



ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیک و زراعی مرتبط با تحمل به خشکی در کلزای بهاره

بهمن پاسبان اسلام^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۴

چکیده

مطالعه با هدف شناسایی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و زراعی مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی کلزای بهاره اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه خسرو شاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا گردید. فاکتور اصلی تنش کمبود آب با سطوح: بدون تنش، تنش از زمان گل‌دهی و از خورجین‌دهی تا رسیدگی و فاکتور فرعی ژنوتیپ شامل: RGS003، ظفر، ساری گل، زرفام و دلگان بودند. نتایج نشان دادند بروز خشکی از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی باعث افزایش معنی‌دار دمای برگ و کاهش معنی‌دار مقدار نسبی آب برگ (RWC)، هدایت روزنه، شاخص کلروفیل برگ، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و روغن گردید ولی بیشترین تأثیرپذیری به هنگام وقوع تنش از مرحله گل‌دهی بود. بنابراین تأمین آب در این مرحله اولویت بیشتری خواهد داشت. کمبود آب با اثر کاهشی روی همه اجزای عملکرد باعث افت عملکرد دانه گردید. همبستگی‌های معنی‌داری بین دمای برگ، RWC، شاخص کلروفیل برگ و هدایت روزنه با هم‌دیگر و با عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد دانه دیده شد. شاخص‌های مذکور از کارایی قابل قبولی در شناسایی اثرات کمبود آب روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا برخوردار بودند. ژنوتیپ RGS003 با کسب بیشترین مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه و شاخص کلروفیل برگ، همواره بیشترین عملکرد دانه و روغن را به خود اختصاص داد و برای کشت در شرایط مواجهه با کمبود آب قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: دمای برگ، شاخص کلروفیل، عملکرد دانه، مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه

مقدمه

موجود برای اصلاح کلزا جهت توسعه کشت در مناطق مواجهه با خشکی است (Khalili et al., 2012).

با توسعه کمبود آب روزنه‌های برگ به صورت فزاینده‌ای بسته شده، تعرق کاهش یافته و دمای تاج پوشش برگ افزایش می‌یابد (Rao and Mendham, 1991). همبستگی معنی‌داری بین تنظیم اسمزی و هدایت روزنه و نیز دمای تاج پوشش برگ در کلزا گزارش شده است (Kumar and Singh, 1998). خنک شدن تعرقی (تفاوت دمای تاج پوشش برگ و هوا) می‌تواند شاخص مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی کلزا در شرایط فزاینده کمبود آب خاک باشد (Singh et al., 1985). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و هدایت روزنه در کلزا گزارش شده است (Kumar and Singh, 1998). چنانچه مقدار نسبی آب برگ (RWC) بالا باشد، گیاه تورم سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد (Rao and Mendham, 1991). با توجه به وجود همبستگی بالا بین جذب آب و مقدار نسبی آب برگ در کلزا، با قرار گرفتن گیاه در معرض تنش خشکی، جذب آب توسط ریشه افت کرده و مقدار نسبی آب برگ کاهش می‌یابد (Pasban Eslam et al., 2000). به نظر می‌رسد

کمبود آب در کلزا (*Brassica napus* L.) با کاهش پتانسیل آب برگ، باعث افت تورم سلولی، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز شده و در نهایت رشد و تولید محصول دچار آسیب می‌گردد (Kumar and Singh, 1998). ارزیابی رشد و عملکرد کلزا، گندم، جو و نخود در خاک شور همراه با اثرات تنش خشکی نشان داد که کلزا و جو تحت تنش در مقایسه با شرایط عادی افت عملکرد دانه کمتری داشتند (Grewal, 2010). نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌های کلزا برای تحمل به خشکی در مهاباد آذربایجان غربی حاکی از آن است که بین ژنوتیپ‌ها تنوع معنی‌داری برای تحمل به خشکی وجود داشته و آنها در دو گروه متحمل و حساس گروه‌بندی می‌شوند. این امر نشان‌دهنده پتانسیل

۱- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: b_pasbaneslam@yahoo.com)

DOI: 10.22067/gsc.v16i2.62800

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد. این ایستگاه (۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) در سیستم اقلیم‌بندی کوپن سرد و نیمه خشک است. همچنین منطقه زمستان‌هایی با روزهای یخ‌بندان دارد. میانگین دراز مدت بارندگی سالانه ۲۷۰ میلی‌متر می‌باشد. بخش عمده بارندگی در بازه زمانی نیمه دوم پاییز تا نیمه اول بهار رخ می‌دهد. میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه به ترتیب ۲/۷۸ و ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد است. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۳۴۷ متر می‌باشد. مشخصات آب و هوایی ایستگاه طی دوره آزمایش در جدول ۱ آمده است. خاک محل آزمایش لوم رسی بوده و دارای ۱/۵ درصد ماده آلی بود (جدول ۲).

