ارزیابی تنوع مؤلفه‌های فتوسنتزی در لاین‌های دابل‌هاپلوییید کلزا و روابط آنها با عملکرد دانه در شرایط مزرعه

الهام پاپی موسوی، احمد ارزانی* و قدرت اله سعیدی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰٤/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۷)

چکیده:

این آزمایش به منظور ارزیابی خصوصیات فتوسنتزی و ارتباط آنها با عملکرد دانه در ۳۰ لاین دابل‌هاپلوییید کلزا *Brassica napus* L. در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ٤۰ کیلومتری غربی اصفهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. در این پژوهش خصوصیاتی چون میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، غلظت دی اکسید کربن داخل روزنه‌ای، کارایی مصرف آب فتوسنتزی، میزان فتوسنتز، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که لاین‌های دابل‌هاپلوییید کلزا از لحاظ تمامی خصوصیات مرتبط با فتوسنتز و همچنین عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری داشتند. نتایج جدول همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه و صفات فتوسنتز (r=۰/۲۹)، هدایت مزوفیلی (r=۰/۳۰) در سطح احتمال ۵ در صد همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشته است و هم‌چنین بین صفت عملکرد دانه با کارایی مصرف آب (r=۰/۳۳) همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بین صفات فتوسنتز و هدایت مزوفیلی همبستگی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت)(r=۰/۹۹) . ضمن اینکه لاین دابل‌هاپلوییید شماره ۹ دارای بیشترین فتوسنتز (۲۷/۷۵)، هدایت روزنه‌ای(۰/٤)، کارایی مصرف آب (۱۰/۱٦) و هدایت مزوفیلی (۰/۰۸) و لاین دابل‌هاپلوییید ۵ دارای کم‌ترین هدایت مزوفیلی (۰/۰۰۹) و فتوسنتز (۳/۰۸) بودند. در مجموع می‌توان گفت که بین تمامی لاین‌های دابل‌هاپلوییید مختلف کلزا از لحاظ صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. که این اختلاف حاکی از تنوع بالای ژنتیکی لاین‌های دابل‌هاپلوییید از لحاظ صفات مرتبط با فتوسنتز و در نتیجه ظرفیت عملکرد دانه بوده است.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های فتوسنتزی، عملکرد دانه،کلزا.

مقدمه:

دانه‌های کلزا دارای (*Brassica napus* L.) ٤۲ درصد روغن و حدود ۲۵ درصد پروتئین دارند. کلزا گیاه یک ساله و هیبرید آمفی دیپلوئید طبیعی از خانواده براسیکاسه با مسیر فتوسنتزی سه کربنه می‌باشد. در کلزا پایین بودن میزان رطوبت خاک، همراه با کاهش مساحت برگ‌ها موجب کاهش سطح فتوسنتز کننده‌ی گیاه و در نهایت کاهش تسهیم مواد به دانه می‌شود.

فتوسنتز مهم‌ترین فرایند گیاهی است که نقش بسزایی در تثبیت کربن و تولید مواد آلی در گیاهان دارد (Bishop and Bugbee, 1998). حساس‌ترین شاخص برای بررسی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه، بررسی رفتار روزنه

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: a_arzani@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0]

هاست. واکنش برگ‌ها به عنوان اندام اصلی فتوسنتز کننده با توجه به دمای هوا، دمای برگ، رطوبت نسبی هوا و سایر خصوصیات محیطی متفاوت است. عوامل محدود کننده فتوسنتز به دو دسته تقسیم می شوند: عوامل روزنه‌ای که منجر به کاهش انتشار دی اکسید کربن به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شوند و عوامل غیر روزنه‌ای که فتوسنتز را از طریق اثر مستقیم به فرآیندهای بیوشیمیایی فرآوری کربن محدود می‌کنند. در حالت عامل محدود کننده غیر روزنه‌ای، به لحاظ اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه، غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای افزایش می یابد .عامل اصلی محدود کننده فتوسنتز، کاهش هدایت مزوفیلی است.

حفظ و نگهداری سرعت طبیعی تبادلات گازی از جمله خصوصیاتی است که باعث افزایش رشد و عملکرد می‌شود. روزنه ها مدخل اصلی گیاه هستند و شکاف روزنه‌ها نقش مهمی را در کنترل تبادلات گازی، تعرق و فتوسنتز ایفا می‌کند (Ratnayaka and Kincaid, 2005). بستن روزنه‌ها موجب کاهش همزمان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای می‌شود. روزنه‌ها میزان کارایی مصرف آب و در نهایت ظرفیت عملکرد را در فرایند فتوسنتزی تحت تاثیر قرار می‌دهند. اندازه روزنه‌ها عموما در واکنش به عوامل محیطی و درونی تحت تأثیر قرار گرفته و در نتیجه مقدار آب تعرق یافته و گاز کربنیک جذب شده تغییر می‌یابد. نتایج مطالعات حاکی از این است که در صد بالایی از آب وارد شده در گیاه از طریق تعرق روزنه‌ای خارج می‌شود. تعداد روزنه‌ها در واحد مساحت و اندازه‌ی آن‌ها نیز نقش مهمی در تبادلات گازی گیاه دارند. مطالعات انجام شده نشان داد که با افزایش سن برگ، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. ضمن اینکه آنها مشاهده نمودند که رابطه‌ی ضعیفی بین فتوسنتز و میزان هدایت روزنه‌ای وجود دارد.

