نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفتم، شماره ۳(۲۷)، ۱۳۹۲، صفحه ۳۴۰-۳۲۷

اثر محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید تحت شرایط قطع آبیاری (بر اساس BBCH، مراحل فنولوژی گیاهان) و اثر متقابل آنها بر غلظت کلروفیلa، b، کاراتنوئید و فلورسانس کلروفیل در ارقام کنجد (*Sesamum indicum*) آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۹۰ 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 به‌عنوان شاهد، BBCH ۶۹ (زمانی که ٪۹۰ گل‌های کنجد باز شده) و BBCH۷۹ (زمانی که ٪۹۰ نیام‌های کنجد به اندازه نهایی خود رسیده باشند) و ارقام کنجد (بومی، دشتستان ۲ و داراب ۱) و سطوح محلول‌پاشی 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 BBCH۶۹ و BBCH۷۹ سبب اختلاف معنی‌دار در میزان کلروفیل a، کاراتنوئید و فلورسانس کلروفیل (F0, Fm, Fv, Fv/m) گردید. همچنین، محلول‌پاشی سبب مشاهده اختلاف معنی‌دار برای میزان کلروفیل b و فلورسانس کلروفیل (Fm و Fv) شد. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل a و کارتنوئید در شرایط قطع آبیاری در BBCH۶۹ به‌ترتیب به میزان ۰/۶۲۹ و ۰/۲۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و بیشترین غلظت Fv/Fm در شرایط آبیاری کامل به میزان ۰/۶۵۶ به‌دست آمدند. بر اساس نتایج این آزمایش بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به رقم داراب به میزان ۰/۴۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و کمترین آن مربوط به رقم بومی به میزان ۰/۳۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر در شرایط آبیاری کامل حاصل شد.

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

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد دامغان (نگارنده‌ی مسئول) eb.gahad@yahoo.com
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

دریافت: ۹۲/۶/۷
پذیرش: ۹۲/۱۰/۴

Archive of SID
www.SID.ir

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 به‌صورت 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 کنجد جهت تحقیقات) ایران از نظر منابع مهم ژنتیکی گیاه کنجد، در رده هشتم قرار می‌گیرد. کنجد (*Sesamum indicum*) به دلیل محتوای روغن بالا (۵۲-۴۷ درصد) و کیفیت مناسب (میزان کم کلسترول و وجـــود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها) روغن دانه‌های آن، نقش مهمی در سلامت انسان دارد (Kassab *et al*., 2005). کمبود منابع آبی یکی از عوامل اصلی محدود کننده‌ی 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 به‌طور 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 وآنالیز 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 بیابا و همکاران (Attibayeba *et al*., 2010) مراحل رشد فنولوژیکی گیاه کنجد را با استفاده از معیار کددهی 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 گیـاهان نسبت به تنش خشکی و شـوری 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 سالسیلیک اسید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، لیوسیا و همکاران (Liusia *et al*., 2005) گزارش کـردند که متیل سالیسیلات بر مقـدار رنگیزه‌های فتوسنتزی اثری ندارد، ولی فتوسنتز تحت تیمار سالیسیلیک اسید کاهش می‌یابد. هدف از تحقیق حاضر شناخت توان فتوسنتزی و تغییرات

Archive of SID

www.SID.ir

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 اسپلیت‌پلات‌فاکتوریل 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 نیام‌های 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 میلی مولار) 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 آماده سازی 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 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 بازشده، 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 به‌طول 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 UNFCO -۲۱۰۰) انجام گرفت. به این ترتیب که مقدار جذب محلول‌ها را در طول موج ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. در

Archive of SID

www.SID.ir

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

$$Chla = (۱۲/۷A۶۶۳- ۲/۶۹A۶۴۵)\times V/W \quad (۱)$$

$$Chlb = (۲۲/۹A\ ۶۴۵ - ۴\ /۶۸A۶۶۳)\times V/W \quad (۲)$$

$$Chl.total = (۲۰/۲(A۶۴۵)+۸/۰۲(A۶۶۳))\times V/W \quad (۳)$$

$$C(x+c) = (\ ۷/۶A۴۸۰-۱/۴۹(A۵۱۰)\times V/W \quad (۴)$$

در این فرمـول Chla، Chlb و Cx+c به‌ترتیب غلظت کلروفیلa، کلروفیل b و کاراتنوئیدها است که برحسب µg/ml عصاره گیاهی، V حجم نهایی استن مصرفی بر حسب میلی‌لیتر و w وزن بافت‌تر است.