مطالعه در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کشت در ۱۵ فروردین ماه سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ انجام گردید. عامل‌های آزمایش شامل تنش کمبود آب به عنوان عامل اصلی با سه سطح: بدون تنش، تنش از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی و تنش از مرحله خورجین‌دهی تا رسیدگی و عامل فرعی ژنوتیپ در پنج سطح شامل: RGS003 (سازگار با آب و هوای متوسط رس) ظفر (متحمل به سرما و نسبتاً دیررس)، ساری گل (حساس به سرما و دیررس)، زرفام (حساس به سرما و متوسط رس) و دلگان (متحمل به گرما، متحمل به بیماری قارچی اسکروتینیا و زودرس) بودند. فاصله خطوط کاشت ۲۴ سانتی‌متر و میزان بذر هشت کیلوگرم در هکتار بوده و در نهایت تراکم ۷۵ بوته در متر مربع تثبیت شد. هر کرت شامل شش ردیف به طول پنج متر بود. برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌ها و بین تکرارها دو متر فاصله ایجاد شد. تنش با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A اعمال گردید. در دوره اعمال تنش برای سطوح بدون تنش، آبیاری در زمان ۸۰ میلی‌متر تبخیر و برای تیمارهای تنش، آبیاری در زمان ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک انجام گرفت (Daneshmand et al., 2006 and Shargi et al., 2011). در هر دو سال آزمایش کوددهی مزرعه بر پایه نتایج آزمون خاک (جدول ۲) با استفاده از کود نیتروژن‌دار اوره به مقدار ۱۴۳ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله قبل کاشت و غنچه‌دهی، سولفات پتاسیم به مقدار ۲۴ کیلوگرم در هکتار به صورت K_2O و سوپر فسفات تریپل به مقدار ۲۱ کیلوگرم در هکتار به صورت P_2O_5 قبل از کاشت صورت گرفت. طی سال‌های آزمایش در زمان ریزش با استفاده از سم سوپر گالانت با غلظت یک در هزار برعلیه علف‌های هرز نازک برگ مبارزه شد. چون تناوب سال قبل گندم بوده و با علف‌های هرز پهن برگ مبارزه گردیده است، مشکلی از نظر این نوع علف‌های هرز در مزرعه دیده نشد. همچنین در شروع خورجین‌دهی برای مبارزه با آفت

مقدار نسبی آب برگ بتواند شاخص مناسبی برای پیش‌بینی توان بالاتر جذب و یا حفظ آب توسط گیاه با وجود شرایط فزاینده کمبود آب خاک باشد.

زمان بروز تنش خشکی و شدت آن بر بسیاری از صفات زراعی کلزا همچون تعداد دانه در خورجین، وزن دانه‌ها، تعداد و طول خورجین‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sheikh et al., 2006). به طور معمول در شرایط خشکی آخر فصل ارقامی از کلزای پاییزه که عملکرد دانه بالاتری داشتند، دارای ساقه بلندتری هم بودند (Miri et al., 2008). کلزاهای با ارتفاع بوته بیشتر با داشتن برگ بیشتر در طول ساقه و در نتیجه سطح فتوسنتزکننده بالاتر عملکرد بیشتری نشان دادند (Sheikh et al., 2006). در کلزا کاهش مقدار آب در مرحله گل‌دهی موجب کاهش تعداد خورجین‌ها در بوته می‌گردد ولی تنش پس از مرحله گل‌دهی، کاهش معنی‌دار تعداد دانه در خورجین را سبب می‌شود. آبیاری تکمیلی در کلزا سبب طولانی‌تر شدن دوره گل‌دهی و باعث افزایش تعداد خورجین‌های بوته و تعداد دانه در خورجین می‌گردد (Golypour et al., 2005). کمبود آب در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و پرشدن دانه کلزا، شاخص برداشت را به طور معنی‌داری کاهش داد در حالی که تأمین آب کافی به‌ویژه در مراحل گل‌دهی و توسعه خورجین‌ها، باعث افزایش تعداد دانه در خورجین گردید (Jensen et al., 1996). گزارش شده در شرایط تنش کم آبی اعمال شده در مرحله ساقه‌دهی در میان اجزای عملکرد دانه، میزان تأثیرپذیری تعداد دانه در خورجین بیشتر از دیگر اجزای عملکرد بود (Daneshmand et al., 2006). نتایج حاصل از یک مطالعه روی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا نشان داد که تنش خشکی آخر فصل با کاهش تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه را کاهش داد (Pasban Eslam, 2014). نتایج حاصل از ارزیابی ژنوتیپ‌های متعلق به گونه‌های *Brassica napus* L. و *B. juncea* L. در شرایط گرم و خشک روشن ساخت که رابطه بین عملکرد دانه با تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته و با وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار بود (Gunasekera et al., 2006). در آزمایش دیگری تنش در مرحله گل‌دهی مقدار روغن را کاهش داد (Mendham and Salisbury, 1995). همچنین تنش خشکی در اواخر فصل رشد، موجب کاهش درصد روغن دانه‌ها در کلزا شده است (Sinaki et al., 2007). نتایج حاصل از بررسی دو رقم کلزای بهاره در منطقه گنبد نشان داد در شرایط محدودیت آب طی مرحله زایشی، بین دمای هوا و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Faraji et al., 2009). هدف از این پروژه شناسایی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و زراعی مناسب برای استفاده در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی کلزای بهاره و بررسی اثرات کمبود آب از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه بود.

