"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۴ زمستان ۱۳۸۹

اثر کم‌آبیاری در دورهٔ رشد زایشی بر انتقال مجدد مادهٔ خشک چهار رقم آفتابگردان (*Helianthus annus* L.)

Effect of deficit irrigation at reproductive growth stage on remobilization of dry matter in four sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars

مصطفی کریمی کاخکی[۱] و علی سپهری[۲]

چکیده

کریمی کاخکی، م.، ع. سپهری. ۱۳۸۹. اثر کم‌آبیاری در دورهٔ رشد زایشی بر انتقال مجدد مادهٔ خشک چهار رقم آفتابگردان (*Helianthus annus* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۴) ۴۳۵-۴۲۲.**

به منظور بررسی اثر کم‌آبیاری در مرحلهٔ زایشی بر انتقال مجدد مادهٔ خشک ارقام آفتابگردان، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۶ در مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد. آبیاری در شش سطح: آبیاری کامل (شاهد)، کم‌آبیاری با عدم آبیاری در مراحل غنچه‌دهی، گلدهی، دانه‌بندی، غنچه‌دهی+ دانه‌بندی و گلدهی+ دانه‌بندی بود. در این آزمایش از چهار رقم آفتابگردان آذرگل، آلستار، آلیسون و یوروفلور استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با ۷۵/۱ گرم در بوته از رقم یوروفلور با آبیاری کامل به‌دست آمد. کمترین کاهش عملکرد در تیمار کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی حاصل شد. رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی، رقم آلستار با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی و دانه‌بندی و سپس رقم یوروفلور با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی به ترتیب با ۲۲/۶، ۲۲/۴ و ۲۲/۱ گرم در بوته، بیشترین مقدار انتقال مجدد مادهٔ خشک را داشتند. ذخایر ساقه نقش موثرتری از نظر کارآیی و مشارکت انتقال مجدد مادهٔ خشک در پرشدن دانه در تیمارهای کم‌آبیاری داشت. بیشترین میزان کارآیی و مشارکت انتقال مجدد در رقم آلستار با کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی و مرحلهٔ دانه‌بندی (به ترتیب ۵۵/۸ و ۵۰/۴ درصد) برآورد گردیده و رقم آذرگل در تیمار کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی از کارآیی و مشارکت کمتری برخوردار بود. بر اساس نتایج این آزمایش میزان انتقال مجدد مادهٔ خشک در ارقام آفتابگردان در شرایط کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی، بیشتر از سایر مراحل بوده و در نتیجه میزان کاهش عملکرد نیز کمتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، کم‌آبیاری، کارآیی انتقال مجدد و مشارکت انتقال مجدد.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/ ۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه بوعلی سینا (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: sepehri110@yahoo.com)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

مقدمه

ایران کشوری خشک و نیمه خشک با آب و هوای مدیترانه‌ای است. در چنین وضعیتی تولید محصول در طی ماه‌های تابستان متکی بر آبیاری می‌باشد. از سوی دیگر تأمین آب، عامل محدود کنندهٔ تولید است (Sepaskhah and Khajehabdollahi, 2005). رشد و توسعه همراه با استفادهٔ روز افزون از منابع آب شیرین، آسیب پذیری در شرایط تغییر اقلیم آینده را افزایش داده و محدودیت‌های تولیدات کشاورزی را تشدید خواهد کرد (Evans, 2009). کم‌آبیاری، به عنوان مصرف آب کمتر از نیاز آبی گیاه، شیوه‌ای در راستای حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی، تولید پایدار و امنیت غذایی است. آب صرفه‌جویی شده می‌تواند برای افزایش سطح زیر کشت و مصارف دیگر، استفاده یا ذخیره گردد. در نتیجه کاهش عملکرد ناشی از کم‌آبیاری می‌تواند با سود به‌دست آمده از کاهش آب مصرفی جبران شود (Fereres and Soriano, 2007).

گیاهانی که برای کم‌آبیاری انتخاب می‌شوند باید مقاوم به کمبود آب بوده و اثرات آن بر رشد و عملکرد آن‌ها در مراحل مختلف رشد به دقت مورد بررسی قرار گیرد (Göksoy *et al.*, 2004). آفتابگردان گیاهی متحمل به کمبود آب و در عین حال دارای نیاز آبی بالایی است (Karam *et al.*, 2007). توانائی آفتابگردان در تحمل دوره‌های کوتاه تنش کمبود آب با کاهش عملکرد در حد قابل قبول، یک خصوصیت ارزشمند برای این گیاه در مناطق خشک محسوب می‌شود (Stone *et al.*, 2002).

فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ذخایر فتوسنتزی بافت‌های رویشی که در دورهٔ زایشی به حداکثر مقدار خود می‌رسد، دو مبدأ اساسی در پر شدن دانه محسوب می شوند (Gebbing and Schnyder, 1999). در طی دورهٔ پر شدن دانه، فتوسنتز جاری به شدت به جذب نور توسط سطح برگ پس از گلدهی وابسته است. این مبدأ در طول دورهٔ پر شدن دانه در اثر پیری برگ دچار نقصان شده و سرعت کاهش آن در اثر تنش کمبود آب افزایش می‌یابد. در عین حال، دانه‌های در حال رشد در بیشتر زمان پر شدن دانه همچنان تقاضای زیادی برای دریافت مواد فتوسنتزی دارند. از این‌رو ذخایر بافت‌های رویشی می‌تواند یک مبدأ مهم کربوهیدرات در طول دورهٔ پر شدن دانه محسوب شود (López Pereia *et al.*, 2008; Hall *et al.*, 1990). در مورد انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از اندام‌های مختلف آفتابگردان در ارتباط با شرایط محیطی تاکنون مطالعات اندکی صورت گرفته و اطلاعات موجود در این خصوص ناکافی است (López Pereia *et al.*, 2008).

