به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴
صفحه‌های ۲۷۰-۲۵۷

ارزیابی رابطهٔ بین تعداد دانه، آب مصرفی در تبخیر تعرق و مقدار آب نسبی برگ با وزن دانهٔ کلزا

ابوالفضل فرجی*

دانشیار، بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر آب مصرفی، تعداد دانه و مقدار آب نسبی برگ بر وزن دانهٔ کلزا (*Brassica napus* L.)، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم طی سال‌های ۸۶-۱۳۸۴ انجام گرفت. پنج تاریخ کاشت با فاصلهٔ ۳۰ روز در کرت‌های اصلی و دو رقم کلزا (‘هایولا۴۰۱’ و ‘آرجی‌اس۰۰۳’) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بین آب مصرفی در فرایند تبخیرتعرق و وزن هزاردانهٔ ارقام مورد مطالعه، رابطهٔ خطی مثبتی مشاهده شد. آبیاری تکمیلی سبب افزایش معنادار وزن دانه و عملکرد شد. میانگین وزن هزاردانه در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۳/۲ و ۲/۷ گرم و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۴/۲ و ۳/۷ گرم بود. بین وزن هزاردانه با مقدار آب نسبی برگ در ۱۰ روز پس از شروع پر شدن دانه رابطهٔ خطی قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۹۲ و ۸۴ درصد از تغییرات در ‘هایولا۴۰۱’ و ‘آرجی‌اس۰۰۳’ را توجیه کرد. به‌ازای هر درصد افزایش آب نسبی برگ، وزن هزاردانه در ‘هایولا۴۰۱’ و ‘آرجی‌اس۰۰۳’ به‌ترتیب ۰/۱۹۱ و ۰/۱۴۶ گرم افزایش یافت. روابط قوی بین وزن هزاردانه با آب مصرفی در فرایند تبخیرتعرق و مقدار آب نسبی برگ تحت شرایط محیطی و ارقام مختلف نشان‌دهندهٔ اهمیت این صفات در تعیین وزن دانهٔ کلزا بود.

کلیدواژه‌ها: آبیاری تکمیلی، بارندگی، رقم، کانولا، گلستان.

*نویسنده مسئول Email: abolfazlfaraji@yahoo.com

۱. مقدمه

تأثیر شرایط مختلف آب‌وهوایی مانند بارندگی و آب مصرفی بر وزن دانه و رابطهٔ بین وزن دانه با عملکرد و تأثیر مدیریت مزرعه نظیر تاریخ کاشت و آبیاری تکمیلی در تعدادی از گونه‌های گیاهی نظیر کلزا [۱۷، ۱۶، ۷، ۵]، بادام‌زمینی [۲۱، ۱۲]، شبدر [۲۴]، باقلا [۲۵]، گندم [۲۸، ۱۹، ۱۵، ۶] و آفتابگردان [۲۹، ۸] مطالعه شده است. کمبود آب طی دورهٔ پر شدن دانهٔ کلزا می‌تواند سبب کاهش وزن دانه و درنتیجه کاهش عملکرد دانه شود [۲۳]. تنش خشکی می‌تواند از طریق تأثیر بر منابع و مقاصد مواد فتوسنتزی، سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه در گیاه کلزا شود [۲۶، ۵]. در این راستا با حداقل آب تقریبی ۱۲۷ میلی‌متر طی فصل رشد، عملکرد دانهٔ کلزا به‌ازای هر میلی‌متر آب مصرفی اضافی به‌مقدار ۶/۹ تا ۷/۲ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت [۲۳]. کمبود آب در دورهٔ گلدهی بر تشکیل خورجین و اندازهٔ دانه تأثیر منفی گذاشت و سبب کاهش عملکرد دانه شد، بنابراین مقدار آب قابل دسترس گیاه طی فصل رشد و به‌خصوص دورهٔ حساس پر شدن دانه از عوامل مهم و تعیین‌کنندهٔ پتانسیل وزن دانه و عملکرد در کلزا است [۱۱]. در نواحی نیمه‌خشک می‌توان عملکرد دانهٔ کلزا را از طریق بهبود تشکیل و حفظ خورجین‌ها افزایش داد [۱۸-۱۶].

با افزایش مقدار آب خاک در زمان کاشت از ۲۲۰ به ۴۰۰ میلی‌متر، عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد سنبله و دانه در واحد سطح از ۱۰۰۰ به ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت [۲۹]. تنش خشکی طی دورهٔ گرده‌افشانی تا رسیدگی، به‌خصوص اگر با دماهای زیاد همراه باشد، سبب تسریع پیر شدن برگ‌ها، کاهش طول دوره و سرعت پر شدن دانه و در نتیجه کاهش وزن دانه می‌شود [۲۹، ۱۷]، درحالی که تحت شرایط تیمارهای مختلف خشکی، به‌دلیل افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده در قبل از گرده‌افشانی، وزن دانه به‌نسبت ثابت می‌ماند [۳۱، ۱۴]. در خردل هندی[1]، تنش خشکی متوسط طی دورهٔ توسعهٔ خورجین و پر شدن دانه سبب کاهش تعداد دانه در خورجین، محدودیت مقصد و درنتیجه افزایش وزن دانه شد، درحالی که این مسئله در گونهٔ *Brassica napus* صادق نبود [۱۸]. با رسیدن مقدار آب در دسترس گیاه به کمتر از ۵۰ درصد (نسبت به تیمار شاهد)، وزن هزاردانهٔ کلزا تنها ۳ درصد کاهش یافت. به‌هرحال، وزن دانه آخرین جزء عملکرد دانه است و ایجاد شرایط تنش شدید رطوبتی طی دورهٔ پر شدن دانه می‌تواند سبب کاهش اندازهٔ منبع [۲۶]، کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه [۲۰] و در نتیجه کاهش وزن دانه و عملکرد [۲۷] شود.

