Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۵ (ص ۱۸۴-۱۷۵) DOI: 10.22059/ijfcs.2016.58852

تأثیر تنش کمبود آب بر محتوای قندهای محلول، پرولین، سبزینهٔ برگ و پروتئین دانه در برخی دورگ‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

کمال سادات اسیلان
دانشیار گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، صندوق‌پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۵/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/۷/۲۲)

چکیده

به‌منظور شناسایی سازوکارهای مقاومت به تنش کمبود آب و معرفی دورگ‌های برتر آفتابگردان، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در مزرعهٔ تحقیقاتی واقع در استان البرز، شهرستان هشتگرد به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایهٔ بلوک کامل تصادفی اجرا شد. عامل اصلی شامل سطوح آبیاری (آبیاری معمولی، کمبود آب متوسط و شدید که به ترتیب پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A انجام شد) و عامل فرعی شامل چهار دورگ آفتابگردان (فرخ، آلستار، قاسم و هایسان ۲۵) بود. در این پژوهش غلظت قندهای محلول کل، پرولین، محتوای سبزینهٔ (کلروفیل) برگ و پروتئین دانه، عملکرد دانه و روغن اندازه‌گیری شد. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده با افزایش تنش کمبود آب غلظت قندهای محلول کل، پرولین و سبزینهٔ b در برگ‌ها افزایش نشان داد. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد دورگ آلستار بالاترین میزان کل قندهای محلول (۱۷٦/۰۵ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ)، پرولین (٤۵/٤۳ میلی‌گرم در لیتر) و سبزینهٔ b (۱۲/۵۲ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) را داشت. همچنین دورگ آلستار بالاترین میزان عملکرد دانه و روغن را در شرایط تنش کمبود آب میانگین به ترتیب به میزان ۲۱۲۱ و ۹۵٦ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش کمبود آب شدید به ترتیب به میزان ۸۲۹ و ۳۱۵/۱۰ کیلوگرم در هکتار را به خود اختصاص داد. در شرایط آبیاری معمولی دورگ فرخ بالاترین میزان عملکرد دانه (۳٤٤۸ کیلوگرم) و عملکرد روغن (۱٦۷۲ کیلوگرم) را تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، پرولین، تجمع قندها، تنش کمبود آب، سبزینه.

مقدمه

گیاهان دانه روغنی به‌عنوان یکی از منابع عظیم انرژی و پروتئین شناخته می‌شوند. این گیاهان نه تنها در تغذیهٔ انسان و دام نقش اساسی و تعیین‌کننده‌ای دارند، بلکه گردش چرخ‌های صنعت و اقتصاد برخی کشورها به آن‌ها وابسته است. آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دانه روغنی است که به‌منظور استخراج و استحصال روغن از دانه کشت می‌شود و از این لحاظ در رتبهٔ پنجم قرار دارد (Fas, 2006; Flagella *et al.*, 2002). دانه‌های آفتابگردان با ۴۰ تا ۵۰ درصد روغن و ۱۵ تا ۲۱ درصد پروتئین، نقش بسزایی در تأمین روغن موردنیاز بشر در سطح جهان دارند (Monotti, 2004; Leon *et al.*, 2003). هنگامی‌که هدررفت آب به صورت تعرق بر میزان آب جذب‌شده از خاک پیشی می‌گیرد، تنش کمبود آب رخ می‌دهد. تنش درازمدت بر همهٔ فرآیندهای سوخت‌وسازی (متابولیک) گیاه اثر می‌گذارد (Safarnejad, 2004; Shabala *et al.*,

* تلفن: ۰۲۱۴۶۰۸۴۹۵۶
E-mail: kamal.asilan@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

2000). پاسخ گیاهان به تنش کمبود آب روی صفات کمی وکیفی، ساختاری، یاخته‌ای و مولکولی متفاوت است (Yamaguchi-Shinozaki *et al.*, 2002; Yordanov & Tseov, 2000). بقاء گیاه در شرایط کمبود آب مستلزم گریز از تنش یا تحمل تنش است. این گریز بستگی به سازگاری‌های خاص در ریخت‌شناسی گیاه دارد (Aspinal & Paleg, 1981). اما تنظیم اسمزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سازوکارهای تحمل به تنش خشکی در گیاهان به شمار می‌رود (Zhang *et al.*, 1999). گیاهان در شرایط محیطی متفاوت مواد محلول با وزن مولکولی کم (اسیدهای آمینه، قندها و بتائین)، که به‌طورکلی مواد تنظیم‌کنندهٔ اسمزی نامیده می‌شوند، را تجمع می‌دهند (Bajji *et al.*, 2001). در بین مواد تنظیم‌کنندهٔ اسمزی به‌احتمال تجمع پرولین در فرآیند سازگاری به تنش خشکی در بسیاری از گلیکوفیت‌ها نقش مؤثری دارد (Sudhakar *et al.*, 1993; Yoshiba *et al.*, 1997). تجمع پرولین در همهٔ اندام‌های گیاه در طی تنش کمبود آب وجود دارد، بااین‌وجود میزان تجمع آن در برگ‌ها سریع‌تر و بیش از دیگر اندام‌ها است. محققان نشان دادند که در گلرنگ با افزایش سن گیاه تجمع پرولین افزایش یافت و این افزایش با کاهش محتوای رطوبت نسبی گیاه و رطوبت خاک مرتبط بود، به‌طوری‌که خشکی موجب افزایش معنی‌داری در میزان پرولین برگ‌ها شد (Ninganoor, 1995). افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در دیگر گیاهان زراعی مانند نخود، سورگوم، کلزا و گندم نیز گزارش شده است (Sanchez *et al.*, 1998; Bajji *et al.*, 2001). تجمع پرولین سبب می‌شود که گیاه بتواند در دورهٔ کوتاهی پس از رفع تنش، رشد خود را بازیابی کند. بنابراین در تنش‌های کوتاه‌مدت اثر مثبت و در تنش‌های درازمدت حتی تأثیر منفی بر عملکرد خواهد گذاشت، زیرا منابع نورساختی (فتوسنتزی) گیاه صرف فرآیندهایی غیر از پر شدن دانه منحرف می‌شود (Sanchez *et al.*, 1998). قندهای محلول نیز در شرایط خشکی تجمع یافته و ممکن است به‌عنوان عامل تنظیم‌کنندهٔ اسمزی عمل کنند (Bohnert *et al.*, 1995; Ingram & Bartels, 1996). در حالت اول افزایش قندها در اثر تنش با تنظیم اسمزی و نگهداری تورم و آماس (تورژسانس) و در حالت دوم با پایدار کردن غشاء و پروتئین‌ها در ارتباط است.

