

مطالعه اثر تنش‌های شوری و خشکی روی برخی مؤلفه‌های فیزیولوژیکی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) در اهواز

فرید یوسفی^۱، پیمان حسیبی^{۲*}، حبیب‌الله روشنفکر^۳ و موسی مسکریاشی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز (P.hassibi@scu.ac.ir)

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۰

چکیده

این تحقیق با هدف مطالعه اثرات تنش‌های شوری و خشکی به صورت مجزا و همراه با یکدیگر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم کلزا در اهواز به صورت گلدانی خارج از گلخانه اجرا شد. تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود. نتایج نشان داد که در هر دو شرایط تنش شوری و خشکی عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی شاخص برداشت، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. همچنین تنش‌های شوری و خشکی سبب افزایش عدد SPAD و نفوذپذیری نسبی غشاء در ارقام مورد مطالعه شد. در حالی که تنش توأم شوری و خشکی، این صفات را به مقدار بیشتری متأثر کرد. نتایج همبستگی صفات تحت تنش شوری نشان داد که افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی شد (** $r = -0.93$). همچنین در شرایط تنش توأم همبستگی منفی بین نفوذپذیری نسبی غشاء و محتوای نسبی آب برگ وجود داشت (** $r = -0.94$) که به دلیل آسیب وارده به غشاء و افزایش نشت الکترولیت‌ها سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ شد. به طور کلی رقم هایولا ۴۰۱ دارای سازوکار دفاعی بهتر و کارآمدتری نسبت به رقم شیرالی از لحاظ حفظ محتوای نسبی آب برگ و عدم افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء برخوردار بود و نسبت به تنش‌های شوری، خشکی و توأم تحمل بیشتری داشت.

کلید واژه‌ها: ارتفاع بوته، عدد SPAD، محتوای نسبی آب برگ، نفوذپذیری نسبی غشاء

مقدمه

بخش عمده‌ای از روغن خوراکی مورد نیاز کشور از منابع خارجی تأمین می‌شود. بنابراین توسعه کشت گیاهان دانه روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. از بین گیاهان دانه روغنی، کلزا (*Brassica napus* L.)، یک محصول مهم دانه روغنی جزء خانواده چلیپانیان است (دین و همکاران^۱، ۲۰۱۱). این گیاه امروزه به یک

محصول مهم روغنی در تناوب با گندم در ایران تبدیل شده که سطح زیر کشت آن به طور پیوسته در حال افزایش است (قبادی و همکاران^۲، ۲۰۰۶). ولی به واسطه محدودیت‌های زراعی هنوز جایگاه واقعی خود را پیدا نکرده است. یکی از اصلی‌ترین محدودیت‌ها، وجود تنش‌های غیرزنده از جمله تنش شوری و خشکی است (فتحی و همکاران، ۱۳۸۹). که امروزه به علت استفاده

افزایش در نفوذپذیری نسبی غشاء (اسکلومر و همکاران^۷، ۲۰۰۵ و کرامت و همکاران^۸، ۲۰۱۰)، کاهش کلروفیل و خسارت به رنگدانه‌های فتوسنتزی (اشرف و علی^۹، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸) می‌گردد. عدد SPAD که بیانگر غلظت کلروفیل در واحد سطح است. از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز می‌باشد و به نحوی قدرت منبع را مشخص می‌کند (قوش و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۴). سیدیکیو و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۸) و غلام و همکاران^{۱۲} (۲۰۰۲) نشان دادند که عدد SPAD تحت تنش با کوچک‌تر شدن و فشرده شدن سلول و برگ افزایش یافت. اصغری و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۳) در بررسی اثر تنش توأم در گزارش دادند که کاهش میزان کلروفیل به دلیل تشکیل بیشتر رادیکال هیدروکسیل حادث گردید. سیلویر^{۱۴} (۲۰۰۹) و ندجیمی^{۱۵} (۲۰۱۳) اظهار داشتند توانایی گونه‌ها در حفظ رطوبت نسبی برگ حاکی از آن است که این گونه‌ها کمتر تحت تأثیر تنش اسمزی و سمیت یونی ناشی از تنش شوری قرار گرفتند.

با توجه به اینکه، اغلب پژوهش‌های قبلی به بررسی تنها یکی از تنش‌های خشکی یا شوری پرداخته‌اند و اطلاعات ناچیزی درباره تأثیر توأم تنش‌های خشکی و شوری در دست می‌باشد و با علم به این که گیاه کلزا در شرایط اقلیمی اهواز می‌تواند در معرض ترکیبی از تنش‌های محیطی از قبیل شوری و خشکی قرار گیرد. بنابراین انجام این آزمایش جهت درک بهتر تأثیر توأم تنش‌های مذکور طی دوره رشد گیاهان زراعی از جمله کلزا ضروری به نظر می‌رسد. لذا تحقیق حاضر به منظور ارزیابی تأثیر تنش توأم شوری و خشکی روی عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژی دو رقم کلزا انجام شد.