با توجه به این نتایج متناقض و ازآنجا که تاکنون مطالعهٔ دقیقی که اثر تعداد دانه در متر مربع (شامل تعداد خورجین در متر مربع × تعداد دانه در خورجین)، بارندگی، آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد، دورهٔ پر شدن دانه و مقدار آب نسبی برگ در پر شدن دانه بر وزن دانهٔ ارقام کلزا را در نظر بگیرد، انجام نگرفته است، هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر عوامل یادشده بر وزن هزاردانهٔ دو رقم 'هایولا۴۰۱' و 'آرجی‌اس۰۰۳' کلزا در منطقهٔ گنبد بود.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد انجام گرفت. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۴۵ متر و مشخصات جغرافیایی آن به‌ترتیب ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقهٔ عرض شمالی است. بر طبق دسته‌بندی آب‌وهوایی کوپن، منطقهٔ گنبد دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه‌خشک است. این منطقه دارای زمستان‌های به‌نسبت

1. Brassica juncea L.

سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است و به‌طور معمول بیشتر بارش جوی به‌صورت باران در طی پاییز و زمستان حادث می‌شود. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم انجام گرفت. به‌عبارت دیگر، یک آزمایش اسپلیت پلات با پنج تاریخ کاشت (کرت‌های اصلی) و دو رقم (کرت‌های فرعی) در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم (هر شرایط یک آزمایش اسپلیت پلات به‌طور جداگانه) به‌مدت دو سال انجام گرفت. پنج تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند در کرت‌های اصلی و دو رقم کلزای تیپ بهاره (هایولا۴۰۱، یک رقم هیبرید و آرجی‌اس۰۰۳، یک رقم آزاد گرده‌افشان) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

برای اطمینان از دستیابی به تراکم بوتهٔ موردنظر (۱۰۰۰۰۰۰ بوته در هکتار و با الگوی کاشت ۵ × ۲۰ سانتی‌متر)، در موقع کاشت بیش از مقدار لازم بذر مصرف شد و بعد از استقرار کامل گیاه، فاصلهٔ بوته‌ها در هر ردیف تنظیم شد. هر کرت شامل هشت خط کاشت به‌طول ۵ متر بود. فاصلهٔ بین تکرارها ۳ متر، فاصلهٔ بین کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصلهٔ بین کرت‌های فرعی یک خط نکاشت درنظر گرفته شد. در صورت نیاز، عملیات وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی توسط کارگر صورت گرفت. براساس نتایج تجزیهٔ خاک، به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و اکسید پتاس (به‌ترتیب از منابع کودی سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) قبل از کاشت به زمین داده شد. کود نیتروژنهٔ لازم به‌مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره)، در سه نوبت، به‌مقدار یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم در مرحلهٔ شروع ساقه‌دهی و یک‌سوم در مرحلهٔ شروع گلدهی استفاده شد. بافت خاک محل آزمایش سیلتی‌لوم، اسیدیته ۸/۱ و هدایت الکتریکی ۰/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر بود.

در شرایط آبیاری، که هدف آن ایجاد شرایط بدون تنش آب طی فصل رشد بود، کرت‌ها در سه نوبت به‌ترتیب پنج روز پس از شروع ساقه‌دهی، شروع گلدهی و شروع پر شدن دانه آبیاری شدند. برای تأمین آب مورد نیاز گیاه در این شرایط، مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه برای قطعهٔ کاشت پیشتر تعیین شد و در طول اجرای طرح، کمبود آب مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه محاسبه و آب لازم به کرت‌های آزمایشی داده شد. دو روز قبل از آبیاری نمونه‌های خاک از کرت‌های آزمایشی گرفته و پس از وزن کردن و خشک کردن به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد، توزین شدند. سپس مقدار آب خاک محاسبه و رطوبت کرت‌های آزمایشی از طریق آبیاری تکمیلی با استفاده از کنتور به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. رشد طولی ریشه تا شروع گلدهی روزانه ۰/۸ سانتی‌متر و از شروع گلدهی به بعد ثابت فرض شد [۴]. با توجه به اینکه هیچ‌گونه روانابی در مزرعه مشاهده نشد و آب کاپیلاری و زهکشی قابل چشم‌پوشی بود، کل آب مصرفی از طریق رابطهٔ ۱ محاسبه شد [۳۰].

$$TWU = P + I + \Delta W \qquad (۱)$$

در این رابطه، TWU کل آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد (برحسب میلی‌متر)؛ P نزولات یا بارندگی (برحسب میلی‌متر)؛ I مقدار آب آبیاری (برحسب میلی‌متر)؛ و ΔW اختلاف آب خاک در زمان کاشت و برداشت از عمق ۱/۲ متری (برحسب میلی‌متر) است. مقدار آب آبیاری، بارندگی و آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق در شرایط آبیاری و دیم در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. مقدار آب آبیاری، بارندگی و آب مصرفی در تبخیر تعرق در شرایط آبیاری و دیم

تاریخ کاشت	مقدار آب کاربردی در شرایط آبیاری تکمیلی (mm)	مقدار بارندگی (mm)	آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد (mm)	
			دیم	آبیاری تکمیلی
		۱۳۸۴-۸۵		
۱۸ آبان	۷۵	۲۱۳	۳۰۰	۳۵۱
۱۵ آذر	۸۳	۱۹۵	۲۶۹	۳۴۲
۱۵ دی	۹۲	۱۶۵	۲۲۹	۳۲۱
۱۵ بهمن	۱۰۶	۱۲۸	۲۳۰	۳۰۸
۱۵ اسفند	۱۱۵	۹۵	۱۷۰	۳۱۰
		۱۳۸۵-۸۶		
۱۵ آبان	۴۰	۳۷۹	۳۶۶	۴۲۲
۱۵ آذر	۵۱	۳۳۴	۳۲۲	۳۸۷
۱۵ دی	۵۹	۲۷۶	۲۷۵	۳۴۲
۱۵ بهمن	۷۰	۲۶۵	۲۸۱	۳۵۲
۱۵ اسفند	۱۰۰	۲۳۷	۲۶۹	۳۸۸

+ در سال اول آزمایش، تاریخ کاشت اول در ۱۸ آبان انجام گرفت.

برای محاسبهٔ مقدار آب نسبی برگ، آخرین برگ توسعه‌یافتهٔ پنج بوته از هر تیمار جدا شد و پس از توزین (وزن تر) به‌مدت ۸ ساعت در ظروف حاوی آب مقطر در شرایط بدون نور و دمای حدود ۴ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس برگ‌ها از ظروف خارج شده و رطوبت سطح برگ حذف شد و برگ‌ها توزین شدند (وزن اشباع). سرانجام این برگ‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد در آون خشک شدند (وزن خشک). مقدار آب نسبی برگ از طریق رابطهٔ ۲ محاسبه شد [۳].

