

ارزیابی تنوع مؤلفه‌های فتوستتزی در لاین‌های دابل‌هاپلوئید 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: ۱۳۹۲/۰۴/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۷)

چکیده:

این آزمایش به منظور ارزیابی خصوصیات فتوستتزی و ارتباط آنها با عملکرد دانه در ۳۰ لاین دابل‌هاپلوئید کلزا *Brassica napus* L. در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری غربی اصفهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. در این پژوهش خصوصیات چون میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، غلظت دی اکسید کربن داخل روزنه‌ای، کارایی مصرف آب فتوستتزی، میزان فتوستتزی، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که لاین‌های دابل‌هاپلوئید کلزا از لحاظ تمامی خصوصیات مرتبط با فتوستتزی و همچنین عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری داشتند. نتایج جدول همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه و صفات فتوستتزی $r=0/29$ ، هدایت مزوفیلی ($r=0/30$) در سطح احتمال ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشته است و همچنین بین صفت عملکرد دانه با کارایی مصرف آب ($r=0/33$) همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بین صفات فتوستتزی و هدایت مزوفیلی همبستگی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت ($r=0/99$). ضمن اینکه لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۹ دارای بیشترین فتوستتزی (۲۷/۷۵)، هدایت روزنه‌ای (۰/۴)، کارایی مصرف آب (۱۰/۱۶) و هدایت مزوفیلی (۰/۰۸) و لاین دابل‌هاپلوئید ۵ دارای کم‌ترین هدایت مزوفیلی (۰/۰۹) و فتوستتزی (۳/۰۸) بودند. در مجموع می‌توان گفت که بین تمامی لاین‌های دابل‌هاپلوئید مختلف کلزا از لحاظ صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. که این اختلاف حاکی از تنوع بالای ژنتیکی لاین‌های دابل‌هاپلوئید از لحاظ صفات مرتبط با فتوستتزی و در نتیجه ظرفیت عملکرد دانه بوده است.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های فتوستتزی، عملکرد دانه، کلزا.

مقدمه:

موجب کاهش سطح فتوستتزی کننده‌ی گیاه و در نهایت کاهش تسهیم مواد به دانه می‌شود. فتوستتزی مهم‌ترین فرآیند 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

دانه‌های کلزا دارای (*Brassica napus* L.) ۴۲ درصد روغن و حدود ۲۵ درصد پروتئین دارند. کلزا گیاه یک ساله و هیبرید آمفی دیپلوئید طبیعی از خانواده براسیکاسه با مسیر فتوستتزی سه کربنه می‌باشد. در کلزا پایین بودن میزان رطوبت خاک، همراه با کاهش مساحت برگ‌ها

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

هاست. واکنش برگ‌ها به عنوان اندام اصلی فتوستتز کننده با توجه به دمای هوا، دمای برگ، رطوبت نسبی هوا و سایر خصوصیات محیطی متفاوت است. عوامل محدود کننده فتوستتز به دو دسته تقسیم می‌شوند: عوامل روزنه‌ای که منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شوند و عوامل غیر روزنه‌ای که فتوستتز 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 دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای افزایش می‌یابد. عامل اصلی محدود کننده فتوستتز، کاهش هدایت مزوفیلی است.

حفظ و نگهداری سرعت طبیعی تبادلات گازی از جمله خصوصیات است که باعث افزایش رشد و عملکرد می‌شود. روزنه‌ها مدخل اصلی گیاه هستند و شکاف روزنه‌ها نقش مهمی را در کنترل تبادلات گازی، تعرق و فتوستتز ایفا می‌کند (Ratnayaka and Kincaid, 2005). بستن روزنه‌ها موجب کاهش همزمان فتوستتز و هدایت روزنه‌ای می‌شود. روزنه‌ها میزان کارایی مصرف آب و در نهایت ظرفیت عملکرد را در فرآیند فتوستتزی تحت تاثیر قرار می‌دهند. اندازه روزنه‌ها عموماً در واکنش به عوامل محیطی و درونی تحت تاثیر 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 فتوستتز و میزان هدایت روزنه‌ای وجود دارد.