به اعتقاد پژوهشگران، مقدار انتقال مجدد مواد پرورده در طول دورهٔ پر شدن دانه و مشارکت این مواد در وزن نهایی دانه در آفتابگردان تحت تأثیر رقم و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Sadras *et al.*, 1993; López Pereia *et al.*, 2008). اهمیت نقش ذخایر بافت‌های رویشی در حفظ عملکرد دانه در شرایط نامساعد محیطی در طول دورهٔ پر شدن دانه در اغلب مطالعات در مورد گندم (Ehdaie *et al.*, 2006)، جو (Bidinger *et al.*, 1977; Austin *et al.*, 1980)، سورگوم (Blum *et al.*, 1997) و ذرت (Machado *et al.*, 1992) مورد تأیید قرار گرفته است. بنا بر گزارش هال و همکاران (Hall *et al.*, 1990) در مورد آفتابگردان، این مشارکت در گیاهانی که در طول دورهٔ رشد دانه با کمبود آب مواجه بودند، ۲۷ درصد و در گیاهان آبیاری شده ۱۵ درصد می‌باشد. به‌علاوه، میزان این مشارکت به نسبت بین تعداد دانه و مواد فتوسنتزی تولید شده بعد از گرده‌افشانی وابسته است (Sadras *et al.*, 1993; López Pereia *et al.*, 2008). مشارکت بیشتر مواد فتوسنتزی قبل از گرده‌افشانی در وزن نهایی دانه اغلب برای گیاهانی که در معرض کمبود آب قرار می‌گیرند، مورد انتظار است و

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

در چنین شرایطی عملکرد کمتری نیز عاید می‌شود (López Pereia *et al.*, 2008). به نظر محققین شروع انتقال مجدد همزمان با شروع پیری برگ بوده و تسریع در پیری برگ موجب افزایش میزان انتقال مجدد ذخایر فتوسنتزی می‌شود (Yang *et al.*, 2003).

موضوع اثر ژنوتیپ بر پتانسیل سهم مادهٔ خشک انتقال یافته در گندم (Austin *et al.*, 1980) و برنج (Takai *et al.*, 2006) مورد توجه قرار گرفته است. به گزارش لوپز پریرا و همکاران (López Pereia *et al.*, 2000) تغییرات بوجود آمده در نتیجهٔ اصلاح ارقام آفتابگردان نشان دهندهٔ الگوی تخصیص مادهٔ خشک بین اندام‌ها بوده و شناخت نقش کربوهیدرات‌های غیرساختاری در زمان گرده‌افشانی در تعیین میزان عملکرد و تغییرات آن در ارقام، نیازمند بررسی میزان مادهٔ خشک اندام در طول دورهٔ پر شدن دانه است (López Pereia *et al.*, 2008).

با توجه به اهمیت آبیاری در کشت تابستانه گیاهان زراعی و نیاز همزمان انواع گیاهان به آبیاری از یک سو و کمبود آب آبیاری از سوی دیگر، پژوهش حاضر به منظور بررسی نقش انتقال مجدد مادهٔ خشک در پر شدن دانه چهار رقم آفتابگردان در شرایط کم‌آبیاری انتهای فصل انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۸۶ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا (با ارتفاع ۱۷۴۱/۵ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی وطول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی) و در یک خاک لوم رسی (۲۴/۵ درصد شن، ۳۹/۱ درصد سیلت و ۳۵/۳ درصد رس) دارای ۱/۱ درصد مادهٔ آلی، جرم مخصوص ظاهری ۱/۴۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و اسیدیته ۷/۲ اجرا شد. منطقه مورد بررسی از مناطق نیمه‌خشک کشور با میانگین بارندگی ۳۳۳ میلی‌متر درسال و میانگین درجه حرارت ۲۴ درجه سانتی‌گراد در گرم‌ترین ماه سال، بر اساس آمار ۵۵ سالهٔ هواشناسی است. تیمارهای مورد ارزیابی شامل ۶ سطح آبیاری: آبیاری کامل یا شاهد (I_1)، کم‌آبیاری با عدم آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی (I_2)، عدم آبیاری در مرحلهٔ گلدهی (I_3)، عدم آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی (I_4)، عدم آبیاری در دو مرحلهٔ غنچه‌دهی و دانه‌بندی (I_5) و عدم آبیاری در دو مرحلهٔ گلدهی و دانه‌بندی (I_6) در کرت‌های اصلی و ارقام آفتابگردان شامل هیبرید آذرگل و هیبریدهای خارجی آلستار (Allstar)، آلیسون (Alison) و یوروفلور (Euroflor) در کرت‌های فرعی بودند.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۴ تیمار و در سه تکرار انجام شد. هر کرت فرعی شامل ۸ ردیف کاشت به طول ۶ متر و فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت به روش جوی و پشته‌ای و با دست در تاریخ ۶ خرداد صورت گرفت. کودهای مورد نیاز براساس نتایج آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی، به میزان ۱۰۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب N، P_2O_5 و K_2O) از منابع اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم تأمین شد. تمام فسفر و پتاسیم و یک سوم نیتروژن قبل از کاشت و مابقی آن در مرحلهٔ ۶ تا ۷ برگی بوته‌ها به خاک افزوده شد. تمام کرت‌ها عاری از آفت و بیماری بوده و کنترل علف‌های هرز به‌طور کامل طی دو مرحله در دورهٔ رشد رویشی به صورت دستی انجام شد.

با تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) به روش فائو-پنمن مونتیث و ضرایب گیاهی (K_c) در مراحل مختلف رشد، نیاز آبی گیاه (ET_{Crop}) در منطقه مورد آزمایش از رابطهٔ یک تعیین شد (Allen *et al.*, 1998).

$$ET_{Crop} = K_c \times ET_0 \qquad (1)$$

با تجمیع نیاز آبی، ارتفاع آب آبیاری بر حسب متر برای هر بار آبیاری محاسبه و حجم آب مصرفی (ارتفاع آب آبیاری × مساحت کرت) بر حسب مترمکعب تعیین

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

شد که با در نظر گرفتن بارندگی مؤثر، راندمان آبیاری (۶۰ درصد) و ۴۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی در منطقه توسعهٔ ریشه برآورد شد (Doorenbos and Kassam, 1979). آبیاری با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن انجام و مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری با استفاده از کنتور ثبت گردید. تمام تیمارهای آزمایشی تا مرحلهٔ غنچه‌دهی از آبیاری یکنواخت برخوردار بودند.

تعیین مراحل فنولوژیک با رسیدن ۵۰ درصد بوته‌های هر واحد آزمایشی به مرحلهٔ مورد نظر صورت گرفت. به منظور تعیین وزن خشک اندام هوایی و بررسی میزان انتقال مجدد، نمونه برداری از کرت‌ها با رعایت اثر حاشیه از زمان گرده افشانی شروع و هر پنج روز یکبار تا مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک ادامه یافت. در هر بار نمونه‌برداری تعداد ۶ بوته از ناحیه طوقه قطع و وزن خشک اندام مختلف (برگ، دمبرگ، ساقه، طبق و دانه) به‌طور جداگانه اندازه‌گیری گردید. وزن خشک اندام گیاهی پس از خشکاندن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد. در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک از هر کرت آزمایشی، چهار مترمربع برداشت و عملکرد دانه محاسبه شد.

