تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد نهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۵
۱۲۱-۱۲۷

اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۰ ژنوتیپ کلزا در شرایط آب‌وهوایی بیرجند

محمد ضابط[1*]، سامان صدیق[2]، علیرضا صمدزاده[3]

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.
۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.
۳. مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای آن تحت تنش خشکی آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و ده تیمار در دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی بیرجند به اجرا در آمد. صفات موردبررسی شامل تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸ و لیکورد دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط معمول و ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸ و مودنا دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش بودند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که در شرایط معمول عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و در شرایط تنش عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی دارند. تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که در شرایط معمول عملکرد بیولوژیک و در شرایط تنش شاخص برداشت تأثیرگذارترین عوامل بر عملکرد دانه بودند. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که چهار عامل در شرایط معمول ۸۵ درصد و در شرایط تنش ۸۶/۶ درصد از کل تغییرات واریانس را توجیه نمودند. به‌طور کل معلوم شد که ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ و لیکورد دارای عملکرد دانه بالایی در هر دو شرایط آبیاری بود، اما ژنوتیپ مودنا تنها عملکرد دانه بالایی در شرایط تنش داشت.

واژه‌های کلیدی: **تجزیه خوشه‌ای، رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیه به عامل‌ها.**

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی یک‌ساله از تیره چلیپائیان است (Mobaser and Piri, 2008). کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که در سطح دنیا جهت استخراج روغن کشت می‌شود و از بیشترین رشد سالانه در بین روغن‌های گیاهی مهم جهان برخوردار است، به‌طوری‌که از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۳ میزان تولید آن در دنیا از ۲۶/۷ به بیش از ۷۲/۶ میلیون تن، عملکرد از ۱۳۰۰ به بیش از ۱۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و سطح زیر کشت از ۲۰ به بیش از ۳۶ میلیون هکتار رسیده است. مقایسه آمارها نشان می‌دهد که در ایران نیز پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای وجود داشته است، به‌طوری‌که از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ میزان تولید از ۷۶ به ۳۵۰ هزار تن، عملکرد از ۱۵۹۲ به ۲۰۵۸ کیلوگرم در هکتار و سطح زیر کشت از ۴۸ به ۱۷۰ هزار هکتار رسیده است (FAO, 2014). امروزه کلزا مهم‌ترین منبع تولید روغن در آمریکا و اروپا می‌باشد. در دنیا و آسیا بعد از روغن پالم بیشترین میزان روغن استحصالی از کلزا می‌باشد (FAO, 2014).

بذور رقم‌های جدید کلزا تا ۴۰-۴۵ درصد روغن دارند، کنجاله آن نیز با دارا بودن ۴۶/۵ درصد پروتئین، ۵/۳ درصد چربی و ۲/۱ درصد فسفر قابل‌جذب، دارای ارزش غذایی قابل‌ملاحظه‌ای است (Shahidi and Forozan, 1997; Moradyanfar, 2008). توانایی بذور گونه‌های کلزا برای

* نگارنده پاسخگو: محمد ضابط. پست الکترونیک: mzabet@birjand.ac.ir

جوانه زدن و رشد در دماهای پایین باعث شده است که این گیاه به‌عنوان یکی از گیاهان زراعی و روغنی در مناطق معتدل با ارتفاع بالا و تحت شرایط سرما و خشکی به‌صورت زمستانه کشت شود (Azizi et al., 1997; Amiri Oghan et al., 2001). در بین دانه‌های روغنی، کلزا به دلایل متعددی از اولویت خاصی برخوردار بوده و با توجه به نیاز مبرم کشور به تولید روغن، سطح زیر کشت آن در حال افزایش می‌باشد (Pessarakli, 1994; Shekari et al, 1998). در این راستا حداکثر استفاده از منابع آب‌وخاک یا کارایی بیشتر از طریق برنامه‌های صحیح کشت و استفاده از گیاهان با بازده بیشتر راه‌گشا بوده که از آن جمله می‌توان به میزان و زمان آبیاری گیاه جهت افزایش کارآیی مصرف آب اشاره نمود (Kirda, 2002).

تنش خشکی، خصوصاً در اواخر فصل (مراحل انتهایی رشد) یکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آید (Turhan and Baser, 2004). همچنین تنش‌آبی اثر منفی بر روی بسیاری از فرایندهای گیاهی ازجمله فتوسنتز، تبخیر، تجمع و تخصیص پیش‌ماده دارد (Ohashi et al., 2006). تنش خشکی موجب کاهش اساسی در تولیدات گیاهی می‌شود (Raddy et al., 2004). تنش خشکی با کاهش سطح برگ، انسداد روزنه‌ها، کاهش فعالیت‌های پروتوپلاسمی و تثبیت گازکربنیک، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرایند فتوسنتز می‌گردد (Emam, 2004).

در طول دوره تنش خشکی تعداد گل در هر بوته، تعداد و اندازه بذر کاهش می‌یابد (Malcom and Doug, 2002). فنایی (Fanaei, 2008) در پژوهشی بر روی کلزا دریافت که اجزای عملکرد در دو سال اجرای آزمایش ازنظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری دارد و با شدت یافتن تنش رطوبتی و افزایش دور آبیاری از تعداد غلاف در بوته و تعداد بذر در غلاف کاسته شد؛ همچنین کاهش معنی‌دار عملکرد در شرایط تنش به دلیل کاهش اجزای عملکرد مثل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه دیده شد. در مطالعه‌ای دیگر معلوم شد که عملکرد دانه ارقام کلزا به‌شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و طول دوره گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی کاهش یافت، لیکن تعداد روز تا گلدهی، دوره پر شدن دانه، ارتفاع گیاه و تعداد غلاف در بوته ازنظر آماری تغییر معنی‌دار نکرد. تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه نیز کاهش یافت (Nasiri et al., 2003). در پژوهشی دیگر مشخص شد که در شرایط نرمال آبیاری تفاوت معنی‌داری بین ارقام وجود نداشت ولی در اثر تنش در مرحله گلدهی و تکمیل این دوره بعضی از ارقام برتری عملکرد نشان دادند (Fioretti et al., 1995). قبادی (Ghobadi, 2006) بیان داشت کلزا هم در مرحله رشد رویشی و هم در مرحله زایشی نسبت به تنش کم‌آبی حساس است، اما بیشترین حساسیت را در مرحله زایشی نشان داد. نتایج پژوهش‌های کیفوما و همکاران (Qifuma et al., 2006) نشان داد که تنش کمبود آب در مرحله گلدهی و پر شدن دانه تأثیر منفی روی عملکرد دانه در کلزا داشت. در مطالعه‌ای معلوم شد که تنش کم‌آبی در طی مرحله گلدهی تا رسیدگی موجب کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته کلزا شد، اما تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تنش قرار نگرفت (Sinaki et al., 2007)، اما وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه در گیاه مشاهده شده است و اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه عمدتاً از طریق کاهش تعداد دانه در غلاف رخ داد (Daneshmand et al., 2006). در تحقیق انجام‌شده به‌منظور بررسی اثر تیمارهای آبیاری (۱. آبیاری در تمام مراحل؛ ۲. آبیاری در مراحل ساقه‌دهی، گلدهی و اوایل غلاف‌بندی؛ ۳. آبیاری در مراحل گلدهی و اوایل غلاف‌دهی) در منطقه شهرکرد مشخص گردید که صفات عملکرد دانه و عملکرد روغن در سطح احتمال ۵ تحت تأثیر قرار نگرفتند؛ لذا به نظر می‌رسد که تیمارهای آبیاری نتوانستند به گیاه تنش وارد کنند و با اعمال مقادیر کم‌آبیاری تا حدود ۷۰ درصد آبیاری کامل کلزا می‌توان به عملکرد مطلوب دست‌یافت، به‌طوری‌که کاهش عملکرد دانه و روغن مشاهده نشد (Ghaderi Ghahfarokhi et al., 2010).

