

اثر کم آبیاری در دوره رشد زایشی بر انتقال مجدد ماده 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 کم آبیاری در دوره رشد زایشی بر انتقال مجدد ماده خشک چهار رقم آفتابگردان (*Helianthus annus* L.).
مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۴) ۴۳۵-۴۲۲.

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

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، کم آبیاری، کارآیی انتقال مجدد و مشارکت انتقال مجدد.

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 کننده تولید است (Sepaskhah and Khajehabdollahi, 2005). رشد و توسعه همراه با استفاده 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). کم آبیاری، 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 صرفه جویی شده می‌تواند برای افزایش سطح زیر کشت و مصارف دیگر، استفاده یا ذخیره گردد. در نتیجه کاهش عملکرد ناشی از کم آبیاری می‌تواند با سود به دست آمده از کاهش آب مصرفی جبران شود (Fereses and Soriano, 2007).

گیاهانی که برای کم آبیاری 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). توانایی 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).

فتوستتزی جاری و انتقال مجدد ذخایر فتوستتزی بافت‌های رویشی که در دوره زایشی به حداکثر مقدار خود می‌رسد، دو مبدأ اساسی در پر شدن دانه محسوب می‌شوند (Gebbing and Schnyder, 1999). در طی دوره پر شدن دانه، فتوستتزی جاری به شدت به جذب نور توسط سطح برگ پس از گلدهی وابسته است. این مبدأ

در طول دوره 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 فتوستتزی دارند. از این رو ذخایر بافت‌های رویشی می‌تواند یک مبدأ مهم کربوهیدرات در طول دوره پر شدن دانه محسوب شود (López Pereia et al., 2008; Hall et al., 1990). در مورد انتقال مجدد مواد فتوستتزی 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 دوره 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 دوره پر شدن دانه در اغلب مطالعات در مورد گندم (Ehdaie et al., 2006)، جو (Bidinger et al., 1977; Austin et al., 1980) و ذرت (Blum et al., 1997; Machado et al., 1992) مورد تأیید قرار گرفته است. بنا بر گزارش‌ها و همکاران (Hall et al., 1990) در مورد آفتابگردان، این مشارکت در گیاهانی که در طول دوره رشد دانه با کمبود آب مواجه بودند، ۲۷ درصد و در گیاهان آبیاری شده ۱۵ درصد می‌باشد. به علاوه، میزان این مشارکت به نسبت بین تعداد دانه و مواد فتوستتزی تولید شده بعد از گرده‌افشانی وابسته است (Sadras et al., 1993; López Pereia et al., 2008). مشارکت بیشتر مواد فتوستتزی قبل از گرده‌افشانی در وزن نهایی دانه اغلب برای گیاهانی که در معرض کمبود آب قرار می‌گیرند، مورد انتظار است و

حرارت ۲۴ درجه سانتی گراد در گرم‌ترین ماه سال، بر اساس آمار ۵۵ ساله هواشناسی است. تیمارهای مورد ارزیابی شامل ۶ سطح آبیاری: آبیاری کامل یا شاهد (I_1)، کم آبیاری با عدم آبیاری در مرحله غنچه‌دهی (I_2)، عدم آبیاری در مرحله گلدهی (I_3)، عدم آبیاری در مرحله دانه‌بندی (I_4)، عدم آبیاری در دو مرحله غنچه‌دهی و دانه‌بندی (I_5) و عدم آبیاری در دو مرحله 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 به صورت 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 فاصله ۶۰ سانتی متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی متر 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 مرحله ۶ تا ۷ برگی بوته‌ها به خاک افزوده شد. تمام کرت‌ها عاری از آفت و بیماری بوده و کنترل علف‌های هرز به طور کامل طی دو مرحله در دوره 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 رابطه یک تعیین شد (Allen et al., 1998).

