, Chapter 1)*. University of Pretoria. 108 pages.
3. Ahmad alias Haji, M., Bukhsh, A., Malik, A. U., Ishaque, M. & Shahwaiz H.S. (2007). Performance of sunflower in response to exogenously applied salicylic acid under varying irrigation regimes. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 19(3), 130-134.
4. Akbari, G., Jabbari, H., Daneshian, J., Alahdadi, I. & Shahbazian, N. (2008). The effect of limited irrigation on seed physical characteristics in sunflower hybrids. *JWSS - Isfahan University of Technology*, 12, 513-523. (In farsi).
5. Alizadeh, A. & Kamali, Gh. A. (2008). *Crops Water Requirements in Iran*. Emam Reza University Press, Mashhad, Iran. 227 pages. (In Farsi).
6. Alyari, H., shekari, F. & shekari, F. (2000). *Oil seed crops agronomy and physiology*. Amidi Press, Tabriz, Iran. 182pages. (In Farsi).
7. Angadi, S. V. & Entz, M. H. (2002). Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars., *Agron*, J, 94 (1), 136-145.
8. Arfan, M., Athar, H. R. & Ashraf, M. (2007). Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *Plant Physiology*, 6(4), 685-694.
9. Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Assad, M. T. & Bahrami, M. J. (2007). The evaluation and relationships of some physiological Traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under stress and non-stress water regimes. *J. Agric. Sci, Technol*. 9, 267-277.
10. Bandurska, H. & Stroinski, A. (2003). ABA and proline accumulation in leaves and roots of wild (*Hordeum spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare* Maresi) barley genotypes under deficit water conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*, 25, 55-61.
11. Bayat, S., Sepehri, A., Zare abyaneh., H., & Abdollahi, M.R. (2010). Effect of salicylic acid and paclobutrazol on growth indexes and yield of maize under water stress. *Journal of Crop physiology*, 2(1), 34-40. (In farsi).

12. Bezrukova, M., Sakhabutdinova, V., Fatkhutdinova, R., Kyldiarova, R. A., Shakirova, I. & Sakhabutdinova, F. A. R. (2001). The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. *Agrochemiya* (Russ), 2, 51-54.
13. Cag, S., Cevahir-Oz, G., Sarsag, M. & Goren-Saglam, N. (2009). Effect of salicylic acid on pigment, protein content and peroxidase activity in excised sunflower cotyledons. *Pak. Journal of Botany*, 41(5), 2297-2303.
14. Clarke, J. M. & McCaig, T. N. (1982). Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Can J. Plant Sci*, 62, 571-578.
15. Daneshian, J. & Jabari, H. (2009). Effect of irrigation and plant density on morphological characteristics and grain yield in a dwarf sunflower hybrid (CMS26 × R103) as second crop. *Iranian journal of crop sciences*, 10, 377-388. (In farsi).
16. Dingler's, J. (1879). Soxhlet, F. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes, Polytechnisches 232, 461.
17. Farida M. S., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. & Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164, 317-322.
18. FAS (Foreign Agriculture Service). (2005). Oilseeds: world market and trades. Current world production Market and trade reports. <http://www.fas.usda.gov>.
19. Ferasat, M. (2010). *Effect of water stress on some of agronomical, physiological and biochemical characteristics in cultivars safflower*. M.Sc. Thesis. Agronomy and crop development department. College of agriculture. Islamic Azad University, Branch, Arak. 134 pages. (In farsi).
20. Ghahramani, A. (2009). *Foliar application of amino acids and silicic acid on growth and yield of sunflower under drought stress*. M.Sc. Thesis. Agronomy and crop development department. College of agriculture. Islamic Azad University, Branch, Arak. 116 pages. (In farsi).