بی‌رویه از منابع طبیعی و به کارگیری تکنولوژی‌های نامناسب در تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در ارتباط با آب آبیاری بخش قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی ایران در مناطق خشک با پدیده شوری مواجه هستند (ملونی و همکاران^۱، ۲۰۰۴). بنابراین بررسی و انتخاب گیاهان و ژنوتیپ‌های استراتژیک و متحمل به تنش‌های شوری و خشکی ضروری به نظر می‌آید. خشکی و شوری با بهم زدن تعادل آب درون سلولی بر رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارند (قبادی و همکاران، ۲۰۰۶). تأثیر تنش‌های مختلف تابعی از پتانسیل ژنتیکی رقم، شدت و مدت تنش، آب و هوا و مرحله رشد گیاه است (سیناکی و همکاران^۲، ۲۰۰۷). طباطبایی و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشت که رشد سلول‌ها در ابتدا با پتانسیل آب در ارتباط است، کاهش فشار تورژسانس روی تقسیم سلولی و طولی شدن سلول در گیاهان حساس به تنش اثر می‌گذارد و موجب کاهش ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک می‌گردد. آنگادی و همکاران^۳ (۲۰۰۳) بیان نمودند که کمبود آب، عملکرد اقتصادی و بیولوژیک را در گیاه کلزا کاهش می‌دهد اما تأثیرش بر عملکرد اقتصادی بیشتر است. در واقع تنش شوری با کاهش سطوح فتوسنتزی، جذب نور و ظرفیت فتوسنتزی سبب کاهش ارتفاع بوته و شاخه‌های فرعی می‌گردد (اسموند^۴، ۱۹۷۹). این امر مربوط به ممانعت شوری از سنتز و یا افزایش تجزیه کلروفیل در برگ‌های گیاهان می‌باشد (گزارش ژائو و همکاران^۵، ۲۰۰۷). در شرایط تنش شوری و خشکی، انتقال الکترون در فتوسنتز دو مختل شده و در این شرایط الکترون‌های حاصل از تجزیه آب، با تولید گونه‌های اکسیژن واکنشگر (پاری و همکاران^۶، ۲۰۰۲) باعث خسارت و القای تنش اکسیداتیو می‌شود که منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء،

7- Schlemmer *et al.*
8- Keramat *et al.*
9- Ashraf & Ali
10- GHosh *et al.*
11- Siddiqui *et al.*
12- GHoulam *et al.*
13- Asghari *et al.*
14- Silveira
15- Nedjimi

1- Meloni *et al.*
2- Sinaki *et al.*
3- Angadi *et al.*
4- Osmond
5- Zhao *et al.*
6- Parry *et al.*

پتاسیم و فسفر موردنیاز گیاه پس از محاسبه و تبدیل به سطح هر گلدان، مقادیر لازم توزین و به هر گلدان ۲/۱ گرم اوره (کود اوره در زمان کاشت و در دو مرحله ساقه رفتن و گلدهی به صورت سرک اعمال شد)، ۲/۱ گرم سولفات پتاسیم و یک گرم سوپرفسفات تریبل اضافه شد.

زمان اعمال تیمار شوری براساس مرحله فنولوژیکی رشد گیاه پس از ۴ برگی صورت گرفت (طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۲). به منظور ممانعت از تجمع نمک، در صورت مشاهده آثار شوری در سطح خاک، گلدان‌ها را با EC کمتر با همان نیاز آبی که برای تنش خشکی تعریف شده بود آبیاری گردید. زمان اعمال تنش خشکی براساس مراحل فنولوژیکی از ابتدای گلدهی تا ابتدای ظهور خورجین‌ها با استفاده از شلتر^۴ جهت جلوگیری از ورود آب بارندگی انجام گرفت. محاسبه مقدار آب موردنیاز هر تیمار با توجه به مقدار تبخیر از تشتک تبخیر (کتین و همکاران^۵، ۲۰۰۲) در هر دور آبیاری اندازه‌گیری شد. عدد حاصل از تشتک تبخیر کلاس A در هر یک از تیمارها و مساحت گلدان ضرب شده و حجم آب مصرفی برای هر گلدان برای هر بار آبیاری به دست آمد. مبنای تعیین دور آبیاری، تخلیه رطوبت از ۲۰ سانتی‌متر فوقانی خاک گلدان‌های شاهد بود. مساحت گلدان ۷۰۶/۵ سانتی‌متر مربع بود. چنانچه مقدار تبخیر از تشتک تبخیر در هر دور آبیاری ۲/۴۵ سانتی‌متر باشد با استفاده از روش زیر مقدار آب موردنیاز هر یک از تیمارهای خشکی مشخص گردید (نجفی و همکاران، ۱۳۹۱).