به منظور تعیین مقدار انتقال مجدد (R)، حداکثر وزن خشک اندام‌های مختلف در دورهٔ زایشی (DM_{max}) و وزن خشک در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (DM_{pm}) مورد بررسی قرار گرفت (رابطهٔ ۲). مادهٔ خشک طبق با تفاضل وزن دانه از وزن کل طبق تعیین شد. کارآیی انتقال مجدد (رابطهٔ ۳) و مشارکت انتقال مجدد مادهٔ خشک (رابطهٔ ۴) در وزن نهایی دانه (GW) برآورد گردید (Ehdaie *et al.*, 2006; López Pereia *et al.*, 2008).

$$R = DM_{max} - DM_{pm} \quad (۲)$$

$$RE = R/DM_{max} \times 100 \quad (۳)$$

$$RC = R/GW \times 100 \quad (۴)$$

تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. مقایسهٔ میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که اثر متقابل آبیاری و رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۱). عملکرد دانه همهٔ ارقام همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P<0.01$) با میزان آب مصرفی داشت (شکل ۱). کمترین اختلاف بین ارقام در شرایط آبیاری کامل بوده و کمترین میزان اختلاف با آبیاری کامل، در تیمار کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی مشاهده شد (شکل ۲). رقم یوروفلور در همهٔ تیمارهای آبیاری از عملکرد بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بوده و رقم آلیسون در همهٔ تیمارهای کم‌آبیاری کاهش عملکرد بیشتری داشت. تنها در تیمار کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی، رقم آذرگل افت عملکرد بیشتری نسبت به آلیسون داشت.

بیشترین عملکرد دانه با ۷۵/۱ گرم در بوته در رقم یوروفلور با آبیاری کامل، پس از آن در ارقام آلستار، آلیسون و آذرگل با آبیاری کامل (به ترتیب ۷۲/۶، ۷۲/۲ و ۷۱/۳ گرم در بوته) و سپس در رقم یوروفلور با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی (۶۹/۶ گرم در بوته) به‌دست آمد. رقم آذرگل با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی با ۳۴/۴ گرم در بوته و پس از آن رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی و همچنین مراحل غنچه‌دهی+ دانه‌بندی به ترتیب با ۳۶/۲ و ۳۷/۳ گرم در بوته، کمترین عملکرد دانه را داشتند (شکل ۲).

انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت انتقال مجدد نشان داد که اثر متقابل آبیاری و رقم بر میزان انتقال مجدد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). رقم آلستار در تیمارهای کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی انتقال مجدد بیشتری از ساقه نسبت به

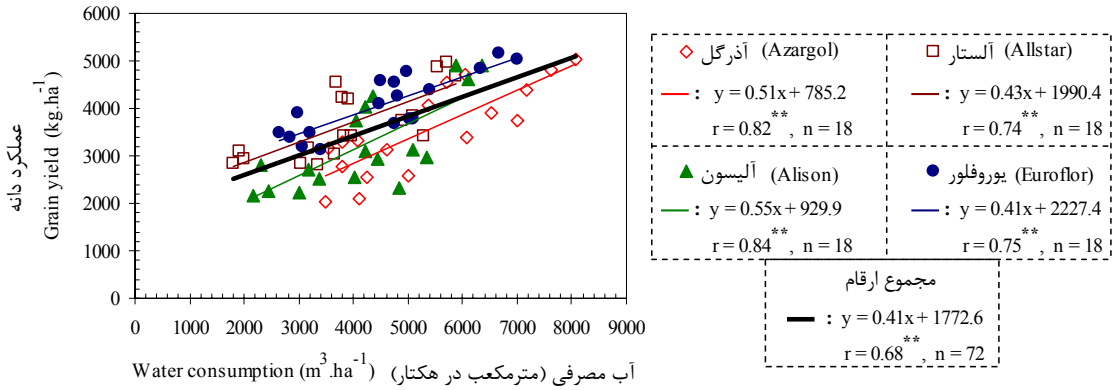
[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

جدول ۱- تجزیهٔ واریانس صفات عملکرد دانه و میزان انتقال مجدد مادهٔ خشک در اجزای بوته چهار رقم آفتابگردان

Table 1- Analysis of variance for grain yield and dry matter remobilization in different parts in four sunflower cultivars

			میانگین مربعات (MS)					
				میزان انتقال مجدد Remobilization rate				
S.O.V. منابع تغییر		درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	طبق Head	ساقه Stem	دمبرگ Petiole	برگ Leaf	مجموع Total
Replication	تکرار	2	60.22	4.16	3.06	0.01	0.32	17.97
Irrigation (I)	آبیاری	5	1833.82**	1.94**	33.95**	0.10**	0.66**	91.16**
Error1	خطای۱	10	12.17	0.001	0.04	4.75	0.001	0.06
Cultivar (C)	رقم	3	509.37**	93.06**	4.19**	0.94**	4.27**	3.86**
I × C	آبیاری× رقم	15	32.70*	1.80**	11.57*	0.02**	0.10**	12.34**
Error2	خطای۲	36	519.83	0.007	0.01	0.001	0.002	0.03
C.V. (%)	ضریب تغییرات		8.9	6.2	7.8	5.3	6.26	5.9

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively * و **: به‌ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد



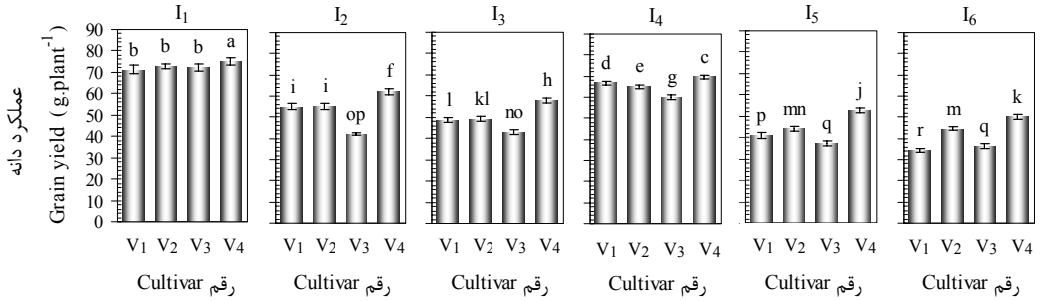
شکل ۱- همبستگی عملکرد دانه و میزان آب مصرفی در مجموع (خط ضخیم) و به تفکیک ارقام آفتابگردان (خطوط نازک)

Fig. 1. Correlations between grain yield and water consumption in total (bold line) and separated into the cultivars (thin lines)

سایر ارقام داشت. به طوری که بیشترین انتقال مجدد از این رقم با کم‌آبیاری مراحل گلدهی+ دانه‌بندی (۱۲/۷ گرم در بوته) حاصل شد. سایر ارقام (آلیسون، آذرگل و یوروفلور) با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی مقادیر انتقال مجدد بیشتری (به ترتیب ۱۰/۲، ۹/۶ و ۹/۱ گرم در بوته) داشتند. کمترین مقدار از رقم آلستار با آبیاری کامل و کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی و همچنین رقم آذرگل با کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی (به ترتیب ۴/۰، ۴/۰ و ۳/۸ گرم در بوته) به‌دست آمد (شکل ۳، B).

