

بررسی اثر تنش شوری بر رشد، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام بهاره کلزا (*Brassica napus* L)

محمد مرادی^{1*}، آسا ابراهیمی² و غلامرضا قدرتی³

- 1- مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شوشتر، ایران
2- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تهران، ایران
3- مربی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد، دزفول، ایران
* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیک: moradim_17@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثر شوری بر رشد، برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام کلزای بهاره، آزمایشی در سال 90-91 در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورها شامل چهار رقم کلزا (آرجی‌اس 003، هایولا 308، هایولا 401 و هایولا 60) و چهار سطح شوری (0، 4، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر) بودند. نتایج نشان داد که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار فتوسنتز، محتوای کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی و در نهایت کاهش عملکرد دانه ارقام کلزا شد. در واقع تنش شوری با اثر بر صفاتی نظیر هدایت روزنه‌ای، غلظت کلروفیل و رطوبت نسبی برگ سبب کاهش فتوسنتز برگ شد که در نهایت این کاهش فتوسنتز، کاهش وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و وزن دانه در بوته و عملکرد را در پی داشت. می‌توان گفت استفاده از صفاتی نظیر میزان فتوسنتز، غلظت کلروفیل و رطوبت نسبی برگ که همبستگی مثبتی با وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه دارند در شرایط تنش شوری می‌توانند معیارهای مناسبی جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری باشند.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، فتوسنتز، رطوبت نسبی برگ، کلزا، عملکرد دانه

مقدمه

گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان یک گیاه روغنی با حدود 35 تا 50 درصد روغن در دانه و حدود 35 تا 45 درصد پروتئین در کنجاله از نظر کشاورزی مورد توجه خاص است (2). ویژگی‌های خاص این گیاه و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور سبب شده است که توسعه کشت این گیاه به عنوان نقطه امیدیه جهت تأمین روغن خام مورد نیاز کشور و رهایی از وابستگی 93 درصدی آن به شمار رود. به طوری که در حال حاضر زراعت این محصول یکی از راهکارهای افزایش تولید دانه‌های روغنی کشور به حساب می‌آید (3). تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی بوده و آثار منفی آن بر رشد گیاهان زراعی باعث افزایش تحقیقات در زمینه تحمل به شوری با هدف بهبود تحمل گیاهان شده است (20). خسارت‌های عمده ناشی از تنش شوری در گیاهان زراعی بدلیل کاهش پایداری غشای سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، کاهش فتوسنتز، کاهش تورژسانس سلول‌ها و در نتیجه کاهش توسعه برگ‌ها، ریزش گل و دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌باشد (4). در کلزا، تنش شوری موجب کاهش رشد ریشه، تأخیر ظهور برگ‌ها و تشکیل اولین میانگره‌ها می‌شود.

در صورت تداوم روند شوری در مراحل بعدی رشد، موجب کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد غلاف و کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود (1). فرانکوئیس (13) بیان نمود که با افزایش شوری عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا به طور معنی‌داری کاهش می‌یابند. تنش شوری باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود که دلیل آن اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک به ویژه فتوسنتز می‌باشد (20).

در کلزا ارتباط مستقیمی بین فتوسنتز و مقدار ماده خشک گیاه گزارش شده است (13، 15). شدت تنش افزایش شوری باعث کاهش مقدار ماده خشک در کلزا می‌شود و از آنجا که بین ماده خشک و عملکرد ارتباط مستقیمی وجود دارد، افزایش شوری عملکرد دانه را در کلزا کاهش می‌دهد (7). اشرف و مک‌نیل (8) بیان نمودند که شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن 100 دانه، کیفیت روغن، وزن ریشه و اندام هوایی کلزا می‌شود. بایبوردی و همکاران (1) با مطالعه ارقام پاییزه کلزا گزارش نمودند که با افزایش سطح شوری، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، میزان فتوسنتز و غلظت کلروفیل برگ، کاهش ولی میزان ترکیب پروتئین افزایش می‌یابد. رودریگز و همکاران (19) اثر سوء شوری بر فرایند فتوسنتز را ناشی از بسته شدن روزنه‌ها، تخریب ترکیبات رنگیزه-پروتئین مانند کلروفیل و کاروتنوئید، کاهش فعالیت آنزیم‌های کربوکسیلاسیون و اختلال در چرخه انتقال الکترون فتوسنتزی دانسته‌اند. در شرایط شوری میزان فعالیت کلروفیل‌از و در نتیجه تخریب کلروفیل افزایش یافته به طوری که با افزایش شوری میزان کلروفیل a و b در گیاهان مختلف کاهش می‌یابد اما این موضوع از روند یکسانی پیروی نمی‌کند. اشرف (5) با مطالعه چند رقم گراس علوفه‌ای گزارش نمود که در اثر افزایش تنش شوری، میزان کلروفیل a و b کاهش می‌یابد. بایبوردی (10) با بررسی اثر شوری روی ارقام کلزا گزارش نمود که سطوح شوری اثر معنی‌داری روی ارتفاع بوته، سطح برگ، ماده خشک، تجمع پروتئین و عملکرد دانه دارد زیرا با افزایش سطح شوری میانگین کلیه صفات کاهش یافت ولی میزان پروتئین برگ افزایش یافت.