انجام گردید. صفات مذکور در اواسط مراحل رشدی گل‌دهی و خورجین‌دهی اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌هنگام رسیدگی محصول پس از حذف حاشیه‌ها، تمامی کرت‌ها برداشت و عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه‌ها تعیین شدند. برداشت پس از رسیدگی وزنی، سال اول آزمایش در تاریخ ۱۵ و سال دوم در ۲۷ تیر ماه انجام گردید. در هر دو سال آزمایش زمان رسیدگی فیزیولوژیک رقم RGS003 و دلگان به ترتیب ۵ و ۶ روز زودتر از سایر ارقام بود. در نهایت تجزیه داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار آماری MSTATC و تعیین همبستگی صفات به روش پیرسون با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS Ver.16 صورت گرفت. درصد روغن داده‌ها با دستگاه NMR مدل ۲۵ A-۱۸ H ساخت کارخانه بروکر کشور کانادا در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تعیین شدند.

شته مومی، مزرعه با سم پیریمیکارب (Pirimicarb) با غلظت یک در هزار سمپاشی گردید.

برای تعیین مقدار نسبی آب برگ (RWC) از هر نمونه برگ برداشت شده سه دیسک به قطر ۲۰ میلی‌متر جدا گردیده و بلافاصله وزن شدند (وزن تر)، سپس نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در آب مقطر دوبار تقطیر با دمای حدود ۵ درجه سانتی‌گراد و نور اندک غوطه‌ور شده و پس از گرفتن آب روی آنها با کاغذ صافی، وزن شدند (وزن تورم کامل) سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت مقدار نسبی آب برگ از رابطه: وزن خشک - وزن تورم کامل / وزن خشک - وزن تر = RWC محاسبه گردید. دمای برگ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل T۲-۸۲۵ ساخت کارخانه تستو (Testo) ایتالیا اندازه‌گیری شد (Kumar and Singh, 1998). هدایت روزنه‌های برگ نیز با استفاده از دستگاه پورومتر پخشی مدل AP4 ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد (Kumar and Singh, 1998). شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Minolta Moel: SPAD-502) ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری گردید. تعیین مقدار نسبی آب برگ، دمای برگ و هدایت روزنه بین ساعات ۱۱ تا ۱۴

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه در طول فصل رشد سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

Table 1- Mean of minimum, maximum and total air temperature and sum of precipitation of Khosrowshah Agricultural Research Station in 2015 and 2016 growing seasons

سال	ماه‌های سال	میانگین دمای حداقل (°C)	میانگین دمای حداکثر (°C)	میانگین کل دما (°C)	مجموع بارندگی
Year	Month of year	Mean of minimum temperature (°C)	Mean of maximum temperature (°C)	Mean of total temperature (°C)	Sum of precipitation (mm)
2015	April	4.3	16.2	10.3	37.6
	May	8.0	21.9	14.9	50.6
	June	14.2	30.0	22.1	3.5
	July	19.7	35.2	27.4	0.0
2016	April	4.8	13.5	9.1	50.7
	May	9.1	23.1	16.1	37.5
	June	12.7	27.5	20.1	17.2
	July	18.4	33.0	26.0	10.8

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 2- Some of physicochemical traits of experimental soil

اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	رس	سیلت	شن
pH	EC (dS m ⁻¹)	Organic carbon (%)	Nitrogen (%)	Phosphorus (mg kg ⁻¹)	Potassium (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
8.2	6.2	0.26	0.03	16	218	33	28	39

نتایج و بحث

بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر دمای برگ، شاخص کلروفیل برگ، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، درصد روغن دانه، عملکرد دانه و روغن دیده شد (جدول ۳). این موضوع می‌تواند در اثر تفاوت شرایط آب و هوایی دو سال آزمایش به‌ویژه در میانگین کل دما و مجموع بارندگی به‌ترتیب در دوره گل‌دهی و پرشدن دانه بوده باشد. در سال دوم آزمایش میانگین کل دما در خرداد ماه حدود دو درجه سانتی‌گراد کمتر از سال اول بود که باعث افت تعرق و کاهش نیاز آبی می‌گردد. همچنین در سال دوم آزمایش در اوایل تیر ماه (دوره پرشدن دانه) $10/8$ میلی‌متر بارندگی رخ داد ولی تیر سال اول فاقد بارندگی بود (جدول ۱). اثر تنش خشکی روی همه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثر متقابل سال با تنش خشکی صرفاً روی دمای برگ معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در همه صفات بررسی شده به غیر از دمای برگ و تعداد خورجین در بوته وجود داشت. اثر متقابل سال با ژنوتیپ روی وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تنش خشکی با ژنوتیپ روی مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه، شاخص کلروفیل برگ، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه سال، تنش خشکی و ژنوتیپ روی تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و روغن معنی‌دار گردید (جدول ۳).