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

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

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 ماده 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 نتیجه اصلاح ارقام آفتابگردان نشان دهنده الگوی تخصیص ماده خشک بین اندام‌ها بوده و شناخت نقش کربوهیدرات‌های غیرساختاری در زمان گرده‌افشانی در تعیین میزان عملکرد و تغییرات آن در ارقام، نیازمند بررسی میزان ماده خشک اندام در طول دوره 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 ماده خشک در پر شدن دانه چهار رقم آفتابگردان در شرایط کم آبیاری انتهای فصل انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا (با ارتفاع ۱۷۴۱/۵ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و طول 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 ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری ۱/۴۴ گرم بر سانتی متر مکعب و اسیدیته ۷/۲ اجرا شد. منطقه مورد بررسی از مناطق نیمه‌خشک کشور با میانگین بارندگی ۳۳۳ میلی‌متر در سال و میانگین درجه

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 معنی دار است (جدول ۱). عملکرد دانه همه ارقام همبستگی مثبت و معنی داری ($P < 0.01$) 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 کم آبیاری در مرحله دانه بندی مشاهده شد (شکل ۲). رقم یوروفلور در همه تیمارهای آبیاری از عملکرد بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بوده و رقم آلیسون در همه تیمارهای کم آبیاری کاهش عملکرد بیشتری داشت. تنها در تیمار کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه بندی، 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 کم آبیاری در مرحله دانه بندی (۶۹/۶ گرم در بوته) به دست آمد. رقم آذرگل با کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه بندی با ۳۴/۴ گرم در بوته و پس از آن رقم آلیسون با کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه بندی و همچنین مراحل غنچه دهی + دانه بندی 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 معنی دار بود (جدول ۱). رقم آلستار در تیمارهای کم آبیاری در مرحله گلدهی انتقال مجدد بیشتری از ساقه نسبت به

شد که با در نظر گرفتن بارندگی مؤثر، راندمان آبیاری (۶۰ درصد) و ۴۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی در منطقه توسعه ریشه برآورد شد (Doorenbos and Kassam, 1979). آبیاری با استفاده از لوله های پلی اتیلن انجام و مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری با استفاده از کنتور ثبت گردید. تمام تیمارهای آزمایشی تا مرحله غنچه دهی از آبیاری یکنواخت برخوردار بودند.

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

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

$$R = DM_{max} - DM_{pm} \quad (2)$$

$$RE = R/DM_{max} \times 100 \quad (3)$$

$$RC = R/GW \times 100 \quad (4)$$

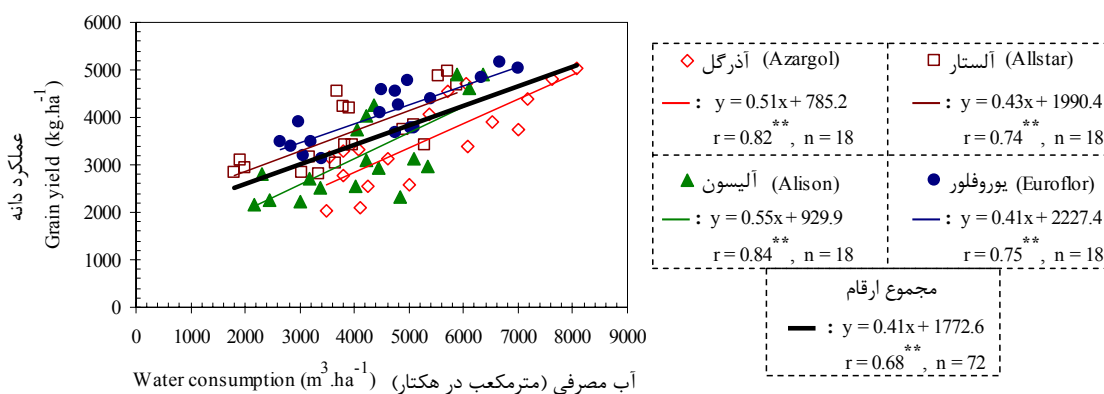
تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه و میزان انتقال مجدد ماده 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

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	میزان انتقال مجدد (Remobilization rate)				مجموع Total
				طبق Head	ساقه Stem	دمبرگ Petiole	برگ Leaf	
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	خطای ۱	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	رقم × آبیاری	15	32.70*	1.80**	11.57*	0.02**	0.10**	12.34**
Error2	خطای ۲	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