در مجموع با توجه به وجود مشکل شوری آب و خاک در برخی مزارع استان خوزستان و عدم وجود اطلاعات جامع در مورد اثر شوری بر پارامترهای فیزیولوژیکی ارقام بهاره کلزا، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تنش شوری بر رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام بهاره کلزا در شهرستان دزفول شد.

مواد و روش

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورها شامل چهار رقم کلزای بهاره که عبارتند از آرجی اس 003، هایولا 308، هایولا 401 و هایولا 60 و سطوح شوری شاهد (آب مقطر)، 4، 8 و 12 دسی‌زیمنس بر متر بودند. بذرهاى ژنوتیپ‌های مورد استفاده در آزمایش، پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم 10 درصد، 3 بار با آب مقطر شسته شده و درون گلدان‌های با قطر دهانه 30 سانتی‌متر و ارتفاع 50 سانتی‌متر که حاوی خاک خشک بودند، در 20 آبان ماه سال 90 در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد کشت شدند. خاک مورد استفاده لوم‌شنی با pH معادل 7/4 و هدایت الکتریکی 1/1 دسی‌زیمنس بر متر بود. جهت جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها دو سوراخ به قطر یک سانتی‌متر در ته آنها، به عنوان زهکشی تعبیه و در کف هر گلدان به ارتفاع 5 سانتی‌متر ماسه ریخته شد و از اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب درون زهکش برای سنجش میزان شوری تجمع یافته درون خاک گلدان در طی زمان استفاده گردید. گلدان‌ها به نحوی پر شدند که سطح خاک هر گلدان تا دهانه آن 5 سانتی‌متر فاصله داشت. در طول دوره رشد، گلدان‌ها در هوای آزاد و در زیر یک محافظ باران که هوای آزاد از اطراف به راحتی در آن جریان داشت و فقط قسمت سقف آن برای جلوگیری از ریزش باران با نایلون شفاف پوشانده شده بود، نگهداری شدند. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها سه بوته در هر گلدان حفظ و بقیه حذف

شدند. تیمار شوری از طریق آبیاری و با استفاده از محلول‌های دارای هدایت‌های الکتریکی ذکر شده و در مرحله چهار برگی صورت گرفت. حدود 50 روز پس از آغاز تنش شوری برداشت گیاهان جهت بررسی صفات ذکر شده انجام شد. هر واحد آزمایشی از سه گلدان تشکیل شده بود که به این صورت مورد استفاده قرار گرفتند: گلدان شماره یک برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی در مرحله گلدهی، گلدان شماره دو برای اندازه‌گیری فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، رطوبت نسبی برگ، کلروفیل و صفات مربوط به کلروفیل، غلظت پرولین (برای اندازه‌گیری این صفات از دو برگ بالای بوته استفاده شد) و گلدان شماره سه برای اندازه‌گیری وزن دانه و اجزای عملکرد دانه.

جهت اندازه‌گیری میزان فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) و هدایت روزنه‌ای (میلی مول در متر مربع در ثانیه) از دستگاه تحلیل گر گاز مادون قرمز مدل LCA4 استفاده شد (15). اندازه‌گیری غلظت پرولین برگ با استفاده از روش باتیس و همکاران (9) صورت گرفت. برای تعیین غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل a و b از روش مارتینز و روزی تروز (15) استفاده شد. جهت محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد، دو بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از هر گلدان برداشت شد. وزن دانه در بوته، وزن خشک اندام هوایی توسط ترازوی دقیق محاسبه شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها (به روش دانکن و در سطح احتمال خطای پنج درصد) از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C و برای رسم نمودارها از نرم افزار، Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک اندام هوایی تحت اثر رقم، شوری و برهمکنش شوری و رقم قرار گرفت (جدول 1). سطح شوری 4 دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی در تمام ارقام مورد مطالعه به جز رقم هایولا 401 شد (جدول 3). به طوری که بالاترین سطح شوری در مقایسه با شاهد وزن خشک اندام هوایی را در ارقام هایولا 401، هایولا 308، هایولا 60 و آرچی اس 003 به ترتیب حدود 16، 17، 21 و 23 درصد کاهش داد (جدول 3). کشتا و همکاران (14) کاهش وزن خشک بوته در ارقام کلزا تحت تأثیر تنش شوری را گزارش دادند. اشرف و بخاری (6) با بررسی تنش شوری روی کلزا و خردل وحشی کاهش وزن خشک بوته گیاهان را ناشی از تأثیر تنش اسمزی و تنش یونی دانستند. ایشان تأکید کردند که کاهش فتوسنتز، کاهش سطح برگ و کاهش هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر یون سدیم و همچنین کاهش قابلیت جذب آب توسط گیاهان تحت تنش شوری، اثر به سزایی در کاهش وزن اندام هوایی ارقام کلزا و خردل وحشی دارد.

