

ارزیابی تاثیر تنش شوری بر تجمع املاح و عملکرد کمی و کیفی ارقام بهاره ی کلزا

محمد عظیمی گندمانی^۱، هوشنگ فرجی^{۲*}، اشکبوس دهداری^۲، محسن موحدی دهنوی^۲، مصطفی علی نقی زاده^۱

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه یاسوج

۲. اعضای هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۲۴

چکیده

شوری خاک از عوامل مهم محدود کننده تولیدات کشاورزی است. شوری با تأثیر بر پتانسیل اسمزی محلول خاک و جذب و انباشتگی یونهای معدنی، بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی گیاه را تحت تأثیر خود قرار می دهد. به منظور ارزیابی تأثیر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی هشت رقم کلزای بهاره، این آزمایش در گلخانه ی تحقیقاتی دانشگاه یاسوج به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه ی کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. چهار سطح شوری شامل ۱/۹۲ (شاهد)، ۹/۸۷، ۱۹/۶ و ۲۱/۹۴ دسی زیمنس بر متر (حاصل از کلرید سدیم و کلرید کلسیم با نسبت ۲۰ به ۱ مولی، در محلول هوگلند) به عنوان عامل اول و ارقام به عنوان عامل دوم (ارقام Hyola 330، Hyola 60، PP-401-15E، Rgsoo، Oftung 500، Hyola 401.60) در نظر گرفته شدند. در طی رشد، غلظت K^+ ، Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، نسبت K^+ به Na^+ برگ، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و درصد روغن اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که همراه با افزایش شوری، غلظت K^+ ، نسبت K^+ به Na^+ ، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و درصد روغن دانه کاهش یافت. اما در مقابل، با افزایش شوری غلظت Na^+ ، غلظت Ca^{2+} و غلظت Mg^{2+} افزایش یافت. ارقام با عملکرد دانه ی بالاتر (ارقام Hyola 60 و Hyola 330)، به صورت معنی داری دارای غلظت کمتر یونهای Na^+ ، Ca^{2+} و Mg^{2+} و غلظت بالاتر K^+ و نسبت بالای K^+/Na^+ برگ بودند. در مجموع در بین ارقام مورد آزمایش به ترتیب ارقام Hyola 60 و Hyola 330 با عملکرد بیشتر به عنوان ارقام متحمل تر در برابر شوری و ارقام PP-401-15E و Oftung 500 به عنوان ارقام حساس نسبت به شوری ارزیابی شدند. *واژه های کلیدی:* کلزا، شوری، عملکرد دانه، یونهای معدنی

مقدمه

فرانکوئیس (۱۹۹۴) نشان داد که شوری باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی کلزا گردید. البته نتایجی نیز از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بالاتر در شرایط خاکهای شور، نسبت به خاکهای غیر شور، گزارش شده است (کشتا و همکاران، ۱۹۹۹). رئیس (۱۳۷۳) اظهار کرد که کلزا در اراضی نسبتاً شور گنبد و گرگان، با هدایت الکتریکی حدود ۷/۷ دسی زیمنس بر متر، عملکرد دانه مناسبی داشت. قاسم (۲۰۰۰) نیز در مطالعه ای بر روی هشت رقم کلزا گزارش داد که با قرار گرفتن ارقام در شرایط شوری، درصد روغن در همه آنها به طور معنی داری کاهش پیدا کرد. بر خلاف نتایج فوق، فرانکوئیس و کلیمن (۱۹۹۰) بیان نمودند که افزایش شوری

وجود املاح زیاد در خاک یا آب آبیاری، گیاه را با تنش شوری مواجه می سازد. گیاه در محیط شور از منفی تر شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک و جذب و انباشتگی یونهای سمی، صدمه می بیند (عبدل زاده و همکاران، ۱۳۸۵). در گیاهان زراعی، شوری ضمن تأثیر بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی، بسیاری از فرآیندهای دیگر را نیز تحت تأثیر خود قرار می دهد (بوام و همکاران، ۱۹۹۴). در کلزا شوری محیط رشد ریشه، ظهور برگها و تشکیل اولین میانگره ها را به تأخیر می اندازد و سطح برگ را نیز کاهش می دهد. ادامه تنش در مراحل بعدی رشد، موجب کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد غلاف و کاهش تعداد دانه در غلاف می شود (بوام و همکاران، ۱۹۹۴).