در تحقیقات چندی روی نخود، یونجه‌های یک‌ساله و چندساله به افزایش میزان قندهای محلول برگ در اثر اعمال تنش خشکی اشاره شده است (Torknejad, 2000; Sanchez *et al.*, 1998). در شرایط تنش خشکی تخریب پروتئین‌ها و انباشت برخی آمینواسیدهای آزاد برای حفظ و تنظیم فشار اسمزی یاخته و کاهش ساخت (سنتز) پروتئین گزارش شده است (Hissao, 1973; Moran *et al.*, 1994) همچنین تحقیقات انجام‌شده گویای تأثیر آشکار تنش کمبود آب بر میزان سبزینه (کلروفیل) است (Lawlor *et al.*, 2002). با افزایش تنش کمبود آب از میزان سبزینهٔ a کاسته و بر میزان سبزینهٔ b افزوده می‌شود (Safikhani, 2005). محققان در گزارش‌های مختلف به تأثیر تنش کم‌آبی و آبیاری محدود بر بسیاری از صفات کیفی، کمی، سختاری و فیزیولوژیک آفتابگردان اشاره و اظهار داشتند که میزان دسترسی به رطوبت خاک مهم‌ترین عامل در تعیین عملکرد گیاهان زراعی در مناطق نیمه‌خشک است (Flexas *et al.*, 2004; Lawlor, 2002). Angandi & Hentz (2002) نتیجه گرفتند که در شرایط تأمین رطوبت کافی دورگ‌های پابلند آفتابگردان بالاترین عملکرد را دارند و همچنین تیپ‌های پاکوتاه و زودرس و آزاد گرده‌افشان برای مناطقی با فصل رشد کوتاه و کم آب سازگاری بیشتری دارند. این آزمایش با فرض اینکه دورگ‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی در برابر شرایط محیطی نشان خواهند داد، به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب بر میزان کل قندهای محلول و پرولین برگ، سبزینهٔ a و b، سبزینهٔ کل برگ و پروتئین دانه و تعیین دورگ برتر آفتابگردان از نظر عملکرد دانه، روغن و پروتئین دانه در شرایط تنش کمبود آب اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعهٔ آزمایشی واقع در استان البرز،

www.SID.ir

Archive of SID

شهرستان هشتگرد در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. میانگین میزان بارندگی سالیانه در منطقه درحدود ۲۳۵ میلی‌متر و میزان تبخیر سالانه ۲۰۰۰ میلی‌متر است. خاک محل آزمایش تا عمق ۸۰ سانتی‌متری، بافت سیلتی لوم، وزن مخصوص ظاهری ۱/۶۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب را داشت و میزان هدایت الکتریکی آن ۱/۸ دسی زیمنس بر متر و میانگین اسیدیتهٔ خاک حدود ۷/۸ بود (جدول ۱). آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایهٔ بلوک کامل تصادفی انجام شد. عامل‌های موردبررسی در این تحقیق شامل آبیاری و دورگ‌های آفتابگردان بودند. در این تحقیق چهار دورگ آفتابگردان به نام‌های فرخ، آلستار، قاسم و هایسان ۲۵ ارزیابی شدند (جدول ۲). عامل آبیاری در سه سطح آبیاری عادی، تنش کمبود آب متوسط و شدید به ترتیب پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A (نصب‌شده در مزرعه) در کرت‌های اصلی اعمال شد. در کرت‌های آزمایشی تیمار آبیاری معمولی از زمان کاشت تا پایان دورهٔ رشد گیاه و تیمارهای تنش متوسط و شدید کمبود آب برپایهٔ روش پیشنهادی Chimenti & Hall (1993) پس از مرحلهٔ شش تا هشت برگی و استقرار گیاه اعمال شد. بنا بر توصیهٔ مؤسسهٔ تحقیقات خاک‌وآب، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم پیش از کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع فسفات آمونیوم و اوره پیش از کاشت در زمین پخش شد و توسط فاروئر جوی و پشته روی زمین ایجاد شد و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحلهٔ شش تا هشت برگی به صورت سرک استفاده شد. کاشت در اواخر اردیبهشت و برداشت محصول بر پایهٔ شرایط مختلف آبیاری و زمان رسیدگی هر هیبرید در تاریخ‌های مختلف انجام شد. هر کرت آزمایشی چهار خط به طول ۵ متر و با فاصلهٔ ۶۵ سانتی‌متر داشت. فاصلهٔ بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. درنهایت در اواسط مرداد پس از انجام نمونه‌برداری‌های لازم به بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب بر میزان کل قندهای محلول، پرولین، پروتئین، محتوای سبزینهٔ a، سبزینهٔ b، سبزینهٔ کل برگ، عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین در هکتار پرداخته شد. عملکرد روغن و پروتئین آفتابگردان در واحد سطح، به ترتیب از حاصل‌ضرب عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در درصد روغن و درصد پروتئین دانه به دست آمد.