مقدار آب موردنیاز برای تیمارهای شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی):

$$\text{لیتر } 1/73 = 1 \times 1 \times 2/45 \times 706/5$$

مقدار آب موردنیاز برای تیمارهای خشکی (۳۰٪ نیاز آبی):

$$\text{میلی لیتر } 519 = 1 \times 0/3 \times 2/45 \times 706/5$$

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثر تنش‌های توأم شوری و خشکی بر رشد، عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم کلزا به صورت گلدانی خارج از محیط گلخانه‌ای^۱ (بنز و همکاران^۲، ۱۹۹۶) در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی شماره ۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. مزرعه تحقیقاتی شماره دو دانشگاه شهید چمران واقع در جنوب غربی شهرستان اهواز، در حاشیه غربی رودخانه کارون، با موقعیت جغرافیایی: ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی (طول جغرافیایی) و ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی (عرض جغرافیایی) با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا قرار داشت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول شامل دو رقم کلزا (رقم هایولا ۴۰۱ و رقم شیرالی)، فاکتور دوم شامل تنش شوری (بدون تنش (شاهد) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار از منبع کلرید سدیم (EC=۱۵ ds/m)) و فاکتور سوم شامل تنش خشکی (بدون تنش (شاهد با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش خشکی از ابتدای گلدهی تا ابتدای ظهور خورجین (تأمین ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه). با توجه به نتایج آزمایش‌های پیشین رقم شیرالی به عنوان متحمل‌ترین رقم به شوری (طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۲) و رقم هایولا ۴۰۱ به عنوان متحمل‌ترین رقم به تنش خشکی (حسینی و حسینی^۳، ۲۰۱۱) انتخاب شدند. کاشت در تاریخ ۹۱/۸/۲۹ انجام شد.

در هر تکرار ۸ تیمار و برای هر تیمار ۴ گلدان در نظر گرفته شد. در مجموع تعداد ۹۶ گلدان مورد بررسی قرار گرفت. برای خاک‌گیری گلدان‌ها از یک‌سوم خاک مزرعه، یک‌سوم ماسه نرم و یک‌سوم کود حیوانی استفاده شد. سپس با توجه به آزمون خاک گلدان‌ها (جدول ۱) و توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (بی‌نام، ۱۳۹۱) برای تأمین نیتروژن و

- 1- The outdoor pot experiment
- 2- Benes *et al.*
- 3- Hosseini & Hassibi

- 4- Shelter
- 5- Ceitn *et al.*

جدول ۱- نتایج آزمون خاک گلدان

پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	نیترژن (میلی گرم بر کیلوگرم)	ماده آلی (درصد)	pH	EC (دسی زمینس)
۲۲۰	۵	۰/۱۱	۱/۲	۷/۸	۲

نتایج

نتایج جدول ۲ نشان داد عملکرد دانه با اعمال تنش‌های شوری، خشکی و توأم نسبت به شاهد کاهش معنی داری یافت. در شرایط تنش‌های متفاوت عملکرد دانه در رقم شیرالی به مقدار بیشتری نسبت به هایولا ۴۰۱ کاهش یافت. همچنین در شرایط تنش‌های متفاوت عملکرد بیولوژیک در هر دو تفاوت معنی داری نشان داد. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد هر دو رقم و کمترین میزان در شرایط تنش توأم رقم شیرالی (۲۹/۶ گرم بر بوته) به دست آمد (جدول ۲).

نتایج این بررسی نشان داد که با اعمال تنش‌های شوری، خشکی و توأم، شاخص برداشت ارقام به‌طور معنی دار کاهش یافت. درحالی که بین شاخص برداشت رقم شیرالی در شرایط شاهد و تنش خشکی تفاوتی مشاهده نشد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که وزن خشک اندام هوایی ارقام در تنش شوری ۱۵۰ میلی لیتر، خشکی و تنش توأم نسبت به شاهد دارای تفاوت معنی دار بود به گونه‌ای که این صفت در رقم شیرالی به مقدار بیشتری نسبت به هایولا ۴۰۱ کاهش یافت. براساس نتایج جدول ۲ بین ارتفاع بوته رقم هایولا ۴۰۱ در تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار، تنش خشکی (تامین ۳۰ درصد نیاز آبی) و تنش توأم تفاوتی مشاهده نشد ولی ارتفاع بوته رقم شیرالی با وقوع تنش شوری و توأم بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت. با اعمال تنش، تعداد شاخه‌های فرعی کاهش یافت. همچنین با اعمال تنش‌های متفاوت، واکنش وزن خشک ریشه ارقام متفاوت بود به گونه‌ای که وزن خشک ریشه رقم شیرالی به مقدار بیشتری نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ در شرایط تنش شوری و تنش توأم کاهش یافت. به عبارتی وزن خشک ریشه رقم هایولا ۴۰۱ در هر دو این شرایط از وضعیت بهتری برخوردار