روزنه‌ها تحت تاثیر عوامل محیطی از جمله نور، میزان رطوبت، غلظت دی‌اکسید 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 فتوستتزی بیشتری دارد و این سرعت فتوستتز به واسطه‌ی هدایت مزوفیلی بیشتر بود. طی آزمایشی مشخص شد که میزان فتوستتز گیاه زراعی به سرعت فتوستتز 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 فتوستتز 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 فتوستتزی در گیاهان زراعی با تعداد محدود ژنوتیپ در شرایط تنش اجرا شده است. اما با توجه به واکنش متفاوت شاخص‌های فتوستتزی در شرایط محیطی تنش، آگاهی از تنوع ژنوتیپی شاخص‌های فتوستتزی در شرایط محیطی عادی و روابط آنها با عملکرد دانه حائز اهمیت است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عوامل فتوستتزی و روابط آنها با عملکرد دانه در ۳۰ لاین دابل‌هاپلوئید 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

بودن میزان هدایت مزوفیلی و عدم توانایی سلول‌های مزوفیل در استفاده از دی اکسید کربن می‌باشد. کارایی مصرف آب فتوستتزی شاخصی است که میزان فتوستتزی به ازاء هر واحد هدایت روزنه‌ای و تعرق را نشان می‌دهد.

اندازه‌گیری شاخص‌های فتوستتزی طی یک نوبت برای هر لاین دابل‌هپلوئید در مرحله‌ی گلدهی در ساعات ۹-۱۲ 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 دابل‌هپلوئید در دو تکرار اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌های شاخص‌های فتوستتزی توسط دستگاه اندازه‌گیری تبادل گازی قابل حمل مدل ال. سی. آی نسخه نرم افزار ۱/۱۰ ساخت کشور انگلستان انجام شد. جهت اندازه‌گیری عوامل فتوستتزی 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 درصد انجام شد.

نتایج و بحث:

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

غلظت داخلی دی اکسید کربن: بیشترین غلظت داخلی

دی اکسید کربن به لاین دابل‌هپلوئید ۱۳، ۱۵، ۲۰ و کم‌ترین آن به لاین دابل‌هپلوئید ۳۰ اختصاص داشت (جدول ۲). با کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن داخل برگ و کاهش انتقال آن به کلروپلاست فتوستتزی محدود می‌گردد (Kicheva et al., 1994). طی تحقیق صورت گرفته بر روی ارقام پابلند و پاکوتاه گندم مشخص شد در ارقام پاکوتاه گندم با سطح برگ پرچم کوچکتر، ظرفیت تبادل خالص دی اکسید کربن بیشتری در مقایسه با ارقام پابلند

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 دابل‌هپلوئید کلزا بودند. که لاین‌های دابل‌هپلوئید، حاصل از تلاقی دو رقم زرفام × آرچی اس ۰۰۳ بوده که در کشور آلمان تهیه شده‌اند. قابل ذکر است که ارقام والدی ابتدا در طی دو نسل مورد خودگشتی 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 دابل‌هپلوئید در یک ردیف به طول ۲ متر با فواصل بذور ۴ سانتی‌متری و با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند. آبیاری کرت‌ها یکبار در هفته صورت می‌گرفت. در مرحله‌ی روزت به منظور رشد رویشی بهتر لاین‌های دابل‌هپلوئید 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 فتوستتزی 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 فتوستتزی (میکرومول دی اکسید کربن بر مول آب) با تقسیم میزان فتوستتزی به هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی (میلی مول دی اکسید کربن در متر مربع در ثانیه) با تقسیم فتوستتزی به غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای و کارایی مصرف آب از نسبت میزان تثبیت فتوستتزی بر تعرق حاصل محاسبه شد. میزان کمتر فتوستتزی و فرآوری دی اکسید کربن در حضور مقادیر بالای دی اکسید کربن داخل روزنه‌ای به مفهوم پایین

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات فتوستزی و عملکرد دانه در ۳۰ لاین دابل هاپلوئید کلزا.