برای اندازه‌گیری شاخص فلورسانس کلروفیل برگ (F0، FM، FV، Fv/Fm) از کلروفیل فلئومتر (مدل os ۵p 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 محلول‌پاشی 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 وزن‌تر و در ۷۹BBCH دارای کمترین اثر به میزان ۰/۵۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر برای کلروفیل a بود. همچنین، تنش خشکی در ۶۹BBCH دارای بیشترین اثر به میزان ۰/۲۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و در آبیاری کامل تیمار شاهد دارای کمترین اثر به میزان ۰/۲۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر 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 وزن‌تر 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 دشتستان۲ به ترتیب به میزان ۰/۶۱ و ۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و کمترین مقدار مربوط به رقم بومی به‌ترتیب به میزان ۰/۵۹ و ۰/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بود، محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل b داشت و بیشترین مقدار مربوط به رقم داراب ۱ به میزان ۰/۴۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و کمترین مقدار مربوط به رقم بومی به میزان ۰/۳۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بود، همچنین، محلول‌پاشی باعث افزایش میزان کلروفیل b به میزان ۰/۴۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر 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 کاراتنـوئیدهای برگ شـــد. اثر متقابل تنش با

Archive of SID

www.SID.ir

محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و کاراتنوئید داشت که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تنش قطع آبیاری در ۶۹BBCH مربوط به عدم محلول‌پاشی به میـــزان ۰/۶۴۹۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و کمترین میزان مربوط به تنش قطع آبیاری در ۷۹BBCH مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان ۰/۵۰۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر (شکل ۲) و بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تنش قطع آبیاری در ۶۹BBCH مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان ۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و کمترین میزان مربوط به تنش قطع آبیاری در ۷۹BBCH مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان ۰/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر (شکل ۳) و بیشترین میزان کاراتنوئید مربوط به تنش قطع آبیاری در ۶۹BBCH مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان ۰/۲۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و کمترین میزان مربوط به تنش قطع آبیاری در ۷۹BBCH مربوط به عدم محلول‌پاشی به میزان ۰/۲۱۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر (شکل ۴) بود. اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل داشت که بیشترین میزان کلروفیل کل مـربوط به رقم بومی در شـــرایط محلول‌پاشی به میزان ۱/۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و کمترین میزان مربوط به رقم بومی در شرایط عدم محلول‌پاشی به میزان ۰/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر (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 می‌شـــود، اما بر پایداری کلـــروفیل a می‌افزاید. این موضوع باعث افزایش مقدار کل کلروفیل می‌گردد که با نتایج این تحقیق در گیاه کنجد مطابقت دارد. نتایج وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2003) نشان دادند که استفاده از گوگرد منجر به 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 نشـــان داد که تنش خشکی، رقم، اثر متقابل تنش × رقم، رقم × محـلول‌پاشی، و اثر متقـــابل تنش ×رقـم × محـلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان حداقل فلورسانس برگ گیاه کنجد داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات نشان داد که حداقل فلورسانس در زمان آبیاری کامل دارای کمترین مقدار به میزان ۲۰۳/۳ و تنش ملایم در ۷۹BBCH دارای بیشترین میزان برابر با ۲۰۹/۵ بود. همچنین، میزان حداقل فلورسانس در رقم بومی بیشترین به میزان ۲۱۲/۵ و در رقم دشتستان ۲ دارای کمترین به میزان ۲۰۱/۲ بود. در بین تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول-پاشی بیشترین میزان حداقل فلورسانس مربوط به تیـمار محلول‌پاشی بود ولی اختلاف بین آنها معنی‌دار نشد (جدول ۲). اثر متقابل رقم × تنش، و تنش × محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر میزان حداقل فلورسانس داشت. بیشترین میزان حداقل فلورسانس مربوط به رقم داراب ۱ در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۲۲۰/۸۳ و کمترین میزان مربوط به رقم دشتستان ۲ در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۱۹۳/۴ بود (شکل ۶). بیشترین میزان حداقل فلورسانس مربوط به محلول‌پاشی در شرایط قطع آبیاری در ۷۹BBCH به میزان ۲۱۴/۳۳ و کمترین میـزان مربوط به محلول‌پاشی در شرایط آبیاری کامل به میزان ۲۰۱/۴ بود (شکل ۷).