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

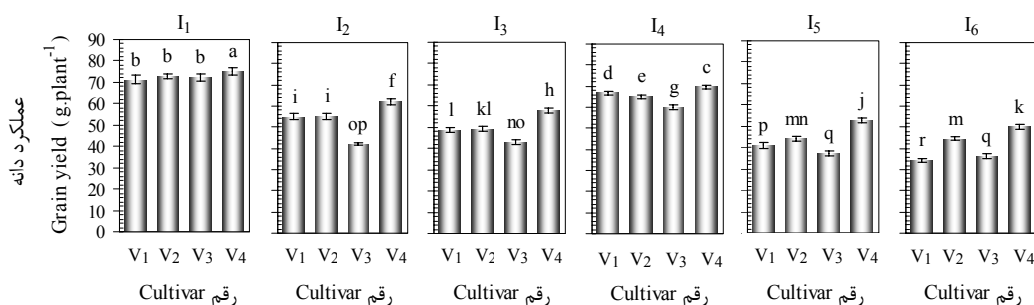


شکل ۱- همبستگی عملکرد دانه و میزان آب مصرفی در مجموع (خط ضخیم) و به تفکیک ارقام آفتابگردان (خطوط نازک)

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

ارقام یوروفلور و آلستار در کلیه تیمارهای آبیاری به ترتیب از بیشترین و کمترین مقادیر انتقال مجدد از برگ برخوردار بوده و در کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه بندی، تفاوت کمتری بین ارقام وجود داشت. بیشترین انتقال مجدد از برگ در رقم یوروفلور با کم آبیاری مرحله دانه بندی و سپس آبیاری کامل (به ترتیب ۳/۱ و ۲/۸ گرم در بوته) به دست آمد. رقم آلستار با کم آبیاری در مرحله غنچه دهی و سپس مراحل غنچه دهی + دانه بندی کمترین مقدار (به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳ گرم در بوته) را داشت (شکل ۳، C).

سایر ارقام داشت. به طوری که بیشترین انتقال مجدد از این رقم با کم آبیاری مراحل گلدهی + دانه بندی (۱۲/۷ گرم در بوته) حاصل شد. سایر ارقام (آلیسون، آذرگل و یوروفلور) با کم آبیاری در مرحله دانه بندی 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 کم آبیاری در مرحله غنچه دهی و همچنین رقم آذرگل با کم آبیاری در مرحله غنچه دهی (به ترتیب ۴/۰، ۴/۰ و ۳/۸ گرم در بوته) به دست آمد (شکل ۳، B).



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری [آبیاری کامل (I₁) و کم آبیاری در مرحله غنچه‌دهی (I₂)، مرحله گلدهی (I₃)، مرحله دانه‌بندی (I₄)، مراحل غنچه‌دهی + دانه‌بندی (I₅) و مراحل گلدهی + دانه‌بندی (I₆)] و ارقام آفتابگردان [آذرگل (V₁)، آلستار (V₂)، آلیسون (V₃) و یوروفلور (V₄)]؛ 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 دهنده خطای استاندارد است).

Fig. 2. Mean comparison of grain yield in different irrigation treatments [full irrigation (I₁) and deficit irrigation at stages of heading (I₂), flowering (I₃), seed filling (I₄), heading + seed filling (I₅) and flowering + seed filling (I₆)] and sunflower cultivars [Azargol (V₁), Allstar (V₂), Alison (V₃) and Euroflor (V₄)]; 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).

بیشترین مقدار انتقال مجدد ماده خشک را (به ترتیب ۲۲/۶، ۲۲/۴ و ۲۲/۱ گرم در بوته) داشتند. کمترین مقدار انتقال مجدد متعلق به رقم آذرگل با کم آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و دانه‌بندی و مرحله غنچه‌دهی (به ترتیب ۹/۸ و ۹/۶ گرم در بوته) بود (شکل ۳، E).

