



اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر میزان رنگیزه‌ها و فلورسانس کلروفیل ارقام

کنجد تحت شرایط قطع آبیاری

ابراهیم باقری^۱، جعفر مسعود سینکی^۲، مهدی برادران فیروزآبادی^۳ و محمد عابدینی اسفهلانی^۴

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید تحت شرایط قطع آبیاری (بر اساس BBCH، مراحل فنولوژی گیاهان) و اثر متقابل آنها بر غلظت کلروفیل a، b، کاراتنوئید و فلورسانس کلروفیل در ارقام کنجد (*Sesamum indicum*) آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۹۱ در استان سمنان، شهرستان شاهرود، شهر بیارجمند انجام شد. در این طرح اثر ۳ عامل مورد بررسی قرار گرفت. فاکتور اصلی، قطع آبیاری بر اساس BBCH (آبیاری کامل به عنوان شاهد، BBCH ۶۹ (زمانی که ۹۰٪ گل‌های کنجد باز شده) و BBCH ۷۹ (زمانی که ۹۰٪ نیم‌های کنجد به اندازه نهایی خود رسیده باشند) و ارقام کنجد (بومی، دشتستان ۲ و داراب ۱) و سطوح محلول پاشی با سالیسیلیک اسید (غلظت ۰ (شاهد) و ۰/۶ میلی مولار) به عنوان عوامل فرعی بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که تنش قطع آبیاری در پایان BBCH ۶۹ و BBCH ۷۹ سبب اختلاف معنی‌دار در میزان کلروفیل a، کاراتنوئید و فلورسانس کلروفیل (F0, Fm, Fv, Fv/m) گردید. همچنین، محلول پاشی سبب مشاهده اختلاف معنی‌دار برای میزان کلروفیل b و فلورسانس کلروفیل (Fv و Fm) شد. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل a و کاراتنوئید در شرایط قطع آبیاری در BBCH ۶۹ به ترتیب به میزان ۰/۶۲۹ و ۰/۲۶۵ میلی گرم بر گرم وزن تر و بیشترین غلظت Fv/Fm در شرایط آبیاری کامل به میزان ۰/۶۵۶ به دست آمدند. بر اساس نتایج این آزمایش بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به رقم داراب به میزان ۰/۴۲۳ میلی گرم بر گرم وزن تر و کمترین آن مربوط به رقم بومی به میزان ۰/۳۶۴ میلی گرم بر گرم وزن تر در شرایط آبیاری کامل حاصل شد.

واژگان کلیدی: BBCH، تنش خشکی، فلورسانس، کلروفیل، کنجد.

eb.gahad@yahoo.com

دریافت: ۹۲/۶/۷

پذیرش: ۹۲/۱۰/۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان (نگارنده‌ی مسئول)

۲- گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

۳- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود

۴- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود

مقدمه

بر اساس آمار فائو (۲۰۱۱) زمین‌های قابل کشت در ایران حدود ۱۷ میلیون هکتار بوده که از این مقدار در حدود ۹ میلیون هکتار به صورت کشت آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به سرانه بالای مصرف روغن‌های گیاهی، تا حدود ۱۲ کیلوگرم در سال و واردات روغن در کشور، این محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. بر اساس آمار مندرج در PGRO (مرکز منابع حفاظت شده مرکز ژنتیکی گیاه کنگد جهت تحقیقات) ایران از نظر منابع مهم ژنتیکی گیاه کنگد، در رده هشتم قرار می‌گیرد. کنگد (*Sesamum indicum*) به دلیل محتوای روغن بالا (۵۲-۴۷ درصد) و کیفیت مناسب (میزان کم کلسترول و وجود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها) روغن دانه‌های آن، نقش مهمی در سلامت انسان دارد (Kassab *et al.*, 2005). کمبود منابع آبی یکی از عوامل اصلی محدود کننده تولید در سیستم‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که محدوده‌ی تامین سایر منابع و همچنین کارایی مصرف آنها را متاثر می‌سازند (Kenan *et al.*, 2007). رشد و فتوسنتز گیاهان، تحت تاثیر شرایط محیطی مختلف از جمله تنش خشکی قرار می‌گیرد. توانایی زنده ماندن گیاه و ادامه رشد و نمو و فتوسنتز در تنش‌های محیطی به پتانسیل ژنتیکی گیاه وابسته است که به صورت پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مولکولی خود را نشان می‌دهد (Majumdar *et al.*, 1991). احمدی و بیکر (Ahmadi and Biker, 2000) نشان دادند در تنش ملایم خشکی فتوسنتز را به طور عمده از طریق عوامل قابل برگشت روزنه‌ای کاهش می‌دهد اما در شرایط شدیدتر تنش یا تنش‌های طولانی مدت، عوامل غیر روزنه‌ای نیز مزید بر علت می‌گردند. در سیب‌زمینی نشان داده شده است که تنش خشکی عملکرد کوانتوم تبدیل انرژی

فتوشیمیایی F_v/F_m نسبت فلورسانس متغییر به فلورسانس ماکزیمم را کاهش می‌دهد (Basu *et al.*, 1998). در مورد گندم زمستانه تغییری در f_v/f_m در اثر تنش خشکی مشاهده نشده است (Shangguan and Dyckmans, 2000).

اولین مطالعه در مورد مراحل رشد گیاهان بر اساس BBCH در سال ۱۹۷۴ انجام شد (Agusti *et al.*, 1997). BBCH مقیاسی است که به عنوان یک منبع برای گزارش‌دهی و آنالیز سیستم‌های IT در داده‌های رشته کشاورزی به کار می‌رود (Michel *et al.*, 2007). سازمان جهانی هواشناسی (WMO) مراحل فنولوژی گیاهان را بر طبق کدهای BBCH در فصل خاص خود تعریف کرده است (Koch *et al.*, 2007). آتی بیبا و همکاران (Attibayeba *et al.*, 2010) مراحل رشد فنولوژیکی گیاه کنگد را با استفاده از معیار کدهای BBCH شرح داده و به این نتیجه رسیدند که این نوع سیستم قادر به پاسخ به پرسش‌های بسیاری در مورد اثر عوامل مختلف در رشد است.