ارتباط بین متغیرها از طریق روش‌های آماری چند متغیره بررسی می‌گردد (Mohammadi and Prasanna, 2003). هدف کلی از تجزیه‌های چند متغیره، در نظر گرفتن همزمان چندین متغیر است که با یکدیگر در ارتباط بوده و هریک از آن‌ها در ابتدای تجزیه داده‌ها ازنظر محقق دارای اهمیت یکسان می‌باشد (Johnson and Wichern, 2007). در یک آزمایش نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول دوره رسیدگی، وزن هزار دانه و تعداد شاخه فرعی

حدود ۹۹/۹۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد (Ozoni Davaji and Esfehani, 2009). در تحقیقی دیگر معلوم گشت که بین عملکرد دانه و اجزا عملکرد رابطه خطی در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد و ضریب رگرسیون صفات وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته معنی‌دار شد (Faramarzi et al., 2010). نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها بر روی ۳۶ رقم کلزا نشان داد که چهار عامل اول (عامل تولید غلاف، عامل عملکرد، عامل تولید دانه و عامل کمی-فنولوژیکی) ۷۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. این عامل‌ها با توجه به صفاتی که در برداشتند به ترتیب عامل فنولوژی، اجزای عملکرد، عامل کیفی نامطلوب و عامل کیفی مطلوب نام‌گذاری شدند (Ramea et al., 2002). در پژوهشی دیگر چهار عامل اول ۶۷/۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند؛ این عامل‌ها به ترتیب پارامترهای فنولوژیکی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن و عامل خصوصیات غلاف نام گرفتند (Ahmadzadeh et al., 2009). در آزمایش دیگری نیز چهار عامل اول ۷۸/۳ درصد تغییرات کل داده‌ها را در گیاه کلزا توجیه نمودند. دو عامل اول به ترتیب تحت عنوان عامل عملکرد و عامل رویشی نام‌گذاری شدند (Mirmoosavi et al., 2006). تجزیه به عامل‌ها توسط محققین دیگری نیز انجام‌شده است (Mozaffari and Zeinali, 1997; Golparyar et al., 2006; Jafari et al., 2007; Zabet et al, 2011).

هدف از این مقاله بررسی تأثیر تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی بر ده ژنوتیپ کلزا و شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم این گیاه در منطقه بیرجند بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی بیرجند، با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ از سطح دریا و در زمینی به مساحت حدود ۶۰۰ مترمربع اجرا شد. این بررسی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۰ تیمار (ژنوتیپ‌های اکاپی، زرفام، لیکورد، هایولا ۴۰۱، هایولا ۳۰۸، مودنا، اپرا، ساری‌گل و لاین‌های SLMO46 و RGS003) در دو شرایط آبیاری معمول و تنش صورت گرفت. دو طرح معمول و تنش تا مرحله گلدهی پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A آبیاری شدند؛ اما از مرحله گلدهی به بعد طرح معمول پس از ۹۰ میلی‌متر و طرح تنش پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A آبیاری شد. تنش موردنظر بر اساس تجارب گذشته و دور معمول در منطقه اعمال شد. به‌طور متوسط پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر آبیاری بسته به میزان تبخیر بین ۱۰-۹ روز و پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر بین ۲۰-۱۷ روز پس از آبیاری صورت گرفت. این آبیاری تا زمان برداشت محصول به میزان شش و سه دفعه پس از اعمال تنش انجام شد. در این آزمایش کرت‌ها شامل چهار خط به طول دو متر، فاصله بین خط‌ها ۶۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف دو سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر و بین دو کرت (داخل یک تکرار) یک متر بود. ابتدا بذرها در عمق دو تا سه سانتی‌متری در تاریخ ۰۸/۲۰/ ۱۳۸۹ کشت و در مرحله چهار تا پنج برگی عمل تنک کردن و واکاری در صورت نیاز انجام گرفت. تراکم نهایی در حدود ۸۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. خاک مزرعه لومی شنی و EC آب 2890 میکروزیمنس بر سانتی‌متر و آب و هوا در زمان آزمایش مطابق جداول ۱و ۲ بود. اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو بخش یکی در مرحله پایان علفی و دیگری در مرحله ظهور گل و سوپرفسفات تریپل به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله کاشت (پایه) استفاده شد.

صفات موردبررسی شامل تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته بود. در تجزیه آماری داده‌ها بعد از آزمون فرض‌های تجزیه واریانس تک متغیره، تجزیه واریانس انجام شد. برای تجزیه واریانس مرکب در ابتدا فرض همگن بودن واریانس‌ها با استفاده از آزمون بارتلت صورت گرفت. با توجه به همگنی واریانس تجزیه واریانس مرکب صورت گرفت تا معنی‌داری اثرات ژنوتیپ، اثر تنش (محیط یا مکان معمول و تنش) و اثرات متقابل محیط × ژنوتیپ محاسبه شود. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و بررسی ارتباط بین صفات با استفاده از تجزیه همبستگی انجام شد. تجزیه رگرسیون بر اساس روش گام‌به‌گام و تجزیه خوشه‌ای داده‌ها بر اساس الگوریتم وارد (Ward) و ضریب فاصله اقلیدسی صورت گرفت. در انتها تجزیه عامل‌ها از طریق مؤلفه‌های اصلی انجام گردید و سپس پراکنش مقادیر عامل اول در مقابل

عامل دوم ترسیم گردید و جایگاه هر ژنوتیپ بر اساس دو عامل اولیه مشخص گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS V.9.1 و SPSS V.16 و Excel (2007) صورت گرفت.

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1. Physicochemical characteristics of tested soil.

Components	اجزاء	نتایج Results
Silt (%)	**درصد سیلت**	22
Clay (%)	**درصد رس**	17
Sand (%)	**درصد شن**	61
Apparent specific gravity (gr/cm^3)	**جرم مخصوص ظاهری** (گرم بر سانتی متر مکعب)	1.5
pH	**اسیدیته**	7.5
EC (ds/m)	**هدایت الکتریکی** (دسی زیمنس بر متر)	2.89

جدول ۲. مشخصات آب‌وهوا در زمان انجام آزمایش (۱۳۹۰-۱۳۸۹).

Table 2. Weather characteristics durting study (2010-2011).

	Month / ماه						
	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June
میانگین درجه حرارت (سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	4.6	6.5	8	14.9	18.9	25.2	28.8
کمینه درجه حرارت (سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	-11	-8.2	-8.6	0.2	2.4	7.4	12.8
بیشینه درجه حرارت (سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	21.4	20	21.8	31.4	33.6	37.4	39.8
مجموع بارش ماهانه (میلی‌متر) Total of monthly rainfall (mm)	0	32	42.6	28.2	5.4	6.6	1

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف کلزا در شرایط آبیاری معمول و تنش نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب در دو محیط معمول و تنش (جدول ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌های موردنظر ازلحاظ تمامی صفات تفاوت معنی‌داری را باهم در هر دو محیط دارند. اثر مکان (اثر تنش) در صفات تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف در بوته معنی‌دار گردید؛ به‌عبارت‌دیگر تنش بر روی اکثر صفات تأثیرگذار بوده است. تنش اعمال‌شده در سطح مذکور بر شاخص برداشت، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف تأثیر نداشت. اثر ژنوتیپ × محیط برای صفات تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه در غلاف معنی‌دار شد. این نتیجه نشان می‌دهد که تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد

بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه در غلاف ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های مختلف عکس‌العمل متفاوتی نشان می‌دهد.

تجزیه واریانس ساده صفات مختلف کلزا در شرایط آبیاری معمول و تنش نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مختلف (جدول‌های ۴ و ۵) نشان داد که در شرایط معمول؛ ژنوتیپ‌های مختلف در صفات عملکرد بیولوژیک، طول غلاف، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد و صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. صفات شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه فرعی اختلاف معنی‌داری را در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه نشان ندادند.

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف در کلزا (میانگین مربعات).

Table 3. Analysis of compound variance of different traits in rapeseed.