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physic-chemical properties of experimental site

Soil texture	B (p.p.m)	K (p.p.m)	P (p.p.m)	N (%)	C (%)	pH	Ec ($ds\ m^{-1}$)	Depth (cm)
Loam silty	0.40	150	2	0.06	0.40	7.8	1.8	80

جدول ۲. مشخصات دورگ‌های آفتابگردان مورد آزمایش

Table 2. Properties of the studied cultivars

Growth habits	Growht period (day)	Hybrid
Medium	100	Farokh
Early	91	Alstar
Early	92	Ghasem
Early	95.3	Hy Sun 25

اندازه‌گیری میزان پروتئین دانهٔ آفتابگردان در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک و به روش Lowary *et al.* (1951) و با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) و در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر خوانده و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$M = \frac{C \times ۰/۰۰۵}{W}$$

که در آن:

M: میزان پروتئین در هر گرم مادهٔ خشک گیاهی

W: وزن خشک نمونه

C: غلظت

برای اندازه‌گیری میزان پرولین موجود در برگ از روش Torknejad (2000) استفاده شد. همچنین اندازه‌گیری قندهای محلول کل موجود در برگ نیز به

www.SID.ir

Archive of SID

روش Irigoyen *et al.* (1992) انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوای سبزینه از برگ‌های جوان در قسمت بالایی بوته‌ها نمونه‌گیری انجام شد. مراحل اندازه‌گیری سبزینه شامل همگن‌سازی نمونه‌های برگی در استن، سانتریفوژ کردن نمونه‌ها، جداسازی سوپر ناتانت و خواندن در طول‌موج‌های ۶۴۵، ۶۵۲ و ۶۶۳ در مقابل شاهد و تعیین میزان سبزینهٔ a و b در میلی‌گرم بافت تازهٔ برگ با استفاده از رابطه‌های زیر (Bruisma, 1963) بود:

$$chla = \frac{(۱۲/۷\ OD_{۶۶۳} - ۲/۶\ OD_{۶۴۵})\ V}{۱۰۰۰W}$$

$$chlb = \frac{(۲۲/۹\ OD_{۶۴۵} - ۴/۴۶۸\ OD_{۶۵۲})\ V}{۱۰۰۰W}$$

در این آزمایش برای تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT C و مقایسهٔ میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

پروتئین دانهٔ دورگ‌های آفتابگردان

میزان پروتئین به‌طور معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر تنش کمبود آب، دورگ‌ها و اثرهای برهمکنش آبیاری در دورگ قرار گرفت (جدول ۳). اعمال تنش کمبود آب شدید باعث ۷ درصد افزایش در میزان پروتئین دانهٔ دورگ‌های آفتابگردان شد (جدول ۴).

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد با افزایش تنش کمبود آب بر میزان پروتئین دانهٔ دورگ‌های آفتابگردان افزوده می‌شود اما در صورت ادامهٔ شرایط نامناسب رطوبتی و شدیدتر شدن تنش کمبود آب میزان پروتئین دانه کاهش می‌یابد (جدول۴). بررسی‌ها نشان داده است واکنش دورگ‌های مختلف به شرایط محیطی و به‌ویژه تنش کمبود آب، به دلیل نقش تعیین‌کنندهٔ ژنتیک متفاوت از یکدیگر است. در میان دورگ‌های آفتابگردان موردبررسی دورگ هایسان ۲۵ بالاترین میزان پروتئین دانه را داشت (۳۸/۵۷ درصد)، این درحالی است که دورگ قاسم کمترین میزان پروتئین دانه (۳۱/۶۸ درصد) را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد در شرایط آبیاری معمولی و تنش کمبود آب متوسط دورگ هایسان ۲۵ بالاترین میزان پروتئین دانه را دارد (به ترتیب ۳۹/۴۶ و ۴۲/۳۹ درصد) که از این لحاظ در تیمار آبیاری معمولی با همهٔ دورگ‌های دیگر اختلاف معنی‌دار داشت، اما در شرایط تنش کمبود آب متوسط بین دورگ‌های هایسان ۲۵ و فرخ تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد بااین‌وجود میزان پروتئین دانهٔ دورگ هایسان ۲۵ بیشتر بود (جدول ۵). این در حالی بود که در شرایط تنش کمبود آب شدید دورگ آلستار توانست بیشترین میزان پروتئین دانه را به خود اختصاص دهد و از این نظر با دیگر دورگ‌های موردبررسی اختلاف معنی‌دار داشت، در این شرایط باوجوداینکه بین دورگ‌های هایسان ۲۵، فرخ و قاسم تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد اما دورگ هایسان ۲۵ از لحاظ میزان پروتئین دانه در رتبهٔ دوم قرار گرفت (جدول ۵). افزایش میزان پروتئین تحت تأثیر شرایط تنش کمبود آب در پژوهش‌های مختلف نشان داده شد (Lopez Pereira *et al*., 2000; Moran *et al*., 1994).

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش میزان پروتئین دانهٔ دورگ آلستار در شرایط تنش کمبود آب شدید تفاوت معنی‌داری با دورگ هایسان ۲۵ در شرایط آبیاری معمولی و دورگ فرخ در شرایط تنش کمبود آب متوسط نداشت (جدول ۵).

به‌طورکلی بیشترین و کمترین میزان پروتئین دانه به ترتیب در شرایط تنش کمبود آب متوسط توسط دورگ هایسان ۲۵ و در شرایط آبیاری معمولی توسط دورگ فرخ به دست آمد (جدول ۵). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شرایط خشکی و تنش کمبود آب دورگ‌های آفتابگردان سازوکارهایی دارند که منجر به افزایش میزان پروتئین ذخیره‌شده در دانه می‌شود ولی با شدت گرفتن و تداوم تنش کمبود آب به‌تدریج تخریب برخی پروتئین‌ها آغاز شده و میزان پروتئین موجود برای حفظ و تنظیم فشار اسمزی کاهش می‌یابد (Hissao, 1973; Moran *et al.*, 1994).

پرولین و قندهای محلول کل

در این آزمایش تأثیر تنش کمبود آب بر میزان پرولین و قندهای محلول ($P \leq ۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده با افزایش تنش کمبود آب میزان پرولین در برگ‌ها زیاد می‌شود، بیشترین میزان پرولین در شرایط تنش کمبود آب شدید با میانگین ۳۹/۴۵ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (جدول ۴). میزان قندهای محلول کل نیز به میزانی نزدیک به همان میزان پرولین داشتند و بیشترین میزان قند محلول کل در شرایط تنش کمبود آب شدید با میانگین ۳۳۷/۲۱ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ به دست آمد، حال‌آنکه در شرایط آبیاری معمولی میزان پرولین (۱۹/۰۸ میلی‌گرم در لیتر) و قندهای محلول کل (۷۶/۳۱ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) در کمترین میزان خود قرار داشت (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس میزان پروتئین، پرولین، قندهای محلول کل و محتوای سبزینه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و دورگ‌های آفتابگردان

Table 3. Analysis of variance for protein, proline and total soluble carbohydrates, chlorophyll in four Sunflower hybrids under different irrigation treatments

S.O.V	df	protein	proline	soluble carbohydrates	chl. a	chl. b	total chl.
Rep.	2	19.36*	1.26$^{n.s}$	7787.03$^{n.s}$	26.65*	17.48**	87.21**
Irrigation	3	54.06**	1309.04**	215431.73**	239.02**	51.46**	69.50**
E a	4	1.79	2.91	1253.95	2.47	0.19	2.08
Hybrid	3	73.21**	1295.73**	114709.91**	155.70**	26.44**	308.63**
Irrigation × hybrid	6	76.65**	340.44**	21007.53**	119.32**	9.45**	98.56**
E b	18	2.32	14.20	4603.62	5.36	0.66	4.26
CV	--	4.38	12.31	35.87	12.30	7.78	7.05

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵درصد و ۱درصد و n.s غیر معنی‌داری.