کاربرد سالیسیلات برون‌زا موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش خشکی و شوری می‌شود (Tari *et al.*, 2002). اما برخی گزارش‌ها با توجه به مراحل نمو گیاه و با شرایط آزمایش نتایج متفاوتی را به دنبال داشت (Nemeth *et al.*, 2002). سالیسیلات یک ترکیب طبیعی است که به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی عمل می‌نماید (Hayat *et al.*, 2005).

در مورد نقش سالیسیلیک اسید بر رنگریزه‌های فتوسنتزی، لیوسیا و همکاران (Liusia *et al.*, 2005) گزارش کردند که متیل سالیسیلات بر مقدار رنگریزه‌های فتوسنتزی اثری ندارد، ولی فتوسنتز تحت تیمار سالیسیلیک اسید کاهش می‌یابد. هدف از تحقیق حاضر شناخت توان فتوسنتزی و تغییرات

کاشت انجام شد. فاصله آبیاری بعدی ۱۵ روز و آبیاری‌های دیگر بر اساس نیاز آبی کنجد در منطقه ۷ روز انجام پذیرفت. فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر و فواصل ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و سپس تیمارهای قطع آبیاری در زمان‌های تعیین شده یعنی مرحله ۶۹BBCH و ۷۹BBCH (مراحلی که ۹۰ درصد گل‌ها باز شده، ۹۰ درصد اندازه کپسول‌ها در اندازه نهایی خود قرار دارند) اعمال شد. قبل از اعمال تیمار تنش قطع آبیاری، اقدام به محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید در کرت‌های مورد نیاز با غلظت ۰/۶ میلی‌مولار گردید. هر کرت شامل ۶ خط به طول ۴ متر و فاصله خطوط از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها ۲ متر بود. یک هفته پس از اعمال کلیه تیمارها پس از حذف اثرات حاشیه‌ای اقدام به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری شد و برخی از صفات فیزیولوژیک شامل اندازه‌گیری میزان حداقل و حداکثر فلورسانس کلروفیل، و فلورسانس متغیر، کلروفیل a، کلروفیل b و کاراتنوئید گردید.

برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاراتنوئید از روش آرنون استفاده گردید که برای این منظور ۱۰۰ میلی‌گرم وزن‌تر برگ به دقت توزین در داخل هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد خوب ساییده گردید. سپس عصاره حاصل به لوله‌های سانتریفوژ انتقال و بقایای موجود هاون با مقداری استن ۸۰ درصد شسته و به محلول درون لوله اضافه گردید. سپس لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در ۶۰۰۰ rpm سانتریفوژ شدند محلول فوقانی به بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر انتقال یافته و حجم آن توسط استن ۸۰ درصد به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. اندازه‌گیری کلروفیل و کاراتنوئید با روش اسپکتروفتومتری با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل ۲۱۰۰ - UNFCO) انجام گرفت. به این ترتیب که مقدار جذب محلول‌ها را در طول موج ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. در

کلروفیل a، b و کاراتنوئید ارقام کنجد در شرایط عدم محدودیت رطوبتی و نیز در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل و تاثیر تنظیم کننده‌های رشد بر میزان آنها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در استان سمنان، شهرستان شاهرود، منطقه بیارجمند با طول و عرض جغرافیایی ۵۵/۴۸ و ۳۶/۰۵ و ارتفاع از سطح دریا ۱۰۹۹/۳ متر می‌باشد انجام شد. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از ایستگاه سینوپتیک هواشناسی بیارجمند، این منطقه دارای اقلیم، گرم و خشک با متوسط بارندگی سالیانه ۱۳۰-۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد. لذا آب از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. این آزمایش روی ۳ رقم کنجد در قالب آزمایش اسپلیت‌پلات فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام گردید. تیمارها مشتمل بر قطع آبیاری بر اساس BBCH به عنوان فاکتور اصلی (آبیاری کامل به عنوان شاهد، ۶۹BBCH (زمانی که ۹۰٪ گل‌های کنجد باز شده) و ۷۹BBCH (زمانی که ۹۰٪ نیم‌های کنجد به اندازه نهایی خود رسیده باشند)، ارقام کنجد (بومی، دشتستان ۲ و داراب ۱) و سطوح محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید (غلظت ۰ (شاهد) و ۰/۶ میلی‌مولار) به عنوان عامل‌های فرعی بودند. قبل از اجرای عملیات آماده‌سازی، خاک محل طرح مورد تجزیه قرار گرفت که دارای بافت خاک لومی شنی، pH حدود ۷/۳۵ و میزان کربن آلی برابر ۰/۳۷ بود، انجام گرفت. سپس عملیات خاک‌ورزی که شامل شخم، دیسک و تسطیح می‌باشد، اقدام شد. بعد از انجام عملیات آماده‌سازی با فاروئر نسبت به ایجاد جوی و پشته اقدام، سپس کشت به صورت دستی انجام و پس از باز کردن شیارهایی به عمق ۲ سانتی‌متر در کنار ردیف بذور به صورت ردیفی داخل شیار ریخته شد. تاریخ کشت در دهه آخر خردادماه انجام پذیرفت. اولین آبیاری پس از

برای کلروفیل a بود. همچنین، تنش خشکی در ۶۹BBCH دارای بیشترین اثر به میزان ۰/۲۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در آبیاری کامل تیمار شاهد دارای کمترین اثر به میزان ۰/۲۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برای کاراتنوئید بود (جدول ۲). اثر متقابل رقم و تنش تاثیر معنی‌داری بر میزان کاراتنوئید داشت که بیشترین مقدار مربوط به آبیاری کامل به ترتیب در ارقام دشتستان ۲، داراب ۱ و بومی به میزان ۹۱/۵، ۹۱/۳۸ و ۸۹/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گردید (شکل ۱).