Archive of SID

www.SID.ir

حداکثر فلورسانس کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی، اثر متقابل تنش × محلول‌پاشی، رقم × محلول‌پاشی و اثر متقابل تنش×رقم × محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر عدد حداکثر فلورسانس برگ گیاه کنجد 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 فلورسنس کلروفیل مشاهده نکردند و در بین تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی بیشترین میزان حداکثر فلورسانس مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی به میزان ۶۴۰ بود که اختلاف بین آنها معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان حداکثر فلورسانس در اثر متقابل محلول‌پاشی و تنش مربوط به عدم محلول‌پاشی در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۷۰۵/۱ و کمترین میزان مربوط به محلول‌پاشی در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۴۷۲/۸ بود (شکل ۸). همچنین، بیشترین میزان حداکثر فلورسانس در اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم مربوط به عدم محلول‌پاشی در رقم بومی به میزان ۷۳۲/۷ و کمترین میزان مربوط به محلول‌پاشی در رقم دشتستان ۲ به میزان ۵۵۲ بود (شکل ۹).

فلورسانس کلروفیل متغیر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش، محلول‌پاشی، اثر متقابل تنش ×محلول‌پاشی و اثر متقابل تنش ×رقم ×محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر عدد فلورسانس متغیر برگ گیاه کنجد دارد (جدول ۲). همچنین، مقایسه میانگین صفات نشان می‌دهد که میزان فلورسانس متغییر 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 محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی بیشترین میزان فلورسانس متغیر مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی به میزان ۴۶۹/۴ بود (جدول ۲). بیشترین میزان فلورسانس متغیر در اثر متقابل محلول‌پاشی و تنش مربوط به عدم محلول‌پاشی در شرایط قطع آبیاری در ۶۹BBCH به میزان ۵۳۰ و کمترین میزان مربوط به محلول‌پاشی 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، محلول‌پاشی و اثرات متقابل بین آنها تاثیر معنی‌داری بر مقدار فلورسانس کلروفیل برگ گیاه کنجد 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 چغندرقند می‌شود که با نتایج این تحقیق در گیاه کنجد مطابقت دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

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

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	میانگین مربعات (MS) fo	fm	fv	fv/fm	کلروفیل a chlorophyll a	کلروفیل b chlorophyll b	کلروفیل کل T. chlorophyll	کاراتنوئید Carotenoid
بلوک Block	2	207.018*	1591.12^{ns}	3592.83^{ns}	0.0033^{ns}	0.0045^{ns}	0.0027^{ns}	0.0082^{ns}	0.00033**
قطع آبیاری Cut off irrigation	2	193.78*	4896.51*	15874.68**	0.0032*	0.017*	0.0157^{ns}	0.039^{ns}	0.0047**
خطای a Error a	4	19.78	807.3	870.1	0.0004	0.0036	0.0143	0.013	0.000009
رقم Variety	2	579.34**	20194.05^{ns}	23129.8^{ns}	0.0105^{ns}	0.0028^{ns}	0.0183^{ns}	0.0064^{ns}	0.00071^{ns}
محلول‌پاشی foliar application	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×محلول‌پاشی Cut of irrigation × foliar application	2	292.041*	95108.64**	124692**	0.0158^{ns}	0.0289*	0.0212^{ns}	0.0729*	0.0043**
رقم×محلول‌پاشی 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 ×محلول‌پاشی 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*
خطای b Error b	30	76.388	9615./07	8037.39	0.0084	0.076	0.0067	0.0178	0.00045
ضریب تغییرات c.v%		4.2218	16.142	20.71	14.3	14.53	21.21	13.8	8.622

ns، * و ** غیرمعنی‌دار، معنی‌دار به ترتیب در سطح آماری۵ و ۱ درصد خواهد بود.