* نگارنده پاسخگو: هوشنگ فرجی، یاسوج، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کد پستی ۷۵۹۱۴-۳۵۳؛ دورنگار: ۰۷۴۱۲۲۲۴۸۴۰، تلفن: ۰۹۱۷۷۲۲۰۳۹۱، پست الکترونیک: farajee2002@yahoo.com

بعنوان شاهد)، S1 (۹/۸۷)، S2 (۱۹/۶) و S3 (۲۱/۹۴) دسی‌زیمنس بر متر (حاصل از کلرید سدیم و کلرید کلسیم با نسبت ۲۰ به ۱ مولی، در محلول هوگلند) و عامل دوم نیز ۸ رقم کلزای بهاره Oftion500, Rgsoo, PP-401-15E, Hyola330, PP-401-16 و PP-308-8, Hyola401, Hyola60 بود. واحدهای آزمایش شامل گلدانهایی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر بود. برای ایجاد زه‌کشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک در گلدانها، ۳ سوراخ به قطر یک سانتی‌متر در ته هر کدام از گلدانها تعبیه شد. سپس گلدانها توسط ماسه نرم که از قبل به دقت و چندین بار شسته شده بودند، به نحوی پر شدند که سطح ماسه هر گلدان تا دهانه آن ۵ سانتی‌متر فاصله داشت. بذور ارقام کلزا که توسط هیپوکلرید سدیم ۰/۵ درصد ضدعفونی شده بودند، در گلدانها کشت شدند. در هر گلدان ۱۵ عدد بذر به عمق حدود ۳ سانتی‌متر قرار گرفت. گلدانها از مرحله کاشت تا مرحله جوانه‌زنی با آب مقطر آبیاری شدند و پس از ثبت تاریخ دقیق سبز شدن (زمانی که ۵۰ درصد سبز شدن انجام شد)، گلدانها با محلولی که با نصف غلظت عناصر غذایی محلول هوگلند [نقل از دهداری و همکاران، ۲۰۰۵ (هوگلند و آرنون)] تهیه گردید، آبیاری شدند. دو هفته بعد از استقرار، بوته‌ها به ۱۰ بوته در گلدان تنک شدند. در مرحله ۴ برگی، با افزودن تدریجی کلرید سدیم و کلرید کلسیم به نسبت ۲۰ به ۱ در محلول هوگلند اعمال شوری شروع گردید، به نحوی که در نوبت اول آبیاری، کلیه گلدانها بجز سطح شاهد، با محلول ۹/۸۷ دسی‌زیمنس بر متر شوری آبیاری شدند. در نوبتهای بعدی، این مقادیر افزایش یافت و در نهایت سطوح شوری مورد نظر بعد از گذشت ۳ روز لحاظ گردید. اعمال تیمارهای شوری تا پایان مرحله رسیدگی با نسبتهای ذکر شده ادامه داشت و گلدانها در پایان هر هفته به منظور جلوگیری از تجمع بیش از حد نمک، با آب مقطر آبخوبی شدند. آبیاری به صورت یک روز در میان، انجام شد.

دو ماه بعد از اعمال تنش شوری، از هر گلدان ۴ بوته کفبر گردید و در آنها خصوصیات وزن خشک و

تأثیری بر درصد روغن استحصال شده از بذر کلزا نداشت.

در مطالعات شوری تغییرات عناصر معدنی، به جهت نقشی که در تغذیه‌ی گیاه و سازوکارهای فیزیولوژیکی مهم در ایجاد تحمل به شوری در گونه‌های گیاهی دارند، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. گزارش شده است که افزایش یون سدیم در محیط ریشه سبب کاهش میزان جذب یون پتاسیم و پایین آمدن نسبت پتاسیم به سدیم می‌گردد (بن لوچ و همکاران، ۱۹۹۴). در تنش شوری، بالا بودن نسبت K^+/Na^+ در بافتهای گیاهی به عنوان یکی از سازوکارهای فیزیولوژیکی مهم در ایجاد تحمل به شوری در بعضی گونه‌های گیاهی مورد توجه قرار گرفته است (دهداری و همکاران، ۲۰۰۵). اشرف و مک‌نیل (۲۰۰۴) نیز گزارش دادند که واریته‌های متحمل به شوری کلزا، در هنگام مواجهه با شوری دارای غلظت Na^+ و Cl^- کمتر و بالعکس غلظت K^+ ، Mg^{2+} و Ca^{2+} بیشتر، بویژه در بخش هوایی خود بودند. در نتیجه، واریته‌های مقاوم به شوری در مقایسه با واریته‌های حساس، نسبت Ca^{2+}/Na^+ و K^+/Na^+ بالاتری دارند. در سایر گونه‌های گیاهی نیز از این نظر تفاوت‌هایی وجود دارد (اشرف و سقیر، ۲۰۰۱).