کاهش کلروفیل که به‌عنوان عامل محدود کننده غیرروزنه‌ای فتوسنتز محسوب می‌شود. در تنش خشکی شدید به دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، (Ashraf et al., 1994) و پراکسیداز، (Majumdar et al., 1991) اتفاق می‌افتد. رقم تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a و کاراتنوئید نداشت ولی بیشترین مقدار مربوط به رقم دشتستان ۲ به ترتیب به میزان ۰/۶۱ و ۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار مربوط به رقم بومی به ترتیب به میزان ۰/۵۹ و ۰/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود، محلول پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل b داشت و بیشترین مقدار مربوط به رقم داراب ۱ به میزان ۰/۴۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار مربوط به رقم بومی به میزان ۰/۳۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود، همچنین، محلول پاشی باعث افزایش میزان کلروفیل b به میزان ۰/۴۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گردید (جدول ۲). پیوتر و همکاران (Piotr et al., 2012) طی آزمایشی چهار ساله اعلام داشتند افزایش گوگرد محتوی کلروفیل b را در گیاه ذرت نسبت به شاهد افزایش داد. کنتانسه و همکاران (Konstance et al., 2012) اعلام داشتند اضافه کردن گوگرد در گیاه اسفناج باعث افزایش سطح کاراتنوئیدهای برگ شد. اثر متقابل تنش با

نهایت با احتساب ۲۵ میلی‌لیتر حجم نهایی، مقادیر کلروفیل به میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ تبدیل شد و غلظت کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاراتنوئید با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$$\text{Chla} = (12/7A663 - 2/69A645) \times V/W \quad (1)$$

$$\text{Chlb} = (22/9A645 - 4/68A663) \times V/W \quad (2)$$

$$\text{Chl.total} = (20/2(A645) + 8/02(A663)) \times V/W \quad (3)$$

$$C(x+c) = (7/6A480 - 1/49(A510)) \times V/W \quad (4)$$

در این فرمول Chla، Chlb و Cx+c به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کاراتنوئیدها است که برحسب $\mu\text{g/ml}$ عصاره گیاهی، V حجم نهایی استن مصرفی بر حسب میلی‌لیتر و W وزن بافت تر است. برای اندازه‌گیری شاخص فلورسانس کلروفیل برگ (Fv/Fm، Fv، Fm، F0) از کلروفیل فلئومتر (مدل os Δp آمریکا) استفاده شد. از هر کرت آزمایشی ۳ بوته به طور تصادفی انتخاب و از هر بوته سه برگ بالغ و توسعه یافته از برگ‌های میانی گیاه انتخاب و به روش عادت به تاریکی اندازه‌گیری شد و میانگین اعداد قرائت شده به عنوان معیاری از شاخص فلورسانس کلروفیل برگ در نظر گرفته شدند. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

کلروفیل برگ (a، b، کل) و کاراتنوئیدها

نتایج بررسی نشان داد تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a و کاراتنوئید، و محلول پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل b داشتند (جدول ۱).

مقایسه میانگین صفات نشان داد که تنش خشکی در ۶۹BBCH دارای بیشترین اثر به میزان ۰/۶۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در ۷۹BBCH دارای کمترین اثر به میزان ۰/۵۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر

افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه یونجه می‌شود. بر اساس نظر مارچنر (Marschner, 1995) عمده این ترکیبات دارای ساختار نیتروژنی هستند و از آنجایی که گوگرد موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و همچنین افزایش قابلیت جذب سایر عناصر در گیاهان می‌گردد، از این رو استفاده از گوگرد می‌تواند تا حدی سبب افزایش مقدار کلروفیل در گیاهان گردد.

حداقل فلورسانس کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی، رقم، اثر متقابل تنش \times رقم، رقم \times محلول‌پاشی، و اثر متقابل تنش \times رقم \times محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان حداقل فلورسانس برگ گیاه کنگد داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات نشان داد که حداقل فلورسانس در زمان آبیاری کامل دارای کمترین مقدار به میزان $203/3$ و تنش ملایم در $79BBCH$ دارای بیشترین میزان برابر با $209/5$ بود. همچنین، میزان حداقل فلورسانس در رقم بومی بیشترین به میزان $212/5$ و در رقم دشتستان ۲ دارای کمترین به میزان $201/2$ بود. در بین تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول-پاشی بیشترین میزان حداقل فلورسانس مربوط به تیمار محلول‌پاشی بود ولی اختلاف بین آنها معنی‌دار نشد (جدول ۲). اثر متقابل رقم \times تنش، و تنش \times محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان حداقل فلورسانس داشت. بیشترین میزان حداقل فلورسانس مربوط به رقم داراب ۱ در شرایط قطع آبیاری در $69BBCH$ به میزان $220/83$ و کمترین میزان مربوط به رقم دشتستان ۲ در شرایط قطع آبیاری در $69BBCH$ به میزان $193/4$ بود (شکل ۶). بیشترین میزان حداقل فلورسانس مربوط به محلول‌پاشی در شرایط قطع آبیاری در $79BBCH$ به میزان $214/33$ و کمترین میزان مربوط به محلول‌پاشی در شرایط آبیاری کامل به میزان $201/4$ بود (شکل ۷).

محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و کاراتنوئید داشت که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تنش قطع آبیاری در $69BBCH$ مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان $0/6494$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین میزان مربوط به تنش قطع آبیاری در $79BBCH$ مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان $0/5083$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر (شکل ۲) و بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تنش قطع آبیاری در $69BBCH$ مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان $1/04$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین میزان مربوط به تنش قطع آبیاری در $79BBCH$ مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان $0/82$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر (شکل ۳) و بیشترین میزان کاراتنوئید مربوط به تنش قطع آبیاری در $69BBCH$ مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان $0/278$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین میزان مربوط به تنش قطع آبیاری در $79BBCH$ مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان $0/2164$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر (شکل ۴) بود. اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل داشت که بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به رقم بومی در شرایط محلول‌پاشی به میزان $1/05$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین میزان مربوط به رقم بومی در شرایط عدم محلول‌پاشی به میزان $0/84$ میلی‌گرم بر گرم وزن تر (شکل ۵) بود. آنجوم و همکاران (Anjum et al., 2003) گزارش کردند که تنش خشکی باعث افزایش مقدار کل کلروفیل در جو می‌شود. آنها بیان کردند که در گیاه جو، تنش خشکی منجر به کاهش میزان کلروفیل b می‌شود، اما بر پایداری کلروفیل a می‌افزاید. این موضوع باعث افزایش مقدار کل کلروفیل می‌گردد که با نتایج این تحقیق در گیاه کنگد مطابقت دارد. نتایج وانگ و همکاران (Wang et al., 2003) نشان دادند که استفاده از گوگرد منجر به

حداکثر فلورسانس کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محلول پاشی، اثر متقابل تنش \times محلول پاشی، رقم \times محلول پاشی و اثر متقابل تنش \times رقم \times محلول پاشی تاثیر معنی‌داری بر عدد حداکثر فلورسانس برگ گیاه کنگد داشت (جدول ۲). همچنین، مقایسه میانگین صفات نشان داد که میزان حداکثر فلورسانس در زمان آبیاری کامل دارای بیشترین به میزان ۶۲۰/۶ و تنش قطع آبیاری در ۶۹BBCH دارای کمترین میزان ۵۸۸/۹ بود (جدول ۲). همچنین، میزان حداکثر فلورسانس در رقم بومی بیشترین به میزان ۶۴۳/۲ و در رقم دشتستان ۲ دارای کمترین به میزان ۵۷۶/۸ بود که اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۲).

توبه و همکاران (Tobeh et al., 2007) در بین ارقام یونجه تنوع معنی‌دار برای فلورسانس کلروفیل مشاهده نکردند و در بین تیمارهای محلول پاشی و عدم محلول پاشی بیشترین میزان حداکثر فلورسانس مربوط به تیمار عدم محلول پاشی به میزان ۶۴۰ بود که اختلاف بین آنها معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان حداکثر فلورسانس در اثر متقابل محلول پاشی و تنش مربوط به عدم محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۷۰۵/۱ و کمترین میزان مربوط به محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۴۷۲/۸ بود (شکل ۸). همچنین، بیشترین میزان حداکثر فلورسانس در اثر متقابل محلول پاشی و رقم مربوط به عدم محلول پاشی در رقم بومی به میزان ۷۳۲/۷ و کمترین میزان مربوط به محلول پاشی در رقم دشتستان ۲ به میزان ۵۵۲ بود (شکل ۹).

فلورسانس کلروفیل متغیر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش، محلول پاشی، اثر متقابل تنش \times محلول پاشی و اثر متقابل تنش \times رقم \times محلول پاشی تاثیر معنی‌داری بر

عدد فلورسانس متغیر برگ گیاه کنگد دارد (جدول ۲). همچنین، مقایسه میانگین صفات نشان می‌دهد که میزان فلورسانس متغیر در زمان آبیاری کامل دارای بیشترین به میزان ۴۵۹/۴ و تنش قطع آبیاری در ۶۹BBCH دارای کمترین میزان ۴۰۰/۷ بود. همچنین، میزان فلورسانس متغیر در رقم بومی بیشترین به میزان ۴۷۳/۸ و در رقم داراب ۱ دارای کمترین به میزان ۴۰۷/۶ بود. در بین تیمارهای محلول پاشی و عدم محلول پاشی بیشترین میزان فلورسانس متغیر مربوط به تیمار عدم محلول پاشی به میزان ۴۶۹/۴ بود (جدول ۲). بیشترین میزان فلورسانس متغیر در اثر متقابل محلول پاشی و تنش مربوط به عدم محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۵۳۰ و کمترین میزان مربوط به محلول پاشی در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۲۷۱/۳۸ بود (شکل ۱۰).

نسبت فلورسانس کلروفیل متغیر به حداکثر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش، رقم، محلول پاشی و اثرات متقابل بین آنها تاثیر معنی‌داری بر مقدار فلورسانس کلروفیل برگ گیاه کنگد ندارد (جدول ۲)، همچنین مقایسه میانگین صفات نشان می‌دهد که میزان فلورسانس متغیر به حداکثر در زمان آبیاری کامل دارای بیشترین به میزان ۰/۶۵۶ و تنش ملایم در ۷۹BBCH دارای کمترین میزان ۰/۶۳۱ بود (جدول ۲). بر اساس گزارش وزان (Vazan, 2000) تنش خشکی موجب کاهش عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند می‌شود که با نتایج این تحقیق در گیاه کنگد مطابقت دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات رنگریزه و فلورسانس کلروفیل تحت تاثیر تیمارهای تنش، رقم و محلول پاشی

Table 1 - Analysis of variance (mean squares) and chlorophyll fluorescence characteristics Pigments influenced under irrigation stress treatments, Varieties and foliar application