ارقام یوروفلور و آلستار در کلیهٔ تیمارهای آبیاری به ترتیب از بیشترین و کمترین مقادیر انتقال مجدد از برگ برخوردار بوده و در کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی، تفاوت کمتری بین ارقام وجود داشت. بیشترین انتقال مجدد از برگ در رقم یوروفلور با کم‌آبیاری مرحلهٔ دانه‌بندی و سپس آبیاری کامل (به ترتیب ۳/۱ و ۲/۸ گرم در بوته) به‌دست آمد. رقم آلستار با کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی و سپس مراحل غنچه‌دهی+ دانه‌بندی کمترین مقدار (به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳ گرم در بوته) را داشت (شکل ۳، C).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری [آبیاری کامل (I_1) و کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی (I_2)، مرحلهٔ گلدهی (I_3)، مرحلهٔ دانه‌بندی (I_4)، مراحل غنچه‌دهی+ دانه‌بندی (I_5) و مراحل گلدهی+ دانه‌بندی (I_6)] و ارقام آفتابگردان [آذرگل (V_1)، آلستار (V_2)، آلیسون (V_3) و یوروفلور (V_4)]؛ میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند (خطوط روی هر میانگین نشان دهندهٔ خطای استاندارد است).

Fig. 2. Mean comparison of grain yield in different irrigation treatments [full irrigation (I_1) and deficit irrigation at stages of heading (I_2), flowering (I_3), seed filling (I_4), heading + seed filling (I_5) and flowering + seed filling (I_6)] and sunflower cultivars [Azargol (V_1), Allstar (V_2), Alison (V_3) and Euroflor (V_4)]; Means followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test (The lines on top of means indicated SE).

رقم یوروفلور در کلیهٔ تیمارهای کم‌آبیاری همانند برگ، انتقال مجدد بیشتر از دمبرگ را داشته که با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی و سپس آبیاری کامل به ترتیب به ۱/۰ و ۰/۹ گرم در بوته رسید. کمترین مقدار با ۰/۲ گرم در بوته از رقم آلستار با کم‌آبیاری در مراحل غنچه‌دهی+ دانه‌بندی حاصل شد. این رقم در بیشتر تیمارهای آبیاری مقادیر کمتر انتقال مجدد دمبرگ نسبت به سایر ارقام را داشت (شکل ۳، D).

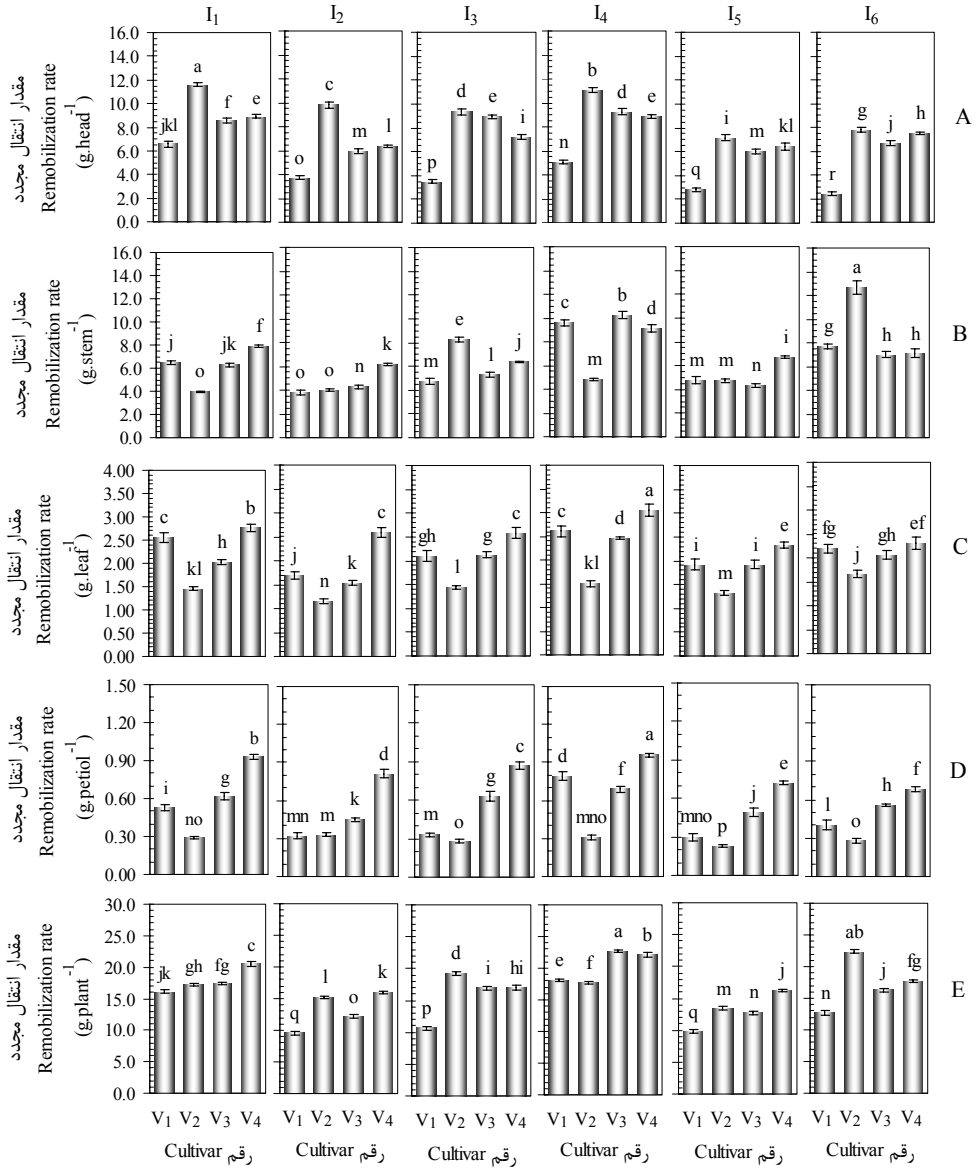
در مجموع همهٔ ارقام با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی از افزایش مقدار انتقال مجدد و با کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی از کاهش انتقال مجدد برخوردار بودند. اختلاف بین ارقام در واکنش به تیمارهای کم‌آبیاری با اعمال کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی بیشتر بود. رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی، رقم آلستار با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی و دانه‌بندی و سپس رقم یوروفلور با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی بیشترین مقدار انتقال مجدد مادهٔ خشک را (به ترتیب ۲۲/۶، ۲۲/۴ و ۲۲/۱ گرم در بوته) داشتند. کمترین مقدار انتقال مجدد متعلق به رقم آذرگل با کم‌آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی و مرحلهٔ غنچه‌دهی (به ترتیب ۹/۸ و ۹/۶ گرم در بوته) بود (شکل ۳، E).