روزنه‌ها تحت تاثیر عوامل محیطی از جمله نور، میزان رطوبت، غلظت دی اکسید کربن و وضعیت آبی گیاه قرار می‌گیرند (Brownlee, 2001). در شرایط محیطی یکسان ارقام مختلف گیاهان زراعی توانایی تبادلات گازی متفاوتی نشان می‌دهند که ناشی از اختلاف در تعداد روزنه در واحد سطح برگ و نیز اندازه متفاوت روزنه در برگ‌هاست. طی تحقیقی بر روی دو رقم قدیمی و جدید گندم مشخص شد که رقم جدید سرعت فتوسنتزی بیشتری دارد و این سرعت فتوسنتز به واسطه‌ی هدایت مزوفیلی بیشتر بود. طی آزمایشی مشخص شد که میزان فتوسنتز گیاه زراعی به سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ و مساحت سطح برگ بستگی داشته است (Winter *et al.*, 2008). نتایج مطالعه در هندوستان، نشان داد که رابطه‌ی خطی بین میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه کلزا و عملکرد آن وجود داشته است (Habir *et al*., 1989) . همچنین آزمایشی که بر روی کلزا در اسپانیا انجام گرفت نشان داد که بیشترین عملکرد در صورت تامین نیاز آبی معادل ۴۹۵ میلی-متر (معادل ۱۰۰ در صد تبخیر- تعرق) حاصل گردیده است (Munoz and Fernondes, 1975). در مطالعه‌ای که در شرایط استان فارس انجام گرفت، مشخص شد که بین میزان فتوسنتز برگ در مرحله‌ی گلدهی و هدایت روزنه‌ای با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری وجود دارد (میری و همکاران، ۱۳۸۶).

افزایش آگاهی از صفات فیزیولوژیک موثر در شکل‌گیری عملکرد دانه می‌تواند معیاری مناسب جهت انتخاب این صفات برای اصلاح عملکرد دانه باشد. تحقیقات متعددی بر روی شاخص‌های فتوسنتزی در گیاهان زراعی با تعداد محدود ژنوتیپ در شرایط تنش اجرا شده است. اما با توجه به واکنش متفاوت شاخص‌های فتوسنتزی در شرایط محیطی تنش، آگاهی از تنوع ژنوتیپی شاخص‌های فتوسنتزی در شرایط محیطی عادی و روابط آنها با عملکرد دانه حائز اهمیت است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عوامل فتوسنتزی و روابط آنها با عملکرد دانه در ۳۰ لاین دابل‌هاپلوییید کلزا در شرایط مزرعه اجرا شده است.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0]

کیلومتری غربی اصفهان اجرا شد. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۳۰ متر که دارای اقلیم نیمه خشک با تابستان خشک می‌باشد. میانگین بارندگی و دمای سالیانه به ترتیب ۱۴۰ میلی متر و ۱۴/۵ درجه سانتی گراد می‌باشد. بافت خاک مزرعه لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی متر مکعب است. مواد ژنتیکی مورد بررسی ۳۰ لاین دابل‌هاپلویید کلزا بودند. که لاین‌های دابل هاپلویید، حاصل از تلاقی دو رقم زرفام× آرجی‌اس ۰۰۳ بوده که در کشور آلمان تهیه شده‌اند. قابل ذکر است که ارقام والدی ابتدا در طی دو نسل مورد خودگشنی قرار گرفته، و سپس در تلاقی مشارکت داده شدند. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در اسفند ماه سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ اجرا شد. هر لاین دابل‌هاپلویید در یک ردیف به طول ۲ متر با فواصل بذور ۴ سانتی‌متری و با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌مترکشت شدند. آبیاری کرت‌ها یکبار در هفته صورت می‌گرفت. در مرحله‌ی روزت به منظور رشد رویشی بهتر لاین‌های دابل‌هاپلویید کلزا از کود ازت استفاده گردید. برای مبارزه با علف‌های هرز از سم ترفلان در ابتدای رشد گیاه همراه با آب آبیاری استفاده شد. هم‌چنین برای مبارزه با شته مومی کلم از سم کنفیدور طی سه نوبت سمپاشی استفاده شد.

صفات مورد بررسی در این مطالعه شامل عملکرد دانه، میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (A) (میکرومول دی اکسید کربن بر متر مربع بر ثانیه)، هدایت روزنه‌ای (gs) (میلی مول بر متر مربع بر ثانیه)، میزان تعرق(E) (میلی مول بر متر مربع بر ثانیه)، غلظت داخلی دی اکسید کربن (Ci) (میکرو مول بر مول)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی (میکرومول دی اکسید کربن بر مول آب) با تقسیم میزان فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی (میلی مول دی اکسید کربن در متر مربع در ثانیه) با تقسیم فتوسنتز به غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای و کارایی مصرف آب از نسبت میزان تثبیت فتوسنتز بر تعرق حاصل محاسبه شد. میزان کمتر فتوسنتز و فرآوری دی اکسید کربن در حضور مقادیر بالای دی اکسید کربن داخل روزنه‌ای به مفهوم پایین بودن میزان هدایت مزوفیلی و عدم توانایی سلول‌های مزوفیل در استفاده از دی اکسید کربن می‌باشد. کارایی مصرف آب فتوسنتزی شاخصی است که میزان فتوسنتز به ازاء هر واحد هدایت روزنه‌ای و تعرق را نشان می‌دهد.