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	(MS)				میانگین مربعات			
		fo	fm	fv	fv/fm	کلروفیل a chlorophyll a	کلروفیل b chlorophyll b	کلروفیل کل T. chlorophyll	کاراتنوئید Carotenoid
Block بلوک	2	207.018*	1591.12 ^{ns}	3592.83 ^{ns}	0.0033 ^{ns}	0.0045 ^{ns}	0.0027 ^{ns}	0.0082 ^{ns}	0.00033**
Cut off irrigation قطع آبیاری	2	193.78*	4896.51*	15874.68**	0.0032*	0.017*	0.0157 ^{ns}	0.039 ^{ns}	0.0047**
Error a خطای a	4	19.78	807.3	870.1	0.0004	0.0036	0.0143	0.013	0.000009
Variety رقم	2	579.34**	20194.05 ^{ns}	23129.8 ^{ns}	0.0105 ^{ns}	0.0028 ^{ns}	0.0183 ^{ns}	0.0064 ^{ns}	0.00071 ^{ns}
foliar application محلول پاشی	1	41395 ^{ns}	57297.79*	72526.68**	0.021 ^{ns}	0.0208 ^{ns}	0.0388*	0.053 ^{ns}	0.00022 ^{ns}
رقم × قطع آبیاری variety × Cut of irrigation	4	586.018**	11116.9 ^{ns}	12840.15 ^{ns}	0.0079 ^{ns}	0.0052 ^{ns}	0.0105 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.0014*
قطع آبیاری × محلول پاشی Cut of irrigation × foliar application	2	292.041*	95108.64**	124692**	0.0158 ^{ns}	0.0289*	0.0212 ^{ns}	0.0729*	0.0043**
رقم × محلول پاشی variety × foliar application	2	176.625 ^{ns}	51435.57*	7840.56 ^{ns}	0.00084 ^{ns}	0.0241 ^{ns}	0.0127 ^{ns}	0.0755*	0.0014 ^{ns}
رقم × قطع آبیاری × محلول پاشی variety × Cut of irrigation × foliar application	4	320.66**	31152.62*	33731.25**	0.0083 ^{ns}	0.0224*	0.018 ^{ns}	0.0465 ^{ns}	0.00144*
Error b خطای b	30	76.388	9615.07	8037.39	0.0084	0.076	0.0067	0.0178	0.00045
c.v% ضریب تغییرات		4.2218	16.142	20.71	14.3	14.53	21.21	13.8	8.622

ns, * و ** غیر معنی دار، معنی دار به ترتیب در سطح آماری ۵ و ۱ درصد خواهد بود.

ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

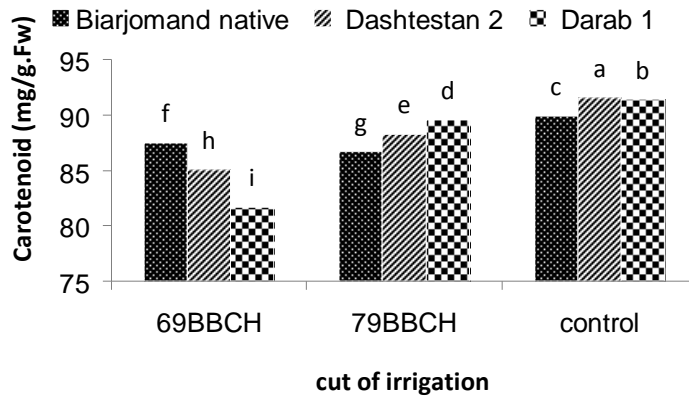
جدول ۲- مقایسه میانگین تنش قطع آبیاری و محلول پاشی بر مقدار رنگرزه و فلورسانس کلروفیل ارقام کنجد

Table 2 - Mean comparison squared solution no irrigation stress and foliar application on chlorophyll fluorescence Pigments and sesame varieties.

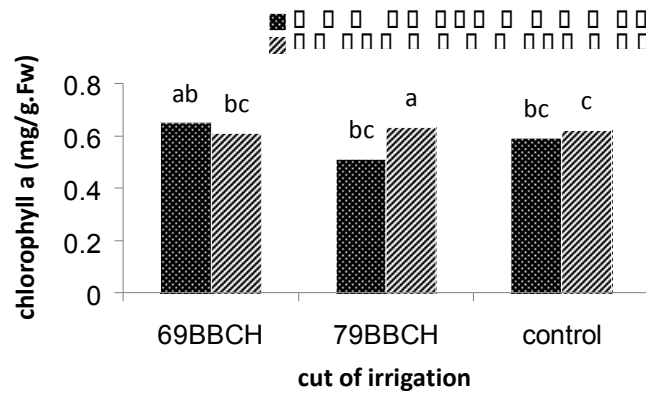
تیما Treatment	fo	fm	fv	fv/m	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارائنوئید
					chlorophyll a	chlorophyll b	T. chlorophyll	Carotenoid
(mg/g.Fw)								
قطع آبیاری زمانی که ۹۰٪ گل‌های کنجد باز شده 69 BBCH no irrigation	208.2 ^a	588.9 ^b	400.7 ^b	0.635 ^{ab}	0.629 ^a	0.388 ^a	1.012 ^a	0.265 ^a
قطع آبیاری زمانی که ۹۰٪ نیام‌های کنجد به اندازه نهایی خود رسیده‌اند 79 BBCH no irrigation	209.5 ^a	612.6 ^{ab}	438.1 ^a	0.631 ^b	0.568 ^b	0.356 ^a	0.919 ^a	0.24 ^b
Control شاهد	203.3 ^b	620.6 ^a	459.4 ^a	0.656 ^a	0.606 ^{ab}	0.415 ^a	0.97 ^a	0.234 ^c
Biarjom Native بومی بیارجمند	212.5 ^a	643.2 ^a	473.8 ^a	0.667 ^a	0.587 ^a	0.364 ^b	0.945 ^a	0.239 ^a
Dashtestan 2 دشتستان ۲	201.19 ^b	576.8 ^a	416.8 ^{ab}	0.634 ^a	0.61 ^a	0.372 ^b	0.977 ^a	0.251 ^a
Darab 1 داراب ۱	207.3 ^a	602.3 ^a	407.6 ^b	0.621 ^a	0.606 ^a	0.423 ^a	0.979 ^a	0.250 ^a
Non- foliar application عدم محلول پاشی	206.85 ^a	640 ^a	469.4 ^a	0.66 ^a	0.581 ^a	0.36 ^b	0.936 ^a	0.245 ^a
foliar application محلول پاشی	207.18 ^a	574.9 ^b	396.1 ^b	0.621 ^a	0.62 ^a	0.413 ^a	0.998 ^a	0.249 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