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	غلظت داخلی CO ₂	تعرق	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب فتوستزی	کارایی مصرف آب	فتوستز	هدایت روزنه‌ای
تکرار	۱	۶۶۶۰۰۴۹*	۱۹/۲۶	۰/۶۹	۰/۰۰۴	۱۹/۱۳	۰/۰۲	۵۳۲۶	۰/۰۰۰۱
لاین دابل هاپلوئید	۲۹	۷۷۰۵۶۴*	۲۶۶/۴**	۰/۳۹**	۰/۰۱۲**	۷۸/۶**	۹/۱**	۴۹۲۵۴*	۰/۰۰۰۷**
اشتباه آزمایشی	۲۹	۶۶۱۱۷۳	۲۸/۰۵	۰/۱۵	۰/۰۰۲	۹/۰۰۵	۱/۱۶	۲۴۸۵۹	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 دابل هاپلوئید ۲ و کمترین میزان تعرق به لاین دابل هاپلوئید ۱۷ اختصاص داشت (جدول ۲). سازگاری گیاهان عمدتاً از طریق فرآیندهای تعرق و فتوستز در برگ‌ها صورت می‌گیرد (Brownlee, 2001). نتایج برخی پژوهش‌ها که بر روی گندم انجام گرفت نشان داد که کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای، منجر به مصرف آب پایین‌تر در گیاه و نیز موجب افزایش پتانسیل آب برگ پرچم می‌شود. طبق برخی گزارش‌ها 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 دابل هاپلوئید ۹ و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به لاین دابل هاپلوئیدهای ۱۸ و 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 فتوستز، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه در گیاه کلزا ارتباطی وجود ندارد (Wells et al., 1982) و برخی دیگر در گیاه سویا بین فتوستز 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 فتوستز مشاهده شد (Austin et al., 1980).

میزان فتوستز: بیشترین میزان فتوستز مربوط به لاین دابل هاپلوئید ۹ و کمترین آن مربوط به لاین دابل هاپلوئید ۵ بود (جدول ۲). کاهش هماهنگ فتوستز و هدایت روزنه‌ای تحت شرایط محیطی، نشان دهنده‌ی محدودیت روزنه‌ای در فتوستز است (Austin, 1989). بسته شدن روزنه‌ها موجب توقف فتوستز می‌گردد که علی‌رغم حفظ آب، به علت افزایش دمای برگ نامطلوب است. نرخ بالاتر فتوستز بدون وجود تغییرات قابل توجهی در عملکرد می‌تواند به دلیل اثرات چند ژنی عملکرد در طی پر شدن دانه و یا به دلیل روش اندازه‌گیری میزان فتوستز (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 فتوستز خالص در ارقام ناسازگار و دیر رس کم‌تر از هیبریدهای زودرس بوده و از آنجا که مقدار فتوستز با افزایش مدت زمان فتوستز روزانه یا افزایش دوام سطح برگ در طول پر شدن دانه بیشتر می‌شود، بنابراین هیبریدهای زودرس از توان تولید عملکرد بیشتری در مقایسه با هیبریدهای دیررس برخوردارند (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج مطالعه دیگری نشان داده است که سرعت و نرخ فتوستز، 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 فتوستز خالص با زمان ثابت نمی‌باشد و با افزایش سن گیاه یک افت نزولی نشان داده است.

کارایی مصرف آب: بیشترین میزان کارایی مصرف آب

جدول ۲-مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد دانه در لاین‌های دابل‌هاپلوئید مختلف کلزا