بروز تنش خشکی از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی باعث افزایش معنی‌دار دمای برگ و کاهش معنی‌دار تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه گردید ولی بیشترین افت تعداد خورجین در بوته زمانی بود که تنش کمبود آب از مرحله گل‌دهی بروز می‌کرد (جدول ۴). کمبود آب در این مرحله باعث ریزش گل‌ها و خورجین‌های تازه تشکیل یافته می‌شود. نشان داده شده است که زمان بروز تنش خشکی و شدت آن بر بسیاری از صفات زراعی کلزا همچون تعداد دانه در خورجین، وزن دانه‌ها، تعداد و طول خورجین‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sheikh et al., 2006). گزارش شده است کمبود آب در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و پرشدن دانه کلزا، شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد در حالی که تأمین آب کافی به‌ویژه در مراحل گل‌دهی و توسعه خورجین‌ها، باعث افزایش تعداد دانه در خورجین گردید (Jensen et al., 1996). زمان بروز تنش خشکی و شدت آن بر بسیاری از صفات زراعی کلزا همچون تعداد دانه در خورجین، وزن دانه‌ها، تعداد و طول خورجین‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sinaki et al., 2007).

بیشترین وزن هزار دانه در سال اول آزمایش به زرفام و سال دوم به RGS003 تعلق گرفت ولی ظفر همواره کمترین وزن هزار دانه را

داشت (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد علت این امر زودرس بودن رقم ظفر و بنابراین داشتن زمان کمتر برای پرشدن دانه‌ها باشد. تنش خشکی همواره باعث کاهش مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌های برگ و شاخص کلروفیل برگ در ژنوتیپ‌های کلزا گردید ولی میزان این کاهش در صورت بروز تنش از مرحله گل‌دهی بیشتر بود. در هر دو شرایط عادی و کمبود آب، همواره بیشترین مقادیر این شاخص‌ها به ژنوتیپ RGS003 به‌عنوان ژنوتیپ سازگار با آب و هوای گرم و خشک تعلق داشت و دلگن معمولاً کمترین مقادیر را داشت (جدول ۶). نتایج مطالعه ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط تنش خشکی نشان داد که بروز کمبود آب از مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه باعث کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a و b در برگ‌ها می‌گردد ولی میزان این کاهش در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی بیشتر بود (Dine et al., 2011). تنش خشکی در اغلب تیمارهای آزمایش باعث کاهش تعداد دانه در خورجین گردید و این کاهش در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی شدیدتر بود (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد علت آن سقط دانه‌ها در اثر کمبود آب و کاهش فتوسنتز و انتقال کمتر فرآورده‌های فتوسنتزی به دانه‌ها باشد. کمترین مقادیر هدایت روزنه نیز در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی دیده شد (جدول ۶). در هر دو سال آزمایش و همه ژنوتیپ‌ها بیشترین عملکردهای دانه و روغن در شرایط بدون تنش به‌دست آمد و کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد شد ولی این افت عملکرد در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۷). نتایج نشان دادند که هر دو مرحله گل‌دهی و خورجین‌دهی در کلزای بهاره از نظر نیاز آبی بحرانی بوده و بروز کمبود آب در هر یک از این مراحل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن می‌گردد. البته حساسیت کلزا در مرحله گل‌دهی به‌مراتب بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد در صورت محدودیت منابع آب، آبیاری در مرحله گل‌دهی اولویت بیشتری داشته باشد. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، RGS003 در تمام شرایط آبی و سال‌های آزمایش بیشترین عملکرد دانه و روغن را به خود اختصاص داد. به‌طور کلی بیشترین عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب با مقادیر ۱۱۲۰ و ۴۶۶ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش خشکی از RGS003 به‌دست آمد. در سال اول آزمایش در شرایط بدون تنش همه ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و روغن در یک گروه آماری قرار گرفتند ولی در سال دوم بیشترین عملکردها را RGS003 و دلگان کسب کرد. در شرایط بروز تنش از مرحله گل‌دهی، بیشترین عملکردها به RGS003 و زرفام در سال اول و RGS003 و ظفر در سال دوم آزمایش مربوط بود. در صورتی که تنش خشکی از مرحله خورجین‌دهی بروز می‌کرد، RGS003 و ظفر عملکردهای بیشتری داشتند (جدول ۷). درنهایت چنین استنباط می‌گردد که ژنوتیپ RGS003 با داشتن مقادیر بالاتر مقدار نسبی آب و هدایت روزنه و شاخص کلروفیل در برگ‌ها همواره از بالاترین عملکرد دانه و روغن برخوردار بوده و برای کشت بهاره در

هزار دانه با عملکرد دانه و روغن مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی بین درصد روغن و عملکرد دانه با عملکرد روغن نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۸). چنین استنباط می‌گردد که هر سه قسمت از عملکرد دانه شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه از نقش اساسی در شکل‌گیری عملکرد دانه برخوردار بودند و عملکرد روغن نیز از هر دو صفت عملکرد دانه و درصد روغن دانه تأثیر معنی‌داری پذیرفته است. نتایج بررسی ژنوتیپ‌های کلزا در منطقه گنبد نشان داد بین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین با عملکرد دانه همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Faraji, 2013). در گیاهان کلزا تعداد خورجین در بوته اثر معنی‌داری روی عملکرد دانه دارد. این ویژگی توسط بقای شاخه‌ها، غنچه‌ها، گل‌ها و خورجین‌های جوان پشتیبانی می‌شود (Diepenbrock, 2000). نتایج حاصل از ارزیابی ژنوتیپ‌های متعلق به گونه‌های *B. napus* L. و *B. juncea* L. در شرایط گرم و خشک نشان داد که رابطه بین عملکرد دانه با تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته و با وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار بود (Gunasekera et al., 2006).