در این فرمول مساحت گلدان ۷۰۶/۵ سانتی متر مربع و مقدار تبخیر از تشتک تبخیر ۲/۴۵ سانتی متر می‌باشد. ضریب گیاهی برابر یک در نظر گرفته شد. همچنین ضریب اعمال شده در فرمول فوق برای تیمار ۱۰۰٪/۱ تأمین نیاز آبی ۱ بوده و چنانچه ۳۰٪ از آب موردنیاز تأمین شود این ضریب در فرمول فوق ۰/۳ می‌باشد. یک ماه پس از گلدهی صفات عدد SPAD (توسط دستگاه SPAD 502 Chlorophyll meter)، نفوذپذیری نسبی غشاء (ژائو و همکاران^۱، ۱۹۹۲) و محتوای نسبی آب برگ (ریچی و همکاران^۲، ۱۹۹۰) از آخرین برگ توسعه یافته اندازه‌گیری شد. همچنین پس از برداشت، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، ارتفاع بوته و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری و سپس شاخص برداشت محاسبه گردید. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه، تعداد خورجین‌های هر بوته در تعداد دانه در هر خورجین و وزن صد دانه ضرب شد و در نهایت میانگین وزن آن‌ها برای تک بوته در هر تیمار محاسبه گردید. به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی از هر تیمار در هر تکرار سه بوته به صورت کف بر برداشت شد و همچنین با استفاده از غرقاب کردن خاک گلدان‌ها و شستشو، ریشه سه بوته عملکرد از خاک جدا گردید و آن‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و در نهایت میانگین وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه برای تک بوته محاسبه گردید. جهت تجزیه واریانس و محاسبه همبستگی صفات از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD انجام گردید.

1- Zhao *et al.*2- Ritchie *et al.*

مشاهده شد. به گونه‌ای که در شرایط تنش خشکی و توأم نفوذپذیری نسبی غشاء رقم شیرالی به مقدار بیشتری نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ افزایش یافت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که با اعمال تنش‌های شوری، خشکی و توأم، RWC به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ به ترتیب، در تیمار شاهد رقم هایولا ۴۰۱ (۶۳ درصد) و رقم شیرالی در تنش توأم خشکی و شوری (۳۳/۳ درصد) به‌دست آمد (جدول ۳).

بود. درحالی‌که در شرایط تنش خشکی وزن خشک ریشه رقم شیرالی نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ بیشتر بود (جدول ۲).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های عدد SPAD آشکار ساخت که این صفت در هر دو رقم در شرایط تنش‌های متفاوت نسبت به شاهد افزایش داشت درحالی‌که در دو شرایط مجزای تنش شوری و خشکی رقم شیرالی کاهش یافت (جدول ۳). در تنش شوری، خشکی و توأم بین نفوذپذیری نسبی غشاء ارقام تفاوت

جدول ۲- اثر تنش شوری، خشکی و توأم بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن خشک ریشه دو رقم کلزا

تنش ارقام	عملکرد دانه (گرم بر بوته)	عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت (درصد)	وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی (گرم بر بوته)	وزن خشک ریشه (گرم بر بوته)
۱: هایولا ۴۰۱	۵/۶ ^a	۲۵/۵ ^a	۱۹/۷ ^a	۶۲ ^b	۴ ^a	۳/۱۴ ^b
۲: شیرالی	۵ ^b	۲۷ ^a	۲۱/۲ ^a	۷۲ ^a	۴/۶ ^a	۴/۶۴ ^a
۳: هایولا ۴۰۱	۳/۱ ^c	۲۱/۴ ^b	۱۵/۳ ^b	۴۸ ^d	۳ ^b	۲/۳ ^c
۴: شیرالی	۱/۹ ^d	۱۲/۳ ^d	۹/۴ ^d	۴۰ ^e	۲/۳ ^b	۱/۸۶ ^{de}
۵: هایولا ۴۰۱	۳/۲ ^c	۱۸/۲ ^c	۱۲/۴ ^c	۴۸ ^d	۲/۶ ^b	۲/۲۶ ^{cd}
۶: شیرالی	۲/۲ ^d	۱۱/۶ ^d	۶/۶ ^e	۵۳/۶ ^c	۲/۶ ^b	۳/۱۷ ^b
۷: هایولا ۴۰۱	۱/۴ ^e	۱۰/۴ ^d	۴/۵ ^f	۴۸ ^d	۳ ^b	۱/۷۱ ^e
۸: شیرالی	۰/۱۶ ^f	۲/۶ ^e	۰/۹ ^g	۳۲ ^f	۱/۳ ^c	۱/۱۳ ^f

در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار با یکدیگر هستند (مقایسه میانگین از روش LSD استفاده شد)

جدول ۳- اثر تنش شوری، خشکی و توأم بر عدد SPAD، نفوذپذیری نسبی غشاء و محتوای نسبی آب برگ