وزن دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن دانه در بوته تحت تأثیر شوری، رقم و برهمکنش رقم و شوری قرار گرفت (جدول 1). نتایج مقایسه میانگین نشان داد وزن دانه در بوته به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری کاهش یافت. کمترین وزن دانه در بوته در تمام ارقام مورد مطالعه در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر دیده شد. درصد کاهش وزن دانه در بوته ارقام هایولا 401، هایولا 308، هایولا 60 و آرچی اس 003 در مقایسه با شاهد به ترتیب حدود 30، 33، 46 و 53 درصد بود (جدول 3). در واقع کاهش وزن دانه در بوته در این ارقام ناشی از کاهش تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام می‌باشد. همان‌طور که مشاهده شد ارقام هایولا 60 و آرچی اس 003 که در سطوح بالای شوری کمترین تعداد نیام در بوته و دانه در نیام را داشتند وزن دانه در بوته کمتری را نیز نشان دادند (جدول 4). اشرف و مک‌نیل (8) گزارش دادند شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام می‌گردد.

کشتا و همکاران (14) بیان کردند وزن هزار دانه، اندازه بوته، طول دوره گلدهی و تعداد نیام کلزا تحت تأثیر شوری کاهش می‌یابد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح مختلف شوری از نظر ارتفاع بوته اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد وجود داشت. همچنین نتایج نشان داد که اختلاف بین ارقام و برهمکنش بین دو تیمار شوری و رقم در مورد ارتفاع بوته در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 1). تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته کلزا شد به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در هر چهار رقم در سطح شاهد و کمترین ارتفاع نیز در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر مترمشاهده شد. رقم آرجی‌اس 003 کمترین ارتفاع بوته را در بالاترین سطح شوری داشت. در بالاترین سطح تنش شوری، ارتفاع بوته در رقم هایولا 401 حدود 27 درصد و در رقم آرجی‌اس 003 حدود 43 درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت (جدول 3). نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری میان ارتفاع بوته با وزن دانه در بوته، رطوبت نسبی برگ و فتوسنتز وجود داشت (جدول 2). حاتمی (1384) نیز در ارقام کلزا بهاره به نتایج مشابهی دست یافت. وی کاهش ارتفاع بوته تحت اثر شوری را ناشی از تنش اسمزی حاصل از تنش شوری بیان نمود. اشرف و علی (7) مشاهده نمودند تنش شوری سبب کاهش ارتفاع بوته و کاهش تعداد برگ کلزا شد. ایشان تأثیر توأم تنش شوری و تنش اسمزی ناشی از شوری را در این میان موثر دانستند.

فتوسنتز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین مقدار فتوسنتز در سطوح مختلف شوری و اختلاف بین ارقام در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود و برهمکنش بین دو تیمار شوری و رقم نیز در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 1). شوری سبب کاهش معنی‌دار فتوسنتز شد. بیشترین و کمترین میزان کاهش فتوسنتز در میان ارقام مورد مطالعه در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر مربوط به ارقام هایولا 401 و آرجی‌سی 003 بود (به ترتیب 81/1 و 40/9 میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه). رقم هایولا 401 در مقایسه با سه رقم دیگر کمترین میزان کاهش فتوسنتز را نشان داد. سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد فتوسنتز رقم هایولا 401 را حدود 17 درصد و فتوسنتز رقم آرجی‌اس 003 را حدود 43 درصد کاهش داد (جدول 3). فتوسنتز و رشد سلول از جمله فرایندهای فیزیولوژیکی است که توسط شوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد (13). نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری میان فتوسنتز با رطوبت نسبی برگ، هدایت روزنه‌ای و کلروفیل برگ وجود دارد (جدول 2) به عبارت دیگر عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای در کاهش فتوسنتز دخیل هستند. اشرف (5) گزارش نمود که تنش شوری سبب کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز ارقام کلزای می‌شود. وی بیان نمود که عوامل یونی و اسمزی تنش شوری می‌توانند در این کاهش دخیل باشند. قاسم و همکاران (18) بیان داشتند که تنش شوری سبب کاهش فتوسنتز، تخریب کلروفیل و رشد ارقام کلزا می‌شود. رودریگز و همکاران (19) اثر تنش شوری بر فرایند فتوسنتز را ناشی از بسته شدن روزنه‌ها، تخریب ترکیبات رنگیزه‌ای مانند کلروفیل و کارتنوئید، کاهش فعالیت آنزیم‌های کربوکسیلاسیون و اختلال در چرخه انتقال الکترون فتوسنتزی دانسته‌اند.