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} * ۱۰۰ \qquad (۲)$$

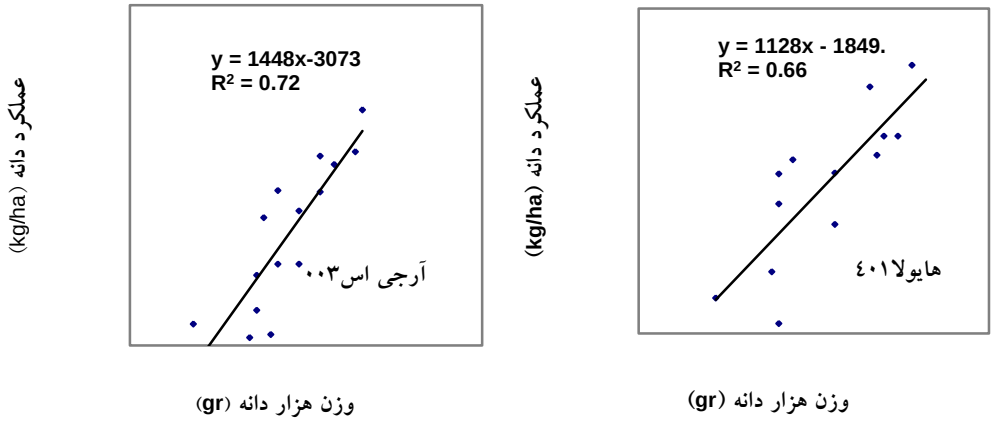
در این رابطه، RWC مقدار آب نسبی برگ؛ FW وزن تر؛ DW وزن خشک؛ و TW وزن اشباع است.

تعداد روز تا یک مرحلهٔ فنولوژیکی معین براساس تعداد روز تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت به آن مرحلهٔ معین برسند، محاسبه شد [۲۲]. پس از برداشت، وزن هزاردانه با محاسبهٔ وزن هزاردانه از هر تیمار و با رطوبت ۸ درصد تعیین شد [۴، ۳]. در پایان داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS [۲] تجزیه‌وتحلیل شد (جدول ۲) و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD (در سطح ۵ درصد) مقایسه شد (جدول ۳). با توجه به معنادار شدن اثر سال بر وزن هزاردانه و بیشتر صفات مربوط به کلزا در تجزیهٔ مرکب دو سال و دو مکان (شرایط آبیاری و دیم)، تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر وزن هزاردانه و دیگر صفات کلزا در هر سال به‌طور جداگانه تجزیه شد [۱]. سپس برای هر رقم، روابط رگرسیونی بین وزن هزاردانه با عوامل مختلف با استفاده از نرم‌افزار اکسل ترسیم شد (شکل‌های ۱ تا ۳).

۳. نتایج و بحث

وزن هزاردانه از اجزای اصلی و آخرین جزء عملکرد دانهٔ کلزا است و کاهش یا افزایش آن می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش یا افزایش عملکرد داشته باشد [۱۱، ۱۳،۱۹]. در این مطالعه، بین وزن هزاردانه و عملکرد دانه، رابطهٔ خطی مثبت و به‌نسبت قوی مشاهده شد که به‌ترتیب ۶۶ و ۷۲ درصد از تغییرات را در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' توجیه کرد (شکل ۱). این رابطهٔ خطی نشان داد که به‌ازای افزایش هر گرم وزن هزاردانه (یا هر میلی‌گرم وزن دانه) عملکرد دانه در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' به‌ترتیب ۱۱۲۸ و ۱۴۴۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت که نشان‌دهندهٔ واکنش و حساسیت بیشتر افزایش عملکرد به افزایش وزن دانه در رقم آزاد گرده‌افشان 'آرجی‌اس۰۰۳' بود (شکل ۱). بنابراین نسبت به هیبرید 'هایولا۴۰۱'، کاهش یا افزایش وزن دانه در رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' تأثیر بیشتری بر کاهش یا افزایش عملکرد دانه داشته است. این مسئله شاید به‌دلیل بیشتر بودن تعداد دانه در متر مربع و همچنین رسیدگی زودتر و یکنواختی رسیدگی بیشتر در هیبرید 'هایولا۴۰۱' در مقایسه با رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' باشد.

درجهٔ آزادی و مجموع مربعات صفات مورد بررسی کلزا در تجزیهٔ مرکب دو سال و دو مکان (شرایط آبیاری تکمیلی و دیم) در جدول ۲ و مقایسهٔ میانگین داده‌ها به‌تفکیک سال در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین تعداد دانه در خورجین در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۱۹/۲ و ۱۷/۳ عدد و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۱۲/۸ و ۱۱/۰ عدد بود (جدول ۳). کاهش شدید تعداد دانه در خورجین در سال دوم نسبت به سال اول، به‌دلیل افزایش دوره‌های ابرناکی و در نتیجه کاهش تعداد ساعات آفتابی به‌ویژه طی دورهٔ تشکیل آغازی‌های دانهٔ گیاه کلزا در سال دوم بود [۱۷، ۵ ،۴]. میانگین تشعشع دریافتی روزانه طی ماه‌های بهمن و اسفند (دورهٔ تشکیل گل و دانه) در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۱۰/۸ و ۹/۰ مگاژول بر متر مربع در روز بود که نشان‌دهندهٔ کاهش حدود ۱۷ درصدی تشعشع دریافتی روزانه در سال دوم است. همچنین، میانگین تعداد دانه در متر مربع (تعداد بوته در متر مربع × تعداد خورجین در بوته × تعداد دانه در خورجین) در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۱۱۱۳۶ و ۹۶۳۶۱ عدد و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۸۳۷۱۲ و ۶۰۰۶۰ عدد بود (جدول ۳).



شکل ۱. رابطهٔ بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه

جدول ۲. درجهٔ آزادی و مجموع مربعات تعدادی از صفات کلزا در تجزیهٔ مرکب دو سال و دو شرایط آبیاری و دیم