اندازه‌گیری شاخص‌های فتوسنتزی طی یک نوبت برای هر لاین دابل‌هاپلویید در مرحله‌ی گلدهی در ساعات ۱۲-۹ صبح و در شدت نور معادل ۱۵۹۷-۲۰۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد. صفات مورد نظر از برگ‌های کاملاً توسعه یافته‌ی قسمت میانی بوته‌های مربوط به هر لاین دابل‌هاپلویید در دو تکرار اندازه‌گیری شد. اندازه گیری‌های شاخص‌های فتوسنتزی توسط دستگاه اندازه‌گیری تبادل گازی قابل حمل مدل ال. سی. آی نسخه نرم افزار ۱/۱۰ ساخت کشور انگلستان انجام شد. جهت اندازه‌گیری عوامل فتوسنتزی از برگ‌های سالم و بالغ استفاده شد.

تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی و بر اساس روش PROC GLM توسط نرم افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل دامنه معنی‌دار فیشر در سطح احتمال پنج در صد انجام شد.

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. لاین‌های دابل‌هاپلویید در تمامی صفات اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند. این نتایج حاکی از تنوع بالای ژنتیکی دابل‌هاپلویید کلزا از لحاظ صفات مرتبط با فتوسنتز و در نتیجه ظرفیت عملکرد بوده است.

غلظت داخلی دی اکسید کربن: بیشترین غلظت داخلی دی اکسید کربن به لاین دابل‌هاپلویید ۱۳، ۱۵، ۲۰ و کم ترین آن به لاین دابل‌هاپلویید ۳۰ اختصاص داشت (جدول ۲). با کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن داخل برگ و کاهش انتقال آن به کلروپلاست فتوسنتز محدود می‌گردد (Kicheva *et al.*, 1994). طی تحقیق صورت گرفته بر روی ارقام پابلند و پاکوتاه گندم مشخص شد در ارقام پا کوتاه گندم با سطح برگ پرچم کوچکتر، ظرفیت تبادل خالص دی اکسید کربن بیشتری در مقایسه با ارقام پا بلند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات فتوسنتزی و عملکرد دانه در ۳۰ لاین دابل‌هاپلویید کلزا.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد دانه	غلظت داخلی CO_2	تعرق	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	کارایی مصرف آب	فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای
تکرار	۱	٤٦٦٠٠٤٩*	۱۹/۲٦	۰/٦۹	۰/۰۰٤	۱۹/۱۳	۰/۰۲	٥۳۲٦	۰/۰۰۰۱
لاین‌دابل‌هاپلویید	۲۹	۷۷۰٥٦٤*	۲٦٦/٤**	۰/۳۹**	۰/۰۱۲**	۷۸/٦**	۹/۱**	٤۹۲٥٤*	۰/۰۰۰۷**
اشتباه آزمایشی	۲۹	٦٦۱۱۷۳	۲۸/۰٥	۰/۱٥	۰/۰۰۲	۹/۰۰٥	۱/۱٦	۲٤۸٥۹	۰/۰۰۰۰۸

****و*-به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد**

دارند (Bishop and Bugbee, 1998).

تعرق: بیشترین میزان تعرق مربوط به دابل‌هاپلویید ۲ و کمترین میزان تعرق به لاین دابل‌هاپلویید ۱۷ اختصاص داشت (جدول ۲). سازگاری گیاهان عمدتاً از طریق فرآیندهای تعرق و فتوسنتز در برگ‌ها صورت می‌گیرد (Brownlee, 2001). نتایج برخی پژوهش‌ها که بر روی گندم انجام گرفت نشان داد که کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای، منجربه مصرف آب پایین‌تر در گیاه و نیز موجب افزایش پتانسیل آب برگ پرچم می‌شود. طبق برخی گزارش ها مشاهده شده است که با افزایش آب موجود در گیاه میزان تعرق در گیاه افزایش می‌یابد (Brownlee, 2001) .

هدایت روزنه‌ای: بیشترین هدایت روزنه‌ای مربوط به لاین دابل‌هاپلویید ۹ و کم‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به لاین دابل‌هاپلوییدهای ۱۸و ۸ بود (جدول ۲). طی تحقیقات انجام گرفته توسط Winter و همکاران (1988) بر روی گندم، مشخص گردید که هدایت روزنه‌ای فاکتور مناسبی جهت غربال کردن ژنوتیپ‌ها نیست و این شاخص بسته به شرایط محیطی متفاوت خواهد بود. برخی محققین اعلام داشتند بین صفات فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه در گیاه کلزا ارتباطی وجود ندارد (Wells *et al*., 1982) و برخی دیگر در گیاه سویا بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای ارتباط معنی‌داری را گزارش کرده‌اند (Hobbs and Mahon, 1982). طی تحقیق دیگری که بر روی گندم انجام گرفت ارتباط معنی‌دار بین هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز مشاهده شد (Austin *et al*., 1980).