تنش ارقام	عدد SPAD	نفوذپذیری نسبی غشاء (درصد)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)
شاهد هایولا ۴۰۱	۵۴/۴ ^c	۱۶/۴ ^e	۶۳ ^a
شیرالی	۶۵/۱ ^{ab}	۱۵/۶ ^e	۵۵/۶ ^b
هایولا ۴۰۱ شوری	۶۱/۳ ^b	۲۰/۴ ^c	۴۲/۱ ^c
شیرالی شوری	۵۴/۴ ^c	۱۷/۳ ^{de}	۴۱/۳ ^c
هایولا ۴۰۱ خشکی	۵۷/۲ ^c	۱۶/۷ ^e	۵۴/۷ ^b
شیرالی خشکی	۶۴ ^b	۱۹ ^{cd}	۴۲/۳ ^c
هایولا ۴۰۱ توأم	۵۷ ^c	۲۶/۱ ^b	۴۰ ^c
شیرالی توأم	۶۸/۱ ^a	۳۰/۹ ^a	۳۳/۳ ^d

در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار با یکدیگر هستند (مقایسه میانگین از روش LSD استفاده شد)

بحث

تنش شوری

واکنش ارقام مورد بررسی به تنش های غیرزنده نظیر شوری منجر به کاهش ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و تعداد شاخه های فرعی شد. تأثیر تنش های مختلف تابعی از پتانسیل ژنتیکی رقم، شدت و مدت تنش، آب و هوا و مرحله رشد گیاه است (سیناکی و همکاران، ۲۰۰۷). خسارت ناشی از تنش شوری با کاهش یا جلوگیری از رشد رقم های هایولا ۴۰۱ و شیرالی فقط ناشی از فشار اسمزی نبود بلکه به دلیل افزایش غلظت یون سدیم در سلول و سمیت آن بوده که احتمالاً روی جذب یون ها و متابولیسم در اندام های مختلف گیاه اثر داشت (چریکی و همکاران^۱، ۲۰۰۲). همچنین نتایج حاصل از همبستگی داده ها (جدول ۴) نشان داد که با کاهش ارتفاع بوته و تعداد شاخه های فرعی، عملکرد دانه کاهش یافت که با نتایج آنگادی و همکاران (۲۰۰۳) همخوانی داشت. طول ساقه به عنوان مخزن موقت ذخیره مواد کربوهیدراتی غیر ساختمانی شناخته شده است که به طبع با کاهش ارتفاع بوته امکان انتقال مقدار کمتری از کربوهیدرات ها را به ویژه در شرایط تنش به دانه ها در طول پرشدن دانه، فراهم می کند که با نتایج پسبان اسلام (۱۳۹۰) مطابقت داشت. همچنین با کاهش ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت کاهش یافت (جدول ۴). تنش شوری باعث کاهش تقسیم و طویل شدن سلول ها می گردد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۰) و به این طریق منجر به کوتاه شدن ارتفاع گیاه و سبب کاهش عملکرد بیولوژیکی شد.

با اعمال تنش شوری، عدد SPAD ارقام مورد بررسی واکنش متفاوتی نشان دادند به گونه ای که عدد SPAD در رقم هایولا ۴۰۱ نسبت به شاهد افزایش یافت، در حالی که در رقم شیرالی کاهش نشان داد. این کاهش می تواند به دلیل کاهش سنتز کلروفیل و یا افزایش تجزیه

کلروفیل در برگ رقم شیرالی باشد که با گزارش ژانو و همکاران (۲۰۰۷) هم سو بود. همچنین بین عدد SPAD و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت (** $r=0/80$). افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی شد (** $r=-0/93$) (جدول ۴). با توجه به اینکه یکی از اثرات تنش های محیطی نظیر شوری افزایش تولید گونه های اکسیژن واکنش گر و القای تنش اکسیداتیو می باشد، در نتیجه گونه های اکسیژن واکنش گر به پراکسیداسیون فسفولیپید های غشاء و افزایش در نفوذپذیری نسبی غشاء و خسارت به سلول شده است که با نتایج کرامت و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشت.

تنش خشکی

تنش خشکی به موجب کاهش رطوبت خاک با افزایش عدد SPAD و افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء سبب کاهش عملکرد دانه شد (جدول ۵). افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء برگ به معنای کاهش قابلیت انتخابی غشاء سلولی در ورود و خروج یون ها و الکترولیت ها بوده که منجر به کاهش فعالیت های فتوسنتزی و عدم تولید انرژی کافی جهت رشد اندام های گیاهی می شود (اشرف و علی، ۲۰۰۸). همچنین نفوذپذیری نسبی غشاء در هر دو رقم (هایولا ۴۰۱ و شیرالی) با اعمال تنش خشکی بیشتر شد، ولی نفوذپذیری نسبی غشاء هایولا ۴۰۱ از افزایش کمتری نسبت به رقم شیرالی برخوردار بود که می تواند با پاک سازی گونه های اکسیژن واکنش گر در این رقم به دلیل سازوکار آنتی اکسیدانی بهتر مرتبط باشد. کاهش محتوای نسبی آب برگ سبب افزایش عدد SPAD طی تنش خشکی شد (** $r=-0/85$) (جدول ۵). کاهش محتوای نسبی آب برگ در رقم شیرالی نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ نشان دهنده پایین بودن رطوبت برگ جهت ادامه فعالیت های حیاتی گیاه بوده که منجر به کاهش رشد برگ در این رقم در شرایط تنش خشکی گردیده است. از سوی دیگر عدد

و طویل شدن سلول در گیاهان اثر داشته و موجب کاهش عملکرد دانه شد. که با نتایج طباطبایی و همکاران (۱۳۹۰) مطابق بود.

