

اثر دست ورزی مبدأ و مقصد بر سرعت فتوسنتز و عملکرد دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

فاطمه صادقی^۱، سید عبدالرضا کاظمینی^{۲*}، یحیی امام^۳

^{۳،۲،۱} دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات
*پست الکترونیک نویسنده مسئول: kazemin@shirazu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۱

چکیده

به منظور بررسی اثر حذف برگ و دانه بر سرعت فتوسنتز و عملکرد دانه آفتابگردان، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اجرا گردید. تیمارها شامل حذف برگ (صفر، ۵۰ و ۷۵ درصد) در مرحله ظهور طبق و حذف دانه (صفر، نصف دانه‌های کناری و نصف دانه‌های مرکزی) در زمان گرده‌افشانی بود. تیمارهای حذف برگ ۵۰ و ۷۵ درصد، باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه، تعداد دانه و عملکرد دانه گردیدند. به نظر می‌رسد هر چند با کاهش برگ، سرعت فتوسنتز در برگ‌های باقی‌مانده افزایش یافت، اما به‌طور کلی قادر به جبران خسارت مربوط به کاهش برگ نبود. بیشترین کاهش عملکرد دانه در تیمار ۷۵ درصد حذف برگ و نصف دانه‌های کناری (۴۹/۶۴ درصد) در مقایسه با شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان اظهار داشت که در آفتابگردان غالبیت با محدودیت مبدأ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه، حذف برگ، حذف دانه، طبق آفتابگردان

مقدمه

آفتابگردان با نام علمی *Helianthus annuus* L. گیاهی یک‌ساله از تیره کاسنی است و پس از سویا و کلزا سومین گیاه روغنی جهان می‌باشد که به جهت تولید روغن خوراکی و مصرف آجیلی آن کشت می‌شود (اش و دالمن^۱، ۲۰۰۶). در آفتابگردان برگ‌ها به‌عنوان اولین منبع تولید مواد فتوستنزی مورد نیاز در پر کردن دانه‌ها می‌باشند و هرگونه کاهش یا عدم کارایی آن‌ها باعث کاهش انتقال مواد فتوستنزی به دانه‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (مورو^۲ و همکاران، ۲۰۰۱). همبستگی مثبتی بین سطوح برگ و عملکرد دانه آفتابگردان گزارش شده است (پتروف^۳، ۲۰۰۲). برگ‌ها منبع اصلی فتوستنز می‌باشند (بریمروندی^۴ و همکاران، ۲۰۱۰). خسارت در قسمت‌هایی از برگ، می‌تواند باعث افزایش فتوستنز در سایر برگ‌های باقیمانده و جبران فتوستنز برگ‌های از دست رفته آفتابگردان شود (سی سه مرده و همکاران، ۱۳۹۰). حذف برگ در بخش‌های مختلف ساقه آفتابگردان موجب اختلاف معنی‌داری در ارتفاع بوته، قطر طبق، درصد پوکی، شاخص برداشت، درصد مغز به دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه‌های پر، عملکرد دانه و عملکرد روغن شد (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به مشاهدات آگروال^۵ و همکاران (۱۹۹۰) برگ‌زدایی ذرت در ۲۰ روز بعد از کاکل دهی سرعت تجمع ماده خشک دانه را کاهش داد. همچنین، مالون و کاوینس^۶ (۱۹۸۵) نیز اظهار داشتند که وزن دانه در هر بوته در تیمار ۱۰۰ درصد برگ‌زدایی در گیاه سویا با تیمارهای ۳۳ و ۶۶ درصد برگ‌زدایی تفاوت معنی‌داری نشان داد و کمترین مقدار وزن دانه در تیمار ۱۰۰ درصد برگ‌زدایی مشاهده شد.

نتایج آزمایش‌های حذف دانه در دو رقم آفتابگردان نشان داد که دانه‌های باقیمانده سهم بیشتری از مواد پرورده حاصل از فتوستنز جاری و انتقال مجدد دریافت کردند و با ذخیره بیشتر مواد پرورده وزن بالاتری نسبت