در مجموع عدم وجود اطلاعات جامع در مورد تأثیر شوری بر پارامترهای فیزیولوژیکی کلزا و نیز وجود طیف قابل توجهی از ژنوتیپهای ناشناخته به لحاظ تحمل به شوری، لزوم انجام تحقیقات گسترده-ای را در این زمینه اجتناب ناپذیر می‌نماید. لذا این پژوهش به منظور بررسی تأثیر شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام بهاره کلزا صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور ارزیابی تأثیر شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه‌ی هشت ژنوتیپ کلزای بهاره در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ای کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل اول چهار سطح شوری شامل S0 (محلول هوگلند

ارقام و اثر متقابل شوری و رقم بر صفات مورد اندازه گیری بود.

افزایش شوری از S0 به S3، باعث کاهش معنی دار ۵۶/۵۴ درصدی عملکرد بیولوژیک گردید. عملکرد بیولوژیک در ارقام مختلف به طور معنی داری متفاوت بود. رقم Hyola 330 با میانگین ۴۴/۳۶ گرم در گلدان، بیشترین و رقم Oftion 500 با میانگین ۳۵/۸۹ گرم در گلدان، کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۲). اثر متقابل رقم و شوری بر عملکرد بیولوژیک معنی دار گردید. رقم PP-401-15E در سطح شوری S0 با میانگین ۶۲/۵۵ گرم در گلدان، بیشترین و رقم PP-401-15E در دو سطح شوری S2 و S3 با میانگین ۱۸/۰۵ گرم در گلدان، کمترین رتبه را در خصوص عملکرد بیولوژیک به خود اختصاص داد (جدول ۳). در این آزمایش ملاحظه گردید که با افزایش شوری، در تمامی ارقام، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت، اما شیب کاهش عملکرد بیولوژیک در رقم PP-401-15E نسبت به سایر ارقام تندتر بود. در اکثر مطالعات انجام شده روی کلزا (فرانکوئیس، ۱۹۹۴؛ اشرف و همکاران، ۱۹۸۹)، و گندم (رجبی و همکاران، ۱۳۸۴)، افزایش شوری اثر منفی معنی داری بر عملکرد بیولوژیک داشته است. بر همین اساس برخی محققان، توانایی پتانسیل بالای عملکرد بیولوژیک را برای حصول به عملکرد دانه‌ی مناسب، در شرایط تنش پیشنهاد کرده‌اند (فشیر و مارر، ۱۹۸۷).

افزایش شوری باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه شد. بین دو سطح شوری S0 و S1 در خصوص صفت عملکرد دانه، تفاوت معنی داری وجود نداشت، ولی سایر سطوح با یکدیگر دارای تفاوت معنی داری بودند. سطح شوری S0 با میانگین ۲/۵۰ گرم دانه در گلدان، بیشترین و سطح شوری S3 با میانگین ۰/۵۲ گرم در گلدان، کمترین میزان عملکرد دانه را داشتند (جدول ۲). ارقام مختلف مورد آزمایش نیز از نظر صفت عملکرد دانه دارای تفاوت‌های معنی داری با یکدیگر بودند. در این خصوص، رقم Hyola 60 با میانگین ۲/۶۰ گرم در گلدان، بالاترین و رقم PP-308-8 با میانگین ۱/۰۰ گرم در گلدان، کمترین

مواد معدنی برگ شامل Ca^{2+} و Mg^{2+} ، K^+ ، Na^+ برای اندازه‌گیری مواد معدنی در برگ، ابتدا پهنک‌های جوانترین برگ‌های کاملاً باز شده‌ی بوته‌ها در هر کدام از گلدانها، برداشت گردید. سپس نمونه برداشت شده با آب مقطر کاملاً شسته شد و به مدت دو روز در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شد. در ادامه، یک گرم از هر نمونه‌ی خشک شده توزین گردید و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج ساعت خاکستر شد. خاکستر مورد نظر بعد از اضافه کردن ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال بر روی هیتر در دمای جوش، قرار داده شد. با شروع جوشیدن، محلول حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و حجم نمونه‌ها توسط آب دوبار تقطیر شده به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس مقادیر سدیم و پتاسیم توسط دستگاه نورسنج شعله‌ای مدل JENWAY PFP7 بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ خشک قرائت گردید (دهداری و همکاران، ۲۰۰۵). اعداد قرائت شده به وسیله مقایسه با نمودار حاصل از نمونه‌های استاندارد تعدیل شدند و در نهایت نسبت پتاسیم به سدیم محاسبه گردید. کلسیم و منیزیم نیز توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مدل SHEMEDZO 680A اندازه‌گیری شد (دهداری و همکاران، ۲۰۰۵). در مرحله رسیدگی نیز صفات عملکرد بوته، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن دانه با برداشت ۶ بوته در هر گلدان به صورت کفبر اندازه‌گیری شد. برای استخراج محتوای روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله با حلال پترولیوم بنزین استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS صورت گرفت. مقایسه‌ی میانگین توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌ی واریانس و مقایسه‌ی میانگین اثرات اصلی و اثرات متقابل بین رقم و شوری بر صفات مورد اندازه‌گیری، به ترتیب در جداول ۱، ۲ و ۳ آمده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تفاوت معنی دار بین سطوح شوری، سطوح

میانگین را به خود اختصاص داد (جدول ۳). در کلیه ارقام مورد آزمایش، افزایش شوری از S0 به S3، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گردید. در این میان، کاهش عملکرد دانه رقم PP-401-15E، روند تندتری داشت و افزایش شوری از S0 به S3، باعث کاهش ۹۸/۷۱ درصدی عملکرد دانه در این رقم شد (جدول ۳).