مدایت مورفولوژی	کارایی مصرف آب	کارایی مصرف آب	کارایی مصرف آب	فتوسنتزی (میکرومول)	کارایی مصرف آب	کارایی مصرف آب	فتوسنتز	مدایت‌روزنه‌ای	تورق	غلظت داخلی CO ₂	عملکرد دانه
(میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه)	CO ₂ مول آب)	CO ₂ (میکرومول)	CO ₂ (میکرومول آب)	در ثانیه)	CO ₂ (میکرومول در ثانیه)	در ثانیه)	در ثانیه)	(میلی‌مول در متر مربع در ثانیه)	(میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه)	(میکرومول بر مول)	(کیلوگرم در هکتار)
۰/۰۰۰	۳۱۷/۳ ^{bc}	۲/۴ ^{abc}	۷/۳۳ ^{cd}	۰/۰۰۰	۳۱۰/۳ ^{ab}	۲/۱ ^{ab}	۳۱۰/۳ ^{ab}	۳۳۰ ^{bc}	۳۱۰/۳ ^{ab}	۳۳۰ ^{bc}	۷۰۱/۸ ^c
۰/۰۰۰	۳۳۳/۳ ^{abc}	۲/۳ ^{abc}	۹/۲۵ ^{bc}	۰/۰۰۰	۳۳۳/۳ ^{abc}	۲/۱ ^{ab}	۳۳۳/۳ ^{abc}	۳۳۳ ^{bc}	۳۳۳/۳ ^{abc}	۳۳۳ ^{bc}	۲۶۹ ^{cd}
۰/۰۰۰	۱۹۷ ^{bc}	۲/۰ ^{abc}	۶/۰۷ ^{bc}	۰/۰۰۰	۱۹۷ ^{bc}	۲/۰ ^{abc}	۱۹۷ ^{bc}	۲۲۲ ^{cd}	۲۰۹ ^{cd}	۲۲۲ ^{cd}	۲۲۲/۵ ^c
۰/۰۰۰	۳۳۳ ^{bc}	۱/۹ ^{bc}	۶/۰۷ ^{bc}	۰/۰۰۰	۳۳۳ ^{bc}	۲/۴ ^{abc}	۳۳۳ ^{bc}	۳۳۹ ^{bc}	۳۳۹ ^{bc}	۳۳۹ ^{bc}	۳۰۵/۳ ^{cd}
۰/۰۰۰	۱۷۳/۹ ^{cd}	۱/۱۸ ^c	۳/۰۰ ^c	۰/۰۰۰	۱۷۳/۹ ^{cd}	۰/۰۰۰	۱۷۳/۹ ^{cd}	۳۳۰ ^{bc}	۲/۶۸ ^{cd}	۳۳۰ ^{bc}	۳۳۵/۳ ^{cd}
۰/۰۰۰	۳۳۹/۸ ^{bc}	۲/۰ ^{ab}	۱۲/۱ ^{ab}	۰/۰۰۰	۳۳۹/۸ ^{bc}	۲/۰ ^{ab}	۳۳۹/۸ ^{bc}	۳۱۹/۵ ^{cd}	۲/۹۶ ^{cd}	۳۱۹/۵ ^{cd}	۲۰۶ ^{cd}
۰/۰۰۰	۷۰۰ ^d	۲/۲ ^{abc}	۸/۸۸ ^{cd}	۰/۰۰۰	۷۰۰ ^d	۲/۲ ^{abc}	۷۰۰ ^d	۳۳۱/۵ ^{cd}	۲/۸۵ ^{cd}	۳۳۱/۵ ^{cd}	۳۳۹ ^{bc}
۰/۰۰۰	۳۹۶/۱ ^{cd}	۱/۴ ^c	۴/۶۴ ^{cd}	۰/۰۰۰	۳۹۶/۱ ^{cd}	۰/۰۰۰	۳۹۶/۱ ^{cd}	۳۱۳/۵ ^{cd}	۳/۲۷ ^{cd}	۳۱۳/۵ ^{cd}	۴۰۲/۸ ^{cd}
۰/۰۰۰	۶۸۰/۴ ^c	۱۰/۱ ^{ab}	۳۷/۷ ^{cd}	۰/۰۰۰	۶۸۰/۴ ^c	۰/۴ ^d	۶۸۰/۴ ^c	۳۱۷/۵ ^{cd}	۲/۸۸ ^{cd}	۳۱۷/۵ ^{cd}	۳۳۱ ^{bc}
۰/۰۰۰	۱۰۰۹/۵ ^{cd}	۲/۶ ^{abc}	۷/۹ ^{cd}	۰/۰۰۰	۱۰۰۹/۵ ^{cd}	۰/۰۰۰	۱۰۰۹/۵ ^{cd}	۳۳۱/۵ ^{cd}	۳/۰ ^{cd}	۳۳۱/۵ ^{cd}	۴۰۲/۸ ^{cd}
۰/۰۰۰	۲۲۱ ^{bc}	۲/۰ ^{ab}	۹/۹ ^{cd}	۰/۰۰۰	۲۲۱ ^{bc}	۰/۰۰۰	۲۲۱ ^{bc}	۳۴۳ ^{cd}	۲/۴۴ ^d	۳۴۳ ^{cd}	۲۸۵ ^{cd}
۰/۰۰۰	۱۰۰۷/۴ ^{cd}	۳/۰ ^{abc}	۷/۰ ^{cd}	۰/۰۰۰	۱۰۰۷/۴ ^{cd}	۰/۰۰۰	۱۰۰۷/۴ ^{cd}	۳۳۹/۵ ^{cd}	۲/۴ ^d	۳۳۹/۵ ^{cd}	۲۷۹/۹ ^{cd}
۰/۰۰۰	۳۵۸/۷ ^{cd}	۷/۹ ^{ab}	۲۷/۶ ^{cd}	۰/۰۰۰	۳۵۸/۷ ^{cd}	۰/۱ ^{bc}	۳۵۸/۷ ^{cd}	۳۵۳ ^d	۳/۴۵ ^{cd}	۳۵۳ ^d	۳۷۳/۸ ^{cd}
۰/۰۰۰	۱۲۹/۵ ^{cd}	۳/۱ ^{bc}	۱۱/۵ ^{cd}	۰/۰۰۰	۱۲۹/۵ ^{cd}	۰/۱ ^{bc}	۱۲۹/۵ ^{cd}	۳۳۸/۵ ^{cd}	۳/۸ ^{cd}	۳۳۸/۵ ^{cd}	۲۲۲/۵ ^d
۰/۰۰۰	۱۵۲/۳ ^{cd}	۲/۰ ^{bc}	۶/۰ ^{cd}	۰/۰۰۰	۱۵۲/۳ ^{cd}	۰/۰۰۰	۱۵۲/۳ ^{cd}	۳۵۳ ^d	۳/۲۹ ^{cd}	۳۵۳ ^d	۳۰۷/۴ ^{cd}
۰/۰۰۰	۲۰۸/۸ ^d	۲/۸ ^{ab}	۸/۹ ^{cd}	۰/۰۰۰	۲۰۸/۸ ^d	۰/۰۰۰	۲۰۸/۸ ^d	۳۳۵/۴ ^d	۲/۹ ^d	۳۳۵/۴ ^d	۱۶۷ ^d
۰/۰۰۰	۳۲۲/۴ ^d	۲/۲	۶/۱۳	۰/۰۰۰	۳۲۲/۴ ^d	۰/۰۰۰	۳۲۲/۴ ^d	۱۰۰/۸ ^d	۰/۸	۱۰۰/۸ ^d	۶۶ ^d
											LSD/۵