به شرایط عدم حذف دانه داشتند. با حذف دانه در آفتابگردان، مخازن باقیمانده امکان دسترسی بیشتری به مواد پرورده از منابع را دارند که این موضوع می‌تواند نشان دهنده وجود محدودیت مبدأ باشد (یاریا و رحمتی، ۱۳۸۵). مرادی و همکاران (۱۳۸۹) دریافتند که با حذف برگ ذرت عملکرد دانه کاهش یافت که بستگی به زمان‌های مختلف قطع برگ و شرایط اقلیمی منطقه دارد. حذف تعدادی از دانه‌ها از سنبله گندم منجر به افزایش وزن نهایی دانه‌های باقیمانده شد و این بیانگر رقابت دانه‌ها برای مواد پرورده در سنبله دست نخورده می‌باشد. ممکن است در سنبله دست نخورده، دانه‌ها مواد پرورده کافی برای رفع نیازشان دریافت کنند و تأثیر حذف گزینشی دانه‌ها، افزایش ظرفیت مقصد فیزیولوژیک دانه‌ها بر اثر افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرم باشد. از این رو ممکن است رشد دانه به‌وسیله گنجایش مقصد موجود محدود شود هر چند این صفت خود با تأمین مواد پرورده تنظیم می‌شود. در آزمایش‌هایی که حذف گزینشی دانه‌ها انجام گرفته افزایش وزن دانه‌ها با تعداد بیشتر سلول‌های آندوسپرم همراه بوده است (امام و نیک نژاد، ۱۳۸۳). بوراس^۷ و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی تغییرات وزن خشک دانه در گندم، ذرت و سویا از طریق دست‌کاری در اسیمپلات قابل دسترس نشان دادند که اهمیت مقصد در طول دوره پر شدن دانه‌ها بیشتر از منبع است. در بسیاری موارد حذف دانه‌ها اثر ناچیزی بر وزن دانه‌های باقیمانده گذاشته است. دلیل این امر احتمالاً می‌تواند، فقدان مواد ذخیره‌ای کافی در گیاه باشد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر دست ورزی مبدأ (برگ‌زدایی) و مقصد فیزیولوژیک (حذف دانه) بر سرعت فتوستنز و عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، در منطقه باجگاه (۳۲ دقیقه و ۲۹ درجه عرض جغرافیایی شمالی، ۳۰ دقیقه و ۵۲ درجه طول جغرافیایی شرقی و ۱۸۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا) اجرا گردید. بافت خاک مزرعه

¹ Ash and Dohlman

² Muro

³ Petroff

⁴ Barimavandi

⁵ Aggarwal

⁶ Malon and Caviness

⁷ Borrás

۱۱ درصد، یک مترمربع از وسط هر کرت برداشت شد و سپس دانه‌ها را از طبق جدا کرده با وزن کردن دانه‌ها، عملکرد دانه محاسبه شد و جهت توزین بقایا گیاهی نمونه‌ها را در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و سپس توزین گردید. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS V 9.2 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد دانه در طبق آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر حذف برگ و دانه و برهمکنش آن‌ها بر تعداد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به نظر می‌رسد برگ‌زدایی در زمان ظهور طبق باعث کوچک شدن اندازه مقصد و کاهش تعداد دانه نسبت به شاهد شده است که با نتایج تحقیقات نظامی^۱ و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. نتایج تحقیقات سیلوا و اشمیت^۲ (۱۹۸۵) نیز حاکی از رابطه منفی حذف برگ و تعداد دانه پر در واحد سطح می‌باشد و علت این واکنش را کاهش سطح فتوسنتزی گیاه معرفی نموده‌اند. جمشیدی و همکاران (۱۳۸۷) با حذف برگ آفتابگردان دریافتند که هرچه درصد برگ‌زدایی افزایش یابد تعداد دانه کاهش یافت. به طوری که حذف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد برگ‌ها نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۵/۱، ۱۹/۵۰ و ۲۲ درصد کاهش در تعداد دانه را به همراه داشت. اثر برهمکنش تیمارها نشان داد در هر سطحی از حذف دانه و کاهش مقصد، با افزایش شدت برگ‌زدایی تعداد دانه کاهش یافت که بیشترین کاهش در برهمکنش حذف دانه‌های کناری و حذف ۷۵ درصد برگ به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد به میزان ۵۳/۳۷ درصد کاهش یافت (جدول‌های ۲ و ۳). به نظر می‌رسد دانه‌های کناری طبق به علت دارا بودن بیشترین تعداد دانه پر، بیشترین تأثیر را در تعداد دانه و عملکرد گیاه آفتابگردان دارد. امام و نیک نژاد (۱۳۸۳) نیز بیان کرده‌اند که با حذف

رسی شنی با هدایت الکتریکی ۰/۹۷، درصد نیتروژن کل ۰/۱۴ و فسفر ۲۱/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و لولر بود. بذره‌های آفتابگردان، رقم نعمت ۱ (رقمی زودرس، مقاوم به شوری و خشکی با درصد روغن ۴۷ درصد)، به فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر روی خطوط کشت با طول سه متر (فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر) در تاریخ اول خرداد کشت گردیدند که تراکم رایج در منطقه می‌باشد. میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و در دو مرحله (نیمی در زمان کاشت و بقیه در زمان شش برگی) و نیز کود فسفات به اساس ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کود پایه به مزرعه داده شد. آبیاری هر هفته با استفاده از سیستم آبیاری تیپ صورت گرفت.

کنترل علف‌های هرز مزرعه (تاج‌خروس، سلمه تره) در چندین نوبت و از مرحله چهار برگی آفتابگردان به صورت وجین دستی شدند. جهت اعمال تیمار برگ‌زدایی، برگ‌ها از پایین بوته به سمت بالا به صورت متوالی، بر اساس تیمارهای آزمایشی در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد و در مرحله ظهور طبق حذف شدند. حذف دانه نیز در دو سطح (نصف دانه‌های کناری طبق و نصف دانه‌های مرکزی طبق) با استفاده از پنس و در زمان گرده‌افشانی صورت گرفت.