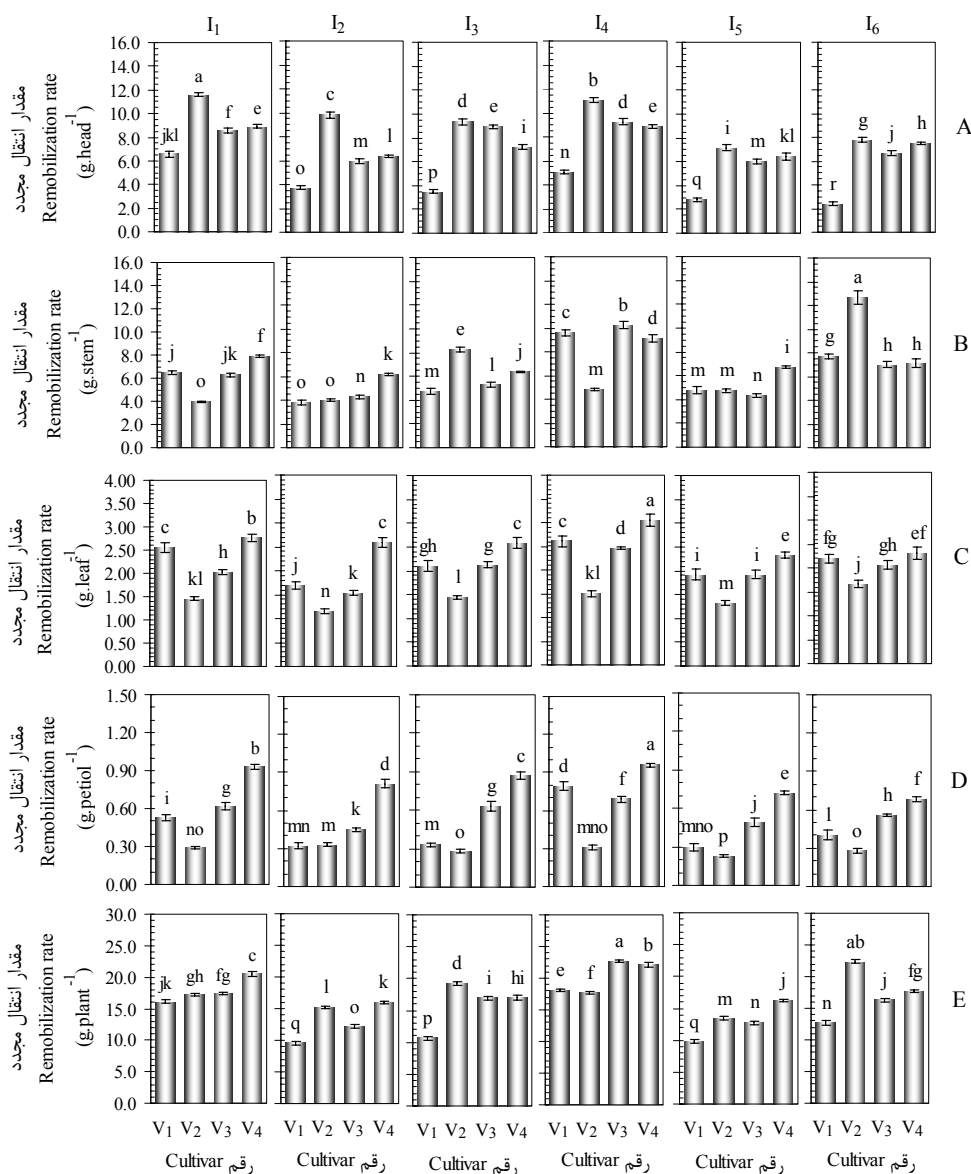
کارآیی انتقال مجدد

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

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

رقم یوروفلور در کلیه تیمارهای کم آبیاری همانند برگ، انتقال مجدد بیشتر از دمبرگ را داشته که با کم آبیاری در مرحله 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 کم آبیاری 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 همه ارقام با کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی از افزایش مقدار انتقال مجدد و با کم آبیاری در مرحله غنچه‌دهی از کاهش انتقال مجدد برخوردار بودند. اختلاف بین ارقام در واکنش به تیمارهای کم آبیاری با اعمال کم آبیاری در مرحله گلدهی بیشتر بود. رقم آلیسون با کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی، رقم آلستار با کم آبیاری در مراحل گلدهی و دانه‌بندی و سپس رقم یوروفلور با کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی