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقایسه میانگین تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر مقدار رنگریزه و فلورسانس کلروفیل ارقام کنجد

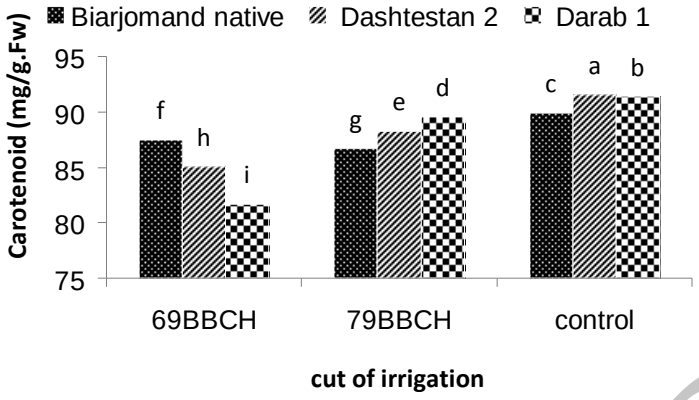
Table 2 - Mean comparison squared solution no irrigation stress and foliar application on chlorophyll fluorescence Pigments and sesame varieties.

تیمار Treatment		fo	fm	fv	fv/m	کلروفیل a chlorophyll a	کلروفیل b chlorophyll b	کلروفیل کل T. chlorophyll	کاراتنوئید 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 محلول‌پاشی**	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	**محلول‌پاشی**	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.

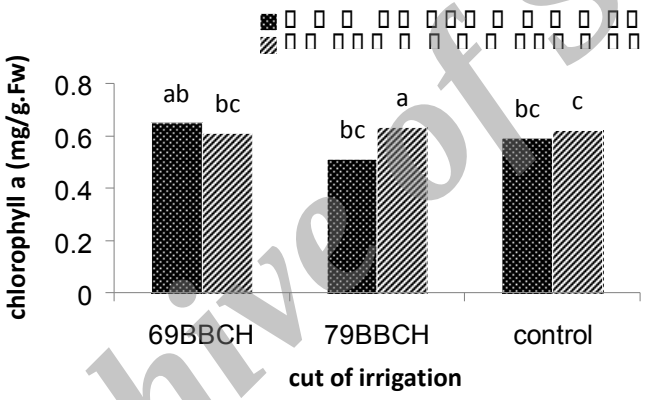
Means with the same latter in each column represent non significantly at 5% probability level.

Archive of SID
www.SID.ir



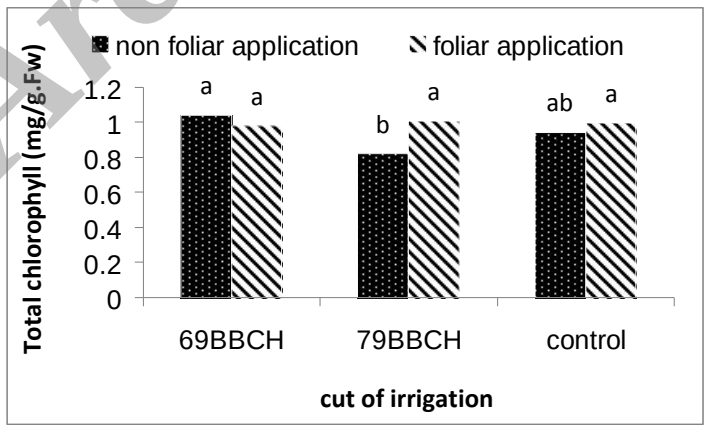
شکل ۱- بررسی تاثیر تیمارهای مختلف تنش قطع آبیاری بر میزان کاراتنوئید در ارقام مختلف کنجد

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 محلول‌پاشی بر میزان کلروفیل a

Figure 2- Effect of different stress irrigation treatments and foliar application on chlorophyll a