کارآیی انتقال مجدد

تجزیه واریانس داده‌ها اثرمتقابل بین آبیاری و رقم را روی صفت کارآیی انتقال مجدد معنی‌دار ($P<0.01$) نشان داد (جدول ۲). رقم آلستار در همهٔ تیمارهای آبیاری از کارآیی انتقال مجدد بیشتر طبق نسبت به سایر ارقام برخوردار بوده و رقم آذرگل در همهٔ تیمارهای آبیاری، کارآیی انتقال مجدد کمتری نسبت به سایر ارقام داشت.

بیشترین کارآیی انتقال مجدد طبق از ارقام آلیسون و آلستار در کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی (به ترتیب ۱۵/۵ و ۱۵/۴ درصد) و کمترین کارآیی از رقم آذرگل با

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]



شکل ۳- مقایسه میانگین مقدار انتقال مجدد مادهٔ خشک از طبق (A)، ساقه (B)، برگ (C)، دمبرگ (D) و کل بوته(E) (توضیحات مشابه شکل ۲).

Fig. 3. Mean comparison of dry matter remobilization rate from: head (A), stem (B), leaf (C), petiol (D) and whole plant (E) (comments similar to Fig. 2)

کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی (۷/۶ درصد) حاصل شد (شکل ۴، A). ارقام آفتابگردان در تیمار کم‌آبیاری در مراحل غنچه‌دهی+ دانه‌بندی در مقایسه با تیمار کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی اختلاف کمتری داشتند. بیشترین کارآیی انتقال مجدد در ساقه مربوط به رقم آلستار با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی و سپس رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی (به ترتیب ۲۷/۳ و ۱۸/۴ درصد) بوده و کمترین کارآیی (۸/۱ درصد) از رقم آلستار با آبیاری کامل و سپس آذرگل با کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی (۸/۶ درصد) به‌دست آمد (شکل ۴، B).

کارآیی انتقال مجدد برگ در رقم آلیسون در همهٔ

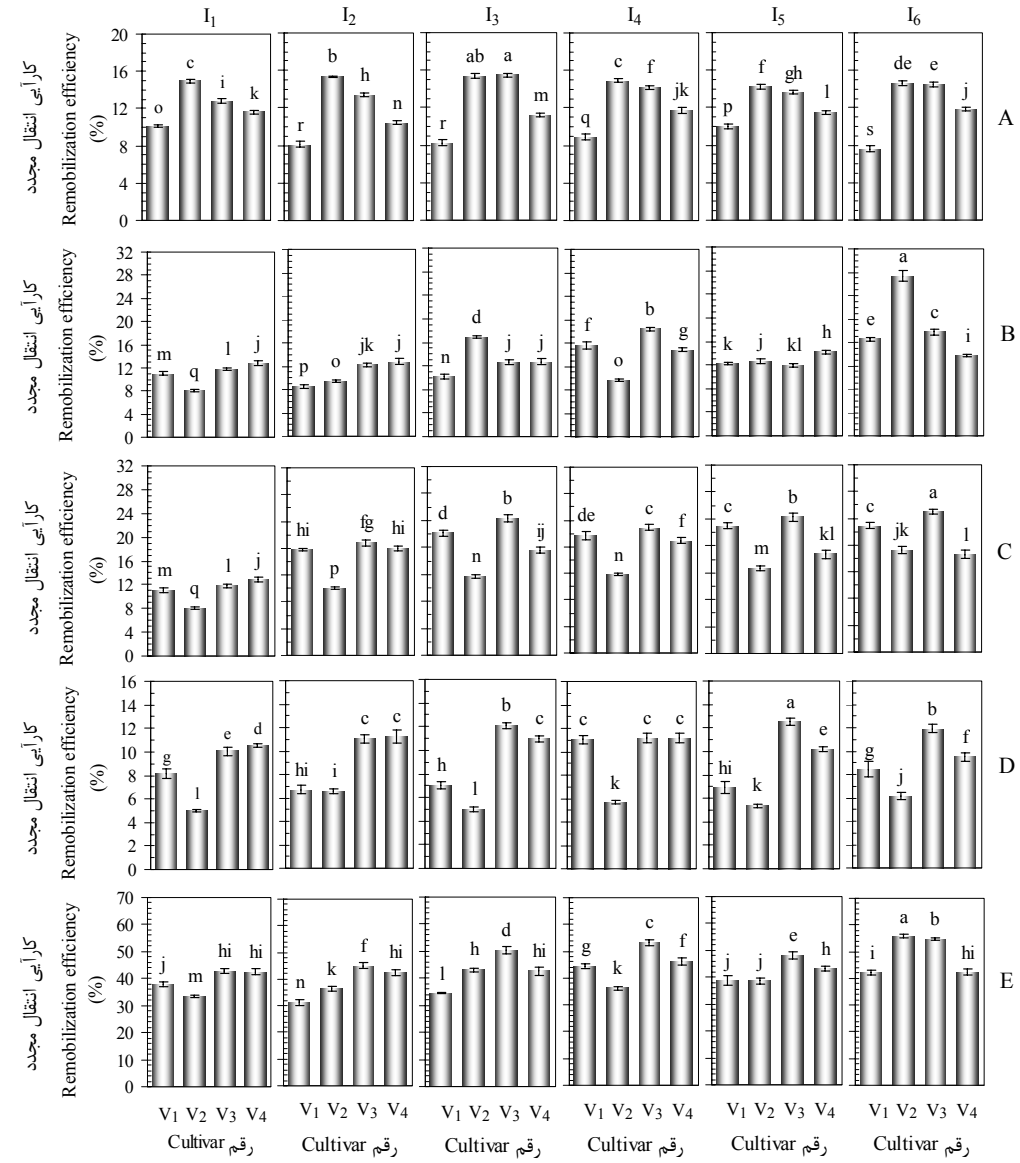
[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس صفت کارآیی انتقال مجدد مادهٔ خشک در اجزای بوته چهار رقم آفتابگردان

Table 2- Analysis of variance for dry matter remobilization efficiency in different parts in four sunflower cultivars

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS) طبق Head	ساقه Stem	دمبرگ Petiole	برگ Leaf	مجموع Total
Replication	تکرار	2	132.07	4.92	5.96	13.34	10.08
Irrigation (I)	آبیاری	5	167.65**	3.47**	2.44**	7.49**	0.86**
Error1	خطای۱	10	0.95	0.03	0.02	0.22	0.04
Cultivar(C)	رقم	3	394.45**	41.59**	25.26**	11.35**	35.86**
I × C	آبیاری× رقم	15	57.01**	1.15**	3.49**	37.04**	2.11**
Error2	خطای۲	36	0.25	0.04	0.03	0.03	0.005
C.V. (%)	ضریب تغییرات		5.8	5.9	4.8	6.4	5.6

* و **: به‌ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۴- مقایسه میانگین کارآیی انتقال مجدد از طبق (A)، ساقه (B)، برگ (C)، دمبرگ (D) و کل بوته (E) (توضیحات مشابه شکل ۲).