هدایت‌روزنه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین هدایت‌روزنه‌ای در سطوح مختلف شوری و هم‌چنین اختلاف بین ارقام در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. برهمکنش بین دو تیمار شوری و رقم نیز در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 1). تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار هدایت‌روزنه‌ای ارقام کلزا شد (جدول 3). بیشترین میزان هدایت‌روزنه‌ای مربوط به رقم هایولا 401 (373 میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان هدایت‌روزنه‌ای مربوط به رقم آرجی‌اس 003 (284 میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) مربوط به تیمار شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر بود. سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر میزان هدایت‌روزنه‌ای ارقام هایولا 401، هایولا 308، هایولا 60 و آرجی‌اس 003 را در مقایسه با شاهد به ترتیب حدود 13/6، 10، 20 و 24 درصد کاهش داد (جدول 4). نتایج جدول همبستگی نشان داد که هدایت‌روزنه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن دانه در بوته، وزن خشک اندام هوایی، رطوبت نسبی برگ و فتوسنتز ارقام کلزا داشت (جدول 2). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌داری بین رطوبت نسبی برگ و هدایت‌روزنه‌ای می‌توان گفت احتمالاً کاهش رطوبت نسبی برگ تحت تأثیر شوری به ویژه در ارقام هایولا 60 و آرجی‌اس 003 (جدول 4) سبب کاهش هدایت‌روزنه‌ای و بسته شدن روزنه‌ها شده است.

غلظت کلروفیل a و b

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح مختلف شوری از نظر صفات غلظت کلروفیل a و b و مجموع کلروفیل a و b اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد وجود دارد. اختلاف بین ارقام در مورد این صفات در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود، برهمکنش بین دو تیمار شوری و رقم مربوط به کلروفیل a، مجموع کلروفیل در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود. اما برهمکنش بین دو تیمار شوری و رقم در مورد کلروفیل b معنی‌دار نبود (جدول 1). نتایج نشان داد که شوری سبب کاهش غلظت کلروفیل a گردید به طوری که کمترین غلظت کلروفیل a در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر در ارقام هایولا 60 و آرجی‌اس 003 مشاهده گردید. بیشترین کاهش درصد کلروفیل a در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد، مربوط به رقم آرجی‌اس 003 با حدود 45 درصد کاهش بود. در حالی که غلظت کلروفیل a در رقم هایولا 401 حدود 27 درصد کاهش یافت (جدول 4). غلظت کلروفیل b کمتر از کلروفیل a تحت تأثیر شوری قرار گرفت به طوری که بالاترین سطح شوری در ارقام هایولا 401، هایولا 308، هایولا 60 و آرجی‌اس 003 به ترتیب سبب کاهش حدود 27، 19، 26 و 32 درصدی کاهش غلظت کلروفیل b گردید. هم‌چنین مجموع کلروفیل برگ کلزا تحت تأثیر شوری کاهش یافت. بیشترین کاهش در رقم آرجی‌اس 003 مشاهده شد (جدول 4). غلظت کلروفیل برگ کلزا تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد زیرا بازاری از سنتز کلروفیل و کاهش مقدار کلروفیل از نتایج تنش شوری است (5، 7). تحقیقات نشان داد که تنش شوری سبب کاهش فتوسنتز و رشد ارقام کلزا شد زیرا تنش شوری سبب کاهش غلظت کلروفیل شد (10). همبستگی مثبت و معنی‌داری میان غلظت کلروفیل a و b و مجموع کلروفیل برگ با وزن دانه در بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و ارتفاع بوته کلزا وجود داشت (جدول 4). به طور کلی از آنجا که تحت تأثیر تنش شوری رقم هایولا 401 و پس از آن هایولا 308 در مقایسه با ارقام آرجی‌اس 003 و هایولا 60 دارای بیشترین وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه بودند (جدول 3) و این صفات با صفاتی نظیر فتوسنتز و صفات مربوط به کلروفیل همبستگی معنی‌دار دارند (جدول 2) می‌توان گفت استفاده از صفاتی نظیر میزان فتوسنتز و صفات مربوط به کلروفیل که همبستگی مثبتی با وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه دارند در شرایط تنش شوری می‌تواند معیارهای فتوسنتزی مناسبی جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری باشند.