رتبه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). اثر متقابل رقم و شوری بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید. رقم Hyola 60 در کلیه سطوح شوری بجز در سطح S0 که رقم PP-401-15E بیشترین عملکرد را تولید نمود، بالاترین میانگین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. رقم PP-401-15E در سطح شوری S3 نیز با میانگین ۰/۰۵۰ گرم در گلدان، کمترین

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات مورد بررسی

K ⁺ /Na ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺	Ca ²⁺	درصد روغن	عملکرد دانه (گرم در گلدان)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در گلدان)	درجه آزادی	منابع تغییر
۲۷۰/۹۴**	۱۷۲۷۵/۴۰۶**	۳۰۷/۵۹**	۱/۶۱۰**	۱۲/۶۹۰**	۸۰۷/۶۷**	۲۹/۳۶۱**	۵۸۵۵/۴۶**	۳	شوری
۱/۹۶**	۱۱۶۹/۸۰۳**	۱۰۵/۷۲**	۰/۴۸۰**	۴/۶۱۰**	۷۳/۷۲**	۳/۹۰۵**	۱۰۳/۶۳**	۷	رقم
۱/۸۲**	۵۹۸/۱۳۶**	۱۱/۱۹**	۰/۲۶۰**	۱/۲۹۰**	۱۶/۱۷**	۰/۷۷۹**	۵۹/۱۲*	۲۱	شوری×رقم
۰/۲۹	۰/۴۴۰	۶۱/۲۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۱۰۵/۷۶	۰/۰۴۱	۳۲/۵۷	۶۴	خطا
۱۸/۶۱	۱/۷۹	۲/۴۹	۳/۲۹	۲/۷۹	۶/۳۰	۱۳/۱۴	۱۴/۴۱		ضریب تغییرات (%)

** , * ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار.

S3، رقم Hyola 60 با ۲۵/۶۶ درصد، بیشترین درصد روغن و رقم PP-401-15E با ۸/۵۲ درصد، کمترین درصد روغن را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

گزارش شده است که درصد روغن دانه در خانواده‌ی براسیکا در ارقام مختلف بین ۴۴-۲۵ درصد متغیر است (اشرف و مکنیلی، ۲۰۰۴). اشرف و مکنیلی (۱۹۹۰) در مطالعه بر روی چهار گیاه خانواده‌ی چلیپائیان دریافتند که درصد روغن در گیاهان مورد آزمایش تحت شرایط شور، به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. قاسم (۲۰۰۰)، نیز بر اساس مطالعه‌ای که بر روی هشت رقم کلزا انجام داده بود گزارش داد که با قرار گرفتن در شرایط شور، درصد روغن در کلیه ارقام مورد بررسی به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بر خلاف نتایج فوق، فرانکوس و کلیمن (۱۹۹۰)، بیان نمودند که شوری تأثیری بر درصد روغن بذر کلزا نداشت.

نتایج نشان داد که با افزایش شوری، میزان کلسیم برگ به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. سطح شوری S0 با میانگین ۱/۷۹ میلی‌گرم در گرم برگ خشک، کمترین و سطح شوری S3 با میانگین

بنا به گزارش کایا و همکاران (۲۰۰۱)، شوری با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی گیاه، موجب کاهش عملکرد دانه در اسفناج می‌شود. محققان دیگر نظیر اشرف و مکنیلی (۲۰۰۴) نیز کاهش عملکرد دانه را در خانواده‌ی براسیکا در شرایط شور گزارش داده‌اند. درصد روغن با افزایش شوری به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بیشترین درصد روغن مربوط به سطح شاهد و کمترین آن در سطح شوری S3 دیده شد. افزایش شوری از S0 تا S3 موجب کاهش ۴۸/۱۱ درصدی روغن دانه گردید (جدول ۲). درصد روغن بین ارقام مختلف نیز به طور معنی‌داری متفاوت بود، به نحوی که بیشترین درصد روغن به میزان ۲۹/۲۹ درصد، مربوط به رقم Hyola 60 و کمترین مقدار آن به میزان ۲۱/۲۷ درصد، مربوط به رقم PP-401-15E بود (جدول ۲). اثر متقابل رقم و شوری بر درصد روغن معنی‌دار شد. بیشترین درصد روغن در رقم Oftion 500 در سطح شوری S0 و کمترین درصد روغن، در رقم PP-401-15E در سطح شوری S3 ملاحظه گردید (جدول ۳). در کلیه ارقام مورد آزمایش، افزایش شوری موجب کاهش معنی‌دار درصد روغن شد. در سطح شوری

آن (کرامر و همکاران، ۱۹۸۵)، و یا از طریق افزایش جذب پتاسیم (کرامر و همکاران، ۱۹۸۷، ۱۹۸۹) باعث کاهش صدمات ناشی از تنش شوری گردد.