Fig. 4. Mean comparison of dry matter remobilization efficiency from head (A), stem (B), leaf (C), petiol (D) and whole plant (E) (comments similar to Fig. 2)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

تیمارهای کم‌آبیاری نسبت به سایر ارقام بیشتر بوده و در رقم آلستار کمتر بود. رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی و دانه‌بندی و پس از آن با کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی و همچنین کم‌آبیاری در مراحل غنچه‌دهی+ دانه‌بندی (به ترتیب ۱۰/۵، ۱۰/۲ و ۱۰/۱ درصد) بیشترین کارآیی انتقال مجدد از برگ را داشته و کمترین کارآیی (۵/۰ درصد) متعلق به رقم آلستار با کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی بود (شکل ۴، C).

رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی و سپس کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی و مراحل گلدهی و دانه‌بندی بیشترین کارآیی انتقال مجدد دمبرگ را (به ترتیب ۱۲/۵، ۱۲/۱ و ۱۱/۹ درصد) داشت. کارآیی کمتر (۵/۰ درصد) مربوط به رقم آلستار با آبیاری کامل و کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی بود (شکل ۴، D).

در مجموع رقم آلستار و پس از آن رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی (به ترتیب ۵۵/۸ و ۵۴/۶ درصد) از بیشترین کارآیی انتقال مجدد برخوردار بودند. رقم آذرگل با کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی کمترین (۳۱/۳ درصد) کارآیی انتقال مجدد را داشت (شکل ۴، E).

مشارکت انتقال مجدد در پر شدن دانه

تجزیه واریانس صفت مشارکت انتقال مجدد نشان داد که اثر متقابل آبیاری و رقم بر این صفت معنی‌دار ($p<0.01$) بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس صفت مشارکت انتقال مجدد مادهٔ خشک در اجزای بوته چهار رقم آفتابگردان

Table 3- Analysis of variance for dry matter remobilization contribution in different parts in four sunflower cultivars

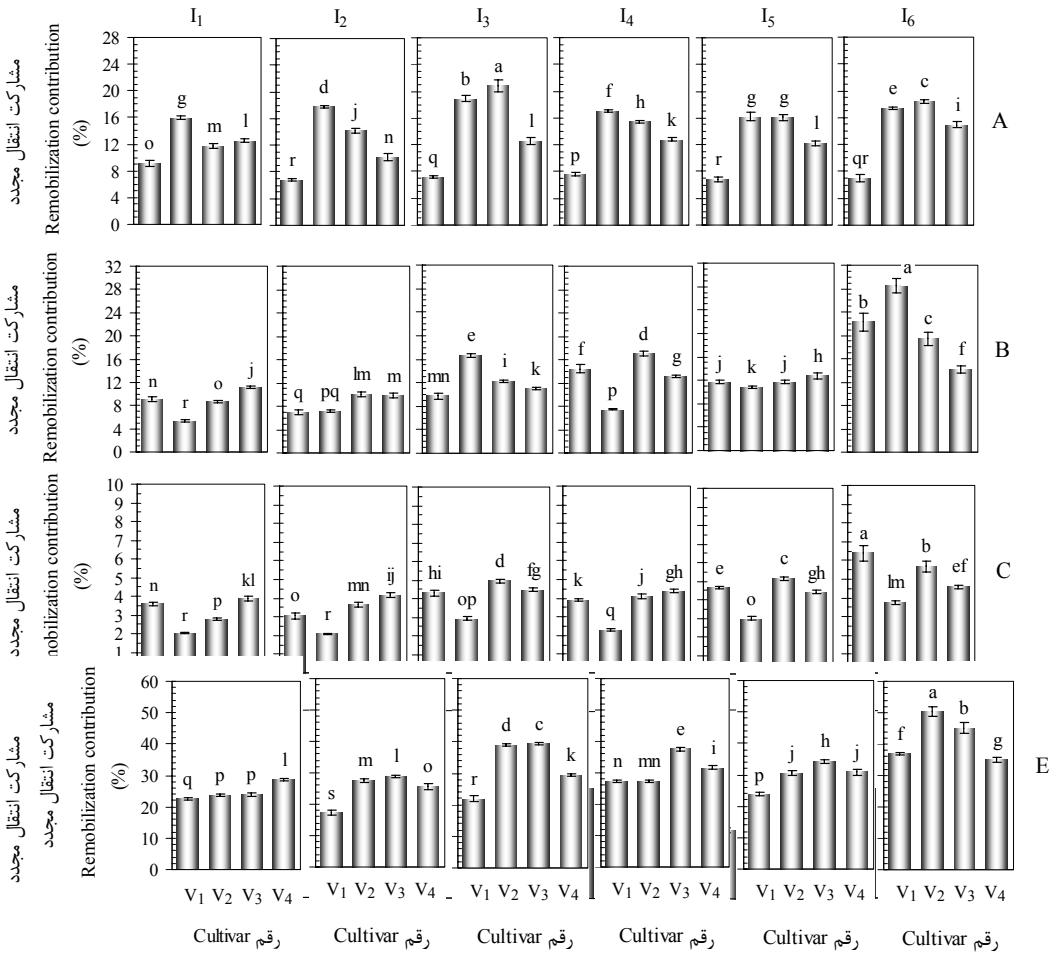
			میانگین مربعات (MS)				
S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	طبق Head	ساقه Stem	دمبرگ Petiole	برگ Leaf	مجموع Total
Replication	تکرار	2	68.04	1.23	0.08	11.98	11.59
Irrigation (I)	آبیاری	5	471.26**	6.89**	0.19**	253.69**	14.57**
Error1	خطای۱	10	1.23	0.02	0.001	0.46	0.09
Cultivar(C)	رقم	3	339.92**	2.41**	2.59**	4.50**	350.54**
I × C	آبیاری× رقم	15	52.01**	0.72**	0.09**	41.18*	9.70**
Error2	خطای۲	36	0.09	0.01	0.001	0.05	0.04
C.V. (%)		ضریب تغییرات	5.3	5.1	4.2	6.2	4.8

* و **: به‌ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

مشارکت بیشتر طبق مربوط به رقم آلیسون و پس از آن آلستار با کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی (به ترتیب ۲۰/۹ و ۱۸/۹ درصد) بود. مشارکت کمتر مربوط به رقم آذرگل با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی، مراحل غنچه‌دهی+ دانه‌بندی و مرحلهٔ غنچه‌دهی (به ترتیب ۷/۰، ۶/۸ و ۶/۸ درصد) بود (شکل ۵، A). رقم آلستار و پس از آن رقم آذرگل با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی (به ترتیب ۲۸/۵ و ۲۲/۳ درصد)، بیشترین مشارکت انتقال مجدد ساقه را داشته و مشارکت کمتر (۵/۵ درصد) از رقم آلستار با آبیاری کامل حاصل شد (شکل ۵، B).