*, ** and ns. Significant at P < 0.05, P < 0.01 and non-significant difference, respectively.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین صفات پروتئین، پرولین، قندهای محلول کل و محتوای سبزینه تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و دورگ‌های آفتابگردان

Table 4. Mean comparison of protein, proline, total soluble sugars and chlorophyll content in four sunflower hybrids under different irrigation treatments

Treatment		Traits					
		Protein (%)	Proline (mg g^{-1} fw)	Soluble carbohydrates (mg g^{-1} fw)	Chl. a (mg g^{-1} fw)	Chl. b (mg g^{-1} fw)	Total chl. (mg g^{-1} fw)
Irrigation	50	32.54 ^{c}	19.08 ^{c}	76.31 ^{c}	23.50 ^{a}	8.38 ^{c}	31.89 ^{a}
	100	36.77 ^{a}	33.26 ^{b}	153.79 ^{b}	18.32 ^{b}	10.47 ^{b}	28.80 ^{b}
	150	34.96 ^{b}	39.45 ^{a}	337.21 ^{a}	14.62 ^{c}	12.52 ^{a}	27.15 ^{c}
Hybrid	Farokh	34.13 ^{b}	19.69 ^{c}	352.31 ^{a}	14.85 ^{c}	8.61 ^{c}	23.46 ^{d}
	Allstar	34.64 ^{b}	45.43 ^{a}	176.05 ^{b}	24.34 ^{a}	12.71 ^{a}	37.06 ^{a}
	Ghasem	31.68 ^{c}	22.10 ^{c}	105.16 ^{c}	19.52 ^{b}	10.59 ^{b}	30.11 ^{b}
	Hysun25	38.57 ^{a}	35.15 ^{b}	122.91 ^{bc}	16.55 ^{c}	9.92 ^{b}	26.47 ^{c}

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

Different letters express significant differences at P < 0.05 within each column.

میزان پرولین و قندهای محلول کل به‌طور معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر کاربرد دورگ‌ها و اثرهای برهمکنش آبیاری در دورگ قرار داشت (جدول ۳). دورگ‌های آلستار و فرخ با میانگین‌های ۴۵/۴۳ و ۱۹/۶۹ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پرولین را داشت (جدول ۴). دورگ هایسان ۲۵ با دورگ‌های آلستار و قاسم تفاوت معنی‌دار ندارد اما دورگ بومی فرخ با دیگر دورگ‌های موردبررسی تفاوت معنی‌دار داشت و با میانگین ۳۵۲/۳۱ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ بیشترین میزان قندهای محلول کل را داشت (جدول ۴).

در شرایط آبیاری معمولی بین دورگ‌های هایسان ۲۵، قاسم و آلستار تفاوت معنی‌دار وجود ندارد، بااین‌وجود هایسان ۲۵ با میانگین ۲۳/۶۹ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان پرولین را داشت. در این شرایط کمترین میزان پرولین به دورگ فرخ تعلق داشت (جدول ۵). در شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید دورگ آلستار به ترتیب با مقادیر ۵۰/۶۸ و ۶۷/۹۵ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان پرولین را به خود اختصاص داد. بنابراین با افزایش تنش کمبود آب میزان پرولین موجود در برگ دورگ‌های آفتابگردان افزایش یافت و بیشترین میزان پرولین در شرایط تنش کمبود آب شدید توسط دورگ آلستار به دست آمد (جدول ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین تأثیر متقابل آبیاری × دورگ در صفات موردبررسی

Table 5. Comparison of interaction effects of irrigation × hybrid in studied characteristics.

Irrigation	Hybrid	Protein (%)	Proline (mg g^{-1} fw)	Soluble carbohydrates (mg g^{-1} fw)	Chl. a (mg g^{-1} fw)	Chl. b (mg g^{-1} fw)	Total chl. (mg g^{-1} fw)
50	Farokh	28.43 ^{f}	16.54 ^{g}	151.80 ^{def}	17.69 ^{bcd}	6.19 ^{f}	23.88 ^{ef}
	Allstar	30.85 ^{def}	17.68 ^{fg}	58.27 ^{fg}	39.60 ^{a}	9.42 ^{d}	49.02 ^{a}
	Ghasem	31.42 ^{cde}	18.40 ^{efg}	33.44 ^{g}	20.09 ^{bc}	9.87 ^{cd}	29.96 ^{c}
	Hysun25	39.46 ^{b}	23.69 ^{de}	61.70 ^{fg}	16.63 ^{cde}	8.05 ^{e}	24.69 ^{e}
100	Farokh	41.76 ^{ab}	20.95 ^{defg}	272.70 ^{bc}	13.53 ^{e}	9.34 ^{de}	22.87 ^{f}
	Allstar	32.58 ^{cde}	50.68 ^{b}	142.70 ^{def}	19.04 ^{bc}	11.09 ^{bc}	30.13 ^{c}
	Ghasem	30.35 ^{ef}	23.28 ^{def}	105.10 ^{defg}	21.40 ^{b}	10.96 ^{bc}	32.35 ^{b}
	Hysun25	42.39 ^{a}	38.14 ^{c}	94.71 ^{efg}	19.32 ^{bc}	10.51 ^{cd}	29.84 ^{c}
150	Farokh	32.22 ^{cde}	21.60 ^{defg}	632.40 ^{a}	13.32 ^{e}	10.31 ^{cd}	23.64 ^{ef}
	Allstar	40.51^{ab}	67.95 ^{a}	327.20 ^{b}	14.38 ^{de}	17.63 ^{a}	32.02 ^{b}
	Ghasem	33.27 ^{cd}	24.62 ^{d}	177.00 ^{cde}	17.07 ^{cde}	10.96 ^{bc}	28.03 ^{d}
	Hysun25	33.86 ^{c}	43.63 ^{c}	212.30 ^{cd}	13.70 ^{e}	11.91 ^{b}	24.90 ^{e}

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

Different letters express significant differences at $P < 0.05$ within each column.