درصد رطوبت نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیرشوری، رقم و برهمکنش شوری و رقم بر رطوبت نسبی برگ ارقام کلزا در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 1). بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ ارقام کلزا در سطح شاهد مشاهده شد و با افزایش سطح شوری رطوبت نسبی برگ نیز کاهش یافت به طوری که در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر میزان رطوبت نسبی برگ در ارقام هایولا 401، هایولا 308، هایولا 60 و آرچی اس 003 در مقایسه با شاهد حدود 15، 16، 19 و 26 درصد کاهش یافت (جدول 4). نتایج جدول همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین رطوبت نسبی برگ با تعداد دانه در نیام، وزن دانه در بوته، وزن خشک اندام هوایی، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز کلزا دیده شد (جدول 2). در واقع ارقام هایولا 401 و هایولا 308 که رطوبت نسبی برگ بالاتری در سطح بالای شوری داشتند، توانستند اثرات تنش را بهتر تحمل کنند (جدول 4). همچنین همبستگی میان صفات مربوط به کلروفیل با رطوبت نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار شد (جدول 2). می‌توان گفت تنش شوری با تأثیرگذاری بر جذب آب سبب کاهش رطوبت نسبی برگ‌ها شد زیرا درصد رطوبت نسبی بافت گیاهی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های نشان‌دهنده وضعیت آبی گیاه است (5). کاهش رطوبت نسبی برگ‌ها که نشان‌دهنده کاهش جریان آب از ریشه به سمت اندام هوایی است در نهایت موجب کاهش تورژانس سلول‌های برگ و بسته شدن روزنه‌ها می‌شود که این فرآیند منجر به کاهش جذب دی‌اکسید کربن و کاهش فتوسنتز می‌گردد (17، 18). همبستگی مثبت و معنی‌دار فتوسنتز با محتوی رطوبت نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای (جدول 2) گواهی بر این موضوع است. تحقیقات چینوسومی و همکاران (12) نشان داد که تنش شوری نه تنها فتوسنتز را از طریق تأثیرگذاری بر روابط آبی برگ گیاهان کاهش می‌دهد بلکه تنش یونی ناشی از تجمع یون‌هایی نظیر کلر و سدیم در برگ‌ها نیز منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود. بنابراین می‌توان گفت محتوی رطوبت نسبی برگ می‌تواند به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در شناسایی ارقام متحمل به شوری کلزا مطرح باشد (7، 8، 18).

غلظت پرولین برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت پرولین برگ در ارقام کلزا تحت تأثیر شوری، رقم و برهمکنش شوری و رقم قرار گرفت (جدول 1). شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت پرولین برگ در هر چهار رقم کلزا شد. کمترین غلظت پرولین در هر چهار رقم کلزا در تیمار شاهد و بیشترین مقدار آن در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول 4). در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر رقم هایولا 401 کمترین و رقم هایولا 60 بیشترین غلظت پرولین برگ را در مقایسه با دو رقم دیگر داشتند (جدول 3). نتایج نشان داد که غلظت پرولین برگ در رقم هایولا 401 در مقایسه با ارقام آرچی اس 003 و هایولا 60 (جدول 4) بیشتر بود که حاکی از نقش احتمالی پرولین در تحمل شوری ارقام کلزا مورد مطالعه است. با توجه به نتایج به دست آمده و این که اکثر محققان پرولین را به عنوان یکی از اسمولیت‌های مطرح در تحمل تنش شوری در گیاهان معرفی نموده‌اند (6، 16، 21، 22). همچنین با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این صفت با صفاتی نظیر فتوسنتز، رطوبت نسبی برگ و وزن خشک بوته، شاید بتوان گفت پرولین به عنوان یک صفت مطرح در بررسی واکنش به شوری ارقام کلزا مورد مطالعه مطرح می‌باشد.

جدول 1- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک چهار رقم کلزا

منبع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع بوته	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن دانه در بوته	غلظت پرولین	فتوسنتز	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	رطوبت نسبی برگ	هدایت روزنه‌ای
تکرار	2	16/3*	256/7*	45/7*	19/4 ^{ns}	2/28 ^{ns}	21/7 ^{ns}	61/3*	16/6 ^{ns}	18/9 ^{ns}	36/4*	48/2 ^{ns}	219/7 ^{ns}
رقم	3	15/6*	552/3*	178/4**	281/3**	17/12**	132/4**	108/4**	39/8*	51/4*	36/2*	135/3*	618/5**
شوری	3	84/2**	220/8**	874/8**	510/12**	9/64**	121/3**	175/8**	87/2**	46/8*	107/1**	265/4**	817/8**
رقم × شوری	9	18/9**	485/4*	114/2**	72/5*	8/13*	51/25*	122/9*	56/4**	14/8	58/4*	214/4**	412/7**
خطای آزمایش	30	4/8	57/8	21/2	18/7	3/13	22/5	25/2	8/2	12/7	10/8	45/4	84/2
ضرب تغییرات		16/7	18/2	11/6	10/7	18/2	11/6	12/1	12/6	16/8	9/7	8/5	8/7

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

جدول 2- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی کلزا تحت تأثیر تنش شوری