رقم آذرگل و پس از آن آلیسون با کم‌آبیاری مراحل گلدهی و دانه‌بندی به‌ترتیب با ۶/۴ و ۵/۷ درصد، بیشترین مشارکت انتقال مجدد برگ را داشته و کمترین مشارکت (به‌ترتیب ۲/۱ و ۲/۰ درصد) مربوط به رقم آلستار با کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی و آبیاری کامل بود (شکل ۵، C). بیشترین مشارکت انتقال مجدد دمبرگ از رقم آلیسون با کم‌آبیاری در

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]



شکل ۵- مقایسه میانگین مشارکت انتقال مجدد از طبق (A)، ساقه (B)، برگ (C)، دمبرگ (D) و کل بوته (E) (توضیحات مشابه شکل ۲).

Fig. 5. Mean comparison of dry matter remobilization contribution from head (A), stem (B), leaf (C), petiol (D) and whole plant (E) (comments similar to Fig. 2).

مراحل گلدهی+ دانه‌بندی و رقم یوروفلور با کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی (به ترتیب ۱/۶ و ۱/۵ درصد) برآورد گردیده و مقدار کمتر (۰/۴ درصد) مربوط به رقم آلستار با آبیاری کامل بود (شکل ۵، D). درمجموع، رقم آلستار و پس از آن رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی (به ترتیب ۵۰/۴ و ۴۵/۰ درصد)، بیشترین مشارکت انتقال مجدد مادهٔ خشک در وزن نهایی دانه را داشتند. کمترین مقدار به رقم آذرگل با کم‌آبیاری مرحلهٔ غنچه‌دهی با سهم ۱۷/۴ درصد تعلق داشت (شکل ۵، E).

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، رقم یوروفلور در هر کدام از تیمارهای آبیاری، عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت. کمترین کاهش عملکرد دانه با اعمال کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی اتفاق افتاده که با نتایج کرام و همکاران (Karam *et al.*, 2007) مطابقت دارد. همهٔ ارقام آفتابگردان با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی، از افزایش مقدار انتقال مجدد و در تیمارهای کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی از کاهش انتقال مجدد نسبت به شرایط آبیاری کامل برخوردار بودند. کاهش بیشتر در این

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

خصوص مربوط به رقم آذرگل بود. رقم آلیسون با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی، همچنین رقم آلستار با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی و سپس رقم یوروفلور با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی، بیشترین انتقال مجدد مادهٔ خشک را داشتند.

بیشترین مقدار انتقال مجدد از اجزای بوته آفتابگردان به ترتیب متعلق به طبق، ساقه، برگ و دمبرگ بود. درصد بیشتر کارآیی انتقال مجدد به‌ترتیب به ساقه، طبق، دمبرگ و برگ تعلق داشت. مشارکت انتقال مجدد در ساقه بیشتر از طبق و در این‌دو به ترتیب بیشتر از برگ و دمبرگ بود. این روند در مشارکت انتقال مجدد نشان دهندهٔ نقش مؤثر ذخایر ساقه در پر شدن دانه با اعمال کم‌آبیاری است. بیشترین کارآیی و مشارکت انتقال مجدد از رقم آلستار با کم‌آبیاری در مراحل گلدهی+ دانه‌بندی برآورد گردیده و رقم آذرگل با کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی از کارآیی و مشارکت کمتری برخوردار بود.

گزارش‌هایی مبنی بر اثر تنش کمبود آب در زمان پر شدن دانه بر افزایش انتقال مجدد مادهٔ خشک در سایر گیاهان زراعی از جمله گندم نیز وجود دارد (Yang *et al.*, 2003; Ehdaie *et al.*, 2006). افزایش تخصیص مواد ذخیره‌ای به مقصد دانه با کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی می‌تواند در ارتباط با روابط مبدأ به مقصد باشد (Sadras et al., López Pereia *et al.*, 2008; 1993). هال و همکاران (Hall *et al.*, 1990) این مشارکت را در گیاهان آفتابگردان آبیاری شده، ۱۵ درصد و در گیاهانی که در طول دورهٔ پرشدن دانه با کمبود آب مواجه بودند، ۲۷ درصد گزارش کردند.

به نظر می رسد که تنش کمبود آب در دورهٔ پر شدن دانه موجب نقصان در فتوسنتز جاری به عنوان مبدأ مهم پر شدن دانه می‌شود، در صورتی‌که تقاضای زیاد دانه‌ها (مقصد) همچنان وجود دارد. در این حالت ذخایر موجود در بافت‌های رویشی به عنوان یک مبدأ ثانوی، نقش مهم‌تری را نسبت به حالت بدون تنش در پر شدن دانه ایفا می‌کنند، لوپز پریرا و همکاران (López Pereia *et al.*, 2008) نیز این موضوع را گزارش کرده‌اند.

گرچه کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی، کاهش باروری گلچه‌ها، کاهش تعداد دانه و در نتیجه کاهش تقاضای مقصد را موجب می‌شود، اما به نظر برخی محققان (Yang *et al.*, 2003)، شروع انتقال مجدد همزمان با شروع پیری برگ بوده و تسریع در شروع پیری برگ در اثر کم‌آبیاری موجب افزایش میزان انتقال مجدد ذخایر فتوسنتزی می‌شود. به نظر می‌رسد که یکی از دلایل افزایش کارآیی و مشارکت انتقال مجدد در وزن نهایی دانه در گلدهی، تسریع در شروع پیری برگ و اثر مثبت آن بر شروع زودتر انتقال مجدد و در نتیجه تخفیف اثرات سوءِ تنش باشد. هرچند بنا به گزارش گوکسوی و همکاران (Göksoy *et al.*, 2004) عملکرد دانه با کم‌آبیاری در مرحلهٔ گلدهی کاهش بیشتری می‌یابد. کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی علاوه بر اینکه باعث کاهش تشکیل گلچه‌ها و کاهش تعداد دانه‌ها می‌شود، باعث کاهش ذخایر فتوسنتزی در گیاه شده و بدین ترتیب انتقال مجدد مادهٔ خشک به دانه‌ها نیز کاهش می‌یابد (Hall *et al.*, 1990; Sadras et al., 1993; López Pereia *et al.*, 2008).