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	طول دورهٔ پر شدن دانه	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۲۰۲۵/۴***	۲۸۷/۷^{ns}	۱۲۰۰/۲***	۲۸/۶۳***	۱۴۶۰۸۱۳*
آبیاری	۱	۱/۴۱^{ns}	۲۷۳۹/۹^{ns}	۹۴/۹^{ns}	۶/۹۹^{ns}	۳۸۶۴۹۹۴^{ns}
سال × آبیاری	۱	۳/۰۱^{ns}	۴۰۰/۴^{ns}	۵/۲^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۳۸۳۹۷۴^{ns}
خطا ۱	۸	۸/۲۷	۱۸۵۹/۲	۳۶/۵	۲/۴۱	۱۰۳۸۰۰۷
تاریخ کاشت	۴	۱۷۵۵/۹^{ns}	۵۱۰۱۷/۲**	۷۵۹/۰**	۱۶/۲۸*	۱۵۴۹۶۹۶۴۶***
سال × تاریخ کاشت	۴	۱۵۱۳/۷***	۳۰۸۴/۷^{ns}	۲۷/۱^{ns}	۲/۰۲**	۳۷۳۸۳۱^{ns}
آبیاری × تاریخ کاشت	۴	۷/۸۸^{ns}	۱۱۵۰/۲^{ns}	۱۴/۰^{ns}	۰/۷۶^{ns}	۷۳۵۴۱۴^{ns}
سال × آبیاری × تاریخ کاشت	۴	۳/۷۸^{ns}	۸۶۸/۲^{ns}	۲۳/۸^{ns}	۱/۳۰*	۲۸۲۲۴^{ns}
خطا ۲	۳۲	۴۲/۷	۱۰۳۰۲/۷	۱۲۷/۹	۳/۳۸	۳۵۲۰۰۴۴
رقم	۱	۶۹/۰^{ns}	۱۲۸۹/۷^{ns}	۱۰۲/۵**	۴/۳۸^{ns}	۹۷۰۲۵۹۱^{ns}
سال × رقم	۱	۴۶/۹***	۵۴۴/۴*	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۷۸**	۴۷۲۵۰۸*
آبیاری × رقم	۱	۲/۴۱^{ns}	۷۲/۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱۵۶۲۴۱^{ns}
تاریخ کاشت × رقم	۴	۲۵/۳^{ns}	۸۸/۳^{ns}	۱۰/۶^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۲۴۴۳۶۵۴^{ns}
سال × آبیاری × رقم	۱	۰/۰۷۵^{ns}	۹/۳^{ns}	۵/۰^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۳۵۲۷۳۴^{ns}
سال × تاریخ کاشت × رقم	۴	۷۲/۲***	۲۴۸/۸^{ns}	۵/۶^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۴۲۰۳۲۴^{ns}
آبیاری × تاریخ کاشت × رقم	۴	۷/۸۸^{ns}	۴۱۵/۴^{ns}	۱۵/۵^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۲۱۲۸۷۱^{ns}
سال × آبیاری × تاریخ کاشت × رقم	۴	۴/۳۸^{ns}	۹۲۹/۶^{ns}	۱۲/۸^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۲۹۵۰۸۸^{ns}
خطا ۳	۴۰	۳۴/۳	۳۵۱۴	۱۱۹/۵	۲/۴۹	۴۱۲۱۷۷۹

ns : غیرمعنادار؛ و *، ** و *** : به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد براساس آزمون F

تعداد دانه در هیبرید 'هایولا۴۰۱' خیلی بیشتر از 'آرجی‌اس۰۰۳' بود که همراه با وزن هزاردانه بیشتر هیبرید 'هایولا۴۰۱'، سبب افزایش معنادار عملکرد دانهٔ هیبرید 'هایولا۴۰۱' نسبت به رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' شد (جدول ۳). میانگین عملکرد دانهٔ ارقام 'هایولا ۴۰۱' و 'آرجی‌اس۰۰۳' در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۲۶۷۸ و ۱۹۸۴ و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۲۳۳۲ و ۱۸۸۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

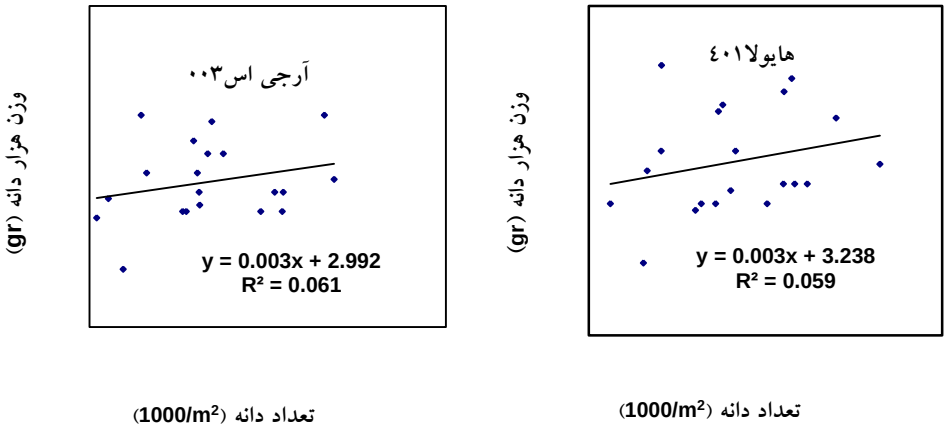
وقتی رابطهٔ بین وزن هزاردانه با تعداد دانه در متر مربع ترسیم شد، مشاهده شد که در هر دو رقم مورد مطالعه بین تعداد دانه در متر مربع با وزن هزاردانه رابطه‌ای وجود نداشت که نشان داد افزایش یا کاهش تعداد دانه تأثیری بر وزن دانه نداشته است (شکل ۲). به‌عبارت دیگر، افزایش تعداد دانه و در واقع افزایش نیاز مقصد، محدودکنندهٔ وزن دانه نبوده است. بنابراین همان‌طور که در مطالعات دیگر گزارش شده است [۲۹، ۱۹، ۱۰]، به‌نظر می‌رسد در این مطالعه، وزن دانه، بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی نظیر طول دورهٔ پر شدن دانه و عوامل محیطی و زراعی طی فصل رشد و به‌خصوص طی دورهٔ پر شدن دانه قرار گرفته است، تا اینکه تحت تأثیر پتانسیل نیاز مقصد (تعداد دانه در واحد سطح) باشد.