21. Ghobadi, R., Shirkhani, A., Baigzadeh, S. & Fatahi, K. (2011). Evaluate the effects of various levels of drought stress and nitrogen fertilizer on leaf relative water content, percentage of carbohydrate, protein, fat and hectoliter seed of corn [SC 704]. national conference on new concepts in agriculture. Islamic Azad University Saveh Branch. spring 2011. (In farsi).
22. Gholinejad, E., Aeenehband, A., Hasanzade Ghorttappe, A., Barnoosi, I. & Rezaei, H. (2009). Evaluation of Effective Drought Stress on Yield, Yield components and harvest index of Sunflower Hybrid Iroflor at Different Levels of Nitrogen and Plant Population in Urmieh Climate Conditions. *J. of Plant Production*, 16(3), 1-27. (In farsi).
23. Greenaway, W. T., Watson, C. A., & Davis, G. (1977). Factors for converting bushel weight to hectoliter weight for six cereal grain, flax and soybeans. *Cereal Chem*, 54(2), 373-378.
24. Goksoy, A. T., Demir, A. O., Turan, Z. M. & Dagustu, N. (2004). Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Filed Crops Res*, 87, 167-178.
25. Havaux, M., Emez, M. & Lannoye, R. (1998). Selection de varietes de ble dur (*Triticum durum* Desf.) et de ble tender (*Triticum aestivum* L.) adapted a la secheresse par I mesure de I extinction de la et de ble tender (*Triticum aestivum* L.) adapted a la secheresse par I mesure de I extinction de la fluorescence de la chlorophylle in viva. *Agronomie*, 8(3), 193-199.
26. He, Y., Liu, Y., Cao, W., Huai, M., Xu, B. & Huang, B. (2005). Effects of salicylic acid on heat tolerance associated with anti oxidant metabolism in Kentucky blue grass. *Crop Sci*, 45, 988-995.
27. Kafi, M. & Mahdavi damghani, A. (2002). *Mechanisms of environmental stress resistance in plants*. Ferdowsi University of Mashhad press. Mashhad. Iran. 467 pages. (In farsi).
28. Kang, G. (2003). Salicylic acid changes activities of H₂O₂ metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 50, 9-15.
29. Khani, M., Daneshian, J., Zeinali Khanghah, H. & Ghannadha, M. R. (2005). Genetic analysis of yield and its components using line × tester cross design in sunflower inbred lines under the stress and non-stress drought conditions. *Iranian, J. Agric. Sci*, 36(2), 435-445. (In farsi).
30. Klessig, D. F. & Malamy, J. (1994). The salicylic acid signal in plants. *Plant Molecular Biology*, 26, 1439-1458.
31. Kordi, S., Ghanbari, F., Heidari, P., Mohammadi, H. & Falaknaz, M. (2011). The effect of *Azosprillum* spp bacteria, salicylic acid and drought stress on morphological and physiological characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* L.). national conference on new concepts in agriculture. Islamic Azad University Saveh Branch. spring 2011. (In farsi).
32. Kuchaki, A., Soltani, A. & Azizi, M. (1997). *Plant ecophysiology*. Mashhad's Jihad Publisher press. Mashhad, Iran. 271 pages. (In Farsi)
33. Lichtenhaler, H. K. (1996). Vegetation stress: An introduction to the stress concept in plant. *Journal of Plant Physiology*, 148, 4-14.

34. Majidi heravan, E. (1994). Resistant physiological mechanism to environmental limited. In: Proceeding of the 3rd Crop Production Science. (In Farsi).
35. Malakouti, M. J., Moshiri, F. & Ghaibi, M. N. (2005). Optimum levels of nutrients in soil and some agronomic and horticultural crops. *Soil and Water Research Institute*. Technical Bulletin, No.405. (In Farsi).
36. Mazaheri Laghab, H., Nouri, F., Zare Abyaneh, H. & Vafaei, H. (2001). Effects of supplemental irrigation on important agronomy traits of three cultivars of sunflower in dry farming. *Agricultural Research*, 3(1), 33-43. (in farsi).