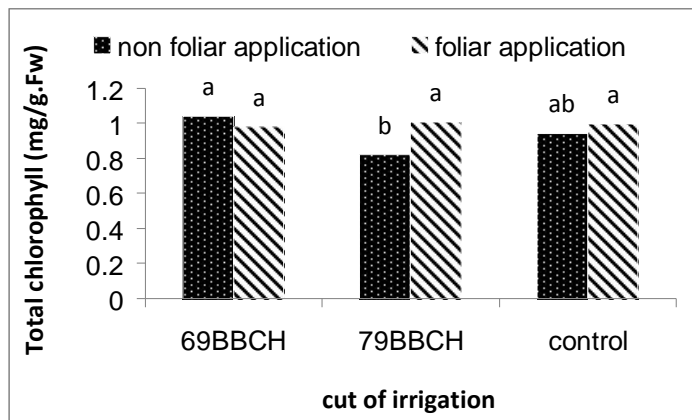
Means with the same letter in each column represent non significantly at 5% probability level.



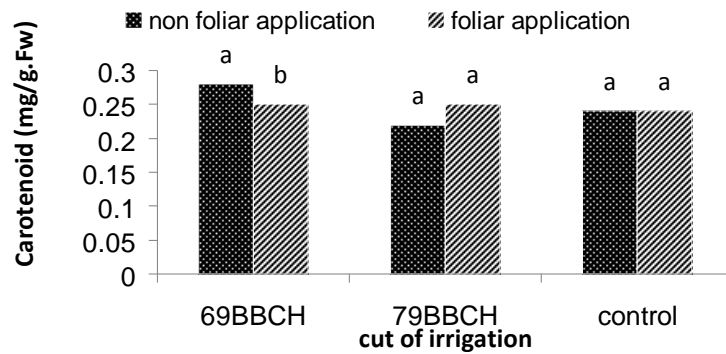
شکل ۱- بررسی تاثیر تیمارهای مختلف تنش قطع آبیاری بر میزان کاراتنوئید در ارقام مختلف کنجد
Figure 1- Effect of different stress irrigation treatments on carotenoid levels in different varieties of sesame.



شکل ۲- بررسی تاثیر تیمارهای مختلف تنش قطع آبیاری و محلول پاشی بر میزان کلروفیل a
Figure 2- Effect of different stress irrigation treatments and foliar application on chlorophyll a

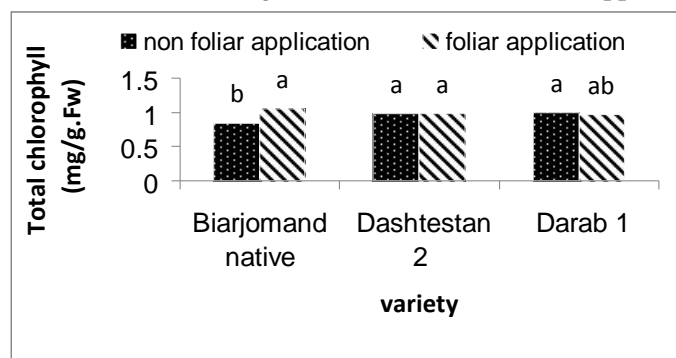


شکل ۳- بررسی تاثیر تیمارهای مختلف تنش قطع آبیاری و محلول پاشی بر میزان کلروفیل کل
Figure 3- Effect of different stress irrigation treatments and foliar application on total chlorophyll content



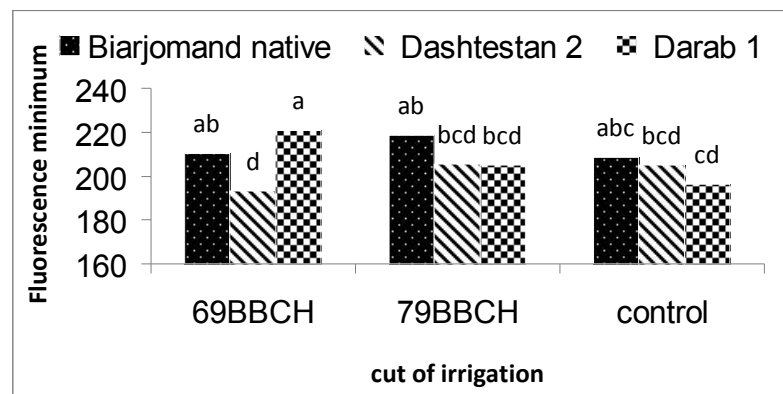
شکل ۴- بررسی تاثیر تیمارهای مختلف تنش قطع آبیاری و محلول پاشی بر میزان کاراتنوئید

Figure 4- Effect of different stress irrigation treatments and foliar application on carotenoid



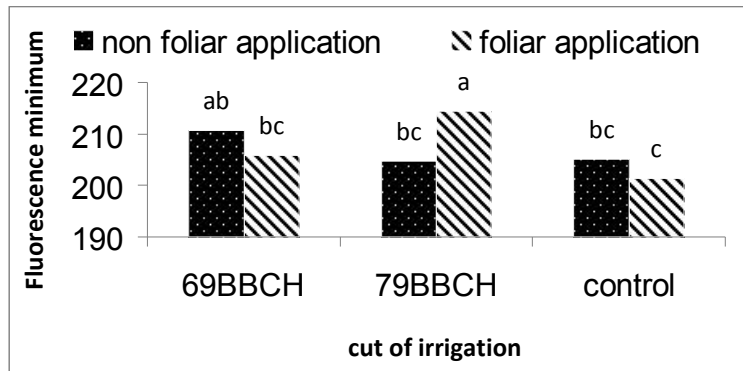
شکل ۵ - بررسی تاثیر تیمارهای محلول پاشی و عدم محلول پاشی بر میزان کلروفیل کل در ارقام کنجد