میزان فتوسنتز: بیشترین میزان فتوسنتز مربوط به لاین دابل-هاپلویید ۹ و کم ترین آن مربوط به لاین دابل‌هاپلویید ۵ بود (جدول ۲). کاهش هماهنگ فتوسنتز و هدایت روزنه-ای تحت شرایط محیطی، نشان دهنده‌ی محدودیت روزنه-ای در فتوسنتز است (Austin, 1989). بسته شدن روزنه‌ها موجب توقف فتوسنتز می‌گردد که علی رغم حفظ آب، به علت افزایش دمای برگ نامطلوب است. نرخ بالاتر فتوسنتز بدون وجود تغییرات قابل توجهی در عملکرد می تواند به دلیل اثرات چند ژنی عملکرد در طی پر شدن دانه و یا به دلیل روش اندازه‌گیری میزان فتوسنتز (به عنوان مثال، در یک برگ و تنها برای یک دوره کوتاه از زمان) باشد. گزارش موجود در ارقام هیبرید کلزا حاکی از این است که سرعت فتوسنتز خالص در ارقام ناسازگار و دیر رس کم‌تر از هیبریدهای زودرس بوده و از آنجا که مقدار فتوسنتز با افزایش مدت زمان فتوسنتز روزانه یا افزایش دوام سطح برگ در طول پر شدن دانه بیشتر می‌شود، بنابراین هیبریدهای زودرس از توان تولید عملکرد بیشتری در مقایسه با هیبرید های دیررس برخوردارند(مهدوی و همکاران، ۱۳۸٤). نتایج مطالعه دیگری نشان داده است که سرعت و نرخ فتوسنتز، وراثت پذیری متوسط تا بالایی داشته است و بنابراین به عنوان تک شاخص انتخاب معیار درستی برای یافتن ژنوتیپ‌های برتر نخواهد بود (Reddy *et al*., 2003). ضمن اینکه میزان فتوسنتز خالص با زمان ثابت نمی‌باشد و با افزایش سن گیاه یک افت نزولی نشان داده است.

کارایی مصرف آب: بیشترین میزان کارایی مصرف آب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

جدول۲-مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد دانه در لاین‌های دابل هاپلویید مختلف کلزا

	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	غلظت‌داخلی CO_2 (میکرومول‌بر مول)	تعرق (میلی‌مول‌در متر مربع در ثانیه)	هدایت‌روزنه‌ای (میلی‌مول‌درمترمربع در ثانیه)	فتوسنتز (میکرومول CO_2درمترمربع‌در ثانیه)	کارایی‌مصرف آب (میکرومول CO_2برمول آب)	کارایی‌مصرف‌آب فتوسنتزی(میکرومول CO_2ر مول آب)	هدایت مزوفیلی (میلی‌مول بر متر مربع‌بر ثانیه)
۱	۷۰۱/۸^{c}	۳۴۰$^{b-g}$	۳/۰۴$^{c-f}$	۰/۰۲^{fg}	۷/۳۲$^{b-f}$	۲/۴۲^{bc}	۳۱۲/۳$^{b-g}$	۰/۰۲$^{b-f}$
۲	۴۶۷^{cd}	۳۴۳$^{a-e}$	۴/۱^{a}	۰/۰۲^{fg}	۹/۴۵$^{b-e}$	۲/۲۷^{bc}	۴۳۳/۳$^{a-c}$	۰/۰۲$^{b-e}$
۳	۲۲۴/۵ ^{c}	۳۲۶$^{h-l}$	۲/۹۸$^{c-f}$	۰/۰۳$^{d-g}$	۶/۰۷$^{b-f}$	۲/۰۱^{bc}	۱۹۷$^{b-g}$	۰/۰۱$^{c-f}$
۴	۳۰۵/۳^{cd}	۳۳۹$^{b-g}$	۳/۴۲$^{a-e}$	۰/۰۲$^{d-g}$	۶/۹۷$^{b-f}$	۱/۹۵^{bc}	۲۳۴$^{b-g}$	۰/۰۲$^{b-f}$
۵	۳۶۵/۲^{cd}	۳۴۰$^{b-g}$	۲/۶۸$^{d-f}$	۰/۰۲^{g}	۳/۰۸^{f}	۱/۱۸^{c}	۱۷۳/۹$^{c-g}$	۰/۰۰۹^{f}
۶	۲۰۶۹^{a}	۳۱۹/۵$^{k-n}$	۲/۹۶$^{c-f}$	۰/۰۶$^{d-g}$	۱۲/۱۲^{b}	۴/۰۹^{b}	۳۴۹/۸$^{b-g}$	۰/۰۳^{b}
۷	۲۳۳۹ ^{a}	۳۴۱/۵$^{a-f}$	۳/۸۵^{ab}	۰/۰۱^{g}	۸/۸۸$^{b-f}$	۲/۲۹^{bc}	۷۰۸^{a}	۰/۰۲$^{b-f}$
۸	۴۰۲/۷^{cd}	۳۱۳/۵^{m}	۳/۲۷$^{b-e}$	۰/۰۱^{g}	۴/۶۲$^{d-f}$	۱/۴۱^{c}	۳۹۶/۱$^{a-e}$	۰/۰۱$^{c-f}$
۹	۲۳۱۰/۶^{a}	۳۱۷/۵^{lm}	۲/۷۷$^{d-f}$	۰/۴^{a}	۲۷/۷۵^{a}	۱۰/۱۶^{a}	۶۸/۶^{fg}	۰/۰۸^{a}
۱۰	۴۰۲/۱ ^{cd}	۳۳۱/۵$^{f-i}$	۳/۰۵$^{b-f}$	۰/۰۸$^{d-g}$	۷/۹۲$^{b-f}$	۲/۶۲^{bc}	۱۰۹/۶$^{d-g}$	۰/۰۲$^{b-f}$
۱۱	۲۸۵ ^{cd}	۳۴۲$^{a-f}$	۲/۴۲^{f}	۰/۰۴$^{d-g}$	۹/۹۳$^{b-d}$	۴/۰۷^{b}	۲۲۱$^{b-g}$	۰/۰۲$^{b-d}$
۱۲	۴۷۹/۹ ^{cd}	۳۳۹/۵$^{b-g}$	۲/۴^{f}	۰/۰۷$^{d-g}$	۷/۰۳$^{b-f}$	۳/۰۳^{bc}	۱۰۷/۴$^{e-g}$	۰/۰۲$^{b-f}$
۱۳	۳۷۲/۷^{cd}	۳۵۲^{a}	۳/۴۵$^{a-d}$	۰/۱۸^{bc}	۲۷/۶^{a}	۷/۹۹^{a}	۳۵۸/۷$^{b-f}$	۰/۰۷^{a}
۱۴	۲۴۳/۵ ^{d}	۳۴۸/۵^{ab}	۳/۷۳$^{a-c}$	۰/۱۲$^{b-e}$	۱۱/۵۲^{bc}	۳/۱۱^{bc}	۱۲۹/۵$^{c-g}$	۰/۰۳^{bc}
۱۵	۳۰۷/۴^{cd}	۳۵۲^{a}	۳/۲۹$^{a-e}$	۰/۰۴$^{d-g}$	۶/۹۵$^{b-f}$	۲/۰۶^{bc}	۱۵۲/۳$^{c-g}$	۰/۰۱$^{b-f}$
میانگین	۱۶۷۳	۳۳۵/۶۳	۲/۹۹	۰/۰۷	۸/۹۸	۲/۹۷	۲۰۸/۸۹	۰/۰۲
LSD/۵	۶۶۳	۱۰/۸۳	۰/۸	۰/۰۹	۶/۱۳	۲/۲	۳۲۲/۴۷	۰/۰۱