			میانگین مربعات صفت MS,s				
SOV	منبع تغییر	درجه آزادی DF	روز تا ۵۰٪ گلدهی Day to 50% flowering	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-seed weight
Place	مکان	1	198.02**	241458.9*	5566373.5**	0.006^{ns}	2.95**
Error a	خطای نوع اول	4	15.58	6465.4	850677.3	0.004	1.29
Genotype	ژنوتیپ	9	610.59**	255358.7**	2120907.7**	0.021*	1.71**
Genotype × Place	ژنوتیپ × مکان	9	410.24**	19566.5**	1187815.5*	0.023**	0.32^{ns}
Error b	خطای نوع دوم	36	11.13	50851.1	561572.7	0.009	0.45
CV(٪)	ضریب تغییرات (٪)	-	2.25	47.65	19.605	31.14	16.65

ادامه جدول ۳-تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف در کلزا (میانگین مربعات).

Continuous Table 3- Analysis of compound variance of different traits in rapeseed.

			میانگین مربعات صفت MS,s					
SOV	منبع تغییر	درجه آزادی DF	طول غلاف Pod length	تعداد دانه در غلاف Seeds per pod	تعداد شاخه فرعی Auxiliary shoots	تعداد غلاف در ساقه اصلی Pods in shoot	تعداد غلاف در شاخه فرعی Pods in auxiliary shoots	تعداد کل غلاف در بوته Total pods per plant
Place	مکان	1	16.25**	1316.9**	1.36^{ns}	152.0^{ns}	1800.4^{ns}	2763.3^{ns}
Error a	خطای نوع اول	4	0.28	24.5	0.61	351.5	4446.7	7631.9
Genotype	ژنوتیپ	9	1.33**	53.2**	2.90**	449.7**	14686.3**	19304.2**
Genotype × Place	ژنوتیپ × مکان	9	0.12^{ns}	44.4*	0.27^{ns}	47.3^{ns}	1054.5^{ns}	1087.2^{ns}
Error b	خطای نوع دوم	36	0.21	16.2	0.87	69.2	2178.5	2314.4
CV(٪)	ضریب تغییرات (٪)	-	8	18.65	31.86	20.57	29.65	24.45

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns عدم معنی‌داری.

* and ** significant level at 5 and 1% , respectively, ns: not significant.

در شرایط تنش ژنوتیپ‌های مختلف ازلحاظ صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در سطح احتمال یک درصد و ازلحاظ صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در ساقه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. همچنین ژنوتیپ‌های مختلف ازلحاظ وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ بنابراین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط آب‌وهوایی بیرجند همانند یکدیگر عمل‌نکرده‌اند. فرامرزی و همکاران (Faramarzi et al., 2010) در آزمایشی بر روی کلزا مشاهده کردند که بین ژنوتیپ‌های مختلف ازنظر اکثر صفات اختلاف معنی‌داری وجود داشت که دلالت بر وجود تنوع بالا در بین آن‌ها است. در آزمایشی دیگر نتایج تجزیه واریانس در دو شرایط آبیاری معمول و تنش نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری تنوع قابل‌توجهی بین ژنوتیپ‌های موردبررسی ازنظر عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن و تعداد شاخه فرعی در بوته وجود دارد (Aliakbari et al., 2009). این نتایج تا حد زیادی با نتایج حاصل از تجزیه واریانس این تحقیق مطابقت دارد. با توجه به معنی‌دار بودن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط معمول و تنش، آزمون مقایسه میانگین در دو شرایط معمول و تنش انجام شد تا مشخص شود کدام ژنوتیپ بهتر از بقیه در دو شرایط آبیاری عمل کرده است.

مقایسه میانگین صفات مختلف کلزا در دو در شرایط آبیاری معمول و تنش مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط معمول (جدول ۶) نشان داد که ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸ و لیکورد داری بیشترین عملکرد دانه بودند و ژنوتیپ‌های مودنا، اکاپی، هایولا ۴۰۱، زرفام و لاین RGS003 نیز اختلاف معنی‌داری با آن‌ها نشان ندادند. همچنین ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک، بیشترین تعداد غلاف در ساقه اصلی، بیشترین تعداد غلاف در شاخه فرعی و بیشترین تعداد غلاف در بوته بود. ژنوتیپ‌های هایولا ۴۰۱، لیکورد و لاین SLMO46 دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف بودند که ژنوتیپ‌های اکاپی، هایولا ۳۰۸، اپرا، زرفام، ساری گل و لاین RGS003 اختلاف معنی‌داری با آن‌ها نشان ندادند. ازنظر صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی ژنوتیپ زرفام دارای کمترین مقدار بود که ژنوتیپ‌های هایولا ۴۰۱، اپرا، لیکورد و لاین‌های SLMO46 و RGS003 اختلاف معنی‌داری با آن نشان ندادند.

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط تنش (جدول ۷) نشان داد که ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸ و مودنا دارای بیشترین عملکرد دانه بودند و ژنوتیپ‌های اکاپی، زرفام، لیکورد و لاین‌های SLMO46 و RGS003 اختلاف معنی‌داری با آن‌ها نشان ندادند. همچنین ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ دارای بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک و تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته بود. ژنوتیپ لیکورد دارای کمترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بود و ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ اختلاف معنی‌داری با آن نشان داد. به‌طورکلی ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ در هر دو شرایط معمول و تنش دارای بیشترین عملکرد دانه و بیشترین تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در شاخه فرعی، تعداد کل غلاف در بوته بود که نسبت به سایر ژنوتیپ‌های برتری آشکاری داشت. ژنوتیپ مودنا نیز در شرایط تنش دارای عملکرد دانه و شاخص برداشت بالا و تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف زیادی بود. همچنین ژنوتیپ اپرا در هر دو شرایط آبیاری دارای کمترین میزان عملکرد دانه بود.

در یک آزمایش مشابه در دو شرایط آبیاری و بر روی ارقام مختلف، نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در هر دو آزمایش مربوط به ژنوتیپ KRN بود. و کمترین عملکرد دانه در شرایط مطلوب آبیاری مربوط به ژنوتیپ لیکورد و در شرایط آبیاری محدود مربوط به ژنوتیپ CPN بود (Aliakbari et al., 2009).

در آزمایشی دیگر در منطقه خراسان مقایسه میانگین نشان داد که ارقام الایت، لیکورد و هایولا ۴۰۱ متحمل‌ترین ارقام به تنش خشکی بودند (Baradaran et al., 2010). چنین اختلافی بین ارقام مختلف کلزا توسط Zabet et al., 2011)) و همچنین (Arvin and Azizi, 2009) نیز گزارش گردیده است.

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات مختلف کلزا در شرایط معمول.

Table 4. Aalysis of variance of different traits of rapeseed under normal condition.

S.O.V	منابع تغییرات	MS میانگین مربعات			ضریب تغییرات
		تکرار Replication	ژنوتیپ Genotype	خطا Error	CV
D.F	درجه آزادی	2	9	18	
Day to 50% flowering	۵۰ درصد گلدهی	28.6*	21*	6.2	1.7
Seed yield	عملکرد دانه	88157ns	169845*	66102	48.5
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	0.05ns	0.16**	0.04	6.51
Harvest index	شاخص برداشت	0.001ns	0.003ns	0.005	25.68
1000 seed weight	وزن هزار دانه	0.3ns	2.2*	0.6	19
Pod length	طول غلاف	0.4ns	0.6**	0.1	6
Seed number per pod	تعداد دانه در غلاف	39.6**	10.2ns	5.7	8.7
Auxiliary shoot number	تعداد شاخه فرعی	0.4ns	0.8ns	1.1	29.8
Pods number in shoot	تعداد غلاف در ساقه اصلی	154*	144.2**	30.5	13.5
Pods number in auxiliary shoots	تعداد غلاف در شاخه فرعی	2299ns	11077**	2481	30.7
Total of pods in plant	تعداد کل غلاف در بوته	4351ns	13743**	2671	25.5

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns عدم معنی‌داری.

* and ** significant level at 5 and 1% , respectively, ns: not significant.

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات مختلف کلزا در شرایط تنش.

Table 5. Analysis of variance of different traits of rapeseed under stress condition.