است. بالا بودن هدایت مزوفیلی بیانگر کارایی فرآوری بیشتر کربن می‌باشد (Ratnayak and Kincaid, 2005).

همان طور که از مقایسات بر می‌آید لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۹ دارای بیشترین میزان فتوستتزی، هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی بوده است. در حالی که لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۵ دارای کمترین میزان فتوستتزی، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی بوده است.

عملکرد در واحد سطح: بیشترین عملکرد دانه به لاین دابل‌هاپلوئید 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 طلاپه و هایولا ۳۰۸ به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشته‌اند (میری و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج مطالعه دیگری حاکی از این بوده است که لاین‌های دابل‌هاپلوئید 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 ۴۰۱ با ۲/۶۱ تن در هکتار و ژنوتیپ آپشن ۵۰۰ با ۱/۵۱ تن در هکتار تعلق داشته است (خیاط، ۱۳۸۸). در آزمایشی دیگر بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به ترتیب به رقم هایولا ۴۰۱ (۵۳۶۷ کیلوگرم در هکتار) و رقم گولیا (۲۴۶۰ کیلوگرم در هکتار) اختصاص داشته است (سلیمانزاده و همکاران، ۱۳۸۶).

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

مربوط به لاین دابل‌هاپلوئید ۹ و کمترین میزان مربوط به لاین دابل‌هاپلوئید ۵ بود (جدول ۲). هر چه میزان فتوستتزی بیشتر و غلظت دی‌اکسید 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 فتوستتزی: بیشترین کارایی مصرف آب فتوستتزی مربوط به لاین دابل‌هاپلوئید ۷ و ۹ بوده و کمترین آن به لاین دابل‌هاپلوئید ۲۵ تعلق داشت (جدول ۲). با توجه به اینکه، با افزایش پتانسیل فتوستتزی لاین، کارایی مصرف آب فتوستتزی افزایش می‌یابد و لاین ۷ از نظر پتانسیل فتوستتزی 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 دی‌اکسید کربن به تعرق ثابت نمی‌ماند. به همین دلیل عمده تفاوت بین بازده مصرف آب فتوستتزی در رژیم‌های مختلف رطوبتی ناشی از این امر می‌باشد که تنش خشکی به میزان متفاوتی فتوستتزی و تعرق را تحت تأثیر قرار می‌دهد، که در نهایت منجر به تفاوت معنی‌دار بازده مصرف آب فتوستتزی بین رژیم‌های مختلف رطوبتی می‌گردد (El Hafid et al., 1998).