سرعت فتوسنتز با استفاده از دستگاه LCI شرکت ADC انگلستان در دو مرحله (بعد از باز شدن کامل گل و پیش از شروع زرد شدن طبق) بین ساعت ۱۲ تا ۱۴ در روزهای کاملاً آفتابی که بیشترین تابش نور خورشید وجود داشت، اندازه‌گیری شد.

برداشت بوته‌ها در زمانی که رنگ پشت طبق‌ها زرد متمایل به قهوه‌ای و براکته‌ها به رنگ زرد بودند، آغاز گردید. طبق‌ها از ساقه جدا گردید پس از جدا کردن دانه‌های روی طبق، داخل پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند و در آون ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. برای محاسبه تعداد دانه‌ها و وزن هزار دانه، تعداد ۷ بوته انتخاب و میانگین آن برای هر کرت محاسبه گردید. به منظور تعیین عملکرد دانه در انتهای فصل رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیک آفتابگردان و بر اساس رطوبت

¹ Nezamia

² Silva and Eschmidt

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در آفتابگردان در سال زراعی ۱۳۹۱

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	میانگین مربعات			سرعت فتوسنتز پس از باز شدن کامل گل	سرعت فتوسنتز پیش از شروع زرد شدن برگ	درصد روغن	عملکرد دانه	شاخص برداشت
				سرعت فتوسنتز پس از باز شدن کامل گل	سرعت فتوسنتز پیش از شروع زرد شدن برگ	درصد روغن					
بلوک	۲	۱۳۲/۲۲	۵/۶۰	۱۴/۹۱*	۷۰/۱۱	۰/۳۲۱	۹/۴۴۶	۳۱۴۰/۴۳	۲/۳۲		
حذف برگ (L)	۲	۳۲۱۲/۲۲**	۱۰۴۵۳/۲۰**	۱۴/۸۵*	۳۱۱/۰۲*	۱/۷۰**	۷۲۴۳۴۳/۱۲**	۳۸۲۲۵۶/۸۸	۷/۰۲*		
حذف دانه (G)	۲	۳۲۱۲/۱۰**	۳۰۰/۰۲**	۸۰/۸۵**	۱۲۲۴/۳۲**	۰/۹۲**	۸۲۱۰۰/۵۴**	۷۶۲۱۳۲/۰۲**	۱۰/۰۲*		
L×G	۴	۳۲۱۳/۷۰**	۱۱۰/۲۱**	۱۳/۲۲*	۳۲۱/۲۱*	۰/۷۵**	۹۱۰۰۲/۲۵**	۵۳۱/۱۱ ^{ns}	۱۲/۴۳*		
خطا	۱۶	۸۷۶/۹۸	۵/۰۱	۴/۶۵	۵۰/۵۳۵	۰/۴۵	۸۳۲۱/۵۱	۶۷۱۳۳/۳	۳/۰۲		
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۰۳	۸/۳۵	۱۳/۰۹۶	۲۱/۸۵	۳	۹/۳۱	۹/۶۰	۷/۱۵		

ns، عدم تأثیر معنی‌دار؛ * و ** به ترتیب اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- اثر حذف برگ و دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و سرعت فتوسنتز در آفتابگردان

شخص برداشت (درصد)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	سرعت فتوسنتز پیش از شروع زرد شدن برگ (میکرو مول دی‌اکسید کربن در مترمربع در ثانیه)	سرعت فتوسنتز پس از باز شدن کامل گل (میکرو مول دی‌اکسید کربن در مترمربع در ثانیه)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه (در طبق)	تیمار
							حذف برگ (درصد)
۲۷/۰۹a	۴۳۶۴/۵a	۱۱۹۷/۲a	۲۳/۱۴c	۱۶/۷c	۲۸/۹۱a	۴۳۱/۵۷a	۰
۲۳/۴۰ab	۴۱۰۲/۵b	۹۶۲/۰b	۳۰/۷۴b	۲۲/۱b	۲۵/۷۷b	۳۹۴/۳۲b	۵۰
۲۱/۱۵b	۳۸۵۰/۸c	۷۷۷/۶c	۴۳/۶۹a	۲۶/۵a	۲۵/۶۹b	۳۰۶/۴۸c	۷۵
							حذف دانه
۲۵/۹۶a	۴۲۶۸/۰a	۱۱۲۶/۲a	۳۹/۹۶a	۳۴/۵۶a	۲۳/۵۳c	۴۷۸/۵۰a	۰
۲۱/۲۶b	۳۹۹۶/۸b	۸۵۴/۶c	۲۹/۲۸b	۱۵/۴۵b	۲۹/۶۵a	۲۹۲/۵۸c	نصف کناری
۲۳/۴۳ab	۴۰۵۳/۲b	۹۵۶/۲b	۲۸/۳۴b	۱۵/۴۷b	۲۷/۱۸b	۳۶۱/۲۹b	نصف مرکزی

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و برای هر فاکتور بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۳- برهمکنش حذف برگ و حذف دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و سرعت فتوسنتز آفتابگردان