S.O.V	منابع تغییرات	MS میانگین مربعات			ضریب تغییرات
		تکرار Replication	ژنوتیپ Genotype	خطا Error	CV
D.F	درجه آزادی	2	9	18	
Day to 50% flowering	۵۰ درصد گلدهی	2.5ns	999**	16	2.8
Seed yield	عملکرد دانه	41147ns	105079*	35600	46.8
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	551777*	551777*	180770	32.7
Harvest index	شاخص برداشت	0.008ns	0.04*	0.01	36.6
1000 seed weight	وزن هزار دانه	0.2ns	0.1ns	0.08	14.3
Pod length	طول غلاف	0.1ns	0.8*	0.2	10
Seed number per pod	تعداد دانه در غلاف	9.3ns	87.3*	26.7	28.6
Auxiliary shoot number	تعداد شاخه فرعی	0.008ns	0.02*	0.008	33.92
Pods number in shoot	تعداد غلاف در ساقه اصلی	0.07*	0.04*	0.01	27.64
Pods number in auxiliary shoots	تعداد غلاف در شاخه فرعی	6594ns	4662*	1875	28.6
Total of pods in plant	تعداد کل غلاف در بوته	10913*	6648*	1957	23.4

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns عدم معنی‌داری.

* and ** significant level at 5 and 1% , respectively, ns: not significant.

تجزیه همبستگی صفات مختلف کلزا در دو شرایط آبیاری معمول و تنش نتایج حاصل از تجزیه همبستگی (جدول‌های ۸ و ۹) نشان داد که در شرایط معمول آبیاری، عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در شاخه اصلی به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد همبستگی داشت. صفت تعداد غلاف در شاخه اصلی با صفت تعداد کل غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی داشت. در شرایط تنش عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد با هم همبستگی نشان دادند. تعداد غلاف در بوته را می‌توان یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد دانه به‌حساب آورد، زیرا غلاف‌ها حاوی دانه هستند و در مراحل اولیه پر شدن دانه از طریق انجام فتوسنتز در رشد و تکامل مشارکت دارند. کلارک و سیمسون (Clark and Simpson, 1978) گزارش کردند که با افزایش تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف افزایش ولی وزن هزار دانه کاهش می‌یابد و همبستگی منفی ضعیفی بین تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه وجود دارد که باعث کاهش عملکرد می‌شود. مدهام و همکاران (Mendham et al., 1975) دریافتند که افزایش تعداد دانه در غلاف یک عامل کلیدی در افزایش عملکرد به شمار می‌آید. افزایش تعداد دانه در غلاف محدود بوده و به طول غلاف بستگی دارد که این صفت تحت کنترل ژنتیکی است. دانشمند و همکاران (Daneshmand et al., 2006) وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه را گزارش نموده است. عملکرد دانه در شرایط تنش همبستگی بالایی (در سطح ۱ درصد) با تعداد کل غلاف در بوته دارد؛ این در حالی است که عملکرد دانه و تعداد کل غلاف در بوته در شرایط معمول آبیاری همبستگی با هم نداشتند. عملکرد بیولوژیک با صفات تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد و با صفت تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال ۵ درصد و صفت طول غلاف با تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی نشان داد. گزارش‌های متعددی از وجود همبستگی مثبت بین صفت تعداد غلاف در بو ته و عملکرد بوته وجود دارد (Ohlsson, 1972). کندل (Kandil, 1983) از آزمایش‌های خود نتیجه گرفت که بین صفات تعداد شاخه در بوته، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه با عملکرد دانه ارتباط معنی‌داری وجود دارد. صفت تعداد غلاف در بوته بیشترین اثرات مستقیم و غیرمستقیم را بر عملکرد دانه دارد. کندل و همکاران (Kandil et al, 1995) گزارش کردند که صفت تعداد غلاف در بوته نقش مؤثری بر روی عملکرد دانه دارد و ۴۰ درصد تنوع موجود در عملکرد دانه توسط این صفت توجیه می‌گردد.

محققان در بررسی کلزا به همبستگی مثبت بین عملکرد دانه با پارامترهای ارتفاع و شاخص برداشت اشاره‌کرده‌اند (Shiranirad 1994; Khodadoost, 2001; Buzzo, 1995). در این بررسی همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط معمول مشاهده نشد اما در شرایط تنش بین عملکرد دانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت وجود داشت. این نتایج بیش از ۹۰٪ با نتایج ضابط و همکاران (Zabet et al, 2011) مطابقت دارد. در آزمایشی تحت دو شرایط آبیاری محدود و آبیاری مطلوب بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که روابط صفات تحت تأثیر شرایط محیط قرار گرفت به‌گونه‌ای که در شرایط آبیاری مطلوب همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و دو صفت تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه مشاهده شد؛ ولی در شرایط آبیاری محدود تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته با داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه، مهم‌ترین اجزای عملکرد بودند (Aliakbari et al., 2009). این نتایج نیز تا حد نسبتاً زیادی (حدوداً ۵۰٪) نتایج بالا را تائید می‌کنند.

تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در دو شرایط آبیاری معمول و تنش تجزیه رگرسیون داده‌ها در شرایط معمول سه مدل پیشنهاد کرد که مدل سوم با ضریب تبیین تصحیح‌شده بالاتر (۹۷/۴ درصد) به‌عنوان مدل نهایی در نظر گرفته شد (جدول ۱۰):

$$Y=-339+ 0.252x_3 +2324.46x_4 –80.32x_8$$

در مدل فوق، سه صفت X_3 (عملکرد بیولوژیک)، X_4 (شاخص برداشت) و X_8 (تعداد شاخه فرعی) قرار گرفتند که این‌ها توانستند ۹۷/۴ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کنند. نتایج حاصل تا حدی نتایج تجزیه همبستگی را تائید نمود و نشان داد که در شرایط معمول عملکرد بیولوژیک مهم‌تر از صفات دیگر است. صفات دیگری که وارد مدل گردید (شاخص برداشت و تعداد شاخه فرعی) همبستگی معنی‌داری را با عملکرد دانه نداشتند.

جدول ۶. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط آبیاری معمول.

Table 6. Mean comparison of different genotypes of rapeseed under normal conditions.

ژنوتیپ‌ها	Genotypes	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	عملکرد دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (گرم)	طول غلاف	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در ساقه اصلی	تعداد غلاف در شاخه فرعی	تعداد کل غلاف در بوته
		Day to 50% flowering	Seed (yield (gr	Biologic yield	Pod length	Seed number per pod	Pods number in shoot	Pods number in Auxiliary shoots	Total of pods in plant
مودنا	Modena	149.3^{ab}	548.8^{abc}	1815^{bcde}	5.6^{c}	24^{b}	49.7^{a}	193.8^{abc}	248.8^{ab}
اکاپی	Okapi	147.3^{abc}	664.8^{abc}	2768^{b}	5.5^{c}	26.9^{ab}	40.8^{abcb}	86.3^{d}	131^{cd}
هایولا ۴۰۱	Hyola401	144^{cd}	399.7^{abc}	1274^{cde}	6.6^{ab}	29.2^{a}	28.8^{e}	106.5^{cd}	133^{cd}
هایولا ۳۰۸	Hyola308	150^{a}	875.7^{a}	4062^{a}	6.5^{ab}	28.5^{ab}	48.5^{a}	267.7^{a}	$316..3^{a}$
اپرا	Opera	146.3^{abcd}	174.9^{c}	662^{e}	6.9^{a}	26.3^{ab}	33.1^{ed}	79.6^{d}	108.7^{d}
زرفام	Zarfam	142^{d}	712.7^{ab}	2227^{bcd}	6.1^{cb}	28.1^{ab}	35.7^{cde}	147.33^{bcd}	178.8^{bcd}
SLMO46	SLMO46	145.3^{abcd}	310.9^{bc}	1203^{cde}	6.3^{ab}	29.4^{a}	45.4^{abc}	183.5^{abc}	234.1^{ab}
RGS003	RGS003	142.6^{cd}	503.6^{abc}	1590^{cde}	6.5^{ab}	26.6^{ab}	37.3^{ced}	190.2^{abc}	225.6^{abc}
ساری گل	Sari gol	147^{abc}	280.6^{bc}	876^{de}	6.1^{bc}	25.4^{ab}	46.4^{ab}	221.78^{ab}	269.7^{ab}
لیکورد	Licord	144.6^{bcd}	820.1^{a}	2576^{bc}	6.7^{ab}	29.5^{a}	41.4^{abcd}	142^{bcd}	174.6^{bcd}

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns عدم معنی‌داری.