هدایت مزوفیلی: بیشترین میزان هدایت مزوفیلی در لاین دابل‌هاپلوئید ۹ و کمترین میزان آن به لاین دابل‌هاپلوئید ۵ دیده شد (جدول ۲). Barutcular و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشته‌اند که عامل اصلی محدود کننده فتوستتزی، کاهش هدایت مزوفیلی است. طی تحقیقی که توسط بولوم بر روی گندم انجام گردید مشخص گردید که سرعت بیشتر فتوستتزی به واسطه‌ی هدایت مزوفیلی بیشتر

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

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱ غلظت داخلی CO ₂	۱							
۲ تعرق	۰/۱۹ ^{ns}	۱						
۳ هدایت روزنه‌ای	-۰/۲۳ ^{ns}	-۰/۰۲ ^{ns}	۱					
۴ فتوستتزر	-۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۶ ^{**}	۱				
۵ کارایی مصرف آب	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۳۶ ^{**}	-۰/۴۱ ^{**}	۰/۲ ^{ns}	۱			
۶ هدایت مزوفیلی	-۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۶۱ ^{**}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۱۹ ^{ns}	۱		
۷ کارایی مصرف آب	۰/۱	۰/۰۷	-۰/۲۳	-۰/۰۲	۰/۶۱ ^{**}	۰/۱۱	۱	
۸ عملکرد دانه	-۰/۰۴ ^{ns}	-۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۴ ^{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.

کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی بوده است. ضمن اینکه لاین‌های دابل‌هاپلوئید ۷ و ۹ نیز از لحاظ از این صفات تفاوت معنی‌داری با این لاین نداشتند. از طرف دیگر لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۱۶ دارای کم‌ترین هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب و فتوستتزر بوده است. نتایج نشان داد که بین عملکرد دانه و صفات فتوستتزر، هدایت مزوفیلی و همچنین کارایی مصرف آب همبستگی معنی‌داری وجود داشته است. از سویی دیگر ژنوتیپ‌های دارای فتوستتزر بیشتر علاوه بر هدایت روزنه‌ای بالا هدایت مزوفیلی و به عبارتی کارایی 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 فتوستتزر، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی رابطه نزدیکی وجود دارد. ضمن اینکه با توجه به تفاوت شاخص‌های فتوستتزی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی، می‌توان 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.

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

نتیجه‌گیری:

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که لاین دابل‌هاپلوئید شماره ۳۰ دارای بیشترین فتوستتزر، هدایت روزنه‌ای،

منابع:

سلیمانزاده، ح.، لطیفی، ن. و سلطانی، ا. (۱۳۸۶) ارتباط

فنولوژی و صفات فیزیولوژیک با عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا تحت شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی و

- 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 angustifolia*, 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 chlorophyll 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 Science* 28: 512-516.
- منابع طبیعی ۵: ۶۷-۷۳.
- خیاط، م. (۱۳۸۸) اثر تاریخ کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد، شاخص‌های رشد و صفات فنولوژیک ژنوتیپ‌های کلزا در اهواز. *مجله یافته‌های نوین کشاورزی* ۳: ۲۳۵-۲۴۷.
- مهدوی، ف.، اسماعیلی، م. ع.، فلاح، ا. و پیردشتی، ه. ا. (۱۳۷۶) مطالعه خصوصیات مورفولوژیک، شاخص‌های فیزیولوژیک. *عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام بومی و اصلاح شده برنج. مجله علوم زراعی ایران* ۷: ۶۸-۷۹.
- میری، ح.، امام، ی. و نور محمدی، ق. (۱۳۸۶) 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 Mediterranean 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.