حذف برگ‌ها (درصد)	حذف دانه‌ها	تعداد دانه (در طبق)	وزن هزار دانه (گرم)	سرعت فتوسنتز پس از باز شدن کامل گل (میکرو مول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه)	سرعت فتوسنتز پیش از شروع زرد شدن برگ (میکرو مول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه)	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
	بدون حذف دانه	۵۳۶/۴۰a	۲۶/۰۳de	۲۷/۲۰b	۲۹/۲۵c	۴۰/۰a	۱۳۹۳/۲a	۴۵۰۸/۰a	۳۰/۱۰a
۰	نصف کناری طبق	۳۳۶/۵۳c	۳۱/۶۹a	۱۱/۶۳d	۲۰/۷۳d	۳۱/۷ c	۱۰۱۱/۹c	۴۲۷۸/۰b	۲۳/۶۵cd
	نصف مرکزی طبق	۴۲۱/۷۸a	۲۹/۰۱bc	۱۱/۵d	۱۹/۴۴d	۳۳/۰۶ c	۱۱۸۶/۵b	۴۳۰۷/۵b	۲۷/۵۴fab
	بدون حذف دانه	۵۴۰/۲۴a	۲۳/۷۹f	۳۴/۶۰a	۳۸/۶۷b	۳۸/۰b	۱۱۱۶/۱b	۴۲۲۱/۰b	۲۶/۴۵bc
۵۰	نصف کناری طبق	۲۹۱/۰۹d	۲۹/۴۱ab	۱۵/۵۶cd	۲۷/۱۴cd	۲۸/۹۵d	۸۵۰/۵d	۴۰۰۴/۳d	۲۱/۲۲de
	نصف مرکزی طبق	۳۵۱/۶۵b	۲۷/۱۳ce	۱۶/۴cd	۲۶/۴۳cd	۳۳/۲۵c	۹۲۰/۳d	۴۰۸۲/۴c	۲۲/۵۴d
	بدون حذف دانه	۳۵۸/۸۸b	۲۰/۷۸g	۴۱/۹۰a	۵۱/۹۶a	۳۲/۶۵ c	۸۶۹/۳d	۴۰۷۵/۲c	۲۱/۳۴de
۷۵	نصف کناری طبق	۲۵۰/۱۲e	۲۷/۸۵bd	۱۹/۱۶c	۳۹/۹۷b	۳۲/۹۵ c	۷۰۱/۶e	۳۷۰۸/۲e	۱۸/۹۲e
	نصف مرکزی طبق	۳۱۰/۴۵c	۲۵/۴۰ef	۱۸/۵۳c	۳۹/۱۵b	۳۲/۶ c	۷۶۲/۰e	۳۷۶۹/۰e	۲۰/۲۱de

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و برای هر فاکتور بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

فیزیولوژیک) و همچنین افزایش وزن دانه‌های باقیمانده در طبق، خود نمایانگر غالبیت محدودیت مبدأ در تأمین مواد فتوسنتزی باشد. از طرف دیگر به نظر می‌رسد با توجه به اینکه افزایش وزن هزار دانه ناشی از حذف ۵۰٪ دانه‌ها نتوانسته به‌طور کامل جبران کاهش عملکرد دانه را نماید، ممکن است که محدودیت مقصد نیز تا حدودی وجود داشته باشد. نتایج برهمکنش تیمارها نشان داد که با افزایش سطوح برگ‌زدایی وزن هزار دانه کاهش یافت و با حذف دانه، وزن هزار دانه افزایش یافت. وزن هزار دانه در تیمار برهمکنش ۷۵ درصد حذف برگ و بدون حذف دانه نسبت به شاهد (۲۰/۷۸) در مقابل ۲۶/۰۳ (گرم) به میزان ۲۰/۱۶ در صد کاهش یافت (جدول ۳). وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه می‌باشد و همبستگی بالای وزن هزار دانه با سایر اجزای عملکرد و عملکرد دانه (۳=۰/۹۱۱) می‌تواند نشان دهنده این موضوع باشد که با کاهش مبدأ در گیاه آفتابگردان اجزای عملکرد تحت تأثیر قرار گرفته و وزن هزار دانه را که از اجزای اصلی عملکرد دانه می‌باشد کاهش داد (جدول ۴).

دانه، تعداد سلول‌های آندوسپرم دانه‌های باقی‌مانده افزایش می‌یابد. تعداد دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه (۳=۰/۹۷۱) نشان داد (جدول ۴). تیمارهای حذف برگ و دانه با کاهش تعداد دانه در طبق عملکرد را نیز کاهش دادند و در واقع بیشترین عامل کاهش عملکرد در آفتابگردان می‌تواند تعداد دانه در طبق باشد.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای حذف برگ و حذف دانه و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). به نظر می‌رسد حذف برگ در مرحله ظهور طبق به علت کاهش سطح برگ و توان فتوسنتزی گیاه وزن هزار دانه را کاهش داده است که مشابه با نتایج تحقیقات رشدی و همکاران (۱۳۸۵) مبنی بر کاهش وزن هزار دانه با افزایش حذف برگ‌ها است. با حذف نصف دانه‌های کناری و مرکزی طبق، وزن هزار دانه ۲۶ و ۱۵/۵ درصد نسبت به شاهد (بدون حذف دانه) افزایش یافت (جدول ۲). به نظر می‌رسد حذف نیمی از دانه‌های طبق (ایجاد محدودیت در مقصد