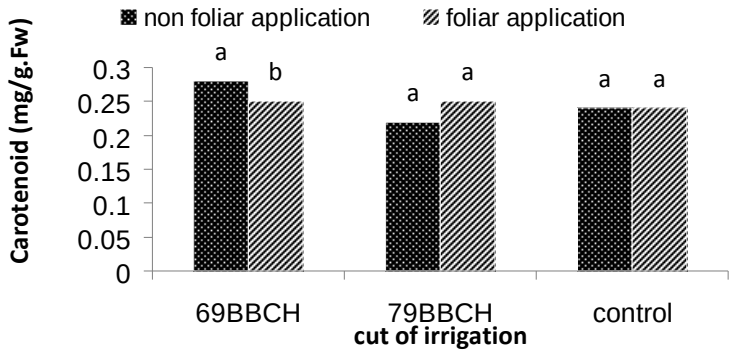


شکل ۳- بررسی تاثیر تیمارهای مختلف تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان کلروفیل کل

Figure 3- Effect of different stress irrigation treatments and foliar application on total chlorophyll content

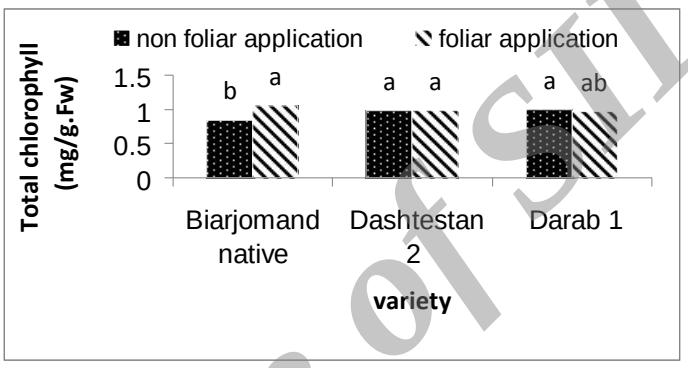
Archive of SID

www.SID.ir



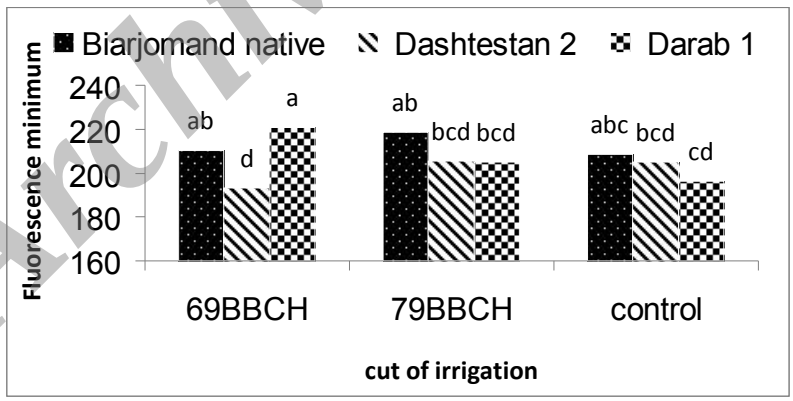
شکل ۴- بررسی تاثیر تیمارهای مختلف تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان کاراتنوئید

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



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

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

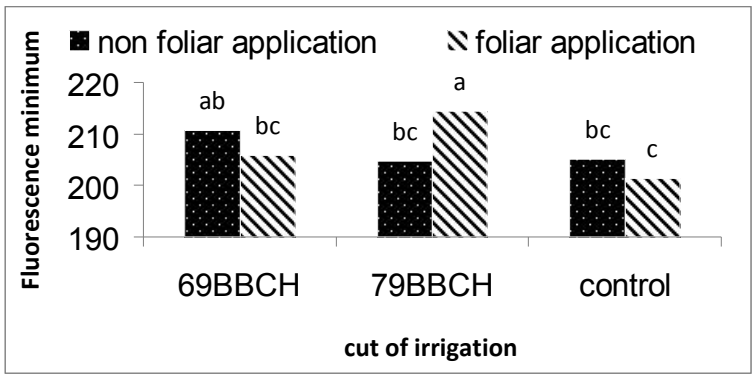


شکل ۶ - بررسی تاثیر تیمارهای تنش قطع آبیاری بر میزان فلورسانس اولیه در ارقام کنجد