اقلیم‌های با احتمال بروز تنش خشکی از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی قابل توصیه است. نتایج تحقیقات روی ارقام بهاره کلزا در کرج نیز نشان داد که در کشت‌های به‌هنگام ژنوتیپ‌های RGS003، ظرف، ساری گل و طلایه عملکرد دانه بالایی داشتند (Roudi and Shirani Rad, 2014).

همبستگی منفی و معنی‌داری بین دمای برگ با همه صفات مورد مطالعه دیده شد. همبستگی بین مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌های برگ و شاخص کلروفیل برگ با دمای برگ منفی و با سایر صفات مورد مطالعه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۸). همچنین آهنگ تغییر این شاخص‌ها بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با تغییرات عملکرد دانه و روغن هم‌سو بودند (جدول ۶). شاخص‌های مذکور از کارایی قابل قبولی در بازتاب اثرات تنش خشکی روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا برخوردار بوده و می‌توان از آنها در شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی کلزای بهاره استفاده نمود. وجود همبستگی معنی‌دار بین تنظیم اسمزی و هدایت روزنه و نیز دمای تاج پوشش برگ در کلزا گزارش شده است (Kumar and Sink, 1998). همبستگی بین تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا تحت تنش خشکی طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶
Table 3- Analysis of variance for measured traits of rapeseed under drought stress during 2015 and 2016

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	دمای برگ Leaf temperature	مقدار نسبی آب برگ Relative water content	هدایت روزنه Stomatal conductance	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index	تعداد خورجین در بوته Pod number per plant
سال (Y)	1	67.947**	0.001	0.001	8.711*	453.378**
تکرار/ سال (Rep./Y)	4	5.147	0.001	0.001	2.044	83.911
تنش خشکی (A)	2	221.189**	0.141**	0.058*	1477.544**	2035.678**
سال × تنش خشکی Y×A	2	4.460	0.001	0.001	3.011	56.678
خطای اصلی Error ₁	8	3.560	0.001	0.001	0.894	29.728
ژنوتیپ (B)	4	1.180	0.010**	0.012**	96.417**	100.350
سال × ژنوتیپ Y×B	4	2.194	0.001	0.001	0.294	44.072
تنش خشکی × ژنوتیپ A×B	8	1.851	0.400**	0.001**	23.767**	38.400
سال × تنش خشکی × ژنوتیپ Y×A×B	8	1.381	0.001	0.001	1.344	22.456
خطای فرعی Error ₂	48	1.112	0.001	0.0003	2.139	48.206
ضریب تغییرات C.V.(%)	-	4.08	3.08	1.72	5.46	12.72

* and **, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **, به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ادامه جدول ۳
Table 3 continue
میانگین مربعات

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد دانه در خورجین Grain number per pod	وزن هزار دانه 1000 grains weight	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن Oil percent	عملکرد روغن Oil yield
سال (Y)	1	67.600**	0.022	145282.844**	11.881*	30160.455**
تکرار/سال (Rep./Y)	4	16.444	0.013	27098.844*	2.903	5819.323*
تنش خشکی (A)	2	102.480**	2.431**	1402088.078**	43.680**	285315.505**
سال × تنش خشکی (Y×A)	2	26.609*	0.040	22442.144	7.862	1865.463
خطای اصلی (Error ₁)	8	4.335	0.010	6443.844	1.919	961.740
ژنوتیپ (B)	4	15.249*	0.194**	110036.194**	4.590*	21263.579**
سال × ژنوتیپ (Y×B)	4	5.160	0.143**	33208.94**	1.442	6030.442**
تنش خشکی × ژنوتیپ (A×B)	8	6.035	0.034	31003.161**	2.190	5713.726**
سال × تنش خشکی × ژنوتیپ (Y×A×B)	8	15.886*	0.039	25867.561**	0.647	4065.183**
خطای فرعی ۲ (Error ₂)	48	5.579	0.026	5745.539	1.290	1222.038
ضریب تغییرات (C.V. (%))	-	9.75	5.67	9.76	2.81	11.06

* and **, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **, به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا در سطوح مختلف تنش خشکی

Table 4- Mean of measured traits on spring genotype of rapeseed under different drought stress levels

سطح تنش خشکی Drought stress level	دمای برگ Leaf temperature (°C)	تعداد خورجین در بوته Pod number per plant	وزن هزار دانه 1000 grains weight (g)	درصد روغن Oil percent
بدون تنش Non-stressed	22.7	63.4	3.2	41.7
تنش از مرحله گل‌دهی Stress from flowering	27.7	47.0	2.6	39.3
تنش از مرحله خورجین‌دهی Stress from pod formation	27.0	53.3	2.7	40.2
LSD 5%	1.123	3.246	0.059	0.824