شکل ۳- مقایسه میانگین مقدار انتقال مجدد ماده 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)

دانه‌بندی و سپس رقم آلیسون با کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی (به ترتیب ۲۷/۳ و ۱۸/۴ درصد) بوده و کمترین کارایی (۸/۱ درصد) از رقم آستار با آبیاری کامل و سپس آذرگل با کم آبیاری در مرحله غنچه‌دهی (۸/۶ درصد) به دست آمد (شکل ۴، B). کارایی انتقال مجدد برگ در رقم آلیسون در همه

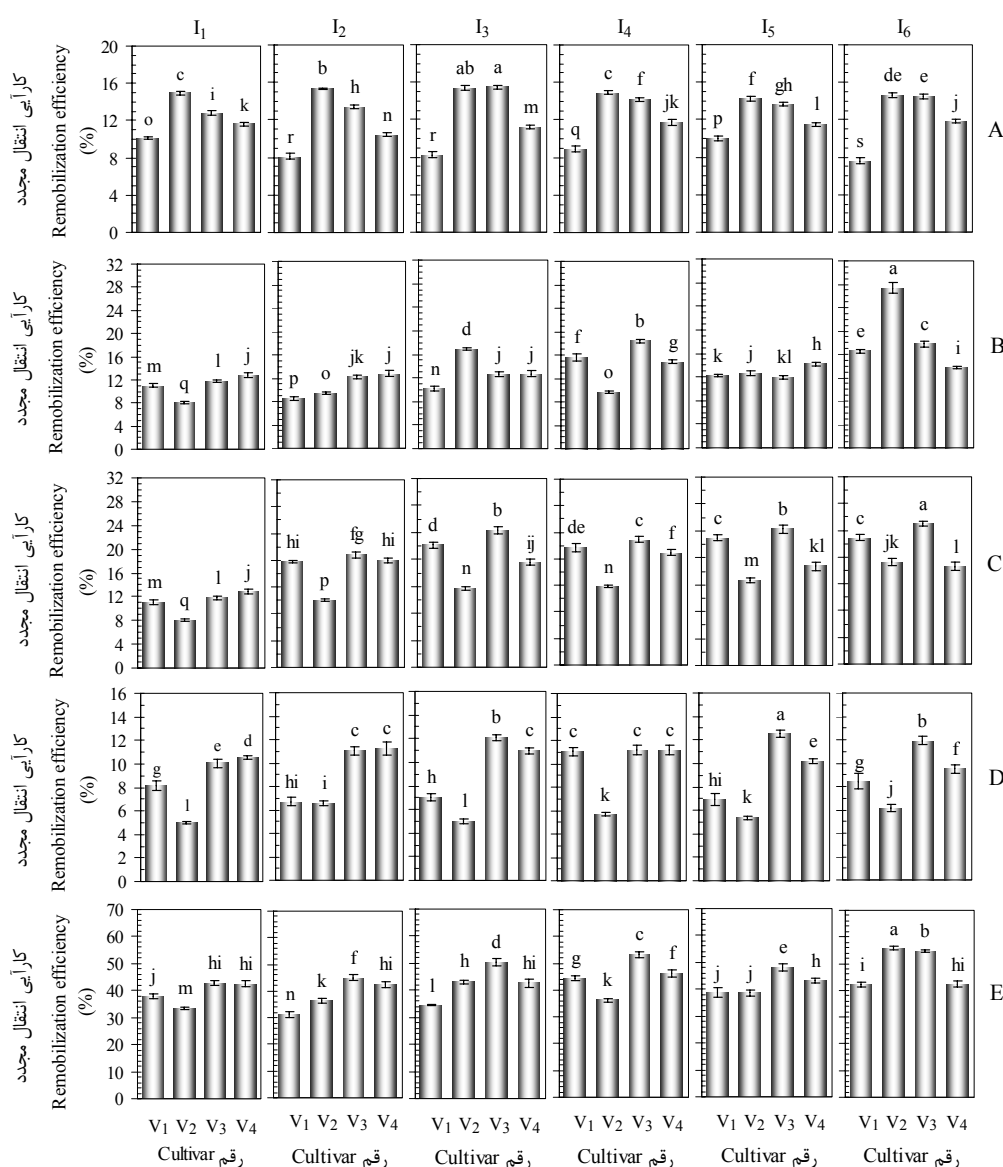
کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه‌بندی (۷/۶ درصد) حاصل شد (شکل ۴، A). ارقام آفتابگردان در تیمار کم آبیاری در مراحل غنچه‌دهی + دانه‌بندی در مقایسه با تیمار کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه‌بندی اختلاف کمتری داشتند. بیشترین کارایی انتقال مجدد در ساقه مربوط به رقم آستار با کم آبیاری در مراحل گلدهی +