Figure 5- Effect of foliar and non-foliar treatments on total chlorophyll content of sesame cultivars



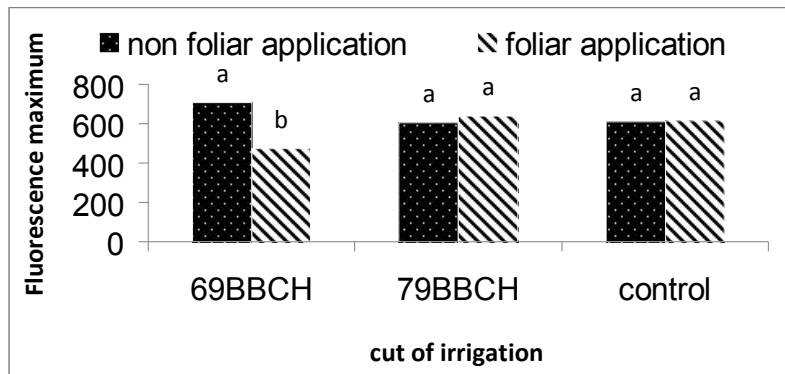
شکل ۶ - بررسی تاثیر تیمارهای تنش قطع آبیاری بر میزان فلورسانس اولیه در ارقام کنجد

Figure 6- Effect of different stress irrigation treatments on the initial fluorescence sesame seed



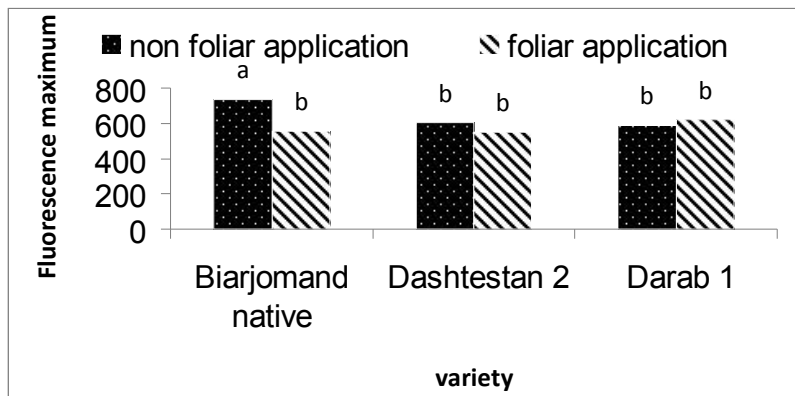
شکل ۷ - بررسی تاثیر تیمارهای تنش قطع آبیاری و محلول پاشی بر میزان فلورسانس اولیه

Figure 7- Effect of different stress irrigation treatments and foliar application on the initial fluorescence



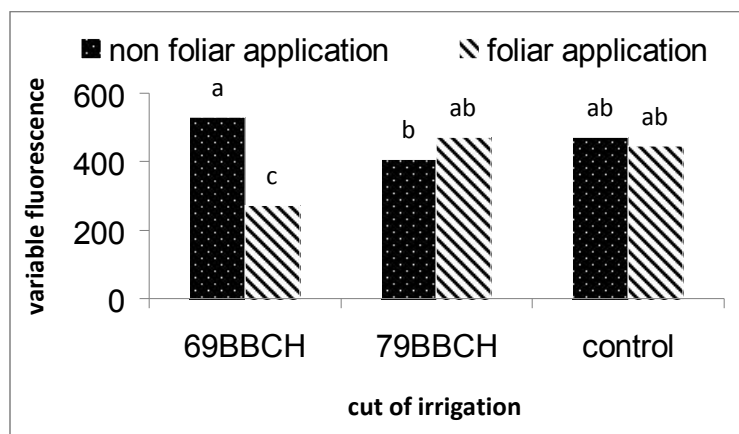
شکل ۸ - بررسی تاثیر تیمارهای تنش قطع آبیاری و محلول پاشی بر میزان فلورسانس ماکزیمم

Figure 8- Effect of different stress irrigation treatments and foliar application on the fluorescence maximum stress



شکل ۹ - بررسی تاثیر تیمارهای محلول پاشی و عدم محلول پاشی بر میزان فلورسانس ماکزیمم در ارقام کنجد

Figure 9- Effect of foliar and non-foliar treatments on the fluorescence maximum amount of sesame seed



شکل ۱۰- بررسی تاثیر تیمارهای تنش قطع آبیاری و محلول پاشی بر میزان فلورسانس متغیر

Figure 8- Effect of different stress irrigation treatments and foliar application on variable fluorescence.

References

منابع مورد استفاده

- Agusti, M., S. Zaragoza, H. Bleiholder, L. Buhr, H. Hack, R. Klose, and R. Stauss. 1997. Adaptation de l'échelle BBCH a la description des stades phénologiques des agrumes du genre Citrus. *Fruits*. 52: 287- 295.
- Ahmadi, A., and D.A. Biker. 2000. Stomatal and non-stomatal limitation of photosynthesis in wheat under drought stress. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 31(4): 85-92. (In Persian)
- Anjum, F., M. Yaseen, E. Rasool, A. Wahid, and S. Anjum. 2003. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.) II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. *Pak. J. Agri. Sci.* 40(1-2): 41-49.
- Ashraf, M.Y., A.H. Azim, and S.A. Aca. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiologia Plantarum*. 14: 185-191.
- Attibayéba, Nsika-Mikoko, E., N. Kounkou, J. Sérina, J. Galet, C. Dianga, and F. Mandoukou- Yembi. 2010. Description of different growth stages of (*Sesamum indicum* L) using the extended BBCH scale. *Pakistan Journal of Nutrition*. 9(3): 235-239.
- Basu, P.S., S. Ashoo, N.P. Sukumaran, and A. Sharma. 1998. Changes in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induced by water stress. *Photosynthetica*. 35: 13-19.
- Hayat, S., Q. Fariduddin, B. Ali, and A. Ahmad. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hung.* 53: 433-437.
- Kassab, O., E. Noemani, and A.H. El-Zeiny. 2005. Influence of some irrigation system and water regimes on growth and yield of sesame plants. *Journal of Agronomy*. 4: 220-224.