به‌طورکلی نتایج نشان داد که دورگ‌های زودرس در شرایط تنش کمبود آب میزان بیشتری پرولین تولید می‌کنند و این نشان‌دهندهٔ توانایی بیشتر دورگ‌های زودرس در تنظیم اسمزی و تحمل تنش کمبود آب است. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با بررسی‌های انجام‌شده روی میزان پرولین در نخود، سورگوم، کلزا، گلرنگ و گندم در شرایط تنش کمبود آب همخوانی دارد (Sanchez *et al.*, 1998; Bajji *et al.*, 2001). دورگ میان رس فرخ در همهٔ سطوح آبیاری معمولی، تنش کمبود آب متوسط و شدید به ترتیب با مقادیر ۱۵۱/۸۰، ۲۷۲/۷۰ و ۶۳۲/۴۰ میلی‌گرم در گرم بیشترین میزان قندهای محلول کل را به دست آورد (جدول ۵). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد با افزایش تنش کمبود آب میزان قندهای محلول کل به‌عنوان سازوکاری برای تحمل شرایط کمبود آب و کمک به تنظیم اسمزی افزایش یافت. همچنین در گزارش‌های مختلف روی نخود، یونجه و یونجه‌های یک‌ساله به افزایش میزان قندهای محلول برگ در اثر اعمال تنش خشکی اشاره شده است (Torknejad, 2000; Irigoyen *et al.*, 1992; Sanchez *et al.*, 1998).

سبزینهٔ a، b و کل

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده اثر تنش کمبود آب، دورگ‌ها و تأثیر برهمکنش آبیاری در دورگ بر میزان سبزینهٔ a، b و سبزینهٔ کل ($P \leq ۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول۳). سبزینهٔ a در شرایط آبیاری معمولی با میانگین ۲۳/۵۰ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ بیشترین میزان را داشت و با افزایش تنش کمبود آب از میزان آن کاسته می‌شود. میزان سبزینهٔ b نزدیک به حالت عکس سبزینهٔ a را داشت و با افزایش تنش کمبود آب میزان آن افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان سبزینهٔ کل در تیمار آبیاری معمولی به دست آمد. بیشترین میزان سبزینهٔ a، b و سبزینهٔ کل متعلق به دورگ آلستار است (جدول ۴). بیشترین میزان سبزینهٔ a در شرایط آبیاری معمولی توسط دورگ آلستار (۳۹/۶۰ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) به دست آمد. هرچند در شرایط آبیاری معمولی بین دورگ‌های فرخ، قاسم و هایسان ۲۵ به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، اما دورگ هایسان ۲۵ کمترین میزان سبزینهٔ a (۱۶/۶۳ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) را داشت (جدول ۵). نتایج نشان داد در شرایط تنش کمبود آب متوسط بین دورگ‌های آلستار، قاسم و هایسان ۲۵ از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار آماری وجود ندارد، بااین‌حال بیشترین میزان سبزینهٔ a متعلق به دورگ قاسم (۲۱/۴۰ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) بود (جدول ۵). هرچند با افزایش شدت تنش کمبود آب و رسیدن به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A از نظر میزان سبزینهٔ a بین دورگ‌های موردبررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، اما دورگ قاسم توانست بیشترین میزان سبزینهٔ a را داشته باشد (جدول ۵). به‌طورکلی با افزایش شدت تنش کمبود آب میزان سبزینهٔ a کاهش می‌یابد، بااین‌حال به‌طور جزئی در دورگ‌های قاسم و هایسان ۲۵ با اعمال تنش کمبود آب متوسط در آغاز میزان

www.SID.ir

Archive of SID

سبزینهٔ a افزایش یافت ولی با افزایش تنش و رسیدن به تنش کمبود آب شدید دوباره میزان آن کاهش یافت (جدول ۵). در تیمار آبیاری معمولی بین دورگ‌های آلستار و قاسم از نظر میزان سبزینهٔ b تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد، بااین‌حال بیشترین میزان (۹/۸۷ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) متعلق به دورگ قاسم بود. در تیمارهای تنش کمبود آب متوسط و شدید دورگ آلستار به ترتیب با مقادیر ۱۱/۰۹ و ۱۷/۶۳ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ بیشترین میزان سبزینهٔ b را کسب کرد (جدول ۵). به‌طورکلی در بین تیمارهای مختلف آبیاری کمترین میزان سبزینهٔ b به دورگ فرخ تحت تأثیر آبیاری معمولی (۶/۱۹ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) و بیشترین میزان سبزینهٔ b به دورگ آلستار تحت تأثیر تنش کمبود آب شدید (۱۷/۶۳ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) تعلق داشت (جدول ۵). بنا بر نتایج مندرج در جدول شمارهٔ ۵ در تیمار آبیاری معمولی و تنش کمبود آب شدید دورگ آلستار از نظر میزان سبزینهٔ کل با دیگر دورگ‌های موجود در این تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و همچنین بیشترین میزان سبزینهٔ کل را به ترتیب با مقادیر ۴۹/۰۲ و ۳۲/۰۲ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ به خود اختصاص داد (جدول۵). اما در تیمار تنش کمبود آب متوسط دورگ قاسم بیشترین میزان سبزینهٔ کل (۳۲/۳۵ میلی‌گرم در گرم بافت تازهٔ برگ) را کسب کرد (جدول ۵). به‌طورکلی کمینه میزان سبزینهٔ a، b و سبزینهٔ کل توسط دورگ بومی فرخ و به ترتیب در تیمارهای تنش کمبود آب شدید، آبیاری معمولی و تنش کمبود آب متوسط به دست آمد، این در حالی است که بیشترین مقادیر برای صفات یادشده توسط دورگ آلستار و به ترتیب در تیمارهای آبیاری معمولی، تنش کمبود آب شدید و تیمار آبیاری معمولی ناشی شد (جدول ۵).