جدول ۴ - همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد دانه با یکدیگر

تعداد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد زیستی
۰/۸۴۴**			وزن هزار دانه
۰/۹۷۱**	۰/۹۱۱**		عملکرد دانه
۰/۹۴۷**	۰/۹۵۵**	۰/۹۸۳**	عملکرد زیستی
۰/۹۶۵**	۰/۹۴۶**	۰/۹۹۳**	شاخص برداشت

ns، عدم تأثیر معنی‌دار؛ * و ** به ترتیب اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

برگ‌های از دست رفته می‌شود. نتایج پژوهش حاضر مشابه نتایج به دست آمده از تحقیقات سی و سه مرده و همکاران (۱۳۹۰) در مورد حذف برگ در گیاه آفتابگردان می‌باشد. به طوری که این محقق گزارش نموده است که با حذف برگ سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد. همچنین احتمال می‌رود با کاهش سطح برگ در گیاه آفتابگردان برگ‌های باقی‌مانده، سرعت فتوسنتز خود را افزایش داده تا جبران قسمت‌های از دست رفته را بنمایند. در واقع ظرفیت فتوسنتزی در تیمارهای با حذف برگ بیشتر از گیاهان بدون حذف برگ است. این موضوع مشابه نتایج به دست آمده از پژوهش‌های جان محمدی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی حذف برگ گندم است. بر اساس تحقیقات این پژوهشگران افزایش فتوسنتز برگ پرچم در جهت جبران کاهش سطح برگ صورت گرفته و همچنین ممکن است به دلیل رفع بازداری بازخور ناشی از تجمع مواد فتوسنتزی بیش از نیاز مقصد فیزیولوژیک باشد. کاهش سطح برگ باعث کاهش مواد فتوسنتزی در دسترس و جذب سریع ساکارز از برگ‌های باقی‌مانده توسط مقصد و افزایش شیب غلظت ساکارز بین مبدأ و مقصد می‌شود (رینولدز^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). بین سطوح تیمار حذف دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). احتمال می‌رود کاهش میزان تقاضای مقصد موجب افت میزان فتوسنتز شده است. مشاهدات کونل^۳ و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند که کاهش اندازه تقاضای مقصد فیزیولوژیک موجب افت سرعت فتوسنتز می‌شود. علت کاهش سرعت فتوسنتز می‌تواند کاهش اندازه مقصد در گیاه باشد که با کاهش تعداد دانه‌های گیاه نیاز فتوسنتزی کمتر و در مقایسه با شاهد سرعت فتوسنتزی آن کاهش یافته است.

درصد روغن دانه

تیمارهای حذف برگ و دانه و برهمکنش دوتایی به طور معنی‌داری درصد روغن را در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۱). نتایج برهمکنش تیمارها نشان داد با حذف برگ و دانه درصد روغن

یازنیا و رحمتی (۱۳۸۵) نشان دادند که حذف دانه منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار در وزن هزار دانه گردید. به نظر می‌رسد با اعمال حذف دانه، دانه‌های باقی‌مانده سهم بیشتری از مواد پرورده حاصل از فتوسنتز جاری و انتقال مجدد دریافت نموده و با ذخیره بیشتر مواد پرورده وزن بالاتری نسبت به شرایط عدم حذف دانه نشان می‌دهد. لذا می‌توان گفت که با حذف دانه در آفتابگردان مقصدهای فیزیولوژیک باقی‌مانده امکان دسترسی به مواد پرورده بیشتری را از منابع می‌یابند. این موضوع می‌تواند حاکی از وجود محدودیت در مبدأ باشد. این یافته با یافته‌های مدحج (۱۳۹۰)، امام و نیک‌نژاد (۱۳۸۳) و بینگام^۱ (۱۹۶۷) هماهنگ می‌باشد. به نظر می‌رسد با حذف نصف دانه‌های کناری و مرکزی طبق، به علت کاهش مقصد فیزیولوژیک، مواد پرورده به سمت دانه‌های باقی‌مانده رفته و این امر باعث افزایش وزن هزار دانه گردیده است.