جدول ۲- تجزیه واریانس صفت کارآیی انتقال مجدد ماده 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	خطای ۱	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	خطای ۲	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 **: به ترتیب 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), petiole (D) and whole plant (E) (comments similar to Fig. 2)

آلستار با آبیاری کامل و کم آبیاری در مرحله گلدهی بود (شکل ۴، D).

در مجموع رقم آلستار و پس از آن رقم آلیسون با کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه بندی (به ترتیب ۵۵/۸ و ۵۴/۶ درصد) از بیشترین کارآیی انتقال مجدد برخوردار بودند. رقم آذرگل با کم آبیاری در مرحله غنچه دهی کمترین (۳/۳۱ 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 معنی دار ($p < 0.01$) بود (جدول ۳).

تیمارهای کم آبیاری نسبت به سایر ارقام بیشتر بوده و در رقم آلستار کمتر بود. رقم آلیسون با کم آبیاری در مراحل گلدهی و دانه بندی و پس از آن با کم آبیاری در مرحله گلدهی و همچنین کم آبیاری در مراحل غنچه دهی + دانه بندی (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 کم آبیاری در مرحله غنچه دهی بود (شکل ۴، C).

رقم آلیسون با کم آبیاری در مراحل غنچه دهی و دانه بندی و سپس کم آبیاری در مرحله گلدهی و مراحل گلدهی و دانه بندی 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

جدول ۳- تجزیه واریانس صفت مشارکت انتقال مجدد ماده خشک در اجزای بوته چهار رقم آفتابگردان