با افزایش شوری از سطح شاهد به سطح شوری S3، میزان Mg^{2+} برگ حدود ۳۱/۵۴ درصد افزایش پیدا کرد. البته غلظت Mg^{2+} برگ در سطح شاهد با سطح شوری S1 تفاوت معنی داری نداشت، ولی با سایر سطوح شوری دارای تفاوت معنی دار بود. بیشترین میزان Mg^{2+} برگ مربوط به رقم PP-401-16 و کمترین میزان آن مربوط به ارقام Hyola 60 و Hyola 330 بود (جدول ۲). اثر متقابل رقم و شوری نیز بر غلظت منیزیم معنی دار شد. در کلیه ارقام مورد آزمایش، با افزایش شوری از S0 به S3، میزان منیزیم برگ به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. در این میان، روند افزایش منیزیم برگ در رقم PP-401-16 شیب تندتری نسبت به سایر ارقام مورد بررسی داشت (جدول ۳). بیشترین مقدار Mg^{2+} برگ به میزان ۳/۴۵ میلی گرم در گرم برگ خشک، مربوط به رقم PP-401-16 در سطح شوری S3 و کمترین مقدار Mg^{2+} به میزان ۱/۰۴ میلی گرم در گرم برگ خشک، به رقم Hyola 330 در سطح شوری S0 تعلق گرفت (جدول ۳).

نائینی و همکاران (۱۳۸۲) گزارش دادند که با افزایش میزان کلور سدیم تا ۴۰ میلی مولار، غلظت منیزیم برگهای فوقانی کاهش یافت و سپس ثابت ماند. خوشگفتارمنش و سیادت (۱۳۸۱) در ذرت و آفتابگردان و فرانکوئیس (۱۹۹۴) در کلزا کاهش منیزیم را در شرایط شور گزارش دادند و دلیل کاهش منیزیم را به ناهمسازی بین سدیم و منیزیم در انباشته شدن و انتقال در داخل گیاه نسبت دادند. دلیل مغایرت نتایج این تحقیق با نتایج خوشگفتارمنش و سیادت (۱۳۸۱) می تواند تفاوت بین گونه های گیاهی و نیز شرایط اعمال تنش شوری باشد. در این زمینه، اشرف و مک نیلی (۲۰۰۴)، نشان دادند که حتی واکنش ارقام مختلف کلزا در برابر تجمع عناصر معدنی متفاوت است.

افزایش شوری باعث کاهش معنی دار میزان پتاسیم برگ شد. افزایش شوری از S0 به S3 موجب کاهش ۲۶/۱۵ درصدی پتاسیم برگ شد. بیشترین

۳/۴۰ میلی گرم در گرم برگ خشک، دارای بالاترین غلظت کلسیم در برگ بود (جدول ۲). بین ارقام مورد آزمایش نیز کلسیم برگ دارای تفاوت معنی داری بود. به طوری که رقم PP-401-16 با میانگین ۳/۳۱ میلی گرم در گرم برگ خشک، بیشترین و رقم Hyola 330 با میانگین ۱/۶۶ میلی گرم در گرم برگ خشک، دارای کمترین غلظت کلسیم برگ بود (جدول ۲). اثر متقابل رقم و شوری بر غلظت کلسیم برگ معنی دار گردید. همان طور که مشاهده می گردد (جدول ۳) در ارقام مورد بررسی، غلظت کلسیم برگ با افزایش شوری، یک روند صعودی را طی نمود؛ تنها در رقم PP-401-16، غلظت کلسیم برگ در سطح شوری S1 ابتدا کاهش و سپس از سطح شوری S1 به بعد، افزایش یافت. در بالاترین سطح شوری (S3) نیز رقم PP-401-16 با ۴/۸۳ میلی گرم در گرم برگ خشک، بیشترین و رقم Rgsoo با میانگین ۱/۹۷ میلی گرم در گرم برگ خشک، کمترین غلظت کلسیم برگ را دارا بودند (جدول ۳). رقم PP-401-16 در سطح شوری S0 با میانگین ۵/۵۳ میلی گرم در گرم برگ خشک، بیشترین و رقم Hyola 330 در سطح شوری S1 با میانگین ۱/۰۴ میلی گرم در گرم برگ خشک، دارای کمترین غلظت کلسیم برگ بود (جدول ۳).