سرعت فتوسنتز

سرعت فتوسنتز به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی و برهمکنش تیمارها قرار گرفت (جدول ۱). نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن بود کمترین سرعت فتوسنتز پس از باز شدن کامل گل، در برهمکنش بدون حذف برگ و حذف نیمی از دانه‌های طبق به دست آمد که در مقایسه با تیمار بدون حذف دانه به میزان ۵۷/۲ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳)؛ و به طور کلی با کاهش مبدأ فیزیولوژیک در گیاه آفتابگردان (حذف ۵۰ و ۷۵ درصد برگ‌ها) سرعت فتوسنتز پس از باز شدن کامل گل و همچنین پیش از شروع زرد شدن برگ افزایش یافت و در مقابل، با حذف دانه (مقصد فیزیولوژیک) کاهش یافت و لذا به نظر می‌رسد با افزایش شدت برگ‌زدایی سرعت فتوسنتز در برگ‌های باقی‌مانده افزایش می‌یابد. بیشینه سرعت فتوسنتز پیش از شروع زرد شدن برگ‌ها در برهمکنش حذف ۷۵ درصد برگ و بدون حذف دانه با ۷۷/۶۴ درصد افزایش نسبت به شاهد به دست آمد (جدول ۳). این نتایج می‌تواند حاکی از آن باشد که آسیب در قسمت‌هایی از برگ باعث افزایش فتوسنتز در سایر برگ‌های باقی‌مانده و جبران فتوسنتز

² Reynolds

³ Connell

¹ Bingham

مثبت داشتند؛ بنابراین، می‌توان بیان کرد که تغییر در هر یک از اجزای عملکرد بر روی عملکرد دانه اثرگذار خواهد بود.

عملکرد زیستی

اثر تیمارهای حذف برگ در سطح پنج درصد و حذف دانه در سطح یک درصد نسبت به شاهد بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود (جدول ۱). با حذف ۷۵ درصد برگ عملکرد زیستی به میزان ۱۱/۷۷ درصد نسبت به تیمار بدون حذف برگ کاهش یافت (جدول ۲) این موضوع مطابق با نتایج به دست آمده از آزمایش‌های سی و سه مرده و همکاران (۱۳۹۰) بر روی گیاه آفتابگردان مینی بر کاهش ۵۶ درصد عملکرد زیستی با حذف ۱۰۰ درصد برگ می‌باشد. با حذف نصف دانه‌های کناری و مرکزی طبق، عملکرد زیستی به ترتیب به میزان ۶/۴ و ۵ درصد نسبت به شاهد بدون حذف دانه کاهش یافت (جدول ۲). عملکرد زیستی با تمامی اجزای عملکرد و عملکرد دانه در سطح ۱ درصد همبستگی داشت (جدول ۴) و بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه (۰/۹۸۳) داشت. نتایج اثر برهمکنش تیمارها نشان داد با افزایش برگ‌زدایی عملکرد زیستی نیز کاهش یافت. به نظر می‌رسد حذف برگ با کاهش هر دو صفت ماده خشک و شاخص برداشت باعث کاهش عملکرد زیستی شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از حذف دانه و حذف برگ می‌توان بیان کرد که حذف برگ بیشتر از حذف دانه بر روی عملکرد زیستی اثرگذار بود و باعث کاهش بیشتر عملکرد زیستی نسبت به تیمارهای حذف دانه شد. احتمال می‌رود علت آن کاهش ماده خشک در گیاه آفتابگردان با حذف برگ باشد.

شاخص برداشت

اثر تیمارهای حذف برگ و دانه و برهمکنش این دو بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱). به نظر می‌رسد برگ‌زدایی، تعداد دانه و اندازه مقصد فیزیولوژیک را کاهش داده و تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه را محدود و در نتیجه شاخص برداشت را کاهش داده است. نتایج اثر برهمکنش تیمارهای حذف دانه و

کاهش یافت و کمترین درصد روغن مربوط به حذف دانه‌های کناری در تیمار ۵۰ درصد حذف برگ بود که به میزان ۲۷/۶۲ درصد نسبت به شاهد (۴۰/۰) در مقابل ۲۸/۹۵) کاهش نشان داد (جدول-۳). علت اینکه بیشترین تأثیر را حذف دانه‌های کناری دارند می‌تواند تعداد و فعالیت بیشترشان باشد و هر چقدر تعداد دانه بیشتری حذف شود میزان روغن دانه نیز کاهش بیشتری می‌یابد. آگورزبل^۱ و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که وزن دانه و میزان روغن دانه در طول مرحله پر شدن دانه پس از گلدهی تا مرحله رسیدن فیزیولوژیکی تعیین می‌شود و لذا هر گونه تغییر در میزان اسیمیلات پس از گلدهی در وزن نهایی و میزان روغن دانه انعکاس می‌یابد.

عملکرد دانه

اعمال تیمارهای برگ‌زدایی و حذف دانه و همچنین برهمکنش آن‌ها، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). نتایج اثر برهمکنش حذف برگ و دانه نشان داد کمترین عملکرد دانه در برهمکنش ۷۵ درصد برگ‌زدایی و حذف نیمی از دانه‌های کناری طبق به دست آمد که در مقایسه با تیمار بدون حذف دانه به میزان ۴۹/۶۴ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد تیمارهای حذف برگ با کاهش زیست‌توده و تعداد دانه پر، باعث کاهش عملکرد دانه آفتابگردان شد. پلات^۲ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که در سطح ۷۵ درصد برگ‌زدایی آفتابگردان، عملکرد دانه به میزان ۴۰/۲ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت. همچنین تأثیر حذف نصف دانه‌های کناری طبق در مقایسه با حذف نصف دانه‌های مرکزی عملکرد دانه را بیشتر کاهش داد. علت کاهش یافتن وزن کل دانه آفتابگردان مربوط به کاهش برگ در مرحله ظهور طبق و کاهش مواد فتوسنتزی در دسترس برای دانه‌ها می‌باشد. در واقع حذف برگ در این مرحله باعث کاهش اندازه مقصد شده و وزن کل گیاه را کاهش می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت با عملکرد دانه همبستگی