ادامه جدول۲- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد دانه در لاین‌های دابل هاپلوئید مختلف کلزا

لاین دابل-هاپلوئید	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	غلظت داخلی CO_2 (میکرومول‌بر مول)	تعرق(میلی‌مول‌در متر مربع در ثانیه)	هدایت‌روزنه‌ای (میلی‌مول‌درمتر مربع در ثانیه)	فتوسنتز (میکرومولCO_2درم ترمربع‌در ثانیه)	کارایی‌مصرف آب (میکرومولCO_2 برمول آب)	کارایی‌مصرف‌آب فتوسنتزی (میکرومولCO_2بر مول آب	هدایت مزوفیلی (میلی‌مول بر متر مربع‌بر ثانیه)
۱۶	۲۶۱/۱^{cd}	۳۲۹/۵^{ab}	۲/۴^{f}	۰/۰۴$^{d-g}$	۶/۵۲$^{b-f}$	۲/۶۳^{bc}	۱۵۵/۱$^{c-g}$	۰/۰۱$^{c-f}$
۱۷	۴۸۵/۹^{cd}	۳۳۳/۵$^{d-h}$	۲/۲۷^{f}	۰/۰۳^{fg}	۴/۰۴$^{d-f}$	۱/۷۶^{c}	۱۴۳$^{c-g}$	۰/۰۱$^{d-f}$
۱۸	۴۸۱/۷^{cd}	۳۴۷$^{a-c}$	۲/۷۳$^{d-f}$	۰/۰۱^{g}	۶/۶۹$^{b-f}$	۲/۴۵^{bc}	۴۹۶/۸^{ab}	۰/۰۱$^{c-f}$
۱۹	۱۱۲۰^{b}	۳۴۴$^{a-d}$	۳/۰۱$^{c-f}$	۰/۰۶$^{d-g}$	۸/۱۹$^{b-f}$	۲/۶۹^{bc}	۱۳۹/۲$^{c-g}$	۰/۰۲$^{b-f}$
۲۰	۴۲۳/۸^{cd}	۳۵۲^{a}	۲/۸۷$^{d-f}$	۰/۰۳^{fg}	۴/۳۸$^{d-f}$	۱/۴۹^{c}	۱۷۹/۶$^{b-g}$	۰/۰۱$^{d-f}$
۲۱	۲۱۱۶^{a}	۳۳۹$^{b-g}$	۳/۴۶$^{a-d}$	۰/۰۴$^{d-g}$	۹/۹۶$^{b-d}$	۲/۹^{bc}	۲۴۵/۵$^{b-g}$	۰/۰۲$^{b-d}$
۲۲	۲۱۶/۱^{d}	۳۳۵/۵$^{d-h}$	۳/۳۶$^{a-e}$	۰/۱۱$^{c-f}$	۹/۲۲$^{b-e}$	۲/۷۹^{bc}	۷۹/۳$^{e-g}$	۰/۰۲$^{b-f}$
۲۳	۸۷۳/۵^{c}	۳۳۶/۵$^{c-h}$	۲/۹۷$^{e-f}$	۰/۰۳$^{e-f}$	۴/۷$^{d-f}$	۱/۵۸^{c}	۱۳۸/۳$^{c-g}$	۰/۰۱$^{d-f}$
۲۴	۵۸۰/۹^{cd}	۳۳۳$^{d-h}$	۲/۷۱$^{d-f}$	۰/۰۸$^{d-g}$	۶/۲۹$^{b-f}$	۲/۳۴^{bc}	۷۹/۲$^{e-g}$	۰/۰۱$^{c-f}$
۲۵	۷۰۰/۹^{cd}	۳۲۹/۵$^{g-k}$	۲/۸۷$^{d-f}$	۰/۲۱^{b}	۶/۱۳$^{b-f}$	۲/۱۳^{bc}	۲۹^{g}	۰/۰۱$^{c-f}$
۲۶	۲۴۹/۵^{cd}	۳۳۰/۵$^{g-j}$	۳/۰۵$^{b-f}$	۰/۱۳$^{b-d}$	۴/۹۵$^{d-f}$	۱/۶۳^{c}	۳۸^{fg}	۰/۰۱$^{c-f}$
۲۷	۲۰۰/۷^{d}	۳۲۲$^{i-m}$	۲/۶۷$^{d-f}$	۰/۰۵$^{d-g}$	۵/۶۸$^{c-f}$	۲/۲۶^{bc}	۱۲۴/۱$^{c-g}$	۰/۰۱$^{c-f}$
۲۸	۱۹۱/۳^{d}	۳۲۰$^{j-m}$	۲/۷۳$^{d-f}$	۰/۰۶$^{d-g}$	۶/۵۲^{ef}	۱/۲۴^{c}	۵۵/۵^{fg}	۰/۰۱$^{c-f}$
۲۹	۱۳۱۲^{b}	۳۴۰$^{b-g}$	۲/۶۳^{ef}	۰/۰۴$^{d-g}$	۶/۴^{bf}	۲/۳۵^{bc}	۸۲$^{e-g}$	۰/۰۱$^{c-f}$
۳۰	۱۳۳۵^{b}	۳۱۱/۵^{m}	۲/۷۳$^{d-f}$	۰/۰۶$^{d-g}$	۲۲/۶۷^{a}	۸/۴۵^{a}	۴۳۰/۸$^{a-d}$	۰/۰۷^{a}
میانگین	۱۶۷۳	۳۳۵/۶۳	۲/۹۹	۰/۰۷	۸/۹۸	۲/۹۷	۲۰۸/۸۹	۰/۰۲
LSD٪۵	۶۶۳	۱۰/۸۳	۰/۸	۰/۰۹	۶/۱۳	۲/۲	۳۲۲/۴۷	۰/۰۱