جدول ۳. میانگین‌های سالانهٔ تعدادی از صفات کلزا طی دو سال اجرای آزمایش+

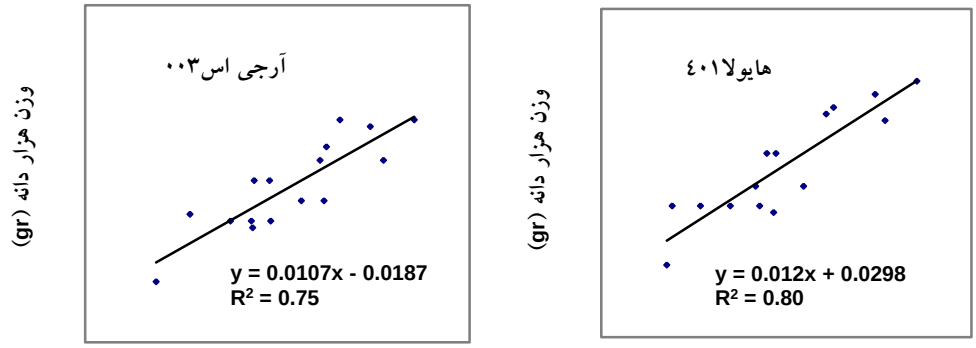
تیمار	طول دورهٔ پر شدن دانه (d)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg/ha)
۱۳۸۴–۸۵					
آبیاری تکمیلی	۲۹/۸^{a}	۶۳/۵^{a}	۱۹/۳^{a}	۳/۲^{a}	۲۵۶۷^{a}
دیم	۲۹/۲^{b}	۵۰/۳^{b}	۱۷/۱^{b}	۲/۷^{b}	۲۰۹۵^{b}
تاریخ کاشت					
۱۸ آبان	۳۳/۹^{a}	۷۷/۳^{a}	۲۱/۱^{a}	۳/۲^{a}	۳۷۸۰^{a}
۱۵ آذر	۳۰/۸^{c}	۶۹/۸^{b}	۱۹/۲^{b}	۳/۰^{b}	۳۱۰۶^{b}
۱۵ دی	۳۳/۱^{b}	۵۷/۸^{c}	۱۸/۶^{bc}	۳/۱^{b}	۲۴۶۰^{c}
۱۵ بهمن	۲۹/۰^{d}	۴۴/۳^{d}	۱۸/۱^{c}	۳/۰^{b}	۱۷۲۴^{d}
۱۵ اسفند	۲۰/۷^{e}	۳۵/۲^{e}	۱۴/۲^{d}	۲/۴^{c}	۵۸۲^{e}
هایولا۴۰۱	۲۹/۶^{a}	۵۸/۰^{a}	۱۹/۲^{a}	۳/۱^{a}	۲۶۷۸^{a}
آرجی‌اس۰۰۳	۲۹/۴^{a}	۵۵/۷^{a}	۱۷/۳^{b}	۲/۸^{b}	۱۹۸۴^{b}
۱۳۸۵–۸۶					
آبیاری تکمیلی	۳۷/۷^{a}	۶۲/۹^{a}	۱۲/۶^{a}	۴/۲^{a}	۲۲۳۳^{a}
دیم	۳۷/۸^{a}	۵۷/۰^{b}	۱۱/۲^{b}	۳/۷^{b}	۱۹۸۷^{b}
تاریخ کاشت					
۱۵ آبان	۴۶/۸^{a}	۹۴/۷^{a}	۱۵/۱^{a}	۴/۳^{a}	۳۵۴۳^{a}
۱۵ آذر	۳۹/۱^{b}	۷۹/۰^{b}	۱۲/۲^{bc}	۴/۳^{a}	۲۸۹۶^{b}
۱۵ دی	۳۲/۲^{c}	۶۳/۰^{c}	۱۴/۰^{ab}	۳/۸^{b}	۲۳۶۲^{c}
۱۵ بهمن	۳۱/۲^{d}	۳۹/۱^{d}	۱۱/۴^{c}	۴/۲^{a}	۱۵۸۸^{d}
۱۵ اسفند	۳۹/۴^{b}	۲۴/۱^{e}	۶/۹^{d}	۳/۰^{c}	۱۶۲^{e}
هایولا۴۰۱	۳۹/۱^{a}	۶۵/۴^{a}	۱۲/۸^{a}	۴/۲^{a}	۲۳۳۲^{a}
آرجی‌اس۰۰۳	۳۶/۳^{b}	۵۴/۶^{b}	۱۱/۰^{b}	۳/۷^{b}	۱۸۸۶^{b}

+ اعداد هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک‌اند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.
++در سال اول آزمایش، تاریخ کاشت اول ۱۸ آبان بود.

افزایش آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد سبب افزایش وزن هزاردانه شد. در هر دو رقم، بین وزن هزاردانه با آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد رابطهٔ خطی قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۸۰ و ۷۵ درصد از تغییرات در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ را توجیه کرد (شکل ۳). به‌ازای افزایش هر میلی‌متر آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد، وزن هزار دانهٔ هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ به‌ترتیب ۰/۰۱۲ و ۰/۰۱۱ گرم افزایش یافت (شکل ۳).



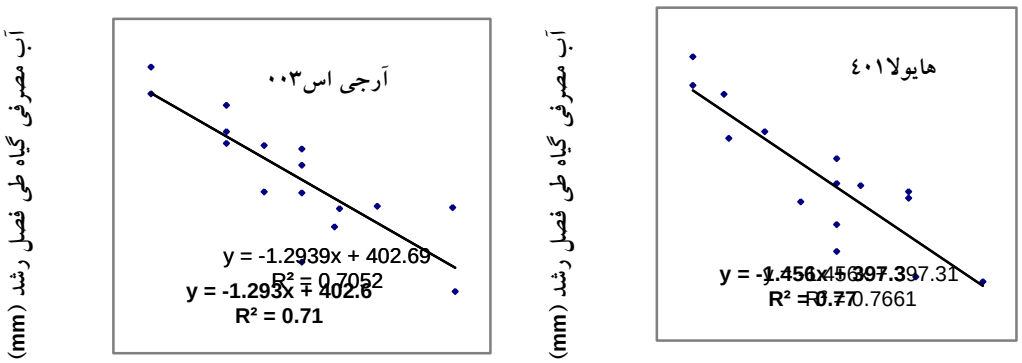
شکل ۲. رابطهٔ بین وزن هزاردانه با تعداد دانه در متر مربع



شکل ۳. رابطهٔ بین وزن هزاردانه با مقدار آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد

مقدار بارندگی و آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد در دو سال اجرای آزمایش و تاریخ‌های مختلف کاشت متفاوت بود (جدول ۱). در شرایط دیم، دامنهٔ تغییرات مقدار آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد از ۱۷۰ میلی‌متر در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند سال ۸۵-۱۳۸۴ تا ۳۶۶ میلی‌متر در تاریخ کاشت ۱۵ آبان سال ۸۶-۱۳۸۵ متفاوت بود. در شرایط آبیاری تکمیلی، دامنهٔ تغییرات مقدار آب مصرفی از ۳۰۸ میلی‌متر در تاریخ کاشت ۱۵ بهمن سال ۸۵-۱۳۸۴ تا ۴۲۲ میلی‌متر در تاریخ کاشت ۱۵ آبان سال ۸۶-۱۳۸۵ متفاوت بود (جدول ۱).