تنش توأم شوری و خشکی

در تنش توأم، با کاهش شدید پتانسیل آب محیط ریشه و تشدید اثر تنش شوری به سبب افزایش تجمع یون‌های سدیم و کلر، نفوذپذیری نسبی غشاء افزایش یافته که منجر به کاهش ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و در نهایت عملکرد دانه شد (جدول ۶).

SPAD که بیانگر غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ است احتمالاً با کوچک‌تر و فشرده‌تر شدن سلول‌های مزوفیل ناشی از اثرات تنش، افزایش یافت. این نتایج با بررسی‌های غلام و همکاران (۲۰۰۲) و سیدیکیو و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی داشت. با کاهش محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه کاهش یافت (جدول ۵). با توجه به این که رشد سلول‌ها در ابتدا با پتانسیل آب در ارتباط است، به نظر می‌رسد کاهش پتانسیل تورگر و کاهش محتوای نسبی آب سلول‌ها روی تقسیم سلولی

جدول ۴- همبستگی میان برخی صفات کمی و فیزیولوژیکی دو رقم کلزا در شرایط تنش شوری

ردیف	صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	عملکرد دانه	۱									
۲	وزن خشک اندام هوایی	۰/۹۶**	۱								
۳	وزن خشک ریشه	۰/۸۲*	۰/۷۶*	۱							
۴	عملکرد بیولوژیک	۰/۹۸**	۰/۹۵**	۰/۸۰*	۱						
۵	شاخص برداشت	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۸۴*	۰/۹۷**	۱					
۶	ارتفاع بوته	۰/۹۴**	۰/۸۸*	۰/۸۹*	۰/۹۱*	۰/۹۵**	۱				
۷	تعداد شاخه فرعی	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۸۷*	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۶۰	۱			
۸	عدد SPAD	۰/۸۰*	۰/۸۴*	۰/۸۶*	۰/۸۵*	۰/۸۲*	۰/۸۶*	۰/۶۶	۱		
۹	محتوای نسبی آب برگ	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۱۱	۰/۷۱	۱	
۱۰	نفوذپذیری نسبی غشاء	۰/۸۲*	-۰/۹۳**	۰/۵۸	۰/۹۱*	۰/۸۰*	۰/۷۴*	۰/۳۶	۰/۷۹*	۰/۴۲	۱

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

جدول ۵- همبستگی میان برخی صفات کمی و فیزیولوژیکی دو رقم کلزا در شرایط تنش خشکی

ردیف	صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	عملکرد دانه	۱									
۲	وزن خشک اندام هوایی	۰/۷۱	۱								
۳	وزن خشک ریشه	-۰/۹۸**	-۰/۷۰	۱							
۴	عملکرد بیولوژیک	۰/۸۱*	۰/۹۲**	-۰/۷۷*	۱						
۵	شاخص برداشت	۰/۹۶**	۰/۵۷	-۰/۹۷**	۰/۶۵	۱					
۶	ارتفاع بوته	-۰/۶۹	-۰/۴۴	۰/۷۳*	-۰/۶۳	-۰/۶۶	۱				
۷	تعداد شاخه فرعی	۰/۰۷	۰/۳۶	-۰/۰۴	۰/۳۹	-۰/۰۸	-۰/۰۳	۱			
۸	عدد SPAD	-۰/۷۳*	-۰/۴۳	۰/۸۲*	-۰/۳۵	-۰/۸۶*	۰/۵۲	۰/۳۷	۱		
۹	محتوای نسبی آب برگ	۰/۸۸*	۰/۵۵	-۰/۹۴**	۰/۶۱	۰/۹۳**	-۰/۸۱*	۰/۰۱	-۰/۸۵*	۱	
۱۰	نفوذپذیری نسبی غشاء	-۰/۸۲*	-۰/۳۶	۰/۸۷*	-۰/۴۱	-۰/۹۲**	۰/۵۱	-۰/۰۱	۰/۸۲*	-۰/۸۸*	۱