* and ** significant level at 5 and 1% , respectively, ns: not significant.

جدول ۷. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط تنش.

Table 7. Mean comparison of different genotypes of rapeseed under stress conditions.

ژنوتیپ‌ها	Genotypes	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک (گرم)	شاخص برداشت	طول غلاف	تعداد دانه در غلاف	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف در ساقه اصلی	تعداد غلاف در شاخه فرعی	تعداد کل غلاف در بوته
		Day to 50% flowering	Seed yield	Biologic yield	Harvest index	Pod length	Seed number per pod	Auxiliary shoot number	Pods number in shoot	Pods no. in Auxiliary shoots	Total of pods in plant
مودنا	Modena	161^{ab}	581^{a}	1343.6^{a}	0.4^{a}	4.5^{c}	16^{abc}	2.6^{d}	51.2^{a}	165.8^{ab}	217.1^{abc}
اکاپی	Okapi	160^{ab}	459.3^{abc}	1232.8^{a}	0.4^{a}	4.5^{c}	8.3^{c}	3.4^{bcd}	42.1^{abcd}	116.4^{b}	158.5^{bc}
هایولا ۴۰۱	Hyola401	119.3^{ef}	212^{bc}	1451.1^{a}	0.1^{cd}	5.2^{abc}	16.2^{abc}	3.6^{bcd}	24.3^{d}	110.4^{b}	134.7^{c}
هایولا ۳۰۸	Hyola308	165^{a}	673.7^{a}	1719.6^{a}	0.3^{ab}	5^{bc}	11.3^{bc}	5.6^{a}	45^{abc}	238.1^{a}	283.1^{a}
اپرا	Opera	154.6^{b}	120.7^{c}	1077.6^{a}	0.1^{d}	6.2^{a}	25.2^{a}	3.4^{bcd}	25.6^{d}	112.6^{b}	138.3^{c}
زرفام	Zarfam	143^{c}	448^{abc}	1179.7^{a}	0.3^{abc}	5.2^{abc}	23.7^{a}	3.6^{bcd}	27.3^{cd}	138.3^{b}	165.6^{bc}
SLMO46	SLMO46	147.3^{c}	362^{abc}	1073.4^{a}	0.3^{abc}	5.7^{ab}	19.6^{ab}	3.7^{bcd}	53.8^{ab}	171.4^{ab}	225.2^{ab}
RGS003	RGS003	125.3^{de}	441.8^{abc}	1349.0^{a}	0.3^{abc}	5.6^{ab}	21.5^{a}	4.2^{abc}	32.3^{abcd}	155.8^{b}	188.2^{bc}
ساری گل	Sari gol	130.6^{d}	159.3^{c}	1115.8^{a}	0.1^{bcd}	5^{bc}	16.6^{abc}	4.8^{ab}	43.5^{abcd}	175.3^{ab}	218.8^{abc}
لیکورد	Licord	116^{f}	565.3^{ab}	1420.2^{a}	0.4^{ab}	5.4^{abc}	21.9^{a}	2.8^{cd}	30.5^{cd}	125^{b}	155.5^{bc}

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns عدم معنی‌داری.

* and ** significant level at 5 and 1% , respectively, ns: not significant.

جدول ۸. تجزیه همبستگی صفات مختلف کلزا در شرایط آبیاری معمول.

Table 8. Correlation analysis for different traits in rapeseed under normal conditions.

	Trait صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی Day to 50% flowering	1										
2	عملکرد دانه Seed yield	-.13	1									
3	عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.08	0.86**	1								
4	شاخص برداشت Harvest index	-0.35	0.22	-0.25	1							
5	وزن هزار دانه 1000- Seed Weight	0.07	-0.07	-0.15	0.09	1						
6	طول غلاف Pod length	-0.12	-0.01	-0.02	-0.01	-0.09	1					
7	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	-0.30	0.28	0.31	-0.13	0.02	0.33	1				
8	تعداد شاخه فرعی Auxiliary shoot number	0.17	0.19	0.33	-0.25	-0.43*	0.32	0.06	1			
9	تعداد غلاف در ساقه اصلی Pods number in shoot	0.32	0.07	0.22	-0.31	-0.33	-0.22	0.03	0.33	1		
10	تعداد غلاف در شاخه فرعی Pods per Auxiliary shoot	0.18	0.37*	0.46**	-0.10	-0.35	0.08	-0.05	0.61**	0.44*	1	
11	تعداد کل غلاف در بوته Total of pods in plant	0.22	0.34	0.44*	-0.13	-0.40*	0.04	-0.05	0.62**	0.56**	0.99**	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns عدم معنی‌داری.

* and ** significant level at 5 and 1% , respectively, ns: not significant.

جدول ۹. نتایج تجزیه همبستگی صفات مختلف کلزا در شرایط تنش.

Table 9. Correlation analysis for different traits in rapeseed under normal conditions.

	Trait صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی Day to 50% flowering	1										
2	عملکرد دانه Seed yield	0.25	1									
3	عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.04	0.62**	1								
4	شاخص برداشت Harvest index	0.22	0.76**	0.02	1							
5	وزن هزار دانه 1000- Seed Weight	0.04	-0.07	-0.09	-0.03	1						
6	طول غلاف Pod length	-0.242	-0.33	-0.18	-0.33	-0.12	1					
7	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	-0.33	-0.24	-0.19	-0.23	-0.008	0.76**	1				
8	تعداد شاخه فرعی Auxiliary shoot number	0.11	0.14	0.39*	-0.12	-0.29	0.12	-0.04	1			
9	تعداد غلاف در ساقه اصلی Pods number in shoot	0.36*	0.16	0.15	0.03	-0.36*	-0.33	-0.23	0.22	1		
10	تعداد غلاف در شاخه فرعی Pods per Auxiliary shoot	0.31	0.53**	0.61**	0.13	-0.37*	-0.14	-0.11	0.62**	0.46**	1	
11	تعداد کل غلاف در بوته Total of pods in plant	0.35	0.5**	0.57**	0.12	-0.41*	-0.2	-0.15	0.59**	0.63**	0.97**	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns عدم معنی‌داری.

* and ** significant level at 5 and 1% , respectively, ns: not significant.

در شرایط تنش تجزیه رگرسیون داده‌ها دو مدل پیشنهاد کرد که مدل دوم با ضریب تبیین تصحیح‌شده بالاتر (۹۷ درصد) به‌عنوان مدل نهایی در نظر گرفته شد. در مدل مذکور ($Y= -388.39+1285.11x_4 + 0.30x_3$) دو صفت X_4 (شاخص برداشت) و X_3 (عملکرد بیولوژیک) قرار گرفتند (جدول ۱۱).