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

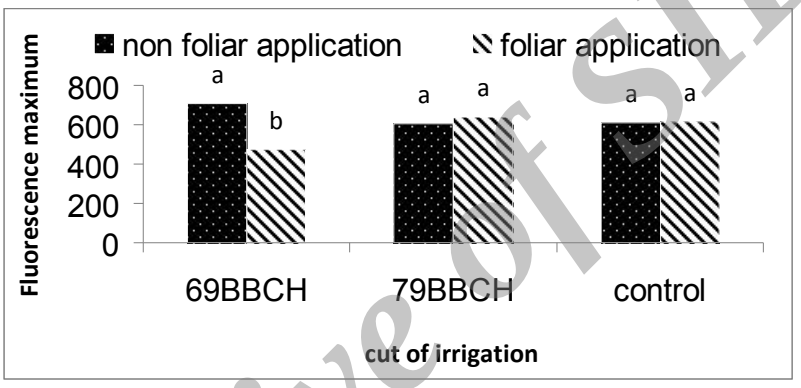
Archive of SID

www.SID.ir



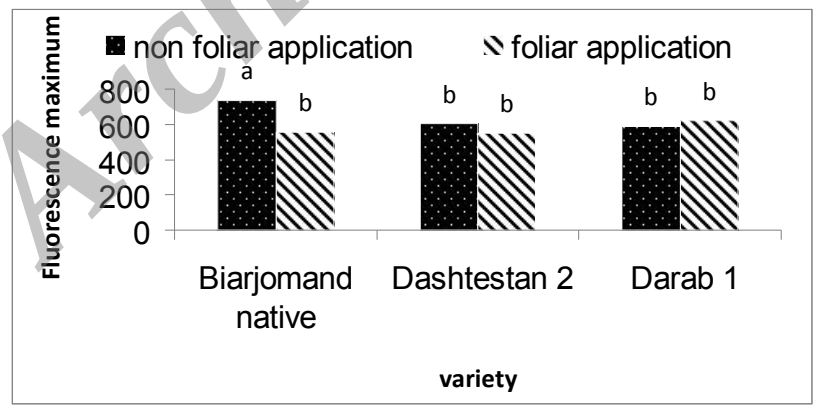
شکل ۷ - بررسی تاثیر تیمارهای تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان فلورسانس اولیه

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



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

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

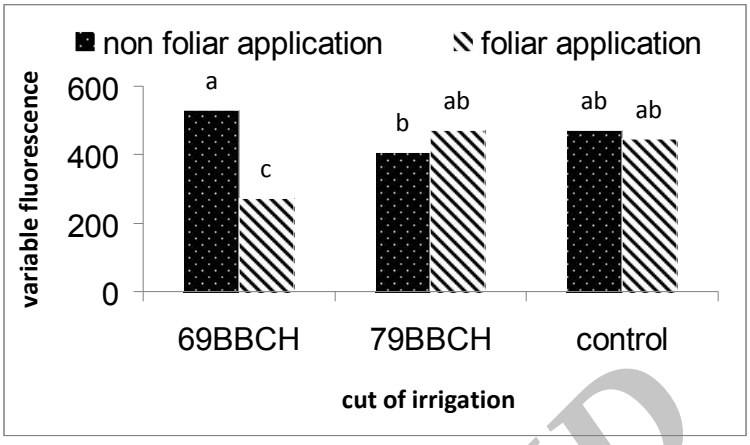


شکل ۹ - بررسی تاثیر تیمارهای محلول پاشی و عدم محلول‌پاشی بر میزان فلورسانس ماکزیمم در ارقام کنجد

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

Archive of SID

www.SID.ir



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

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

Archive of SID

References

منابع مورد استفاده

- Agusti, M., S. Zaragoza, H. Bleiholder, L. Buhr, H. Hack, R. Klose, and R. Stauss. 1997. Adaptation de l'echelle 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 phenls, peronidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiologia Plantaram*. 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 photosynthetik rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves in duced by water stress. *Photosynthetica*. 35: 13-19.

www.SID.ir

- 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 andwater 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 deficiton 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.

Archive of SID

www.SID.ir

- 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 Sience 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.

Archive of SID

www.SID.ir