دورگ آلستار از نظر میزان پرولین بیشترین میزان و از نظر میزان قندهای محلول در رتبهٔ دوم قرار داشت، همچنین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از سنجش محتوای سبزینه و با قرار دادن همهٔ ویژگی‌های یادشده در کنار یکدیگر می‌توان نتیجه گرفت که دورگ آلستار نسبت به دیگر دورگ‌های موردبررسی توانایی بیشتری برای تحمل شرایط تنش کمبود آب با کمک تنظیم اسمزی و در نتیجه تداوم نورساخت دارد.

عملکرد دانه، پروتئین و روغن در هکتار

بررسی‌ها نشان داد عملکرد دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن به شدت تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، دورگ‌ها و تأثیر برهمکنش آبیاری در دورگ قرار دارد (جدول ۶). با اعمال تنش کمبود آب عملکرد دانه در هکتار کاهش پیدا کرد (جدول ۷). بالاترین میزان عملکرد دانه برای تیمار آبیاری معمولی با میانگین ۲۵۹۱ کیلوگرم در هکتار و پایین‌ترین عملکرد دانه از تیمار تنش کمبود آب شدید با میانگین ۵۵۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۷). دورگ آلستار بالاترین میزان عملکرد دانه (۱۹۱۴ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد و از این نظر با دیگر دورگ‌های موردبررسی تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۷). عملکرد دانهٔ دورگ آلستار در تیمار تنش کمبود آب شدید از لحاظ آماری همانند عملکرد دانهٔ دورگ‌های فرخ و هایسان ۲۵ در تیمار تنش کمبود آب متوسط بود و حتی عملکرد آلستار در شرایط تنش کمبود آب متوسط از عملکرد دانهٔ دورگ هایسان ۲۵ در شرایط آبیاری معمولی بیشتر بود (جدول ۸). با توجه به مقاومت بیشتر دورگ آلستار به کاهش اجزاء عملکرد تحت تأثیر تنش کمبود آب که پیشتر به آن اشاره شد این نتایج قابل پیش‌بینی بود. پژوهشگران چندی در تحقیقات خود به نتایج همسانی رسیدند (Stone *et al.*, 2001).

به‌طورکلی در شرایط آبیاری معمولی دورگ متوسط رس و بومی فرخ موفق به کسب بالاترین میزان عملکرد دانه در هکتار شد و در این شرایط دورگ زودرس آلستار در رتبهٔ دوم قرار داشت. بنابراین دورگ زودرس آلستار به‌رغم قرار گرفتن در شرایط نامناسب رطوبتی و تنش خشکی نسبت به دیگر دورگ‌های موردبررسی در این پژوهش توانایی تولید عملکرد دانهٔ بالایی داشت (جدول ۸).

با افزایش تنش کمبود آب میزان عملکرد پروتئین و روغن کاهش یافت (جدول ۷). بنابراین بیشینه

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد پروتئین و روغن به ترتیب با میانگین‌های ۸۱۶ و ۱۲۴۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری معمولی به دست آمد (جدول ۷). همچنین در بین دورگ‌های موردبررسی دورگ زودرس آلستار به ترتیب با مقادیر ۶۲۹ و ۸۷۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد پروتئین و روغن را داشت (جدول ۷). کمترین میزان عملکرد پروتئین به دورگ قاسم با میانگین ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان عملکرد روغن به دورگ هایسان ۲۵ با میانگین ۴۹۳ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۷).

جدول ۶. تجزیهٔ واریانس صفات عملکرد دانه، پروتئین و روغن تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و دورگ‌های آفتابگردان

Table 6. Analysis of variance for grain, protein and oil yield in four Sunflower hybrids under different irrigation treatments

S.O.V	df	Grain yield	Protein yield	Oil yield
Rep.	2	147177**	10601$^{n.s}$	35525$^{n.s}$
irrigation	2	12825106**	1156210**	3316291**
Ea	4	16.40	9419	7080
Hybrid	3	1130703**	91670**	253331**
Hybrid × irrigation	6	840906**	36484**	185624**
Eb	18	48939	4841	10447
CV	--	15.01	14.23	15.11

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵درصد و ۱درصد و n.s غیر معنی‌داری.

*, ** and ns: Significant at P < 0.05, P < 0.01 and non-significant difference, respectively.

جدول ۷. مقایسهٔ میانگین صفات عملکرد دانه، پروتئین و روغن تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و دورگ‌های آفتابگردان

Table 7. Mean comparison of for grain, protein and oil yield in four sunflower hybrids under different irrigation treatments

Traits	Treatment						
	Irrigation			Hybrid			
	50	100	150	Farokh	Allstar	Ghasem	Hysun25
Grain yield (kg ha^{-1})	2591 ^{a}	1274 ^{b}	552 ^{c}	1585 ^{b}	1914 ^{a}	1284 ^{c}	1107 ^{c}
Protein yield (kg ha^{-1})	816 ^{a}	451 ^{b}	198 ^{c}	491 ^{b}	629 ^{a}	400 ^{c}	589 ^{c}
Oil yield (kg ha^{-1})	1245 ^{a}	574 ^{b}	208 ^{c}	750 ^{b}	871 ^{a}	589 ^{c}	493 ^{c}

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

*, ** and ns: Significant at P < 0.05, P < 0.01 and non-significant difference, respectively.

با افزایش تنش کمبود آب میزان عملکرد پروتئین دانهٔ همهٔ دورگ‌ها به شدت کاهش می‌یابد، بااین‌حال بالاترین میزان عملکرد پروتئین دانه به دورگ میان رس فرخ تحت تأثیر آبیاری معمولی تعلق داشت (جدول ۸). اما در شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید دورگ زودرس آلستار به دلیل مقاومت بیشتر به این شرایط و داشتن عملکرد دانهٔ بالاتر موفق به کسب بیشترین میزان عملکرد پروتئین دانه شد (جدول ۸). این در حالی است که بر پایهٔ نتایج مندرج در جدول ۵ با اینکه دورگ هایسان ۲۵ تحت تأثیر تیمار آبیاری معمولی و تنش کمبود آب متوسط بیشترین درصد پروتئین دانه را به دست آورد، اما به دلیل مقاومت کمتر به شرایط خشکی و تنش کمبود آب عملکرد دانهٔ آن آسیب بیشتری دید و در نهایت نتوانست بالاترین عملکرد پروتئین در شرایط یادشده را داشته باشد، اما در شرایط تنش کمبود آب شدید دورگ زودرس آلستار به دلیل داشتن بالاترین عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه بیشترین میزان عملکرد پروتئین در هکتار را داشت.