همان‌طور که مشاهده می‌شود نتایج این تجزیه تا حد زیادی با نتایج همبستگی ساده مطابقت دارد. نتایج این تجزیه نشان داد که صفات شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش مهم‌تر از صفات دیگر است و تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه دارند. مطالعات عباس دخت و رمضان پور (AbbasDokht and Ramezanpoor, 1998) و میرموسوی و همکاران (Mirmoosavi et al., 2006) نشان داد که تعداد غلاف در بوته، بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد دانه داشت؛ لیکن در این تحقیق این صفت به‌عنوان متغیر مستقل بر روی عملکرد دانه وارد مدل نشد. نتایج این تحقیق تا بیش از ۶۰٪ با نتایج تحقیق اوزونی داوجی و اصفهانی (Ozoni Davaji and Esfehani, 2009) شباهت داشت. این‌که صفت تعداد غلاف در بوته وارد مدل نشد دلیل بر عدم تأثیر این صفت نیست زیرا همبستگی آن با عملکرد دانه معنی‌دار شده است. عدم وارد شدن آن به مدل رگرسیون نشان‌دهنده اهمیت کمتر آن نسبت به صفت عملکرد بیولوژیکی در مطالعه کنونی می‌باشد. صفتی مانند عملکرد بیولوژیک که در کلزا حاصل سرعت رشد و طول دوره رویشی آن است برآیند تمامی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه است و وارد شدن آن به مدل با توجه به هم خطی که عملکرد بیولوژیک با سایر صفات دارد موجب عدم ورود صفات دیگر شد و ضریب تبیین صفات دیگر پایین به دست آمد. از طرفی شاخص برداشت درصد انتقال مواد فتوسنتزی از سایر اندام‌ها به دانه را نشان می‌دهد، بنابراین عامل مهمی در افزایش عملکرد دانه در این مطالعه می‌باشد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در هر دو شرایط تا حدی نتایج تجزیه همبستگی را تائید می‌کند؛ لذا صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت می‌توانند به‌عنوان معیار مناسبی جهت گزینش ژنوتیپ‌های پر محصول در هر دو شرایط تنش و معمول در شرایط آب‌وهوایی بیرجند استفاده شوند. لازم به ذکر است که انجام مطالعات دیگری در طی چند سال در منطقه بیرجند و یا آب‌وهوای مشابه می‌تواند نتایج این تحقیق را اعتبار بیشتری بخشد.

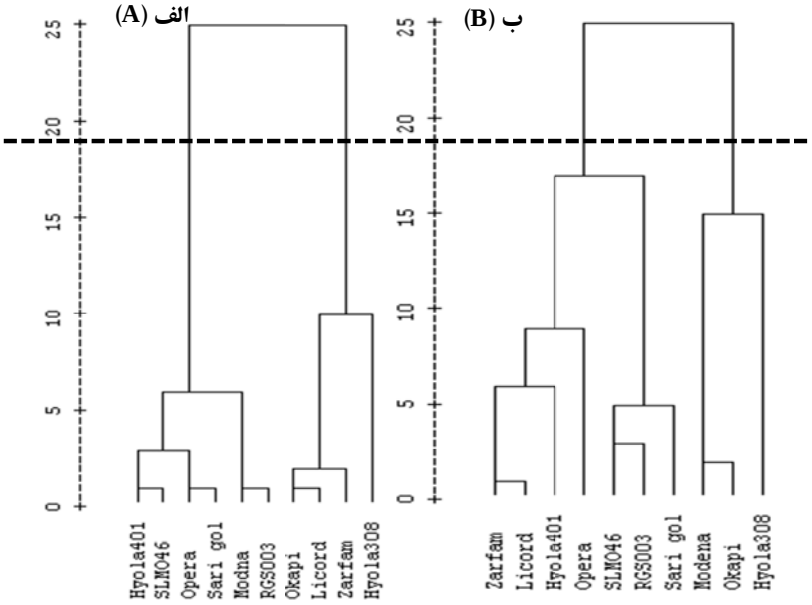
تجزیه خوشه‌ای در دو شرایط آبیاری معمول و تنش در شرایط معمول، تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را به دو خوشه تقسیم کرد که در خوشه اول ژنوتیپ‌های مودنا، ساری گل، اپرا، هایولا ۴۰۱ و لاین‌های SLM046 و RGS003 و در خوشه دوم ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸، زرفام، لیکورد و اکاپی قرار گرفتند. با توجه به عملکرد دانه و صفات وابسته به آن و جدول مقایسه میانگین، ژنوتیپ‌های قرارگرفته در خوشه دوم برتر از ژنوتیپ‌های خوشه اول بودند و در نتیجه ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸، زرفام، لیکورد و اکاپی از بقیه ژنوتیپ‌های برتری داشتند (شکل ۱- الف). در شرایط تنش داده‌ها به چهار خوشه تقسیم شد که در خوشه اول ژنوتیپ‌های زرفام، لیکورد، هایولا ۴۰۱ و اپرا، در خوشه دوم ژنوتیپ ساری گل، لاین‌های SLMO46 و RGS003، و در خوشه سوم ژنوتیپ‌های مودنا، اکاپی و در خوشه چهارم ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ قرار گرفتند. با در نظر گرفتن عملکرد دانه و صفات وابسته به آن و جدول مقایسه میانگین، ژنوتیپ‌های قرارگرفته در خوشه سوم و چهارم بهتر از خوشه اول و دوم بودند (شکل ۱- ب).

تجزیه به عامل‌ها و بای‌پلات عامل‌ها در دو شرایط معمول و تنش نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در شرایط معمول نشان داد که چهار عامل اول ۸۵ درصد از کل تغییرات واریانس را توجیه کرد (جدول ۱۲). عامل اول ۳۶/۷۶ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و بیشترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته بود. عامل دوم ۲۰/۵۴ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و بیشترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بود. عامل سوم ۱۴/۷۶ درصد از کل تغییرات و بیشترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات طول غلاف و تعداد دانه در غلاف بود. عامل چهارم ۱۱/۷۲ درصد از کل تغییرات و بیشترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات تعداد روز تا گلدهی، شاخص برداشت و وزن هزار دانه بود (جدول ۱۰). این عامل‌ها به ترتیب عامل تولید غلاف، عامل عملکرد، عامل تولید دانه و عامل کمی- فنولوژیکی نامیده شد. آنچه از تجزیه به عامل‌ها

برمی‌آید این است که عامل اول و دوم به‌عنوان بهترین عامل‌ها بوده و شاخص مناسبی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های بهتر در شرایط معمول است.

با توجه به شکل ۲ که پراکنش مقادیر عامل اول را در مقابل عامل دوم در شرایط معمول نشان می‌دهد مشخص گردید که ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ داری بیشترین مقدار عامل اول و دوم هست؛ یعنی دارای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بالا و تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته بالایی بود. ژنوتیپ ساری گل دارای مقدار بالایی از عامل اول هست یعنی تعداد غلاف بالایی دارد؛ لیکن عملکرد بالایی ندارد. با توجه به شکل ۲، ژنوتیپ‌های لیکورد، زرفام، اکاپی دارای مقادیر بالایی از عامل عملکرد هستند؛ لیکن مقادیر عامل اول آن‌ها پایین می‌باشد. بنابراین به‌طور کل بهترین ژنوتیپ ازلحاظ عامل اول و دوم هایولا ۳۰۸ می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش نشان داد که چهار عامل اول ۸۶/۶۳ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد (جدول ۱۳). عامل اول ۴۳/۷۸ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و بیشترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بود. عامل دوم ۱۸/۵۴ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و بیشترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد کل غلاف در بوته بود. عامل سوم ۱۲/۹۳ درصد از کل تغییرات و بیشترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در ساقه اصلی بود. عامل چهارم ۱۱/۳۷ درصد از کل تغییرات و بیشترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفت وزن هزار دانه بود (جدول ۱۱). این عامل‌ها به ترتیب عامل عملکرد، عامل تولید غلاف، عامل مورفو- فنولوژیکی و وزن هزار دانه نامیده شد.



شکل ۱. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط (الف) معمول و (ب) تنش.

Fig. 1. Cluster analysis for different genotypes of rapeseed under normal (A) and stress (B) conditions.

جدول ۱۰. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفت عملکرد دانه (صفت وابسته) و سایر صفات (صفات مستقل) در شرایط معمول.

Table 10. Stepwise regression analysis for yield (dependent trait) and other traits (independent) in rapeseed under normal conditions.

Model	مدل	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات MS
Regression	رگرسیون	3	166955
Residual	باقی‌مانده	6	1444
Total	کل	9	

جدول ۱۱. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفت عملکرد دانه (صفت وابسته) و سایر صفات (صفات مستقل) کلزا در شرایط تنش.

Table 11. Stepwise regression analysis for yield (dependent trait) and other traits (independent) in rapeseed under stress conditions.