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1- وزن خشک اندام هوایی										
2- ارتفاع بوته	0/95**									
3- تعداد نیام در بوته	0/91**	0/67**								
4- تعداد دانه در نیام	0/89**	0/61*	0/94**							
5- هدایت روزنه‌ای	0/88**	0/89**	0/78**	0/79**						
6- وزن دانه در بوته	0/82**	0/84**	0/86**	0/75**	0/75**					
7- فتوسنتز	0/51	0/31	0/61*	0/57*	0/65*	0/58*				
8- کلروفیل a	0/94**	0/91**	0/86**	0/83**	0/84**	0/85**	0/38			
9- کلروفیل b	0/76**	0/83**	0/67**	0/59*	0/72**	0/65**	0/79**	0/23		
10- کلروفیل a+b	0/96**	0/82**	0/86**	0/79**	0/84**	0/82**	0/34	0/97**	0/92**	
11- رطوبت نسبی برگ	0/95**	0/92**	0/93**	0/87**	0/83**	0/84**	0/46	0/98**	0/75**	0/97**
12- غلظت پرولین	0/88**	0/82**	0/91**	0/89**	0/83**	0/87**	0/40	0/91**	0/75**	0/89**

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

جدول 3- مقایسه میانگین تاثیر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک چهار رقم کلزا

ارقام کلزا	سطح شوری (دسی زیمنس بر متر)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن دانه در بوته (گرم)	غلظت پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر برگ)
هایولا 401	شاهد	15/0 ^a	59/0 ^a	31 ^b	24 ^a	2/61 ^a	15/8 ^f
	4	14/8 ^a	56/0 ^a	30 ^b	25 ^a	2/22 ^b	15/1 ^f
	8	12/2 ^b	49/0 ^b	28 ^b	24 ^a	2/17 ^c	24/2 ^e
	12	11/9 ^c	42/0 ^c	23 ^c	23 ^a	1/82 ^d	28/0 ^d
	درصد تغییر	-20/6	-28/8	-25/8	-4/1	-30/3	43/5
هایولا 308	شاهد	15/1 ^a	58/0 ^a	30 ^b	23 ^a	2/43 ^b	14/2 ^f
	4	12/7 ^b	47/0 ^b	31 ^b	23 ^a	2/17 ^c	21/4 ^e
	8	11/4 ^c	40/0 ^c	24 ^c	23 ^a	1/81 ^d	27/8 ^d
	12	8/2 ^d	36/0 ^d	20 ^d	18 ^b	1/63 ^f	38/1 ^b
	درصد تغییر	-46/3	-35/1	-33/3	-21/7	-32/9	62/7
هایولا 60	شاهد	14/9 ^a	58/0 ^a	32 ^b	25 ^a	2/4 ^b	14/5 ^f
	4	13/2 ^b	46/0 ^b	20 ^d	21 ^b	1/83 ^d	25/2 ^e
	8	9/4 ^d	43/0 ^c	15 ^e	16 ^c	1/37 ^g	31/8 ^d
	12	8/4 ^d	35/0 ^d	11 ^f	10 ^d	1/22 ^h	49/1 ^a
	درصد تغییر	-43/6	-39/6	-65/6	-60/0	-46/9	71/1
آرجی اس 003	شاهد	14/7 ^a	56/0 ^a	35 ^a	25 ^a	2/71 ^a	14/7 ^f
	4	12/5 ^b	49/0 ^b	21 ^d	20 ^b	1/71 ^e	24/2 ^e
	8	8/1 ^d	35/0 ^d	12 ^f	10 ^d	1/23 ^g	39/3 ^c
	12	6/4 ^e	32/0 ^e	6 ^g	7 ^e	1/81 ^d	41/8 ^b
	درصد تغییر	-56/4	-42/8	-82/8	-72/0	-33/2	64/8

- اعداد با حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5 درصد بر اساس آزمون دانکن می باشند.

- درصد تغییر بیانگر میزان تغییر (کاهش یا افزایش) صفت مورد نظر بر حسب درصد در سطح شوری 12 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد می باشد.

جدول 4- مقایسه میانگین تأثیر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی چهار رقم کلزا در مرحله گلدهی