^۱ Aguirreza' bal

^۲ Polat

۳۵ درصد و با حذف دانه‌های کناری ۲۴ درصد و حذف دانه‌های مرکزی ۱۵/۱ درصد در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد. لذا با توجه به تأثیر حذف برگ بر اجزای عملکرد دانه به نظر می‌رسد که میزان مواد پرورده انتقال یافته به دانه کاهش یافته و این مبنی بر محدودیت مبدأ می‌باشد و با حذف نیمی از دانه‌های طبق، وزن هزار دانه باقی‌مانده دانه‌ها افزایش یافت که این موضوع نیز می‌تواند دلیل بر وجود محدودیت مبدأ در آفتابگردان باشد. همچنین عدم افزایش صددرصدی وزن دانه‌های باقی‌مانده دلالت بر محدودیت مقصد در پذیرش مواد فتوسنتزی دارد و از طرف دیگر همین میزان افزایش در وزن دانه‌های باقی‌مانده می‌تواند نشان از محدودیت مبدأ در تأمین مواد فتوسنتزی و پر کردن دانه در شرایط عادی آفتابگردان داشته باشد. تیمارهای حذف برگ از طریق کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه که باعث کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه بود، عملکرد دانه را کاهش داد. سرعت فتوسنتز با حذف برگ افزایش یافت. این نتایج می‌تواند نشان دهنده این موضوع باشد که برگ‌زدایی می‌تواند باعث افزایش فتوسنتز در سایر برگ‌های باقی‌مانده و جبران فتوسنتز برگ‌های از دست رفته شود. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اظهار نمود که در آفتابگردان غالبیت با محدودیت مبدأ می‌باشد.

حذف برگ نشان داد که تیمارهای حذف برگ و حذف دانه، با کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه و همچنین با کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه و تأثیر بر عملکرد دانه، شاخص برداشت را کاهش دادند و بیشترین شاخص برداشت مربوط به شاهد بود (جدول ۳). کمترین شاخص برداشت با حذف نیمی از دانه‌های کناری طبق و ۷۵ درصد برگ‌زدایی با ۲۱/۹۲ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳). حاجی‌حسنی اصل و همکاران (۱۳۸۸) نیز بیان کردند که با قطع برگ آفتابگردان دو جزء عملکرد (وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق) کاهش یافت و در نتیجه نسبت عملکرد اقتصادی به زیستی کاهش یافت. با حذف دانه، تعداد دانه کاهش یافت و در نتیجه شاخص برداشت کاهش یافت. با حذف دانه‌های کناری طبق که تعداد دانه پریشتری را نسبت به مرکز طبق دارد این میزان کاهش بیشتر بود. با توجه به جدول ۴ شاخص برداشت با عملکرد و تمامی اجزای عملکرد همبستگی معنی‌دار داشت و همان‌طوری که انتظار می‌رفت بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشت. (۰/۹۳۳)

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان داشت که با افزایش ۷۵ درصد برگ‌زدایی عملکرد دانه

منابع

- امام، ی. و نیک‌نژاد، م. ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ دوم. انتشارات دانشگاه شیراز ۵۷۱ صفحه.
- جان محمدی، م.، احمدی، ع. و پوستینی، ک. ۱۳۸۹. اثر کاهش میزان سطح برگ گندم و مصرف نیتروژن بر خصوصیات روزنه‌ای برگ پرچم و عملکرد تحت شرایط کم آبیاری. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳(۴): ۱۹۴-۱۷۷.
- جمشیدی، آ.، آقاعلیخانی، م. و قلاوند آ. ۱۳۸۷. اثر شدت حذف برگ در مراحل مختلف رشد زایشی بر عملکرد دانه و روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله علوم زراعی ایران، ۱۰(۴): ۳۶۱-۳۴۹.
- حاجی‌حسنی اصل، ن.، رشدی، م.، غفاری، م.، علیزاده، آ. و مرادی اقدم، آ. ۱۳۸۸. تأثیر تنش خشکی و قطع برگ بر برخی صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان روغنی (آلستار). مجله دانش نوین کشاورزی، ۵(۱۵): ۳۹-۲۵.

رشدی، م.، رضا دوست، س. و خلیلی محله، ج. ۱۳۸۵. بررسی اثرات تراکم بوته برگزنی در مراحل مختلف نمو بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان آجیلی. چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده تهران، پردیس ابوریحان.

سی و سه مرده، ع.، رنجبر بلخکانلو، ح.، سهرابی، ی. و بهرام نژاد، ب. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و محدودیت منبع و مخزن بر تبادلات گازی و عملکرد آفتابگردان. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۳): ۵۹۶-۵۸۵.