میانگین‌های دارای حروف غیر مشابه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار دارند.

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0]
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

مربوط به لاین دابل‌هاپلویید ۹ و کم‌ترین میزان مربوط مربوط به لاین دابل‌هاپلویید ۵ بود (جدول ۲). هر چه میزان فتوسنتز بیشتر و غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه ای کمتر باشد، کارایی مصرف آب بیشتر خواهد بود (Martin and Ruiz-Torres, 1992). برخی پژوهشگران بیان داشتند استفاده از فن‌آوری‌های آبیاری، اندازه‌ی زمین و شیوه‌های آبیاری بر کارایی مصرف آب مؤثر هستند (Frija *et al*., 2009). کاهش رطوبت خاک ممکن است از طریق انسداد روزنه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف آب در برخی گیاهان از جمله ذرت دانه‌ای گردد (Sander and Bastiaanssen, 2004).

کارایی مصرف آب فتوسنتزی: بیشترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی مربوط به لاین دابل‌هاپلویید ۷ و ۹ بوده و کم ترین آن به لاین دابل‌هاپلویید ۲۵ تعلق داشت (جدول ۲). با توجه به اینکه، با افزایش پتانسیل فتوسنتز لاین، کارایی مصرف آب فتوسنتزی افزایش می‌یابد و لاین ۷ از نظر پتانسیل فتوسنتزی برتر بوده است، برتری این لاین از لحاظ کارایی مصرف آب را نیز موجب شده است. هنگام تنش رطوبتی، پایداری گیاه بسیار مهم است. بنابراین نسبت جذب دی اکسیدکربن به تعرق ثابت نمی‌ماند. به همین دلیل عمده تفاوت بین بازده مصرف آب فتوسنتزی در رژیم های مختلف رطوبتی ناشی از این امر می‌باشد که تنش خشکی به میزان متفاوتی فتوسنتز و تعرق را تحت تأثیر قرار می‌دهد، که در نهایت منجر به تفاوت معنی‌دار بازده مصرف آب فتوسنتزی بین رژیم‌های مختلف رطوبتی می‌گردد (El Hafid *et al*., 1998).

هدایت مزوفیلی: بیشترین میزان هدایت مزوفیلی در لاین دابل‌هاپلویید ۹ و کم‌ترین میزان آن به لاین دابل هاپلویید ۵ دیده شد (جدول ۲). Barutcular و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشته‌اند که عامل اصلی محدود کننده فتوسنتز، کاهش هدایت مزوفیلی است. طی تحقیقی که توسط بولوم بر روی گندم انجام گردید مشخص گردید که سرعت بیشتر فتوسنتز به واسطه‌ی هدایت مزوفیلی بیشتر است. بالا بودن هدایت مزوفیلی بیانگر کارآیی فرآوری بیشتر کربن می‌باشد (Ratnayak and Kincaid, 2005).