جدول ۵- میانگین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا طی دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

Table 5- Mean of measured traits on spring genotypes of rapeseed during 2015 and 2016

سال Year	۱۳۹۴ 2015					۱۳۹۵ 2016					LSD 5%
ژنوتیپ Genotype	RGS003	ظفر Zafar	ساری گل Sarigol	زرغام Zarfam	دلگان Dalgan	RGS003	ظفر Zafar	ساری گل Sarigol	زرغام Zarfam	دلگان Dalgan	
وزن هزار دانه 1000 grains weight (g)	2.9	2.7	2.7	3.1	2.9	2.9	2.7	2.8	2.8	2.8	0.153

جدول ۶- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا در سطوح مختلف تنش خشکی

Table 6- Mean of measured traits on spring genotypes of rapeseed under different drought stress levels

سطح تنش خشکی Drought stress level	ژنوتیپ Genotype	مقدار نسبی آب برگ Relative water content	هدایت روزنه Stomatal conductance (cm.s ⁻¹)	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index
بدون تنش Non-stressed	RGS003	0.797	0.723	37.67
	ظفر Zafar	0.792	0.672	34.33
	ساری گل Sarigol	0.785	0.660	36.50
	زرغام Zarfam	0.767	0.707	36.00
	دلگان Dalgan	0.785	0.670	28.50
تنش از مرحله گل‌دهی Stress from flowering	RGS003	0.695	0.643	24.33
	ظفر Zafar	0.605	0.590	19.17
	ساری گل Sarigol	0.613	0.562	24.33
	زرغام Zarfam	0.695	0.608	18.17
	دلگان Dalgan	0.643	0.592	19.17
تنش از مرحله خورجین‌دهی Stress from pod formation	RGS003	0.737	0.668	26.83
	ظفر Zafar	0.693	0.652	24.50
	ساری گل Sarigol	0.655	0.612	26.17
	زرغام Zarfam	0.710	0.633	25.33
	دلگان Dalgan	0.687	0.618	22.67
LSD 5%	-	0.036	0.020	1.698

جدول ۷- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا در سطوح مختلف تنش خشکی طی دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵
 Table 7- Mean of measured traits on spring genotypes of rapeseed under different drought stress levels during 2015 and 2016

سال Year	سطح تنش خشکی Drought stress level	ژنوتیپ Genotype	تعداد دانه در خورجین Grain number per pod	عملکرد دانه Grain yield (kg h ⁻¹)	عملکرد روغن Oil yield (kg h ⁻¹)	
۱۳۹۴	بدون تنش	RGS003	25.5	1120	466	
2015	Non-stressed	Zafar ظفر	26.1	1051	430	
		Sarigol ساری گل	24.1	1102	454	
		Zarfam زرفام	26.2	1069	449	
		Dalgan دلگان	25.9	1078	452	
		RGS003	21.5	764	312 f-	
	تنش از مرحله گل‌دهی Stress from flowering	Zafar ظفر	25.3	588	234	
		Sarigol ساری گل	23.7	579	238	
		Zarfam زرفام	24.3	745	302	
		Dalgan دلگان	23.2	403	157	
		RGS003	25.8	954	396	
	تنش از مرحله خورجین‌دهی Stress from pod formation	Zafar ظفر	25.2	778	316	
		Sarigol ساری گل	27.0	533	217	
		Zarfam زرفام	26.0	745	300	
		Dalgan دلگان	26.4	741	295	
		RGS003	22.3	1153	481	
	۱۳۹۵	بدون تنش	Zafar ظفر	28.0	808	337
			Sarigol ساری گل	27.7	803	334
			Zarfam زرفام	24.7	910	386
Dalgan دلگان			27.3	1099	469	
RGS003			20.0	671	274	
تنش از مرحله گل‌دهی Stress from flowering		Zafar ظفر	19.3	694	262	
		Sarigol ساری گل	22.3	498	193	
		Zarfam زرفام	21.3	542	204	
		Dalgan دلگان	20.7	567	215	
		RGS003	21.7	700	290	
تنش از مرحله خورجین‌دهی Stress from pod formation		Zafar ظفر	25.7	696	274	
		Sarigol ساری گل	18.7	526	207	
		Zarfam زرفام	23.7	633	249	
		Dalgan دلگان	27.0	744	293	
		RGS003	21.7	700	290	
LSD 5%		-	-	3.878	124.4	57.39

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا (میانگین سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵)

Table 8- Correlation coefficients among studied traits on spring genotypes of rapeseed (mean 2015 and 2016)

صفات Traits	دمای برگ Leaf temperature (1)	نسبی آب برگ Relative water content (2)	هدایت روزنه Stomatal conductance (3)	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index (4)	تعداد خورجین در بوته Pod number per plant (5)	تعداد دانه در خورجین Grain number per pod (6)	وزن هزار دانه 1000 grains weight (7)	عملکرد دانه Grain yield (8)	درصد روغن Oil percent(9)	عملکرد روغن Oil yield (10)
2	-0.89**									
3	-0.80**	0.90**								
4	-0.91**	0.81**	0.80**							
5	-0.87**	0.76**	0.72**	0.88**						
6	-0.64**	0.63*	0.46	0.53*	0.67**					
7	-0.88**	0.86**	0.78**	0.74**	0.78**	0.54*				
8	-0.91**	0.91**	0.90**	0.80**	0.77**	0.61*	0.88**			
9	-0.83**	0.87**	0.85**	0.82**	0.71**	0.51	0.78**	0.87**		
10	-0.91**	0.92**	0.90**	0.81**	0.77**	0.60*	0.89**	0.99**	0.89**	