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

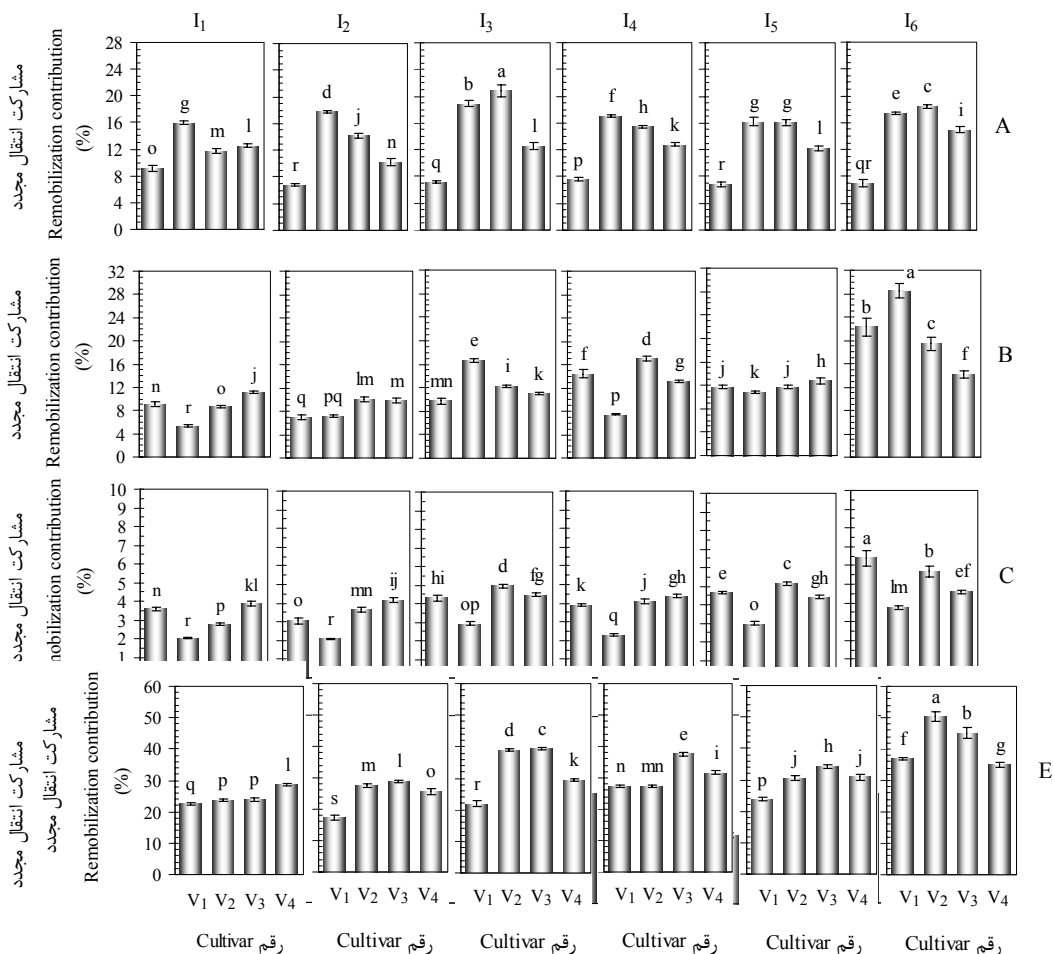
S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)				مجموع Total
			طبق Head	ساقه Stem	دمبرگ Petiole	برگ Leaf	
Replication	تکرار	2	68.04	1.23	0.08	11.98	11.59
Irrigation (I)	آبیاری	5	471.26**	6.89**	0.19**	253.69**	14.57**
Error1	خطای ۱	10	1.23	0.02	0.001	0.46	0.09
Cultivar(C)	رقم	3	339.92**	2.41**	2.59**	4.50**	350.54**
I × C	آبیاری × رقم	15	52.01**	0.72**	0.09**	41.18*	9.70**
Error2	خطای ۲	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 **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

مشارکت کمتر (۵/۵ درصد) از رقم آلستار با آبیاری کامل حاصل شد (شکل ۵، B).

رقم آذرگل و پس از آن آلیسون با کم آبیاری مراحل گلدهی و دانه بندی به ترتیب با ۶/۴ و ۵/۷ درصد، بیشترین مشارکت انتقال مجدد برگ را داشته و کمترین مشارکت (به ترتیب ۲/۱ و ۲/۰ درصد) مربوط به رقم آلستار با کم آبیاری در مرحله غنچه دهی و آبیاری کامل بود (شکل ۵، C). بیشترین مشارکت انتقال مجدد دمبرگ از رقم آلیسون با کم آبیاری در

مشارکت بیشتر طبق مربوط به رقم آلیسون و پس از آن آلستار با کم آبیاری در مرحله گلدهی (به ترتیب ۲۰/۹ و ۱۸/۹ درصد) بود. مشارکت کمتر مربوط به رقم آذرگل با کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه بندی، مراحل غنچه دهی + دانه بندی و مرحله غنچه دهی (به ترتیب ۷/۰، ۶/۸ و ۶/۸ درصد) بود (شکل ۵، A). رقم آلستار و پس از آن رقم آذرگل با کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه بندی (به ترتیب ۲۸/۵ و ۲۲/۳ درصد)، بیشترین مشارکت انتقال مجدد ساقه را داشته و



شکل ۵- مقایسه میانگین مشارکت انتقال مجدد از طبق (A)، ساقه (B)، برگ (C)، دمیرگ (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), petiole (D) and whole plant (E) (comments similar to Fig. 2).