به‌طورکلی بیشترین میزان عملکرد روغن تحت تأثیر شرایط آبیاری معمولی و توسط دورگ میان رس فرخ به دست آمد (جدول ۸). دورگ‌های بومی از نظر تولید عملکرد روغن حساسیت بیشتری به شرایط کمبود آب داشتند، زیرا با اعمال تیمار تنش کمبود آب شدید دورگ‌های فرخ و قاسم بیش از ۹۰ درصد کاهش عملکرد روغن نشان دادند، این در حالی است که بنا بر نتایج تحت تأثیر تیمار تنش کمبود آب متوسط دورگ آلستار با میانگین ۹۵۶ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد روغن در هکتار را داشته که از این لحاظ با دورگ هایسان ۲۵ تحت تأثیر آبیاری معمولی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۸). در تیمار تنش کمبود آب شدید بین دورگ‌های فرخ، آلستار و هایسان ۲۵ از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد، اما بااین‌وجود دورگ

www.SID.ir

Archive of SID

آلستار بیشترین میزان عملکرد روغن را به خود اختصاص داد (جدول ۸). عملکرد روغن دورگ‌های آفتابگردان، از عملکرد دانه بیش از درصد روغن دانه تأثیر می‌پذیرد، به عبارت دیگر دورگ‌هایی که عملکرد دانه بالا دارند، می‌توانند با تولید عملکرد دانهٔ بالا، درصد پایین روغن دانهٔ خود را جبران کرده و عملکرد روغن بالایی در هکتار داشته باشند. Alvarez *et al.* (1992) همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه با عملکرد روغن آفتابگردان به دست آورند، ولی هیچ‌گونه رابطهٔ خطی بین عملکرد دانه و درصد روغن پیدا نکردند. در بررسی Majid & Schneiter (1987) عملکرد روغن ارقام آفتابگردان، از عملکرد دانه بیش از درصد روغن دانه تأثیر پذیرفت.

جدول ۸. مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل آبیاری × دورگ در صفات عملکرد دانه، پروتئین و روغن

Table 8. Comparison of interaction effects of irrigation × hybrid in studied characteristics

Irrigation	Hybrid	Grain yield (kg ha^{-1})	Protein yield (kg ha^{-1})	Oil yield (kg ha^{-1})
50	Farokh	3448 ^{a}	970.33 ^{a}	1672.00 ^{a}
	Allstar	2793 ^{b}	861.00 ^{ab}	1343.00 ^{b}
	Ghasem	2437 ^{c}	765.33 ^{bc}	1169.00 ^{b}
	Hysun25	1688 ^{e}	668.00 ^{c}	797.80 ^{c}
100	Farokh	893 ^{h}	371.66 ^{de}	412.90 ^{de}
	Allstar	2121 ^{d}	690.66 ^{c}	956.90 ^{c}
	Ghasem	1154 ^{f}	394.66 ^{d}	502.90 ^{d}
	Hysun25	929 ^{g}	393.33 ^{d}	427.00 ^{de}
150	Farokh	413 ^{k}	133.33 ^{fg}	166.90 ^{fg}
	Allstar	829 ^{i}	336.00 ^{de}	315.10 ^{ef}
	Ghasem	263 ^{l}	87.66 ^{g}	96.30 ^{g}
	Hysun25	704 ^{j}	238.00 ^{ef}	256.90 ^{efg}

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

*, ** and ns: Significant at P < 0.05, P < 0.01 and non-significant difference, respectively.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه خشکی یکی از بزرگ‌ترین عامل‌های محدودکننده در نظام‌های کشاورزی است، شناسایی و استفاده از رقم‌های مقاوم به خشکی در مناطق کم آب و یا در نظام‌های زراعت دیم یکی از راه‌های مؤثر در کاهش آسیب و زیان به محصولات زراعی است. بنابراین و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مشخص شد در شرایط خشکی و تنش کمبود آب شدید دورگ‌های پاکوتاه و زودرس، به‌ویژه دورگ آلستار به دلیل داشتن سازوکارهای خاصی برای کاهش تأثیر تنش کمبود آب و توانایی سازگاری مطلوب می‌تواند در این شرایط عملکرد دانه و روغن بالایی تولید کند، حال‌آنکه در شرایط آبیاری معمولی دورگ میان رس و بومی فرخ توانایی تولید بیشینه عملکرد دانه و روغن را داشته باشد.

REFERENCES

1. Alvarez, D., Luduena, P. & Fratos, Y.E. (1992). Correlation and among sunflower traits. In: Proceeding of *13th International Sunflower Conference Pisa. Italy*, Pp, 182-204.
2. Halaji, A., yarnia, H., Alyari, V. & Valizadeh, M. (2006). Investigation the effect of water deficit on yield of Sunflower hybrid Azargol. *9th Agro breed Conference*, *Tehran University*, P.26. (in Farsi)
3. Angandi, S.V. & Hentz, M. H. (2002). Water relation of standard height and dwarf sunflower cultivars. *Crop Science*, 42, 152-159.
4. Aspinal, D. & Paleg, L. (1981). Proline accumulation: Physiological aspects. In L. G. Paleg and D. Aspinal, (eds.), the physiology and biochemistry of drought resistance in plants. *Academic Press*, Sidney. Australia, Page, 215-228.
5. Bajji, M., Lutts, S. & Kient, J.M. (2001). Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum*) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*, 160, 669-681.
6. Bohnert, H. J., Nelson, D.E. & Jensen, R.G. (1995). Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell*, 1099-1111.
7. Bruisma, J. (1963). The quantitative analysis of chlorophyll a&b in plant extract. *Photochemistry Photobiology*, Vol, 12, 241-249.
8. Chimenti, C.A. & Hall, A.J. (1993). Genetic variation and changes with ontogeny of osmotic adjustment in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica*, 71, 201-210.
9. FAS (Foreign Agriculture Service). (2006). Oilseeds: World market and trades. Current World Production, Market and trade reports. http://www.fas.usda.gov, pp, 258.