37. Mirzakhani, M. & Sibi, M. (2011). Response of safflower physiological traits to water stress and zeolite application. In: *proceeding of the 2nd National Symposium on Agriculture and Sustainable Development Opportunities and future Challenges*. Islamic Azad University Shiraz Branch. 2-3 March 2011. (In farsi).
38. Moghaddam Khamseh, A., Amini Dehaghi, M., Daneshian, J. & Jabbari, H. (2009). Agronomical Traits and Yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) New Hybrids under Drought Stress. *Journal of Daneshvar Agronomy Sciences*, 3, 2, 1-12. (In farsi).
39. Moghanni Nasri, M., Heydari Sharifabad, H., Shiranirad, A.H., Majidi Heravan, E. & Zamanizadeh, H.R. (2006). Performance of the effect water stress on physiological characters of rapeseed cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(1), 127-134. (In farsi).
40. Noreen, S. & Ashraf. M. (2008). Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pak. J. Bot*, 40(4), 1657-1663.
41. Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H. R., Zahedi, H. & Jami Alahmad, M. (2007). Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7(6), 841-847. (In Farsi).
42. Rafiei, F., Kashani, A., Mamghani, R. & Golchin, A. (2005). The effect of timing of irrigation and nitrogen application on grain yield and some morphological traits in hybrid sunflower, CV. GHOLCHIN. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 7(1), 44-54. (In farsi).
43. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol*, 43, 439-463.
44. Rezaeizad, A. (2007). Responses of some sunflower genotypes to drought stress using different stress tolerance indices. *Seed and Plant Improvement Journal*, 3, 23(1), 43-58. (In farsi).
45. Roshdi, M., Heydari Sharifabad, H., Karimi, M., Nourmohammadi, Gh. & Darvish, F. (2006). A survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. *Journal of Agricultural Sciences*, 109-121. (In farsi).
46. Safavi, A. (2010). *Effect of drought stress on some agronomic and physiological traits of sunflower lines*. M.Sc. Thesis. Agronomy and crop development department. College of agriculture. Islamic Azad University, Branch, Kermanshah. 145 pages. (In farsi).
47. Safavi, A., Pourdard, S. S. & Jamshid Moghaddam, M. (2011). Identification of drought resistant genotypes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed and Plant Improvement Journal*, 3, 27 (2), 129-148. (In farsi).
48. Senaranta, T., Touchell, D., Bumm, E. & Dixon, K. (2002). Acetylsalicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30, 157-161.
49. Shakirova, F. M. & Bezrukova, M. V. (1997). Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24, 109-112.
50. Sibi, M. (2011). *Effect of water stress, zeolite and foliar application of salicylic acid on some of agronomical and physiological traits in spring safflower*. M.Sc. Thesis. Agronomy and crop development department. College of agriculture. Islamic Azad University, Branch, Arak.. 213 pages. (In farsi).
51. Sibi, M., Mirzakhani, M. & Gomarian, M. (2012). Response of physiological characteristics to water stress, application of salicylic acid and zeolite in Safflower. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(4), 151-156.
52. Siddiqi, E. H. & Ashraf, M. (2008). Can leaf water relation parameters be used as selection criteria for salt tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Pak. J. Bot*, 40, 221-228.
53. Stocker, O. (1929). Das Wasserdefizit Von Gefäßpflanzen in verschiedenen Klimazonen. *Plant*, 7, 382-387.
54. Yegappan, T., Paton, M. D., Gates, C. T. & Muller, W. (1982). Water stress in sunflower (responses of cyptla size). *Annuals of Botony*, 49, 63-68.
55. Yousefvand, P. (2011). *The Effect of Zeolite and selenium in drought stress on the agricultural and biochemical characteristics of the oily sunflower*. M.Sc. Thesis. Agronomy and crop development department. College of agriculture. Islamic Azad University, Branch, Arak.. 128 pages. (In farsi).