انفراد و همکاران (۱۳۸۲) گزارش دادند که غلظت Ca^{2+} در واریته های کلزا، به هنگام مواجهه با شوری افزایش پیدا می کند. غلظت این دو یون واریته هایی از کلزا که به شوری متحمل هستند، در اندامهای گیاه، بویژه اندامهای هوایی بیشتر از ارقام حساس افزایش می یابد. زائو و همکاران (۲۰۰۷)، نیز گزارش دادند که غلظت یون Ca^{2+} با افزایش شوری در اندام هوایی گیاه افزایش پیدا می کند. در این ارتباط، ال- هندوی و همکاران (۲۰۰۵)، در گندم، نتوندو و همکاران (۲۰۰۴)، در سورگوم و هوشمند و همکاران (۲۰۰۵)، در گندم دوروم افزایش Ca^{2+} برگ را در شرایط شور گزارش دادند. گزارشهای متعدد نشان می دهد که کلسیم آثار سوء ناشی از یون های زیان بار را خنثی می کند (بیلسکی و همکاران، ۱۹۸۸؛ اشرف و همکاران، ۱۹۸۹). کلسیم ممکن است از طریق رقابت با سدیم و کاهش جذب

گردید. به طور کلی در تمام ارقام مورد مطالعه، با افزایش شوری میزان پتاسیم برگ اندکی کاهش یافت، ولی روند کاهش میزان پتاسیم در رقم Oftion 500 در سطح شوری S3 بیشتر از سایر ارقام بود (جدول ۳). بیشترین مقدار پتاسیم برگ، به میزان ۳۴/۵۶ میلی‌گرم در گرم برگ خشک، مربوط به رقم Hyola 60 در سطح شوری S0 و کمترین مقدار پتاسیم برگ، به میزان ۱۹/۱۸ میلی‌گرم در گرم برگ خشک، به رقم Oftion 500 در سطح شوری S3 تعلق داشت (جدول ۳).

میزان K^+ (۳۱/۸۱ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) در سطح S0 و کمترین میزان آن (۲۳/۴۹ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) در سطح شوری S3 مشاهده شد (جدول ۲). میزان پتاسیم برگ بین ارقام مورد آزمایش نیز به طور معنی‌داری متفاوت بود. بیشترین میزان پتاسیم به میزان ۳۱/۸۵ میلی‌گرم در گرم برگ خشک، در رقم Hyola 60 و کمترین میزان پتاسیم برگ به میزان ۲۵/۵۱ میلی‌گرم در گرم برگ خشک، در رقم PP-308-8 مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل رقم و شوری بر پتاسیم برگ معنی‌دار

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری و رقم بر صفات مورد بررسی*

K^+/Na^+	Na^+	K^+	Mg^+	Ca^{2+}	درصد	عملکرد بیولوژیکی		عوامل آزمایش
						عملکرد دانه	عملکرد گلدان	
	(میلی‌گرم در گرم برگ خشک)				روغن	(گرم در گلدان)	(گرم در گلدان)	
شوری								
۷/۳۸a	۴/۵۳d	۳۱/۸۱a	۱/۶۸c	۱/۷۹d	۳۳/۱۸a	۱۵/۰۰a	۵۸/۲۱۹a	S0 (۱/۹۲ دسی‌زیمنس بر متر)
۱/۰۵b	۲۸/۸۵c	۲۹/۸۵b	۱/۶۵c	۱/۹۷c	۲۶/۶۰b	۱۴/۴۰a	۴۶/۶۷۱b	S1 (۹/۸۷ دسی‌زیمنس بر متر)
۰/۶۰bc	۴۷/۲۹b	۲۸/۴۷c	۱/۸۳b	۲/۶۰b	۲۲/۳۷c	۴/۶۲b	۲۸/۱۱۸c	S2 (۱۹/۶ دسی‌زیمنس بر متر)
۰/۳۹c	۶۷/۵۴a	۲۳/۴۹d	۲/۲۱a	۳/۴۰a	۱۷/۶۲d	۳/۱۲c	۲۵/۳۳۷c	S3 (۲۱/۹۴ دسی‌زیمنس بر متر)
رقم								
۱/۹۸cd	۳۲/۴۷e	۲۸/۹۷d	۱/۶۲e	۱/۶۶g	۲۴/۱۰cd	۱۳/۰۲b	۴۴/۳۶۵a	Hyola 330(1)
۲/۵۱b	۲۶/۸۰g	۳۱/۸۵a	۱/۶۷e	۱/۷۵f	۲۹/۲۹a	۱۵/۶۰a	۴۳/۴۰۲ab	Hyola 60(2)
۲/۲۹bcd	۴۰/۱۹c	۲۸/۶۹d	۱/۷۴d	۲/۲۰e	۲۳/۸۴cd	۸/۰۴de	۳۸/۷۵۴bc	Rgsoo(3)
۲/۲۴bcd	۴۲/۹۵b	۲۷/۴۱e	۱/۸۴c	۲/۸۳c	۲۶/۴۵b	۷/۲۰e	۳۵/۸۹۱c	Oftion 5(00(4)
۱/۹۳d	۵۷/۷۰a	۳۰/۴۳b	۱/۹۶b	۳/۲۰e	۲۱/۲۷f	۹/۹۶c	۳۸/۱۳۶c	PP-401-15 E(5)
۲/۴۲bc	۳۰/۶۹f	۲۹/۸۳c	۱/۷۳d	۲/۲۰e	۲۳/۲۵de	۸/۲۲d	۴۰/۱۰۱c	Hyola 401(6)
۳/۲۳a	۳۰/۷۲f	۲۵/۵۱f	۱/۹۵b	۲/۳۷d	۲۴/۷۴c	۶/۰۰f	۳۸/۸۷۲bc	PP- 308- 8(7)
۲/۲۴bcd	۳۴/۸۹d	۲۲/۵۴g	۲/۲۴a	۳/۳۱a	۲۲/۵۹e	۶/۱۸f	۳۷/۱۷۰c	PP- 401- 16(8)