ارقام کلزا	سطح شوری (ds/m)	فتوسنتز (میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه)	غلظت کلروفیل a (میکروگرم بر گرم بافت برگ)	غلظت کلروفیل b (میکروگرم بر گرم بافت برگ)	مجموع کلروفیل a و b (میکروگرم بر گرم بافت برگ)	رطوبت نسبی برگ (درصد)	هدایت روزنه‌ای (میلی مول آب بر مترمربع بر ثانیه)
هایولا 401	شاهد	81/2 ^a	11/6 ^a	9/2 ^a	20/8 ^a	94/0 ^a	374/0 ^a
	4	76/4 ^a	11/4 ^a	8/5 ^a	19/9 ^a	90/0 ^a	369/0 ^a
	8	70/3 ^b	9/6 ^c	8/2 ^a	17/8 ^b	84/0 ^b	355/0 ^b
	12	67/2 ^c	7/6 ^E	6/7 ^b	14/3 ^d	80/0 ^c	321/0 ^d
	درصد تغییر	-17/1	-36/6	-27/1	-30/5	-14/9	-13/6
هایولا 308	شاهد	76/4 ^a	11/4 ^a	8/4 ^a	19/8 ^a	93/0 ^a	369/0 ^a
	4	72/8 ^b	10/7 ^b	8/5 ^a	19/3 ^b	90/0 ^a	366/0 ^b
	8	60/4 ^d	8/7 ^d	4/8 ^c	13/6 ^e	84/0 ^b	345/0 ^c
	12	48/1 ^e	7/9 ^f	6/8 ^b	14/7 ^d	78/0 ^c	330/0 ^e
	درصد تغییر	-34/5	-30/6	-19/0	-25/7	-16/1	-9/6
هایولا 60	شاهد	77/3 ^a	11/7 ^a	9/1 ^a	20/8 ^a	93/0 ^a	372/0 ^a
	4	68/7 ^c	10/8 ^b	8/7 ^a	19/5 ^b	88/0 ^b	321/0 ^c
	8	58/2 ^d	7/3 ^e	7/2 ^b	14/5 ^d	79/0 ^c	310/0 ^e
	12	56/9 ^e	6/9 ^g	6/3 ^b	13/2 ^f	74/0 ^e	293/0 ^f
	درصد تغییر	-20/9	-42/2	-26/4	-35/6	-19/5	-19/7
آرجی اس 003	شاهد	78/5 ^a	11/4 ^a	8/6 ^a	19/9 ^a	93/0 ^a	372/0 ^a
	4	58/8 ^d	8/2 ^d	8/5 ^a	17/2 ^c	81/0 ^b	341/0 ^c
	8	49/7 ^e	6/7 ^g	6/7 ^b	13/2 ^e	75/0 ^d	312/0 ^e
	12	44/3 ^f	5/9 ^h	5/9 ^c	11/8 ^g	68/0 ^f	284/0 ^g
	درصد تغییر	-44/5	-43/7	-31/3	-40/7	-26/0	-24/2

- اعداد با حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.
 - درصد تغییر بیانگر میزان تغییر (کاهش یا افزایش) صفت مورد نظر بر حسب درصد در سطح شوری 12 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد می‌باشد.

تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری، رقم و برهمکنش شوری و رقم بر تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام در سطوح احتمال 1 در صد معنی دار است (جدول 1). تنش شوری سبب کاهش تعداد نیام در بوته کلزا شد. کمترین تعداد نیام در بوته در تمام ارقام کلزا در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر دیده شد. در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر در میان ارقام مورد بررسی رقم هایولا 401 بیشترین تعداد نیام در بوته را داشت در حالی که ارقام آرچی اس 003 و هایولا 60 دارای کمترین تعداد نیام در بوته در این سطح شوری بودند (جدول 3). درصد کاهش تعداد دانه در نیام ارقام هایولا 401، هایولا 308، هایولا 60 و آرچی اس 003 در مقایسه با شاهد به ترتیب حدود 11، 20، 44 و 46 درصد بود (جدول 3). این موضوع حاکی از آسیب پذیری دو جز اصلی عملکرد (تعداد نیام در بوته و دانه در نیام) در ارقام هایولا 60 و آرچی اس 003 در شرایط تنش شوری می‌باشد. به نظر می‌رسد شوری با تأثیرگذاری بر فرآیند فتوسنتز احتمالاً سبب کاهش قدرت منبع در این ارقام می‌شود که این امر در نهایت موجب کاهش تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام می‌گردد. احتمالاً یون سدیم با تأثیر مخربی که بر پایداری غشاهای سلولی، هدایت روزنه‌ای و ساختار کلروفیل دار سبب کاهش فتوسنتز می‌شود که در نهایت منجر به کاهش تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام می‌گردد (6، 8، 13). از سوی دیگر ارقام هایولا 401 و هایولا 308 که میزان فتوسنتز بالاتری در سطح شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر داشتند منجر به حفظ تعداد بیشتری نیام در بوته و تعداد دانه در نیام گردید. بویم و لاوادیو (10) گزارش نمودند که هر چند تعداد نیام در بوته کلزا تحت تأثیر شوری کاهش یافت اما تعداد دانه در نیام کاهش معنی‌داری نیافت در حالی که بسیاری از تحقیقات کاهش عملکرد کلزا تحت تأثیر شوری را ناشی از کاهش تعداد دانه در نیام عنوان نمودند که دلیل اصلی آن کاهش فتوسنتز و محدودیت منبع در تأمین مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌های در حال پر شدن کلزا بیان نمودند (5، 8، 11، 21). نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری میان تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام کلزا با وزن دانه در بوته، رطوبت نسبی برگ و فتوسنتز وجود دارد (جدول 2).