www.SID.ir

Archive of SID

10. Flagella, Z. T., Rutunno, E., Tarantino Dicaterina, R. & De Caro, A. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Jornal of Agronomy*, 17, 331-334.
11. Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G. & Sharkey, T.D. (2004). Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biology*, 6, 269-279.
12. Hissao, H. (1973) .Plant responses to water stress. *Annual Review Plant Physiology*, 24, 519-570.
13. Ingram, J. & Bartels, D. (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plant. *Annual Review of Plant Physiology, Molecular and Biology*, 47, 377-403.
14. Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Planterun*, 84, 55-60.
15. Lawlor, D. M. (2002). Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annual Botany*, 89, 871-885.
16. Leon, A.J., Andrade, F.H. & Lee, M. (2003). Genetic analysis of seed-oil concentrations across generations and environments in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Crop Science*, 43, 135-140.
17. Lopez Pereira, M., Trapani, N. & Sadras, V. (2000). Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. III. Dry matter partitioning and achene composition. *Field Crops Research*, 67, 215-221.
18. Lowary, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A. L. & Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the foline phnenol reagent. *Journal Biology Chemistry*, 193, 256-275.
19. Majid, H.R. & Schneiter, A. A. (1987). Yield and quality of semi dwarf and standard height sunflower hybrids grown at five plant populations. *Agronomy Journal*, 79, 681-684.
20. Monotti, M. (2004). Growing non-food sunflower in dry land conditions. *Italian Journal Agronomy*, 8, 3-8.
21. Moran, J. F., Becana, M., Ormaetxe, I.I., Frechilla, S., Klucasc R.V.L. & Tejo. D.A. (1994) .Drought induces oxidative stress in pea plants. *Planta*, 194, 346-352.
22. Ninganoor, B. T., Parameshwarapa, K. G. & Chetti, M. B. (1995). Analysis of some physiological characters and their association with seed yield and drought tolerance in safflower genotypes. *Karnataka Journal Agricultural Science*, 8, 46-49.
23. Safarnejad, A. (2004). Characterization of somaclones of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for drought tolerance. *Journal of Agricultural Science Technology*, 6, 121-127. (in Farsi)
24. Safikhani, F. (2005). *Investigation of the Physiological aspects of drought resistance in plants medicinal Dracocephalum moldavica*. Ph.D. Dissertation. Shahid Chamran University of Ahwaz. Higher Education Complex, *Agricultural and Natural Resources* Ramin. Ramin. Iran. Pp, 148.
25. Sanchez, F. J., Manzanares, M., Andres, E. F., Ternorio, J. L., Ayerbe, L. & De Andres, E. F. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crop Research*. 59, 225-235.
26. Shabala, S., Babourina, O. & Newman, L. (2000). Ion-specific mechanisms of osmo-regulation in bean mesophyll cells. *Journal of Experimental Botany*, 51, 1243-1253.
27. Stone, L. R. D. E., Goodrum, M., Jafar, N. & Khan, A. (2001). Rooting front and water depletion Depths in Grain sorghum and sunflower. *Agronomy Journal*, 1105-1110.
28. Sudhakar, C., Reddy, P. S. & Veeranjaneyulu, K. (1993). Effect of salt stress on enzymes of proline synthesis and oxidation in green gram (*phaseolus aureus Roxb*) seedlings. *Journal of plant Physiology*, 141, 621-623.
29. Torknejad, A. (2000). *Evaluate the potential ecological of annual alfalfa in Iran.* Ph.D. Dissertation in the field of agronomy. Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modarres, Tehran. Iran, Pp, 123.
30. Yamaguchi-Shinozaki, K., Kasuga, M. & Liu, Q. (2002). Biological mechanisms of drought stress response. *Japanian International Research Center for Agricultural Science, Working Reports*, PP, 1-8.
31. Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Nakashima, K., Kamayushi-shino Zaki, K. & Shinizaki, K. (1997). Regulation of levels of proline az an osmolyte in plants under water stress. *Plant and cell physiology*, 38, 1095-1102.
32. Yordanov, V. & Tsoev, T. (2000). Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. *Photosynthica*, 38, 171-186.
33. Zhang, J., Nguyen, H. T. & Blum, A. (1999). Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *Journal Experimental Botany*, 50, 291-302.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 47, No. 2, Summer 2016

Effect of water deficit stress on soluble sugars, proline, protein and chlorophyll content in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids

Kamal Sadat Asilan*
Assistant Professor, Department of Agronomy, Payame Noor University, P.O. Box 19395-3697, Tehran, Iran
(Received: Jul. 29, 2015 - Accepted: Oct. 14, 2015)

ABSTRACT

Mechanisms of tolerance to water deficiency stress for introducing sunflower hybrid was investigated by a two-factor experiment as a split plot design based on RCBD was at the research station in Alborz province, Hashtgerd region, Iran in 2013. Irrigation rates (irrigation after 50, 100 and 150 mm cumulative evaporation from class A evaporation pan) were considered in the main plots and sunflower hybrids (Farokh, Allstar, Ghasem, Hysun 25) as sub plots. In this study, the amount of soluble sugars, proline, protein, chlorophyll content, oil content and yield, protein yield and some agronomic characteristics were determined. Based on the results, the amount of total soluble sugars, proline and chlorophyll-b contents as mechanisms to resist water deficit stress significantly increased with increased water deficit stress. Allstar hybrid had the highest amount of total soluble sugars (176.05 mg/g f. w), proline (45.43 mg/lit) and chlorophyll-b (12.52 mg/g f. w). Also, Allstar produced the highest grain yield and oil content in both mean water deficit stress conditions with values 2121 and 956.90 kg/ha, and in severe water deficit stress condition with values 829 and 315.10 kg/ha, respectively. However, with normal irrigation, Farokh hybrid had highest grain yield and oil yield.

Keywords: Chlorophyll, grain yield, proline, water deficit stress.

* Corresponding author E-mail: kamal.asilan@gmail.com Tel: +98 21 46084956

www.SID.ir