*در هر مقایسه حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده ی عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

سدیم برگ روند صعودی را طی نمود. در این رابطه، با افزایش شوری از S0 به S3، بالاترین و کمترین شیب صعودی افزایش غلظت سدیم برگ به ترتیب در ارقام PP-401-15E و Hyola 60 مشاهده گردید (جدول ۳). رقم PP-308-8 با میانگین ۲/۷۳ میلی‌گرم بر گرم برگ خشک، در سطح شوری S0 کمترین و رقم PP-401-15E با ۱۲۶/۲۰ میلی‌گرم بر گرم برگ خشک، در سطح شوری S3 بیشترین مقدار غلظت سدیم برگ را داشتند (جدول ۳).

تا کنون مکانیسم‌های بیولوژیک و مولکولی در گیاهان مقاوم به شوری به خوبی شناخته نشده‌اند، اما معلوم شده است که تحمل به شوری تا حد زیادی

بین غلظت Na^+ برگ در سطوح مختلف شوری، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین غلظت Na^+ به میزان ۶۷/۵۴ میلی‌گرم در گرم برگ خشک، در سطح شوری S3 و کمترین غلظت Na^+ به میزان ۴/۵۳ میلی‌گرم در گرم برگ خشک، در سطح شوری S0 مشاهده شد (جدول ۲). غلظت سدیم در برگ ارقام به طور معنی‌داری متفاوت بود. رقم Hyola 60 با میانگین ۲۶/۸۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک، کمترین و رقم pp-401-15E با میانگین ۵۷/۷۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک، دارای بیشترین غلظت Na^+ در برگ بود (جدول ۲). اثر متقابل رقم و شوری بر غلظت سدیم برگ معنی‌دار شد. در کلیه ارقام مورد بررسی، با افزایش شوری میزان غلظت

برگ شد (جدول ۲). بیشترین میزان نسبت K^+/Na^+ در سطح شوری S0 و کمترین میزان آن در سطح شوری S3 مشاهده شد. رقم 8-PP-308 با میانگین ۳/۲۳ میلی گرم در گرم برگ خشک، بیشترین و رقم PP-401-15E با میانگین ۱/۹۳ میلی گرم در گرم برگ خشک، کمترین نسبت K^+/Na^+ را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). اثر متقابل رقم و شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم معنی دار گردید. در کلیه ارقام مورد بررسی، با افزایش شوری نسبت K^+/Na^+ برگ به طور معنی داری کاهش یافت. نسبت K^+/Na^+ برگ رقم 8-PP-308 در سطح شوری S3، با ۹۵/۹۵ درصد کاهش نسبت به سطح شاهد، بیشترین شیب کاهش را به خود اختصاص داد (جدول ۳). رقم 8-PP-308 در سطح شوری S0 با میانگین ۱۰/۸۸ میلی گرم در گرم برگ خشک، بیشترین و رقم Oftion 500 در سطح شوری S3 با میانگین ۰/۱۹ میلی گرم در گرم برگ خشک، دارای کمترین نسبت K^+/Na^+ بودند (جدول ۳).