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

جدول ۶- همبستگی میان برخی صفات کمی و فیزیولوژی دو رقم کلزا در شرایط تنش توأم

ردیف	صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	عملکرد دانه										
۲	وزن خشک اندام هوایی	۰/۸۹*									
۳	وزن خشک ریشه	۰/۸۲*	۰/۹۱*								
۴	عملکرد بیولوژیک	۰/۹۸*	۰/۹۹**	۰/۸۹*	۱						
۵	شاخص برداشت	۰/۹۹**	۰/۸۶*	۰/۷۹*	۰/۸۸*						
۶	ارتفاع بوته	۰/۸۷*	۰/۹۶**	۰/۸۰*	-۰/۹۸**	۰/۸۶*					
۷	تعداد شاخه فرعی	۰/۸۷*	۰/۹۱*	۰/۶۸	۰/۹۱**	۰/۸۶*	۰/۹۵**				
۸	عدد SPAD	-۰/۹۳**	-۰/۹۷**	-۰/۹۲**	-۰/۹۶**	-۰/۹۲**	-۰/۹۳**	-۰/۸۹*			
۹	محتوای نسبی آب برگ	۰/۷۳*	۰/۸۶*	۰/۹۰*	۰/۸۴*	۰/۷۲	۰/۸۲*	۰/۶۹	-۰/۸۸*		
۱۰	نفوذپذیری نسبی غشاء	-۰/۸۵*	-۰/۸۴*	-۰/۹۱*	-۰/۸۳*	-۰/۸۶*	-۰/۷۹*	-۰/۶۹	۰/۹۲**	-۰/۹۴**	

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا شدند. این کاهش عملکرد از طریق کاهش در ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و عملکرد بیولوژیک صورت پذیرفت. همچنین به نظر می‌رسد تغییرات فیزیولوژیکی هر دو رقم تحت تنش در جهت حفظ ماده خشک و عملکرد محصول بوده که به نظر می‌رسد رقم هایولا ۴۰۱ دارای مکانیسم دفاعی بهتر و کارآمدتری نسبت به رقم شیرالی از لحاظ حفظ محتوای نسبی آب برگ و عدم افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء بود. همچنین محتوای کلروفیل برگ‌ها از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز می‌باشد و به نحوی تعیین قدرت منبع را مشخص می‌کند (قوش و همکاران ۲۰۰۴). عدد SPAD ارقام کلزا واکنش‌های متفاوتی به تنش نشان دادند به گونه‌ای که در رقم هایولا ۴۰۱ (رقم متحمل به تنش‌های اعمال شده) با اعمال تنش‌های متفاوت، عدد SPAD نسبت به شاهد افزایش یافت در حالی که رقم شیرالی (رقم حساس‌تر) در مواجهه با تنش شوری و خشکی این صفت را کاهش داد. به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که رقم هایولا ۴۰۱ نسبت به رقم شیرالی در شرایط تنش‌های شوری، خشکی و توأم متحمل‌تر بود. و در مناطق نیمه‌خشک تحت شرایط شوری می‌تواند عملکرد بهتری تولید نماید.

با اعمال تنش توأم (تشدید تنش)، انتقال الکترون‌ها در فتوسیستم دو مختل شده و در این شرایط الکترون‌های حاصل از تجزیه آب، با تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر سبب خسارت به غشاء سلولی به دلیل پراکسید شدن چربی‌ها، پروتئین‌ها و رنگیزه‌ها در گیاه می‌شوند که با نتایج پاری و همکاران (۲۰۰۲) همخوانی داشت. شاخص برداشت تا حد زیادی به قابلیت گیاه در تبدیل و اختصاص ماده خشک به اندام اقتصادی دانه مرتبط می‌باشد (فناپی و همکاران، ۱۳۸۴) که از این نظر ارقام مورد مطالعه نسبت به یکدیگر برتری داشتند. به گونه‌ای که رقم شیرالی در مقایسه با رقم هایولا ۴۰۱، علی‌رغم تولید وزن خشک بیشتر در تیمار شاهد، از کارایی پایین‌تری در تبدیل ماده خشک به دانه در شرایط تنش برخوردار بود، به‌طوری‌که شاخص برداشت کمتری نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ نشان داد. همبستگی منفی بین نفوذپذیری نسبی غشاء و محتوای نسبی آب برگ نشان داد ($r = -0/94^{**}$) که در شرایط تنش، به دلیل آسیب وارده به غشاء و افزایش نفوذپذیری، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (جدول ۶).

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج نشان داد تنش شوری، خشکی و توأم

منابع

۱. بی‌نام. ۱۳۹۱. راهنمای کاشت، داشت و برداشت کلزا در خوزستان. سازمان جهاد کشاورزی خوزستان: ۱-۳۰.