نتیجه‌گیری

تنش شوری سبب کاهش فتوسنتز، غلظت کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی و در نهایت کاهش عملکرد دانه ارقام کلزا شد. در واقع تنش شوری با تأثیرگذاری بر صفات تعیین کننده میزان فتوسنتز نظیر هدایت روزنه‌ای و رطوبت نسبی برگ سبب کاهش فتوسنتز شد که در نهایت این کاهش فتوسنتز، کاهش وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و وزن دانه در بوته و عملکرد را در پی داشت. بین غلظت پرولین برگ کلزا با فتوسنتز، وزن خشک بوته، رطوبت نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد که نشان دهنده تأثیر غلظت پرولین برگ در تنظیم اسمزی در شرایط تنش شوری است. با توجه به نکات مطرح شده می‌توان گفت از میان ارقام کلزای مورد مطالعه در بالاترین سطح شوری، رقم هایولا 401 با حداکثر تولید دانه در بوته (کمترین کاهش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد) و همچنین برتری نسبی در سایر صفات مورد مطالعه به عنوان متحمل‌ترین رقم و رقم آرچی اس 003 به عنوان حساس‌ترین رقم به شوری انتخاب شدند.

سپاسگزاری

هزینه‌های مربوط به اجرای این تحقیق از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر تأمین شده است که بدینوسیله تشکر می‌گردد.

منابع

1. بایوردی، ا.، سید طباطبایی، س. ج. و احمداف، ع. 1389. تأثیر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، کمیت و کیفیت ارقام پاییزه کلزا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، 24 (2): 334-346.
2. بی‌نام. 1379. کلزا: به‌نژادی و به‌زراعی. مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان، 50 صفحه.
3. شریعتی، ش. و قاضی شهنی‌زاده، پ. 1379. کلزا. نشر آموزش کشاورزی، تهران، 110 صفحه.
4. **Asch, F., Ding Kuhn, M., Dorffling, K. and Miezan, K. 2000.** Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. *Euphytica*, 113:109-118.
5. **Ashraf. M. 2001.** Relationships between amphidiploids Brassica species in relation to their diploid parents. *Experimental Botany*, 45:155-163.
6. **Ashraf M., Bokhari, M.H. and Mehmood S. 1989.** Effect of four different salts on germination and seedling growth of four Brassica species. *Journal of Biology*, 35: 173-187.
7. **Ashraf, M. and Ali, Q. 2008.** Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus*L.). *Environmental and Experimental Botany*, 63: 266 – 273.
8. **Ashraf. M. and McNeilly, T. 2004.** Salinity tolerance in Brassica oilseeds. *Critical Review of Plant Science*, 23(2): 157-174.
9. **Bates, L. S., Waldre, R. P. and Teare, I. D. 1977.** Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39: 205- 208.
10. **Boem, F. H. G and Lavado, R. S. 1996.** The effects of soil sodicity on emergence, growth, Development and yield of oil seed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agriculture Science Cambridge*, 126: 169-173.
11. **Bybordi, A. 2010.** The influence of salt stress on seed germination, growth and yield of canola cultivars. *Apply Agronomy*, 38 (1): 128-133.
12. **Chinnosumy, V., Jagendorf, A. and Zhu, J. 2005.** Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*, 45:437-448.
13. **Francois, L. 1998.** Growth, Seed yield and oil content of canola growth under saline conditions. *Agronomy Journal*, 86:233-237.
14. **Keshta, M. M., Hammad, K. M. and Sorour, W.A.I. 2002.** Evaluation of rapeseed genotypes in saline soils. *Proceeding of the 10th international Rapeseed congress.* Canberra, Australia.

15. **Martins, B. and Ruiz Torres, N.A. 1992.** Effect of water deficit stress on photosynthesis, its component and component lemmatization and water use efficiency in wheat. *Plant Physiology*, 100: 733-739.
16. **Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A. and Cambraia, J. 2003.** Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 15 (2): 12-21.
17. **Qasim, M. 2000.** physiological and Biochemical Studies in a potential Oilseed Crop Canola (*Brassica napus*L.) Under salinity (NaCl) stress. Ph.D thesis. Department of Botany, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
18. **Qasim, M., Ashraf, M., Jamil, M. A., Ashraf, M. Y., Rehman, S. U. and Rha, E. S. 2003.** Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. *Annual Application of Biology*, 142: 307-316.
19. **Rodriguez, M.P., Kerkeb, L., Bueno, P. and Donaire, J.P. 1999.** Changes induced by NaCl in lipid content and composition, lipoxygenase, Plasma member Anne H⁺/ATPase and antioxidant enzyme activity of tomato. *Plant Science*, 143:143-150.
20. **Sudhir, P. and Murthy, S. D. S. 2004.** Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica*, 42(4): 481- 486.
21. **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.
22. **Zlatev, Z.S. and Yordanov, I.T. 2007.** Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarin Journal of Plant Physiology*, 30(3-4): 3-18.