* and **, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نتیجه‌گیری

برخوردار بوده و می‌توان از آنها در شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی کلزای بهاره استفاده نمود. اثرات منفی خشکی رخ داده از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی روی عملکرد دانه از طریق کاهش همه اجزای عملکرد بود. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد روغن با عملکرد دانه و درصد روغن دانه، نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده هر دو صفت در تولید روغن می‌باشد. نتایج آزمایش حاکی از آن است که در شرایط بدون تنش، همه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه عملکردهای قابل قبولی داشتند ولی در شرایط کمبود آب، RGS003 به‌عنوان یک ژنوتیپ سازگار با آب و هوای گرم و خشک و متوسط‌ترس، در شرایط کشت بهاره عملکرد دانه و روغن به‌مراتب بیشتری کسب کرد و برای کشت در شرایط ناپایدار منابع آبی مناسب‌تر است.

وقوع تنش خشکی از هر دو مرحله گل‌دهی و خورجین‌دهی باعث افزایش معنی‌دار دمای برگ و کاهش معنی‌دار مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه، شاخص کلروفیل برگ، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن گردید. ولی خشکی واقع شده از مرحله گل‌دهی، باعث افت بیشتر مقادیر این صفات شد. بنابراین اثرات منفی خشکی روی جنبه‌های فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی و محصول‌دهی کلزای بهاره در مرحله گل‌دهی شدیدتر بود. به‌طور کلی در صورت محدودیت منابع آب، آبیاری در مرحله گل‌دهی دارای اولویت بیشتری خواهد بود. صفات فیزیولوژیک دمای برگ، مقدار نسبی آب برگ، هدایت روزنه و شاخص کلروفیل برگ از کارایی قابل قبولی در بازتاب اثرات تنش خشکی روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا

References

- Daneshmand, A., Shirani-Rad, A. H., Darvish, F., Ardakani, A., Zarei, G., and Ghooshchi, F. 2006. Effect of drought stress on qualities and quantities of yield, yield components and relative water content in rapeseed cultivars. Geological Society of America Abstracts with Programs, Speciality. Meeting 3. p. 19.
- Din, J., Khan, S. U., Ali, L., and Gurmani, A. R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Animal and Plant Science Journal 21: 78-82.
- Diepenbrock, W., 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field Crops Research 67: 35-49.
- Faraji, A. 2013. The role of analysis components to determine seed yield of canola (*Brassica napus* L.) in Gonbad area. Journal of Plant Production 20: 217-233. (in Persian with English abstract).
- Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., and Shirani Rad, A. H. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation.

- Agriculture Water Management 96: 132-140.
6. Golypour, A., Latifi, N., Ghassemiegozani, K., Alyari, H., and Moghaddam, M. 2005. Comparison of growth and seed yield of oilseed rape cultivars in rainfed condition of Ghorgan. *Agricultural Science and Natural Resources* 11: 5-14. (in Persian with English abstract).
 7. Grewal, H. S. 2010. Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on asodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. *Agriculture Water Management* 97: 148-156.
 8. Gunasekera, C. P., Martin, L. D., Siddique, K. H. M., and Walton, G. H. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments 1. Crop growth and seed yield. *European Journal of Agronomy* 25: 1-12.
 9. Jensen, C. R., Mogensen, V. O., Mortensen, G., Fieldsend, J. K., Milford, G. F. J., Andersen, M. N., and Thage, J. H. 1996. Glucosinolate, oil and protein contents of field -grown rape affected by soil drying, and evaporative demands. *Field Crops Research* 47: 93-105.
 10. Khalili, M., Naghavi, M. R., Aboughadareh, A., and Talebzadeh, S. J. 2012. Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in spring canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Journal of Agriculture Science* 4 (11): 78-85.
 11. Kumar, A., and Singh, D. P. 1998. Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed Brassica species. *Annual of Botany* 81: 413-420.
 12. Mendham, N. J., and Salisbury, P. A. 1995. Physiology: Crop development, growth and yield. In: Kimber, D. and Mc Gregor, D. I. (eds). *Brassica oil seeds*. CAB International. London. Pp: 11-67.
 13. Miri, H. R., Emam, Y., and Mohammadi, N. M. 2008. Evaluation of some of seed yield related physiological traits. *Agriculture Science* 17: 101-117. (in Persian with English abstract).
 14. Pasban Eslam, B. 2014. Study of some physiological indices, seed yield and its components of rapeseed varieties under drought stress. *Journal of Plant production* 20: 149-162. (in Persian with English abstract).
 15. Pasban Eslam, B., Shakiba, M. R., Neyshabouri, M. R., Moghaddam, M., and Ahmadi, M. R. 2000. Evaluation of physiological indices as screening technique for drought resistance in oilseed rape. *Proceeding Pakestan Academic Science Journal* 37: 143-152.
 16. Rao, M. S. S., and Mendham, N. J. 1991. Soil-plant-water relation of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. campestris*). *Journal of Agricultural Science Cambridg* 117: 197-205.
 17. Roudi, D., and Shirani Rad, A. H. 2014. Introduction of cold tolerant spring oilseed rape cultivars in late cultivation. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj. Pp. 14-15. (in Persian with English abstract).
 18. Sharghi, Y., Shirani Rad, A. H., Ayeneh Band, A., noormohammadi, G., and Zahedi, H. 2011. Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. *African Journal of Biotechnology* 10 (46): 9309-9313.
 19. Sheikh, F., Toorchee, M., Valizadeh, M., Sakiba, M. R., and Pasban Eslam, B. 2006. Evaluation of drought tolerance in spring oilseed rape (*Brassica sp.*). *Agricultural Science* 15: 163-174. (in Persian with English abstract).
 20. Sinaki, J. M., Majidi, E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). *American Journal of Agriculture Environmental Science* 2: 417-422.
 21. Singh, D. P., Singh, P., Kumar, A., and Sharma, H. C. 1985. Transpirational cooling as a screening technique for drought tolerance in oilseed brassicas. *Annual Botany* 56: 815-820.