با تأخیر در کاشت مقدار آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق کاهش یافت که احتمالاً به این دلیل بود که با تأخیر در کاشت، علاوه‌بر اینکه طول فصل رشد کاهش یافت، مراحل انتهایی فصل رشد با دوره‌های کم‌باران یا بدون باران مواجه شد (شکل ۴ و جدول ۱). در هر دو رقم، بین تأخیر در کاشت از ابتدای آبان با مقدار آب مصرفی گیاه در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد رابطهٔ خطی منفی قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۷۷ و ۷۱ درصد از تغییرات در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ را توجیه کرد (شکل ۴).



شکل ۴. رابطهٔ بین تاریخ کاشت و مقدار آب مصرفی در فرایند تبخیرتعرق

به‌ازای افزایش هر روز تأخیر در کاشت از ابتدای آبان ماه، مقدار آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' به‌ترتیب ۱/۴۵۶ و ۱/۲۹۳ میلی‌متر کاهش یافت (شکل ۴). با تأخیر در کاشت عملکرد دانه به‌طور معناداری کاهش یافت (جدول ۳). میانگین عملکرد دانه در تاریخ‌های کشت اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم برای سال اول آزمایش به‌ترتیب ۳۷۸۰، ۳۱۰۶، ۲۴۶۰، ۱۷۲۴ و ۵۸۲ و برای سال دوم به‌ترتیب ۳۵۴۳، ۲۸۹۶، ۲۳۶۲، ۱۵۸۸ و ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. تأخیر در کاشت سبب نمو سریع‌تر گیاه می‌شود و روز از سبز شدن تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، طول دورهٔ گلدهی و پر شدن دانه، شاخص سطح برگ، مادهٔ خشک اندام‌های هوایی، تعداد دانه در متر مربع و عملکرد دانه کاهش می‌یابد [۴، ۵، ۱۷، ۱۸، ۲۷].

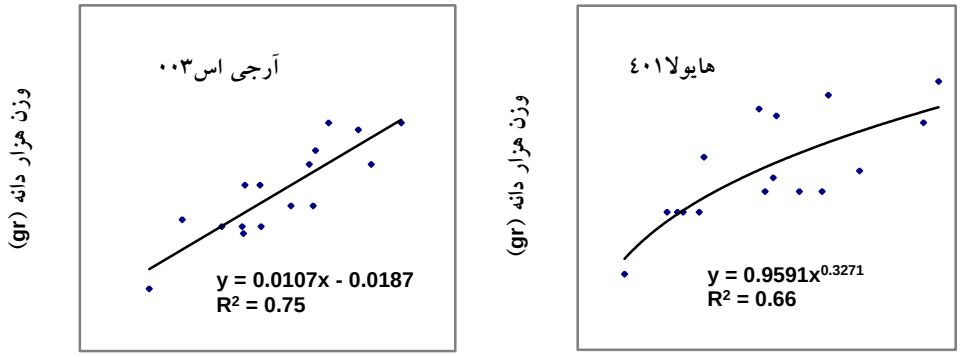
در همهٔ تاریخ های کاشت، مقدار بارندگی و در نتیجه آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق در سال دوم تا حد زیادی بیشتر از سال اول آزمایش بود که با افزایش وزن هزاردانهٔ کلزا در سال دوم همراه بود (جدول‌های ۱ و ۳). از طرف دیگر، کمتر بودن میانگین دمای هوا طی دورهٔ پر شدن دانه در سال دوم نسبت به سال اول اجرای آزمایش، سبب افزایش طول دورهٔ پر شدن دانه در سال دوم آزمایش و در نتیجه افزایش وزن هزاردانه شد. میانگین دمای هوا طی دورهٔ پر شدن دانه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد در سال اول آزمایش به‌ترتیب ۲۲/۵ و ۲۹/۵ و در سال دوم آزمایش به‌ترتیب ۲۱/۸ و ۲۷/۵ درجهٔ سانتی‌گراد بود. میانگین طول دورهٔ پر شدن دانه در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۲۹/۶ و ۲۹/۴ و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۳۹/۱ و ۳۶/۳ روز و همچنین میانگین وزن هزاردانهٔ هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۳/۱ و ۲/۸ و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۴/۲ و ۳/۷ گرم بود (جدول ۳). بنابراین بیشتر بودن طول دورهٔ پر شدن دانه همراه با افزایش آب مصرفی در فرایند تبخیرتعرق طی فصل رشد سبب افزایش چشمگیر وزن هزاردانهٔ همهٔ تاریخ‌های کاشت در سال دوم نسبت به سال اول شد.

با ترسیم رابطهٔ بین وزن هزاردانه و مقدار آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی دورهٔ پر شدن دانه، رابطهٔ توانی مثبتی بین آنها مشاهده شد. این رابطهٔ توانی به‌نسبت قوی به‌ترتیب ۶۶ و ۶۹ درصد از تغییرات در 'هایولا۴۰۱' و 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۵). با افزایش آب

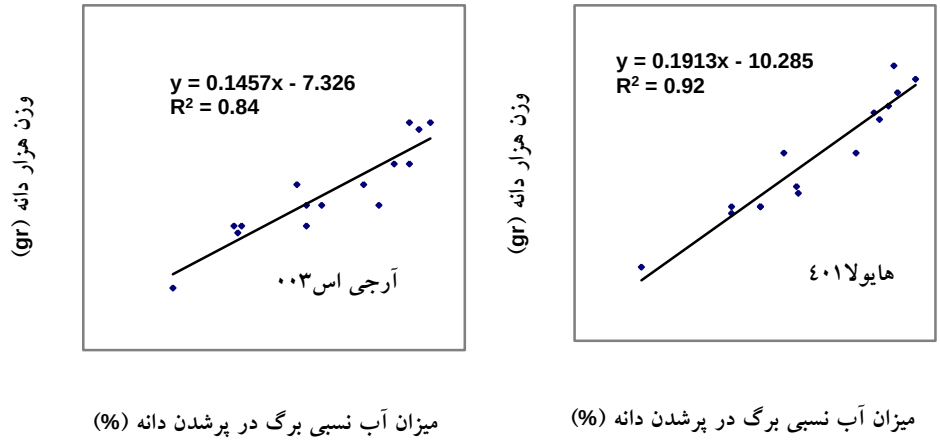
مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی دورهٔ پر شدن دانه تا حدود ۴۰ میلی‌متر، وزن هزاردانه در ابتدا با شدت زیادی افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر مقدار آب مصرفی طی این دوره، شدت افزایش وزن هزاردانه کمتر شد. این روابط مثبت بین وزن هزاردانه با آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق نشان داد که وزن هزاردانه و در نتیجه عملکرد تحت تأثیر آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق بوده و آبیاری تکمیلی (در صورت نیاز) می‌تواند سبب افزایش وزن دانه و در نتیجه عملکرد دانه شود.