همان طور که از مقایسات بر می‌آید لاین دابل‌هاپلویید شماره ۹ دارای بیشترین میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی بوده است. در حالی که لاین دابل‌هاپلویید شماره ۵ دارای کم ترین میزان فتوسنتز، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی بوده است.

عملکرد در واحد سطح: بیشترین عملکرد دانه به لاین دابل‌هاپلویید ۷ و ۹ به ترتیب با میانگین ۲۳۳۹ و ۲۳۱۱ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت. عملکرد دانه کلزا به ظرفیت عملکرد رقم، شرایط آب و هوایی، نوع خاک و مدیریت زراعت بستگی داشته و عوامل ژنتیکی و زراعی تعیین کننده رشد و نمو گیاه و در نتیجه عملکرد دانه هستند (Farre *et al*., 2002). نتایج سایر مطالعات انجام گرفته نیز حاکی از تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های کلزا از لحاظ ظرفیت عملکرد می‌باشد. در گزارشی در شرایط استان فارس مشاهده گردید که ارقام طلایه و هایولا ۳۰۸ به ترتیب بیشترین و کم‌ترین عملکرد دانه را داشته‌اند (میری و همکاران، ۱۳۸٦). نتایج مطالعه دیگری حاکی از این بوده است که لاین‌های دابل‌هاپلویید کلزا عملکرد قابل قبول و در حد عملکرد دانه ارقام تجاری تولید کرده‌اند (Kucera et *al*.,1993). طی آزمایشی که شرایط اهواز اجرا شد مشخص گردید که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب به هیبرید هایولا ٤۰۱ با ۲/٦۱ تن در هکتار و ژنوتیپ آپشن ۵۰۰ با ۱/۵۱ تن در هکتار تعلق داشته است (خیاط، ۱۳۸۸). در آزمایشی دیگر بیشترین و کم‌ترین میزانعملکرد دانه به ترتیب به رقم هایولا ٤۰۱ (۵۳٦۷ کیلوگرم در هکتار) و رقم گولیاس (۲٤٦۰ کیلوگرم در هکتار) اختصاص داشته است (سلیمانزاده و همکاران، ۱۳۸٦).

روابط صفات: نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که بین صفات هدایت مزوفیلی و هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی در سطح احتمال یک در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0]

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی در ۳۰ لاین دابل‌هاپلویید کلزا

صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸
۱ غلظت داخلی CO_2	۱							
۲ تعرق	۰/۱۹^{ns}	۱						
۳ هدایت روزنه‌ای	-۰/۲۳^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	۱					
٤ فتوسنتز	-۰/۱۱^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۰/٦**	۱				
٥ کارایی مصرف آب	۰/۱۳^{ns}	۰/۳٦**	-۰/٤۱**	۰/۲^{ns}	۱			
٦ هدایت مزوفیلی	-۰/۱۷^{ns}	۰/۱٦^{ns}	۰/٦۱**	۰/۹۹**	۰/۱۹^{ns}	۱		
۷ کارایی مصرف آب	۰/۱	۰/۰۷	-۰/۲۳	-۰/۰۲	۰/٦۱**	۰/۱۱	۱	
۸ عملکرد دانه	-۰/۰٤^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	۰/۱٤^{ns}	۰/۲۹*	-۰/۰۳^{ns}	۰/۳۰*	۰/۳۳**	۱

^{ns}، **و*به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

صد همبستگی مثبت و معنی‌داری معنی‌داری وجود داشته است (جدول ۳). نتایج تجزیه همبستگی همچنین نشان داد که عملکرد با صفات فتوسنتز و هدایت مزوفیلی در سطح احتمال ۵ در صد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته است. ضمن اینکه عملکرد با هدایت مزوفیلی همبستگی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. بین صفات فتوسنتز و هدایت مزوفیلی همبستگی بسیار معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. اگر چه میزان فتوسنتز عامل اصلی کنترل رشد بوته و عملکرد است، اما رابطه بین میزان فتوسنتز و عملکرد دانه بسیار پیچیده است، و از این رو، نتایج متناقض در مورد این ارتباط مشاهده شده است. بطوری‌که در گزارشی بین صفات فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه در گیاه کلزا ارتباطی وجود نداشته است (Wells *et al.*, 1982) و از طرفی در گیاه سویا بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای ارتباط معنی‌داری گزارش شده است(Hobbs and Mahon, 1982) .

نتیجه‌گیری:

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که لاین دابل‌هاپلویید شماره ۳۰ دارای بیشترین فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب وهدایت مزوفیلی بوده است. ضمن اینکه لاین‌های دابل‌هاپلویید ۷ و ۹ نیز از لحاظ از این صفات تفاوت معنی‌داری با این لاین نداشتند. از طرف دیگر لاین دابل‌هاپلویید شماره ۱٦ دارای کم‌ترین هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب و فتوسنتز بوده است. نتایج نشان داد که بین عملکرد دانه و صفات فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و هم‌چنین کارایی مصرف آب همبستگی معنی داری وجود داشته است. از سویی دیگر ژنوتیپ‌های دارای فتوسنتز بیشتر علاوه بر هدایت روزنه‌ای بالا هدایت مزوفیلی و به عبارتی کارآیی بیشتری در استفاده از دی اکسید کربن وارد شده به روزنه را دارا هستند و در نتیجه از غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای آن‌ها کاسته شده است از این نتایج می‌توان استنباط کرد که بین صفات فتوسنتز، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی رابطه نزدیکی وجود دارد. ضمن‌اینکه با توجه به تفاوت شاخص‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ های مورد بررسی، می توان این آزمایش را در شرایط تنش خشکی نیز اجرا نموده و نتایج را با قیاس شرایط شاهد برای انتخاب ژنوتیپ‌های کارآمد در شرایط تنش مورد بهره‌برداری قرار داد.