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 کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی اتفاق افتاده که با نتایج کرام و همکاران (Karam *et al.*, 2007) مطابقت دارد. همه ارقام آفتابگردان با کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی، از افزایش مقدار انتقال مجدد و در تیمارهای کم آبیاری در مرحله غنچه‌دهی از کاهش انتقال مجدد نسبت به شرایط آبیاری کامل برخوردار بودند. کاهش بیشتر در این

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

(López Pereia *et al.*, 2008) نیز این موضوع را گزارش کرده‌اند.

گرچه کم آبیاری در مرحله 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 کم آبیاری موجب افزایش میزان انتقال مجدد ذخایر فتوسنتزی می‌شود. به نظر می‌رسد که یکی از دلایل افزایش کارایی 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 سوء تنش باشد. هرچند بنا به گزارش گوکسوی و همکاران (Göksoy *et al.*, 2004) عملکرد دانه با کم آبیاری در مرحله گلدهی کاهش بیشتری می‌یابد. کم آبیاری در مرحله 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 ماده 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 کم آبیاری در مرحله غنچه‌دهی، افزایش انتقال مجدد در سایر تیمارها می‌تواند از نظر نقش جبران کنندگی در تخفیف اثر سوء تنش کمبود آب ناشی از کم آبیاری مورد توجه قرار گیرد. در ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شرایط کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی، انتقال مجدد ماده 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 کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی وجود دارد. در همین رابطه آفتابگردان رقم یوروفلور ضمن تولید محصول بیشتر از انتقال مجدد مناسبی نیز برخوردار بود.

خصوصاً مربوط به رقم آذر گل بود. رقم آلیسون با کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی، همچنین رقم آلستار با کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه‌بندی و سپس رقم یوروفلور با کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی، بیشترین انتقال مجدد ماده خشک را داشتند.

بیشترین مقدار انتقال مجدد از اجزای بوته آفتابگردان به ترتیب متعلق به طبق، ساقه، برگ و دم‌برگ بود. درصد بیشتر کارایی انتقال مجدد به ترتیب به ساقه، طبق، دم‌برگ و برگ تعلق داشت. مشارکت انتقال مجدد در ساقه بیشتر از طبق و در این دو به ترتیب بیشتر از برگ و دم‌برگ بود. این روند در مشارکت انتقال مجدد نشان دهنده نقش مؤثر ذخایر ساقه در پیر شدن دانه با اعمال کم آبیاری است. بیشترین کارایی و مشارکت انتقال مجدد از رقم آلستار با کم آبیاری در مراحل گلدهی + دانه‌بندی برآورد گردیده و رقم آذر گل با کم آبیاری در مرحله غنچه‌دهی از کارایی و مشارکت کمتری برخوردار بود.

گزارش‌هایی مبنی بر اثر تنش کمبود آب در زمان پیر شدن دانه بر افزایش انتقال مجدد ماده 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 کم آبیاری در مرحله دانه‌بندی می‌تواند در ارتباط با روابط مبدأ به مقصد باشد (Sadras *et al.*, López Pereia *et al.*, 2008) (Hall *et al.*, 1993; 1993). هال و همکاران (Hall *et al.*, 1990) این مشارکت را در گیاهان آفتابگردان آبیاری شده، ۱۵ درصد و در گیاهانی که در طول دوره پر شدن دانه با کمبود آب مواجه بودند، ۲۷ درصد گزارش کردند.

به نظر می‌رسد که تنش کمبود آب در دوره پیر شدن دانه موجب نقصان در فتوسنتز جاری به عنوان مبدأ مهم پیر شدن دانه می‌شود، در صورتی که 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 پیر شدن دانه ایفا می‌کنند، لویز پریرا و همکاران

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 Pereira, 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.

- 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.

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

Karimi-Kakhaki¹, M., A. Sepehri²

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 Agriculture, 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 filling, 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)