در مجموع چنین نتیجه‌گیری می‌شود که به استثنای تیمارهای کم‌آبیاری در مرحلهٔ غنچه‌دهی، افزایش انتقال مجدد در سایر تیمارها می‌تواند از نظر نقش جبران کنندگی در تخفیف اثر سوءِ تنش کمبود آب ناشی از کم‌آبیاری مورد توجه قرار گیرد. در ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شرایط کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی، انتقال مجدد مادهٔ خشک بیشتر از سایر مراحل بوده و میزان کاهش عملکرد دانه نیز کمتر بوده است. بنابراین به نظر می‌رسد که امکان جبران کاهش فتوسنتز جاری از طریق کم‌آبیاری در مرحلهٔ دانه‌بندی وجود دارد. در همین رابطه آفتابگردان رقم یوروفلور ضمن تولید محصول بیشتر از انتقال مجدد مناسبی نیز برخوردار بود.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

References منابع مورد استفاده

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy.

Austin, R. B., C. L. Morgan, M. A. Ford and R. D. Blackwell. 1980. Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. Ann. Bot. 45: 309–319.

Bidinger, F., R. B. Musgrave and R. A. Fischer. 1977. Contribution of stored preanthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. Nature 270: 431–433.

Blum, A., G. Golan, J. Mayer and B. Sinmena. 1997. The effect of dwarfing genes on sorghum grain filling from remobilized stem reserves under stress. Field Crops Res. 52: 43–54.

Doorenbos, J. and A. H. Kassam. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy.

Ehdaie, B., G. A. Alloush, M. A. Madore and J. G. Waines. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Postanthesis changes in internode dry matter. Crop Sci. 46: 735–746.

Evans, J. P. 2009. 21st century climate change in the Middle East. Climatic Change. 92: 417–432.

Fereres, E. and M. A. Soriano. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. J. Exp. Bot. 2: 147–159.

Gebbing, T. and H. Schnyder. 1999. Pre-anthesis reserve utilization for protein and carbohydrate synthesis in grains of wheat. Plant Physiol. 121: 871–878.

Göksoy, A. T., A. O. Demir, Z. M. Turan and N. Dagustu. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Res. 87: 167–178.

Hall, A. J., D. J. Connor and D. M. Whitfield. 1990. Contribution of pre-anthesis assimilation to grain filling in irrigated and water-stressed sunflower crops. II: Estimates from a carbon budget. Field Crops Res. 24: 273–294.

Karam, F., R. Lahoud, R. Masaad, R. Kabalan, J. Breidi, C. Chalita and Y. Rouphael. 2007. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. Agric. Water Manage. 90: 213–223.

López Pereira, M., N. Trápani and V.O. Sadras. 2000. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930–1995. III: Dry matter partitioning and grain composition. Field Crops Res. 67: 215–221.

López Pereia, M., A. Bereny, A.J. Hall and N. Trápani. 2008. Contribution of pre-anthesis photoassimilates to grain yield: Its relationship with yield in Argentine sunflower cultivars released between 1930 and 1995. Field Crops Res. 105: 88–96.

Machado, E. C., J. A G. D. Silveira, V. A. Vitorello and J. L. M. Rodrigues. 1992. Photosynthesis, reserves remobilization and grain growth of two maize hybrids submitted to water stress during grain filling stage. Bragantia 51: 151–159.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

Sadras, V. O., D. J. Connor and D. M. Whitfield. 1993. Yield, yield components and source-sink relationships in water stressed sunflower. Field Crops Res. 31: 27–39.

Sepaskhah, A. R. and M. H. Khajehabdollahi. 2005. Alternative furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (*Zea mays* L.). Plant Prod. Sci. 8: 592–600.

Stone, L. R., D. E. Goodrum, M. N. Jaafar and A. H. Khan. 2002. Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. Agron. J. 93: 1105–1110.

Takai, T., S. Matsura, T. Nishio, A. Ohsumi, T. Shiraiwa and T. Horie. 2006. Rice yield potential is closely related to crop growth rate during late reproductive period. Field Crops Res. 96: 328–335.

Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, L. Liu and Q. Zhu. 2003. Postanthesis water deficits enhance grain filling in two-line hybrid rice. Crop Sci. 43: 2099–2108.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]

Effect of deficit irrigation at reproductive growth stage on remobilization of dry matter in four sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars

Karimi-Kakhaki[1], M., A. Sepehri[2]

ABSTRACT

Karimi-Kakhaki, M., A. Sepehri. 2010. Effect of deficit irrigation at reproductive growth stage on remobilization of dry matter in four sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars. **12 (4) 422-435 (In Persian)**

To study the effect of deficit irrigation at reproductive growth stage on quantity, efficiency and contribution of dry matter remobilization in four sunflower cultivars; Azargol, Allstar, Alison and Euroflor, a field experiment was conducted at Experimental Farm of the Faculty of Agriculturale, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, in 2007 growing season. The experiment was arranged as split plot in complete randomized block design with three replications. The irrigation levels included; full irrigation, deficit irrigation at heading, at flowering, at grain filing, at heading + grain filling and at flowering + grain filling stages. Results indicated that the highest grain yield was obtained from Euroflor with full irrigation treatment (75.1 g.plant $^{-1}$). Deficit irrigation at grain filling stage had the lowest reduction in grain yield. The greatest remobilization was observed in *cv*. Alison with deficit irrigation at grain filling stage, *cv*. Allstar with deficit irrigation at flowering and grain filling stages followed by Euroflor with deficit irrigation at grain filling stage by 22.6, 22.4 and 22.1 g. plant $^{-1}$, respectively. The highest efficiency and contribution of remobilization was observed in *cv.* Allstar with deficit irrigation at flowering and grain filling stages by 55.8% and 50.4%, respectively. *cv.* Azargol with deficit irrigation at heading stage had the lowest of remobilization and remobilization efficiency. It can be concluded that when water is limited, deficit irrigation at grain filling stage had the lowest reduction in grain yield due to remobilization of dry matter.

Key word: Sunflower, Deficit irrigation, Remobilization efficiency and Remobilization contribution

Received: September, 2009 Accepted: February, 2010
1- MSc Student, Bu- Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Assistant Prof., Bu- Ali Sina University, Hamedan, Iran (Corresponding author)
(Email: sepehri110@yahoo.com)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.5.8]