میانگین وزن هزاردانهٔ کلزا در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۳/۲ و ۲/۷ و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۴/۲ و ۳/۷ گرم بود (جدول ۳). همچنین میانگین عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۲۵۶۷ و ۲۰۹۵ و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۲۲۳۳ و ۱۹۸۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). در پژوهش‌های مشابهی مشاهده شد شرایط آب‌وهوایی و مقدار آب مصرفی کلزا طی فصل رشد و به‌خصوص دورهٔ حیاتی پر شدن دانه، عامل مهم و تعیین‌کنندهٔ وزن هزاردانه است [۱۱، ۲۳]. علاوه بر اینکه بارندگی بیشتر سال دوم آزمایش با افزایش وزن هزار دانهٔ ارقام کلزا همراه بود، آبیاری تکمیلی نیز سبب افزایش وزن هزاردانه شد که با عملکرد دانهٔ بیشتر هر دو رقم در دو سال اجرای آزمایش همراه بود.

استفاده از صفت مقدار آب نسبی برگ، معیاری مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش، در مطالعات مختلف گزارش شده است [۵ ، ۴]. به هر حال اطلاعات ما در زمینهٔ تأثیر مقدار آب نسبی برگ در پر شدن دانه تحت شرایط محیطی بر افزایش وزن دانهٔ ارقام جدید کلزا اندک است. در این مطالعه، بین وزن هزاردانه و مقدار آب نسبی برگ در ده روز پس از شروع پر شدن دانه (پنج روز پس از آخرین آبیاری در تیمار آبیاری تکمیلی) رابطهٔ خطی مثبت و قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۹۲ و ۸۴ درصد از تغییرات در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ را توجیه کرد (شکل ۶). این رابطهٔ قوی نشان داد که به‌ازای افزایش هر درصد مقدار آب نسبی برگ در پر شدن دانه، وزن هزاردانه در ‘هایولا۴۰۱’ و ‘آرجی‌اس۰۰۳’ به‌ترتیب ۰/۱۹۱ و ۰/۱۴۶ گرم افزایش یافت (شکل ۶).



شکل ۵. رابطهٔ وزن هزاردانه و مقدار آب مصرفی در فرایند تبخیرتعرق طی فصل رشد و دورهٔ پر شدن دانه



شکل ۶ . رابطهٔ وزن هزاردانه و مقدار آب نسبی برگ در ۱۰ روز پس از شروع پر شدن دانه

در کلزا، عملکرد دانه تابعی از اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن، شامل تعداد بوته در متر مربع، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه است [۹]. تأثیر هر کدام از این اجزا در تشکیل عملکرد به شرایط محیطی، رقم و مدیریت زراعی بستگی دارد [۴]. این امر امکان تغییر ژنوتیپ یا عامل مدیریتی نظیر تاریخ کاشت، تراکم بوته، الگوی کاشت، تغذیه و آبیاری را به‌منظور افزایش عملکرد دانه فراهم می‌آورد. در این مطالعه، تاریخ‌های کاشت زود و برخورد دوره‌های حساس نموی کلزا، مانند دورهٔ پر شدن دانه با شرایط آب‌وهوایی مناسب و همچنین آبیاری تکمیلی تأثیر زیادی در افزایش مقدار آب نسبی برگ، افزایش احتمالی تولید و انتقال مادهٔ خشک به دانه‌های در حال پر شدن و افزایش وزن دانه داشت. بهبود شرایط رشدی گیاه مانند افزایش جذب رطوبت و آماس برگ‌ها طی دورهٔ حساس و مهم پر شدن دانه با افزایش وزن هزاردانه همراه شد.

تنش خشکی طی دورهٔ رسیدگی گیاه، به‌طور معمول سبب کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی می‌شود و درنتیجه دانه‌ها کوچک و چروکیده می‌شوند [۳]. استفاده از ارقام زودرس که دورهٔ گلدهی و پر شدن دانهٔ خود را قبل از دورهٔ خشکی و گرمای انتهای فصل رشد طی کرده و در واقع از خسارت خشکی و گرمای انتهای فصل فرار کنند از مهم‌ترین گزینه‌های مدیریتی در زمینهٔ کاهش آثار خشکی و خشکسالی است. در این زمینه، باید توجه شود که مرحله یا دورهٔ نموی که باید زودتر به پایان برسد، دوره‌ای باشد که در نهایت با کمترین تأثیر منفی بر عملکرد دانه همراه باشد. در این زمینه، هر سازوکاری که طول دورهٔ پرشدن دانه را بدون تغییر در طول دورهٔ رشد افزایش دهد، اغلب می‌تواند در مناطق با تنش خشکی انتهای فصل سبب افزایش عملکرد شود [۴، ۵].

در نواحی مدیترانه‌ای نظیر منطقهٔ گنبد، بیشتر بارندگی‌ها طی فصول پاییز و زمستان حادث می‌شود و به‌طور معمول طی ماه‌های اردیبهشت و خرداد احتمال بارندگی‌های مؤثر بسیار کم است. در چنین شرایطی، به‌خصوص برای تاریخ‌های کشت دیر، احتمال وقوع تنش خشکی و گرمای انتهای فصل رشد وجود دارد که ممکن است سبب کاهش وزن دانه و در نتیجه عملکرد دانه شود. در این مناطق، انتخاب ارقام و لاین‌های پیشرفته که تحت

شرایط محیطی مختلف توانایی تولید وزن دانهٔ بیشتری را داشته باشند، بسیار مهم است. در این مطالعه، برخورد مراحل حیاتی نمو کلزا، مانند دورهٔ پر شدن دانه، با دوره‌هایی با تنش خشکی و گرمای کمتر سبب افزایش وزن دانه و در نتیجه عملکرد دانه شد. تاریخ کاشت ابزار مدیریتی مهمی برای به‌حداقل رساندن جنبه‌های منفی دمای زیاد و تنش خشکی انتهای فصل رشد بود. آبیاری تکمیلی به‌منظور رفع کمبود رطوبت مورد نیاز طی مراحل یادشده، سبب ایجاد شرایط مناسب، افزایش وزن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد شد. روابط قوی بین وزن هزاردانه با آب مصرفی در فرایند تبخیر تعرق طی فصل رشد و دورهٔ پر شدن دانه و مقدار آب نسبی برگ طی پر شدن دانه تحت شرایط محیطی و ارقام مختلف نشان‌دهندهٔ اهمیت و تأثیر این صفات در تعیین وزن دانهٔ کلزا بود.