Evaluation of Physiological and Agronomic Characteristics Related to Drought Tolerance in Spring Rapeseed

B. Pasban Eslam^{1*}

Received: 21-02-2017

Accepted: 25-11-2017

Introduction: Among the different environmental stresses, drought is a major limitation in reducing crop yields. Rapeseed is a plant adaptable to areas with limited rainfall during winter and spring and dry air at flowering, grain filling and maturity stages. Water deficit stress during pod filling stage in rapeseed reduces the number of grains per m², oil percent and grain yield. Positive and significant correlations were reported among grain yield with pod numbers per plant and grain number in a pod in winter genotypes of canola, under normal and drought stress conditions. Strong negative relationship between grain yield and canopy temperature during reproductive stage of *Brassica napus* L. genotypes have been reported. The results of studying rapeseed genotypes under drought stress indicated that the chlorophyll *a* and *b* content of all genotypes declined due to drought stress at flowering and grain filling stages, but greater reduction in grain yield was observed when stress was imposed at flowering stage. The objectives of this study were to recognize some of the physiological and agronomic characteristics related to drought tolerance in spring genotypes of rapeseed and to study the grain and oil yields and yield components relations under normal and water deficit stress conditions.

Materials and Methods: The experiment was carried out in the East Azarbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (46°2'E, 37°58'N, 1347 m a.s.l.) with semi-arid and cold climate according to Koppen climatic classification system, during 2015 and 2016 cropping seasons. The experiment was conducted as split plot based on a randomized complete blocks design with three replications. The experimental factors were drought stress with three levels: non-stressed and drought stress from flowering and pod formation stages and genotype in 5 levels: RGS003, Zafar, Sarigol, Zarfam and Dalgan. Each plot consisted of 6 rows in 5 meters. Plants were harvested on the 5th and 17th of July during the first and second years of experiment respectively. During harvest time, in order to control boarder effects, plants from the sides of each plot were removed. Measured traits were leaf temperature, relative water content, stomatal conductance, leaf chlorophyll index, pod number per plant, grain number per pod, 1000- grains weight, grain yield and grain oil percent. Ten plants in each plot were used to determine grain yield components. Moreover, seed oil content was determined by NMR (nuclear magnetic resonance) method.

Results and Discussion: Occurring drought around flowering and pod formation stages led to a significant increase in leaf temperature and significant decrease in leaf relative water content, stomatal conductance, leaf chlorophyll index, pod number per plant, grain number per pod, 1000 grains weight, oil percent, grain and oil yields. But the effects of drought from flowering stage were too hard. Therefore, in case of water resources limitation, irrigation during flowering stage will be more important than pod formation stage. RGS003 genotype with higher relative water content, stomatal conductance and leaf chlorophyll index and lower leaf temperature, indicated the highest grain and oil yields. The highest grain and oil yields with 1120 and 466 Kg h⁻¹ respectively were obtained from RGS003 under non-stress condition. Also RGS03 in all water conditions indicated higher yields and could be used to cultivate in areas with normal and limited irrigation water resources. The significant correlations among leaf temperatures, relative water content, stomatal conductance and leaf chlorophyll index with each other and grain and oil yields and yield components were seen. It seems that these traits can be used to select drought tolerant spring genotypes of rapeseed.

Conclusions: It can be concluded that spring rapeseed is more sensitive to occurring drought stress from flowering than from pod formation stage. Thus, water supply at flowering stage could be more effective in rapeseed yield production. Leaf temperatures, relative water content, stomatal conductance and leaf chlorophyll index can be used to screen high yielding spring genotypes of rapeseed for late season water deficit condition.

Keywords: Grain yield, Leaf chlorophyll index, Leaf temperatures, Relative water content, Stomatal conductance

1- Associate Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

(*- Corresponding Author Email: b_pasbaneslam@yahoo.com)