Model	مدل	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات MS
Regression	رگرسیون	2	153883
Residual	باقی‌مانده	7	1067
Total	کل	9	

جدول ۱۲. تجزیه به عامل‌های صفات مختلف کلزا در شرایط معمول.

Table 12. Factor analysis for traits in rapeseed under normal conditions.

	Traits صفات	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3	عامل چهارم Factor 4
1	Day to 50% flowering تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	0.336	0.122	-0.448	-0.644
2	Seed yield عملکرد دانه	0.137	0.959	-0.103	0.096
3	Biological yield عملکرد بیولوژیک	0.228	0.926	-0.060	-0.219
4	Harvest index شاخص برداشت	0.011	-0.205	-0.081	0.945
5	1000- Seed Weight وزن هزار دانه	-0.162	0.258	0.143	0.609
6	Pod length طول غلاف	0.062	-0.154	0.919	0.024
7	Seed number per pod تعداد دانه در غلاف	-0.179	0.578	0.687	0.181
8	Auxiliary shoot number تعداد شاخه فرعی	0.860	0.032	0.232	-0.111
9	Pods number in shoot تعداد غلاف در ساقه اصلی	0.636	0.180	-0.585	-0.328
10	Pods number in Auxiliary shoot تعداد غلاف در شاخه فرعی	0.958	0.131	-0.129	-0.063
11	Total of pods in plant تعداد کل غلاف در بوته	0.938	0.118	-0.218	-0.126

جدول ۱۳. تجزیه به عامل‌های صفات مختلف کلزا در شرایط تنش.

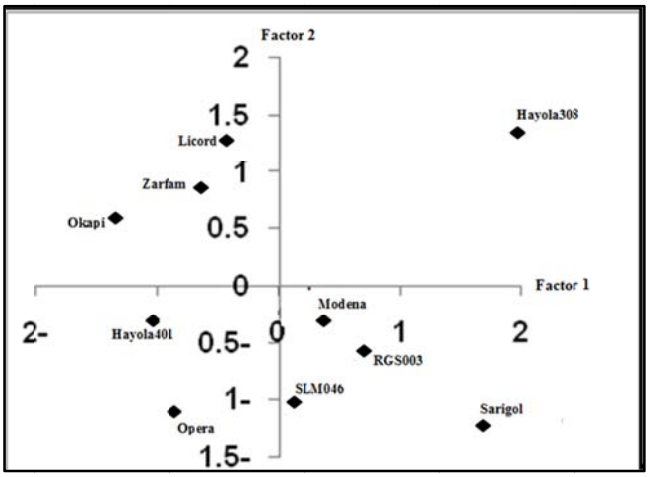
Table 13. Factor analysis for traits in rapeseed under stress conditions.

	صفات Traits	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3	عامل چهارم Factor 4
1	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی Day to 50% flowering	0.003	0.068	0.737	0.237
2	عملکرد دانه Seed yield	0.943	0.114	0.190	0.153
3	عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.685	0.562	0.012	-0.353
4	شاخص برداشت Harvest index	0..885	-0.112	0.276	0.284
5	وزن هزار دانه 1000- Seed Weight	-0.068	-0.184	0.154	-0.829
6	طول غلاف Pod length	-0.459	0.000	-0.750	0.209
7	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	-0.242	-0.304	-0.787	0.128
8	تعداد شاخه فرعی Auxiliary shoot number	-0.128	0.946	0.062	0.082
9	تعداد غلاف در ساقه اصلی Pods number in shoot	0.162	0.140	0.618	0.711
10	تعداد غلاف در شاخه فرعی Pods number in Auxiliary shoot	0.267	0.773	0.252	0.457
11	تعداد کل غلاف در بوته Total of pods in plant	0.261	0.679	0.353	0.546

با توجه به شکل ۳ که پراکنش مقادیر عامل اول را در مقابل عامل دوم در شرایط تنش نشان می‌دهد؛ ژنوتیپ لیکورد مقدار بیشتری از عامل اول را به خود اختصاص داد؛ لیکن مقادیر عامل دوم آن پایین بود. به‌طور کل با توجه به شکل ۲ و ۳ ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ عملکرد دانه بالایی در هر دو شرایط تنش و معمول داشت. ژنوتیپ ساری گل که مقدار بالایی از عامل عملکرد دانه را در شرایط معمول داشت در شرایط تنش عملکرد پایینی داشت. در شرایط تنش ژنوتیپ مودنا نیز از عملکرد دانه بالایی برخوردار بود. این نتایج تا حدودی با نتایج ضابط و همکاران (Zabet et al, 2011)، میرموسوی و همکاران (Mirmoosavi et al., 2006) و احمدزاده و همکاران (Ahmadzadeh et al., 2009) مطابقت داشتند.

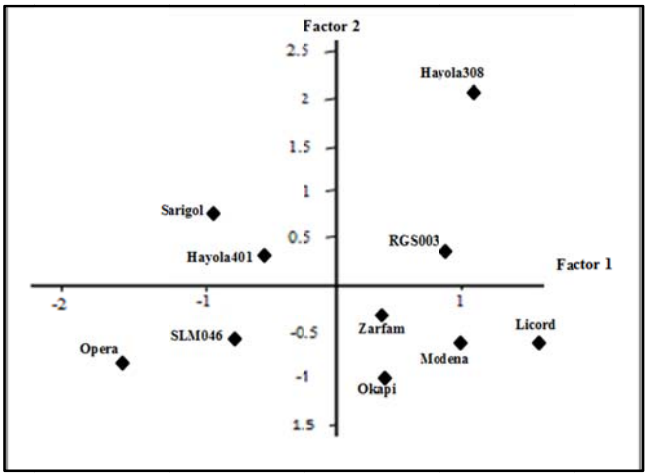
نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در شرایط معمول و تنش ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در اکثر صفات اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر داشتند. در شرایط معمول ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸ و لیکورد و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸ و مودنا دارای بیشترین عملکرد دانه بودند؛ همچنین در شرایط معمول و تنش ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ بهترین ژنوتیپ بود. در شرایط معمول عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد شاخه فرعی و در شرایط تنش شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد بودند. در شرایط معمول ژنوتیپ‌های قرارگرفته در خوشه دوم (هایولا ۳۰۸، زرفام، لیکورد و اکاپی) و در شرایط تنش ژنوتیپ هایولا ۳۰۸ (خوشه چهارم) نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها برتری عملکرد دانه داشت. عامل تولید غلاف و عامل عملکرد به‌عنوان بهترین عامل‌ها و شاخص مناسبی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های بهتر شناسایی شد. به‌طور کل در شرایط معمول ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸ و لیکورد و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های هایولا ۳۰۸ و مودنا دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط آب‌وهوایی بیرجند بودند.



شکل۲. بای‌پلات عامل اول مقابل عامل دوم در شرایط معمول.

Fig. 2. Biplot analysis under normal condition.



شکل ۳. بای‌پلات عامل اول در مقابل عامل دوم در شرایط تنش.

Fig. 3. Biplot analysis under stress condition.

منابع

Abbas Dokht, H., Ramezanpoor, S., 1998. Factor analysis in winter rapeseed cultivars. The 5th congress of Iranian agronomy and plant breeding sciences. University of Babolsar, Mazandaran. P, 422.

Ahmadzadeh, M., Samizadeh, H., Ahmadi, M. R., Sasani, S., 2009. Study of rapeseed quantitative and qualitative characters variation through factor analysis. Journal of Agriculture, 11(1): 1-12.

Aliakbari, M., Razi, H., Kazemeini, A., 2009. Study of the effect of water stress on yield and yield components of rapeseed. 1th national conference on oilseeds, Isfahan, Oil seeds excellence, university of technology, pp, 838-841, Available at: http://www.civilica.com/Paper-NOILP01-NOILP01_221.html.

Amiri Oghan, H., Faraji, A., Behmaram, R., Arab, G. H., Seyf Amiri, S., 2001. Yield stability of rapeseed genotypes in Caspian

Sea coasts regions. Final report, Seed and plant improvement institute (SPII), Karaj, p, 26 [In Persian with English Summary].