مدحج، ع. ۱۳۹۰. بررسی رابطه منبع و مخزن فیزیولوژیکی در ژنوتیپ های گندم (*Triticum aestivum* and *T. durum*) و تریتیکاله (*Triticale hexaploid* Lart.) در شرایط محیطی اهواز. نشریه پژوهش های زراعی ایران، ۹(۲): ۲۶۴-۲۵۸.

مرادی، م.، پناهپور، آ. و شبان، م. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر تاریخ کاشت و قطع برگ بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۰ در شرایط محیطی ایزه. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی-دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۲(۳): ۱۱۷-۱۰۷.

یارنیا، م. و رحمتی، ع. ۱۳۸۵. ارزیابی روابط منبع و مخزن در دو هیبرید آفتابگردان. یافته های نوین کشاورزی، ۱(۲): ۱۲۳-۱۱۱.

Aggarwal, P.K., Fischer, R.A., and Liboon, S.P. 1990. Source-Sink relations and effects of post anthesis canopy defoliation in wheat at low latitudes. The Journal of Agriculture Science, 114(1): 93-99.

Aguirreza'bal, L.A.N., Lavaud, Y., Dosio, G.A.A., Izquierdo, N.G., Andrade, F.H., and Gonzalez, L.M. 2003. Intercepted solar radiation during seed filling determines sunflower weight per seed and oil concentration. Crop Science, 43(1): 152-161.

Ash, M., and Dohlman, E. 2006. Oil crops situation and outlook yearbook. Market and Trade Economics Division, Electronic Outlook Report from the Economics Research Service, USDA, DIANE Publishing Co. pp: 55.

Barimavandi A.R., Sedaghatpoor S., and Ansari R. 2010. Effect of Different Defoliation Treatments on Yield and Yield Components in maize (*Zea mays* L.) Cultivar of S.C704. Australian Journal of Crop Science, 4(1): 9-15.

Bingham, J. 1967. Investigations on the physiology of yield in winter wheat, by comparisons of varieties and by artificial variation in grain number per ear. The Journal of Agricultural Science, 68(03): 411-422.

Borrás, L., Slafer, G.A., and Otegui, M.E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: A quantitative reappraisal. Field Crops Research, 86(2): 131-146.

Connell, T.R., Below, F.E., Hageman, R.H., and Willman, M.R.R. 1987. Photosynthetic components associated with differential senescence of maize hybrids following ear removal. Field Crops Research, 17(01): 55-62.

Malone, S.R., and Caviness, C.E. 1985. Cut-off, break-over, and defoliation effects on a determinate soybean cultivar. Agronomy Journal, 77(04): 585-588.

Muro, J., Irigoyen, I., Militino, A.F., and Lamsfus, C. 2001. Defoliation effects on sunflower yield reduction. Agronomy Journal, 93(3): 634-637.

Nezamia, A., Boroumand Rezazadehb, Z., and Hosseini, A. 2008. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) in controlled conditions. Desert, 12(2): 99-104.

Petroff, R. 2002. Sunflower production in Montana. Montana State University. USA. Pp: 182.

- Polat, T, Özer H., and Öztürk, E. 2011. Responses of hybrid and open pollinated sunflowers (*Helianthus annuus* L.) to defoliation. Australian Journal of Crop Science, 5(2): 132-137.
- Reynolds, M., Pellegrineschi, A., and Skovmand, B. 2005. Sink-limitation to yield and biomass: A summary of some investigations in spring wheat. Annual of Applied Biology, 146(01): 39-49.
- Silva, P.R.F., and Eschmidt, D.A. 1985. Effect of rate and method of planting on light interception and on agronomic characteristics of sunflower. P. 295-299. In XI Int. Sunflower Conf. Mardel Plata Argentina, 10-24 March. Pp: 498.

Effect of source and sink manipulation on photosynthesis rate and grain yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.)

Fatemeh Sadeghi¹, Seyed Abdolreza Kazemeini^{2*}, Yahya Emam³

^{1, 2, 3} M.Sc. Student, Associate Professor and Professor of Crop production and Plant Breeding, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

*Corresponding author E-mail address: kazemin@shirazu.ac.ir

Received: 2015.04.21

Accepted: 2015.07.11

Abstract

In order to evaluate the effect of different levels of defoliation and grain removal on grain yield and photosynthesis rate of sunflower, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications during 2012 growing season at College of Agriculture, Shiraz University. Treatments were defoliation at 3 levels (0, 50, and 75%) in heading stage and grain removal (without grain removal (control), removal of one half of the grains in inner or side parts) at pollination stage. It appeared that defoliation resulted in reduction of grain yield, 1000 grain weight and grain number. Apparently increased photosynthetic rates of reminder leaves may be considered a response to the reduction of leaf area however it did not generally sufficient to compensate the reduction of leaf area. The highest reduction of grain yield was recorded in 75% defoliation and removal of one-half of the grains in inner parts of head, compared to control. It can be concluded that grain yield of sunflower is more determined by limited source.

Keywords: *Defoliation, Grain removal, Grain number, Sunflower capitulum*