- Kenan, U., F. Kill, C. Gencoglan, and H. Merdan. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. *Field Crops Research*. 101: 249-254.
- Koch, E., E. Dittmann, W. Lipa, A. Menzel, J. Necovar, A. Van Vlieth, and S. Zach. 2007. COST Action 725. Applications: Overview and erste ergebnisse. Proceedings of the Meteorologentagung, DACH 2007 Hamburg, 10-14 September. COST 725, <http://top-share.wur.nl/cost725>.
- Konstance, R., A. Eva, N. Reto, D. Baumgartner, L. Nystrom, and F.H. Richard. 2012. Effect of sulfur and nitrogen fertilization on the content of nutritionally relevant carotenoids in spinach (*Spinacia oleracea*). *Agric. Food Chem.* 60(23): 5819-5824.
- Llusia, J., J. Penuelas, and S. Munne-Bosch. 2005. Sustained accumulation of methyl salicylate alters antioxidant protection and reduces tolerance of holm oak to heat stress. *Physiol Plantarum*. 124: 353-361.
- Majumdar, S., S. Ghosh, B.R. Glick, and E.B. Dum Broff. 1991. Activities of chlorophyllase, phosphoenol pyruvat carboxylase and ribulose -1,5-bis phosphatase carboxylase in the primary leaves of soybean daring senescence and drought. *Physiol Plant*. 81: 473-480.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed., Academic Press. Harcourt Brace Company, Pub. Co., New York. 889 p.
- Michel, V., G. Zink, J. Schmidtke, and A. Anderl, 2007. PIAF and PIAF stat, 278-279. In: Bleiholder, H., H.P. Piepho (Ed.): Agricultural Field Trials, Today and Tomorrow. Proceedings of the International Symposium 08-10 October, Stuttgart-Hohenheim, Germany. Verlag Grauer, Beuren Stuttgart, 284 p.
- Nemeth, M., T. Janda, E. Horvath, E. Paldi, and G. Szalai, 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Sci*. 162: 569-574.
- Piotr, S., B. Jan, and R. Magdalena. 2012. The effect of soil supplementation with nitrogen and elemental sulphur on chlorophyll content and grain yield of maize (*Zea mays* L.). *Agriculture*. 99(3): 247-254.
- Shangguan, Z., M. Sha, and J. Dyckmans. 2000. Effect of nitrogen nutrition and water deficit on net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in winter wheat. *Journal of Plant Physiology*. 156: 45-51.
- Tari, I., J. Csiszar Szalai, G.F. Horvath, A. Pecsvaradi, G. Kiss, A. Szepesi, M. Szabo, and L. Erdei. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. *Acta Biol*. 46(3-4): 55-56.
- Tobeh, A., A. Ghalavand, E. Majidi, and M. Panahian. 2007. Study and introduction of *Garghologh alfalfa* the indigenous cultivar of northwestern Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 14: 323-335. (In Persian).
- Vazan, S. 2000. Evaluation of chlorophyll fluorescence and photosynthesis efficiencies in *Beta vulgaris* genotypes under drought and non drought stresses. Ph.D Thesis, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch. (In Persian).
- Wang, Y.F., S.P. Wang, X.Y. Cui, Z.Z. Chen, E. Schnug, and S. Haneklau. 2003. Effects of sulfur supply on the morphology of shoots and roots of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Grass and Forage Science*. 58: 160-167.

Effect of Foliar Application of Salicylic Acid on Chlorophyll Fluorescence and Pigment Amount of Sesame (*Sesamum indicum*) Varieties under Irrigated Conditions

Bagheri, E.^{1*}, J. Masood Sinaki², M. Baradaran Firoozabadi³, and M. Abedini Esfhlani⁴

Received: August 2012, Accepted: 25 December 2013

Abstract

To study the effects of foliar applications of salicylic acid under cutting off irrigation at BBCH and phenological growth stages of plants and their interaction on chlorophyll a, b, carotenoid concentrations and chlorophyll fluorescence of sesame varieties (*Sesamum indicum*) a split factorial experiment based on a randomized complete block design with 3 replications was conducted at Shahrood (Semnan province of Iran) during growing season of 2011-2012. Main factor was three irrigation levels (full irrigation as control, cutting off irrigation at 69 BBCH (at 90% flowering stage), and cutting off irrigation at BBCH79 (at full growth of pods). Sub plots were three cultivars of sesame (Biarjomand native, Dashtestan 2, Darab 1) and two levels of the foliar applications salicylic acid (0, and 0.6 mM). The results of variance analysis showed that drought stress due to cutting of the irrigation at 90% flowering and full growth of pods reduced content of chlorophyll a, carotenoid and chlorophyll fluorescence significantly. Foliar application also reduced chlorophyll b and chlorophyll fluorescence (Fv, Fm) significantly. Experimental results indicated that highest concentrations of chlorophyll a and carotenoid 0.629 and 0.265 mg/g.Fw respectively produced by plants when irrigation was cutted off at BBCH 69 and the highest concentration of Fv/Fm (0.656) in control treatment. Based on the results obtained the maximum chlorophyll b content belonged to Darab (0.423 mg/g.Fw) and the lowest (0.364 mg/g.Fw) to Biarjomand native.

Key words: Chlorophyll, Drought, Fluorescence, sesame (*Sesamum indicum*).

¹ - Former Ms.c. Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

² - Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

³ - Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

⁴ - Staff Member, Agricultural and Natural Resources Research Center, Shahrood, Iran.

* Corresponding Author: eb.gahad@yahoo.com