Arvin, P., Azizi. M., 2009. A comparison of yield, harvest index and morphological characters of spring cultivars of the oilseed rape species. Electronic Journal of Crop Production, 2 (2): 1-14. [In Persian with English Summary].

Azizi, M., Soltani, A., Khavari Khorasani, S., 1997. Rapeseed. Jahad Daneshgahi Publication. Mashhad, p, 230. [In Persian].

Baradaran, R., Majidi, A., Darvish. F., Azizi, M., 2010. Effect of drought stress on physiological characteristics and its relationship to grain yield in rapeseed. The 11th Iranian Crop Science Congress, Tehran, Shahid Beheshti University, pp, 311-318.

Buzzo, G. C., 1995. Plant breeding, In: Kimber, D.S., McGregor, D.I., (eds) Brassica oilseed: Production and utilization. CAB, International, pp, 153-175.

Clark, J.M., Simpson, G.M., 1978 .Growth analysis of *Brassica napus*. Canadian Journal of Plant Science. 58, 587-595.

Daneshmand, A. R., Shirani Rad, A. H., Ardakani, M. R., 2006. Evaluation of water deficit stress on tolerance of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. Journal of Agronomy, 1 (1), 48-60.

Emam, Y., 2004. Cereal Crops. Shiraz University Press. P, 176. [In Persian].

FAO., 2014. Food and agriculture organization of the united nations. Available at: http://faostat3.fao.org/ compare/E.

FAO., 2013. Food Outlook, Global Market Analysis. Available at: http://www.fao.Food outlook.com.

Fanaei, H., 2008. Evaluation the yield and some agronomy traits under potassium and drought stress affects in two varieties of rapeseed and Mustard. Proceedings of the 11th Congress of Physiology Sciences of Iranian Agronomy and Plant Breeding, pp, 4047- 4050. [In Persian with English Summary].

Faramarzi, A., Saleh Pile Rod, F., Mostafaei, H., Mardan, R., 2010. Evaluation and comparison of 17 promising genotypes of spring canola under dry land conditions in the Meyaneh. The 3th International Seminar on Oilseeds and Edible Oils. Tehran, P, 139-144, Available at: http://www. civilica. com / Paper- NOILP03- NOILP03_451.html.

Fioretti, M. N., Brevedan, R. E., Baioni, S. S., Luayza, G., Palomo, R. I., Polci, P., 1995. Effect of water deficiency on soil - plant – water relation in Canola. Proceedings of the Ninth International Rapeseed Congers, Italy, pp, 256-258.

Ghaderi Ghahfarokhi, M., Mohammadi, A., Iranipoor, R., Farzan, M., 2010. Effects of deficit irrigation and different potassium levels on seed and oil yield of Canola in Shahrekord region. Iranian Water Research Journal. 6, 67-74. [In Persian with English Summary].

Ghobadi, M., 2006. The Short and long-term water deficiencies stress during different growth stages of rapeseed. Journal of Agronomy. 5(2), 336 -341. [In Persian with English Summary].

Golparyar, A.R., Ghanadha, M. R., Zali, A.A., Ahmadi, A., Harvan, E.M., Ghasemi Pirbalooti, A., 2006. Factor analysis of morphological and morpho-physiological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought and non-drought stress conditions. Pajouhesh and Sazandegi, 72, 52-59.

Jafari, A. A., Seyedmohammadi, A. R., Abdi, N., 2007. Study of variation for seed yield and seed components in 31 genotypes of *Agropyron desertorum* through factor analysis. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 15 (3), 211-221.

Johnson, R. A., Wichern, D. W., 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis, 4th ed. Prentice Hall International, inc., New Jersey, p, 773.

Kandil, A.A., 1983. Effects of sowing date on yield components and some agronomic characters of oilseed rape (*B. napus* L.). 6th inter rapeseed conf. Paris, France .

Kandil, A.A., Mahandes, S.I., Mahrous, N.M., 1995.Genotypic and phenotypic variability, heritability and interrelationships of some characters in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Plant Breeding Abstracts, 65(9)

Khodadoost, F., 2001. Study of different level of nitrogen, phosphorus and sulphur on the growth and yield of oilseed rape in dry land condition of Kermanshah. M.Sc dissertation,

Islamic Azad University of Birjand, Iran, p 113. [In Persian with English Summary].

Kirda, C., 2002. Deficit irrigation practices: Deficit irrigation shielding based on plant growth stages showing water stress tolerance. Available at http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E/Y3655E00.htm.

Malcom, J.M., Doug, W.S., 2002. Heat stress during flowering in summer Brassica. Crop Science. 42, 797-803.

Mendham, N.J., Scott, R.K., 1975. The limiting effect of plant size at inflorescence imitation on subsequent growth and yield of oil seed rape (*B. napus* L.). The Journal of Agriculture Science, 84,487-502.

Mirmoosavi, S.A., Zeinali, H., Hosseinzadeh, A. H., 2006. Investigation of genetic correlation between grain oil percent and some quantitative and qualitative traits of canola by multivariate statistical analysis. Iranian Journal of Agricultural Research. 37(1), 177-186.

Mobaser, H.R., Piri, A., 2008. The industrial and fodder crops. Payame Noor University Press, pp, 90-98. [In Persian].

Mohammadi, S.A. Prasanna, B.M., 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. Crop Science. 43,1235-1248.

Moradyanfar, H., 2008. Canola is a valuable and profitable plant. Journal of Farm. 29, 32-33. [In Persian with English Summary].

Mozaffari, K., Zeinali, H., 1997. Factor analysis in sunflower under normal and water stress condition. Iranian Journal of Agriculture Science. 28 (2), 50-64.

Nasiri, M., Heidari Sharif Abad, H., Shirani Rad. A. M., Majidi Hervan, A., Zamanizadh, H. R., 2003. The study of effect drought stress on physiological characters of rapeseed cultivars. Journal of Agricultural Science. 1, 127-134. [In Persian with English Summary].

Ohashi, Y., Nakayama, N., Saneoka, H., Fujita, K., 2006. Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants. Journal of Biology Plant. 50,138-141.

Ohlsson, L., 1972. Spring rape and spring turnip rape seed sowing at close row spacing. Svensk Frotiding. 41, 25- 27.

Ozoni Davaji, A., Esfehani, M., 2009. Relationships between Yield and related traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). The 1th National Conference on Oilseeds, Esfahan, Iran, P, 130-135.

Pessarakli, M, 1994. Handbook of Plant and Crop Physiology (Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, 1024 p.

Qifuma, S.H., Niknam, R., Turner. D.W., 2006. Responses of osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and Brassica juncea to soil water deficit at different growth stages. Australian Journal of Agriculture Research. 57, 221-226.

Raddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekananda, M., 2004. Drought– induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plant. Journal of Plant Physiology. 161,1189-1202.

Ramea, V., Rezaei, A., Saeedi, G.H., 2002. Factor analysis for rapeseed quantitative and qualitative properties. The abstracts of the 7th congress of Iranian agronomy and plant breeding sciences, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, p, 379.

Shahidi, A., Forozan, k., 1997. Canola. Limited company of cultivation and development of oilseeds press, Tehran, p, 299. [In Persian].

Shekari, F.A., Banay Khosroqy. F., Shekari, V., Rahimi, M., 1998. The response of Bean cultivars to drought stress in germination stage. The abstracts of the 5th Congress of Iranian Agronomy and Plant breeding sciences, Karaj. [In Persian with English Summary].

Sinaki, J. M., Majidi Hervan, E., Shirani Rad, A. H., Noor-Mohammadi, G.H., Zarei, G., 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B. napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science. 2(4), 417-422.

Turhan, H., Baser, I., 2004. In vitro and in vivo water stress in sunflower (*Helianthus annus* L.). Helia. 27, 227- 236.

Zabet. M., Samadzadeh. A.L., Mostafavi. KH., 2011. Study of yield and yield components in ten cultivars of rapeseed (*Brassica* napus L.) in Birjand region. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 7(2), 59-68. [In Persian with English Summary].