۲. پاسبان اسلام، ب. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۱، شماره ۲: ۲۷۵-۲۸۳.
۳. طباطبایی، س.ع.، قاسمی، ع. و شاکری، ا. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن ارقام کلزا. فیزیولوژی گیاهان زراعی، سال سوم، شماره ۱۲: ۴۱-۵۳.
۴. طهماسبی، ف.، حسینی، پ. و مسکرباشی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی برخی تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک تحمل به آبیاری با آب شور در سه ژنوتیپ کلزا. مجله تولیدات گیاهی. دوره ۳۶، شماره ۲: ۷۵-۸۶.
۵. فتحی، ق. ا.، و قلی‌زاده، م. ع. ۱۳۸۹. تأثیر استرس خشکی در مراحل رشد بر عملکرد دانه و روغن ارقام کلزا. فیزیولوژی گیاهان زراعی. سال دوم، شماره ۸: ۹۷-۱۱۴.
۶. فنایی، ح. ر.، کیخا، غ.ع.، اکبری، م. ح.، مدرس، ن. آ. و نارویی راد، م. ر. ۱۳۸۴. اثر روش کاشت و میزان بذر بر عملکرد و اجزا عملکرد هیبرید هایولا ۴۰۱ کلزا در شرایط سیستم. نهال و بذر. دوره ۲۱، شماره ۸: ۳۹۹-۴۱۰.
۷. نجفی، ب.، حسینی، پ.، روشنفکر، ح. و برومندنسب، س. ۱۳۹۱. مطالعه تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم ارزن علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی اهواز. رساله کارشناسی ارشد دانشگاه چمران: ۲۰-۲۵۰.
8. Angadi, S.V, Cutforth, B., McConkey, G., and Gan, Y. 2003. Yield adjustment by canola growth at different plant populations under semiarid conditions. *Crop Science*, 43: 1358-1366.
9. Asghari, B., and aziz, N. 2003. Salt and drought stress in wheat and the role of abscisic acid. *Pakistan Journal of Botany*, 35(5): 871-833.
10. Ashraf, M., and Ali, Q. 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus L.*). *Environmental and Experimental Botany*, 63: 266-273.
11. Ashraf, M., and ali, M. 2006. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi [L.] Sprague*). *Journal of Arid Environments*, 64(2): 209-220.
12. Benes, S.E, Aragues, R., Grattan, S.R., and Austin, R.B. 1996. Foliar and root absorption of Na⁺ and Cl⁻ in maize and barley. Implications for salt tolerance screening and the use of saline sprinkler irrigation. *Plant and Soil*, 180: 75-86.
13. Cetin, O., Osman, Y., Uygan, D., and Boyaci, H. 2002. Irrigation scheduling of drip-irrigated tomatoes using class a pan evaporation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26: 171-178.
14. Cherki, G., Foursy, A., and Fares, Kh. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 47: 39-50.
15. Din, J., Khan, S.U., Ali, I., and Gurmani, A.R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(1):78-87.
16. Ghobadi, M., Bakhshandeh, M., Fathi, G., Gharineh, M.H., Alami-Said, k., Naderi, A., and Ghobadi, M.E. 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of canola (*Brassica napus L.*): Effect on yield, yield components seed oil and protein contents. *Journal of Agronomy*, 5(2): 336-341.
17. Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K., and Hati, K.M. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure,

- phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in verticals of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology*, 95: 85-93.
18. Ghoulam, C., Foursy, A., and Fares, K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and praline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and experimental Botany*, 47: 39-50.
 19. Hosseini, S.M., and Hassibi, P. 2011. Effects of water deficit stress on several quantitative and characteristics of qualitative canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Notulae Scientia Biologicae*, 3(3): 120-125.
 20. Keramat, B., Momeni, N., Arvin, M.J., and Khajooonejad, G.H. 2010. The effect of salt stress and salicylic acid on antioxidant defense system in maize plant (*Zea mays* L.). National Conferences on conservation of Biodiversity and Indigenous Knowledge, 1-6.
 21. Meloni, D.A., Gulotta, M.R., Martínez, C.A., and Oliva, M.A. 2004. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and praline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16(1): 39-46.
 22. Nedjimi, L. 2013. Effects of salinity on growth, membrane permeability and root hydraulic conductivity in three saltbush species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 52: 4-13.
 23. Osmond, C.B. 1976. Ion absorption and carbon metabolism in cells of higher plants In. *Encyclopaedia of Plant Physiology*, 2: 347-372.
 24. Parry, M.A.J., Andraloje, P.J., Khan, S., Lea, P.J., and Keys, A.J. 2002. Rubisco activity: Effects of drought stress. *Annals of Botany*, 89: 833- 839.
 25. Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30: 105-111.
 26. Schlemmer, M.R., Francis, D.D., Shanahan, J.F., and Schepers, J.S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal*, 97: 104-112.
 27. Siddiqui, Z.S., Ajmal Khan, M., Kim, B.G., Huang, J.S., and Kwon, T.R. 2008. Physiological responses of brassica napus genotypes to combined drought and salt stress. *Plant Stress*, 2(1): 78-83.
 28. Silveira, J.A.G., Araújo, S.A.M., Lima, J.P.M.S., and Viégas, R.A. 2009. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl salinity in *Atriplex nummularia*. *Environmental and Experimental Botany*, 66: 1-8.
 29. Sinaki, J., MajidiHeravan, M.E., ShiraniRad, A.H., Noormohammadi, G.H., and Zarei, G.H. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 2, 417-422.
 30. Zhao, G.Q., Ma, B.L., and Ren, C.Z. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of Naked oat in response to salinity. *Crop Science*, 47: 123-131.
 31. Zhao, Y., Aspinall, D., and Paleg, L.G. 1992. Protection of membrane integrity in *Medicago saliva* L., by glycinebetaine against the effects of freezing. *Journal of Plant Physiology*, 140: 541-543.