از طرف دیگر، دماهای زیاد سرعت نمو گیاه را افزایش و طول دورهٔ نمو و پتانسیل عملکرد را کاهش می‌دهد. تنش‌های خشکی و گرما می‌توانند از طریق تأثیر بر منابع و مقاصد مواد فتوسنتزی سبب کاهش عملکرد دانه شوند. در این زمینه، یکی از مهم‌ترین چالش‌های بخش کشاورزی، توسعهٔ فناوری یا گزینه‌های زراعی مناسب برای بهبود عملکرد است. به‌طور معمول تحت دمای مناسب و رطوبت کافی اوایل فصل رشد، کلزا رشد رویشی و مادهٔ خشک زیادی دارد که ممکن است شرایط تنش گرما و خشکی در دورهٔ گلدهی و پر شدن دانه، سبب کاهش تشکیل دانه، کاهش وزن دانه و در نتیجه کاهش عملکرد شود. در چنین شرایطی، آبیاری تکمیلی طی دوره‌های زایشی گیاه مانند مرحلهٔ گلدهی و پر شدن دانه و همچنین تاریخ کاشت مناسب برای برخورد این مراحل حساس با شرایط آب‌وهوایی مناسب، می‌تواند از گزینه‌های مناسب مدیریتی برای کاهش آثار منفی خشکی و گرما باشد.

منابع

۱. سلطانی ا (۱۳۸۵) تجدید نظر در کاربرد روش‌های آماری در تحقیقات کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۴ ص.

۲. سلطانی ا (۱۳۸۶) کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۲ ص.

۳. سلطانی ا و فرجی ا (۱۳۸۶) رابطهٔ آب خاک و گیاه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۴۶ ص.

۴. عزیزی م، سلطانی ا و خاوری س (۱۳۷۸) کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به‌نژادی و تکنولوژی زیستی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ ص.

۵. فرجی ا و محتشم امیری ا (۱۳۹۲) مدیریت تنش‌های محیطی در مزارع کلزا. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۳۷ ص.

6. Acreche MM and Slafer GA (2006) Grain weight response to increase in number of grains in wheat in a Mediterranean area. Field Crops Research. 98: 52-59.

7. Adamsen FJ and Coffelt TA (2005) Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. Industerial Crops Production. 21: 293-307.

8. Aguirrezabal LAN, Lavud Y, Dosio GAA, Izquierdo NG, Andrade FH and Gonzalez LM (2003) Intercepted solar radiation during seed filling determines sunflower weight per seed and oil concentration. Crop Science. 43:152-161.

9. Berry PM and Spink JH (2006) A physiological analysis of oilseed rape yields: Past and future. Journal of Agriculture Science. 144: 381-392.

10. Borras L, Slafer GA and Otegui ME (2004) Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. Field Crops Research. 86:131-146.

11. Brandt SA and McGregor DI (1997) Canola response to growing season climatic conditions. P 322-328. In: Proc. Workshop on Soils and Crops 97, Saskatoon, SK, Canada.

12. Caliskan ME, Caliskan M, Arslan M and Arioglu H (2008) Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. Field Crops Research. 105: 131-140.

13. Clayton GW, Harker KN, O'Donovan JT, Blackshaw RE, Dosdall LM, Stevenson FC and Ferguson T (2004) Fall and spring seeding date effects on herbicide-tolerant canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Canadian Journal of Plant Science. 84: 419-430.

14. Del Moral LFG, Rharrabti Y, Villegas D and Royo C (2003) Evaluation of grain yield and its components in drum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. Agronomy. 95: 266-274.

15. Egli DB (2004) Seed-fill duration and yield of grain crops. Advances in Agronomy. 83: 243-279.

16. Faraji A (2012) Oil concentration in canola (*Brassica napus* L.), as a function of environmental conditions during seed filling period. International Journal of Plant Production. 2: 267-277.

17. Faraji A, Latifi N, Soltani A and Shirani Rad AH (2009) Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management. 96: 132-140.

18. Gan Y, Angadi SV, Cutforth H, Potts D, Angadi VV and McDonald CL (2004) Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science. 84: 697-704.

19. Gonzalez FG, Slafer GA and Miralles DJ (2005) Floret development and survival in wheat plants exposed to contrasting photoperiod and radiation environments during stem elongation. Functional Plant Biology. 32: 189-197.

20. Hall AE (1992) Breeding for heat tolerance. Plant Breeding Review. 10: 129-168.

21. Haro RJ, Otegui ME, Collino DJ and Dardanelli JL (2007) Environmental effects on seed yield determination of irrigated peanut crops: Links with radiation use efficiency and crop growth rate. Field Crops Research. 103: 217-228.

22. Harper FR and Berkenkamp B (1975) Revised growth-stage key for *Brassica campestris* and *Brassica napus*. Canadian Journal of Plant Science. 55: 657-658.

23. Johnston AM, Tanaka DL, Miller PR, Brandt SA, Nielsen DC, Lafond GP and Riveland NR (2002) Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. Agronomy. 94: 231-240.

24. Lannucci A and Martiniello P (1998) Analysis of seed yield components in four Mediterranean annual clovers. Field Crops Research. 55: 235-243.

25. Loss SP and Siddique KHM (1997) Adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) to dryland Mediterranean-type environment I. Seed yield and yield components. Field Crops Research. 52: 17-28.

26. Mendham NJ and Salsbury PA (1995) Physiology, crop development, growth and yield. pp 11-64. In: Kimber DS, McGregor DI (eds.). Brassica Oilseeds: Production and Utilization. CAB International, Landon.

27. Morrison MJ (1993) Heat stress during reproduction in summer rape. Canadian Journal of Botany. 71: 303-308.

28. Musick JT, Jones OR, Stewart BA and Dusek DA (1994) Water yield relationships for irrigated and dryland wheat in the U.S. Southern Plains. Agronomy. 86: 980-986.

29. Ruiz RA and Maddonni GA (2006) Sunflower seed weight and oil concentration under different post-flowering source-sink ratios. Crop Science. 46: 671-680.

30. Zhang HP, Wang XY, You MZ and Liu CM (1999) Water-yield relations and water use efficiency of winter wheat in the North China plain. Irrigation Science. 19: 37-45.

31. Zhong-hu H and Rajaram S (1994) Differential responses of bread wheat characters to high temperature. Euphytica. 72: 197-203.