منابع:

سلیمانزاده، ح. ، لطیفی، ن. و سلطانی، ا. (۱۳۸٦) ارتباط فنولوژی و صفات فیزیولوژیک با عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا تحت شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0]

منابع طبیعی ۵: ٦٧ -٧٣.

خیاط، م. (۱۳۸۸) اثر تاریخ کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد، شاخص‌های رشد و صفات فنولوژیک ژنوتیپ‌های کلزا در اهواز. مجله یافته‌های نوین کشاورزی ۳: ۲۳۵- ۲٤۷.

مهدوی، ف.، اسماعیلی، م. ع.، فلاح، ا. و پیردشتی، ه. ا. (۱۳۷٦) مطالعه خصوصیات مورفولوژیک، شاخص های فیزیولوژیک. عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام بومی و اصلاح شده برنج. مجله علوم زراعی ایران ۷: ٦٨-۷۹.

میری، ح.، امام، ی. و نور محمدی، ق. (۱۳۸٦) ارزیابی برخی صفات مرفوفیزیولوژیک مؤثر بر افزایش عملکرد دانه کلزا. مجله دانش کشاورزی ۱۷: ۱۰۱ -۱۱۷.

Austin, R. B., Bigham, J., Blackwell, R. D., Evans, L.T., Ford, M. A., Morgan, C. L. and Taylor, M. (1980) Genetic improvement in winter wheat yields during 1900 and associated physiological changes. Journal of Agricultural Science Cambridge 94: 675–89.

Austin, R. B. (1989) Genetic variation in photosynthesis. Journal of Agricultural Science 112: 287-293.

Barutcular, C., Genc, I. and Koc, M. (2000) Photosynthetic water use efficiency of old and modern durum wheat genotypes from southeastern Turkey In: Proceedings of a Seminar on Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region (ed. Roya, C.). pp. 233-238. New Challenges. Series A/No 40.

Bishop, D. L. and Bugbee, B. G. (1998) Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi-dwarf wheat. Journal of Plant Physiology 153:558-565.

Brownlee, C. (2001) The long and short of stomatal density signals. Trends in Plant Science 6:441-442.

El Hafid, K., Smith, D., Karrou, M., Sqmir, K. (1998)Physiological response of spring durum wheat cultivars to early –season drought in a Mediterranian environment. Annals of Botany 81: 363-370.

Farre, I., Robertson, M. J., Walto, G. H. and Asseng, S. (2002) Simulating phenology and field response of canola to sowing date in Western Australia. Australia. Journal Experimental Agriculture 53: 1155-1164.

Frija, A., Chebil, A., Speelman, S., Buysse, J. and Van Huylenbroeck, G. (2009) Water use and technical efficiencies in horticultural green houses in Tunisia. Agricultural Water Management 2808:1- 8.

Habir, S. K., Jarwal, S. D., Singht, D. S. and Tank, D. S. (1989) Water production function for Indian rape. Oilseeds Research 6:316-321.

Hobbs, S. L. A. and Mahon, J. D. (1982) Variation, heritability and relation to yield of physiological characters in peas. Crop Science 32: 773–9.

Kicheva, M. L., Tsonev, T. D. and Popova, L. P. (1994) Stomatal and nonstomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. Photosynthetica 30:107-116.

Kucera, V., Vyvadilova, M., Zelenkova, S. and S. Devera. (1993) Variability of economic traits of winter rape dihaploid lines derived from the Darmor. Food and Agriculture Organization 39: 21– 427.

Martin, B. and N. A. Ruiz-Torres. (1992) Effect of water-deficit stress on photosynthesis, its components and component limitations and on water use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology 100: 733-739.

Munoz, F. and Fernondes, J. M. (1975) Effect of different level of irrigation on the yield of a crop of rape in south- east Spain. Proceeding of 5th International Rapeseed Conference. Volume I, pp.250-254.

Ratnayaka, H. H., and Kincaid, D. (2005) Gas exchange and leaf ultra structure tinnevelly senna, *Cassia angustifulia*, under drought and nitrogen stress. Crop Science 45: 840-847.

Reddy, B. K., Rao, D. M. R., Reddy, M. P., Jayaram, R. H. and Suryanarayana, N. (2003) Variation of chlorophyl content and its relationship with leaf area and leaf yield in wheat. Advances in Plant Sciences 16:277-280.

Sander, J. Z. and Bastiaanssen, W. G. (2004) Review of measured crop water productivity values for irrigation wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management 69: 115-33.

Wells, R., L. L., Schulze, D.A., Ashley, H. R., Boerma and Brown, R. H. (1982)Cultivars differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to yield in soybeans. Crop Science 22: 886–90.

Winter, S. R., Musick, J. T., and Porter, K. B. (1988) Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistance winter wheat. Crop Science28: 512-516.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.5.0]