همانطور که ذکر شد، با افزایش شوری، نسبت K^+/Na^+ در اندام هوایی کاهش یافت. گزارش شده است که تجمع کمتر سدیم در گیاه، ناشی از سه مرحله ی جذب کمتر سدیم توسط ریشه، انتقال کمتر آن به اندام هوایی و اختصاص آن به اندامکهای خاص سلولی است (شانن و گریو، ۱۹۹۹؛ هوشمند و همکاران، ۱۳۸۴). کاهش نسبت K^+/Na^+ ناشی از تنش شوری در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (مانز و همکاران، ۲۰۰۰ در گندم؛ منگوزو و همکاران، ۲۰۰۰ در گندم؛ اشرف و مکنیلی، ۲۰۰۴ در کلزا). میزان بالاتر K^+/Na^+ در اندام هوایی برخی از ژنوتیپها نظیر Hyola 60 احتمالاً ناشی از توانایی بالاتر آن در جلوگیری از ورود سدیم به ریشه، توانایی بالاتر نگهداری K^+ در اندام هوایی و همچنین سازگاری بهتر این ژنوتیپها با شرایط تنش است. مانز و همکاران (۲۰۰۰) مشاهده نمودند که ژنوتیپهای متحمل نسبت به ژنوتیپهای حساس به شوری، میزان سدیم کمتری را جذب و منتقل نموده اند و دارای غلظت پتاسیم بالاتری بوده اند.

مربوط به تجمع کم سدیم در بافت گیاه است. افزایش توانایی در جذب انتخابی K^+ از محیطی که دارای مقادیر بالای Na^+ است، ممکن است اهمیت زیادی در تحمل به شوری داشته باشد (اشرف و مکنیلی، ۲۰۰۴). اومیلان و همکاران (۱۹۹۱) دریافتند که تحمل به شوری تا حد زیادی به قابلیت جذب انتخابی پتاسیم نسبت به سدیم از محلول خاک بستگی دارد. در این آزمایش، هر چند تنش شوری در کلیه ارقام مورد آزمایش، غلظت یون سدیم را افزایش و در مقابل غلظت پتاسیم را کاهش داد؛ ولی رقم Hyola 60 از نظر میزان جذب پتاسیم با سایر ارقام متفاوت بود. به نحوی که این رقم بیشترین میزان پتاسیم و کمترین میزان سدیم برگ را داشت و این امر نشان دهنده ی تحمل بالای این رقم به شرایط شور است. کاهش میزان یون پتاسیم بر اثر افزایش غلظت نمک توسط زائو و همکاران (۲۰۰۷)، چیپا و لال (۱۹۹۵) و بنده حق و همکاران (۱۳۸۳) نیز گزارش شده است. افزایش غلظت سدیم احتمالاً به دلیل افزایش جذب یونها توسط ریشه گیاه می باشد (بنده حق و همکاران، ۱۳۸۳). نیا و همکاران (۱۹۹۵) و رجبی و همکاران (۱۳۸۴) نیز در گندم، افزایش میزان سدیم و کلر برگ را در نتیجه ی افزایش شوری گزارش دادند. رشید و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه ی تحمل به شوری در مرحله ی گیاهچه های نه رقم گندم نان در شرایط هیدروپونیک، افزایش معنی دار سدیم در برگهای جوان را گزارش نمودند و تنوع ژنتیکی بالایی را در بین آنها مشاهده کردند. اومیلان و همکاران (۱۹۹۱) گزارش نمودند که مقاومت به نمک، به طور منفی با غلظت Na^+ برگ و بطور مثبت با غلظت K^+ همبستگی دارد. نتیجه ی این آزمایش با یافته های چیپا و لال (۱۹۹۹) و اشرف و مکنیلی (۲۰۰۴) در کلزا که اظهار داشتند جذب بیشتر سدیم در ژنوتیپهای حساس به نمک عامل حساسیت این ارقام به شوری است و دیگر این که میزان جذب سدیم موجب صدمه به گیاه می شود، مطابقت دارد.

با افزایش شوری، نسبت K^+/Na^+ به طور معنی داری کاهش یافت. افزایش شوری از S0 به S3، باعث کاهش ۹۴/۷۱ درصدی نسبت K^+/Na^+

جدول ۳. میانگین اثرات متقابل رقم و تنش شوری برای صفات اندازه گیری شده*

K ⁺ /Na ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺	Ca ²⁺	درصد	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	عوامل آزمایش	
	(میلی گرم در گرم برگ خشک)				روغن	(گرم در گلدان)	(گرم در گلدان)	شوری رقم	
۵/۷۴a	۵/۹۳f	۳۳/۷۲a	۱/۶۵cd	۱/۰۷d	۳۰/۷۰b	۱۹/۲۶a	۶۲/۱۰۴a	S0	Hyola 330
۱/۰۹d	۲۹/۶۵e	۳۲/۴۴a	۱/۶۸cd	۱/۰۴d	۲۵/۱۱d	۲۱/۳۰a	۵۲/۴۹۲ab	S1	
۰/۷۲e	۴۰/۹۲d	۲۹/۵۴a	۱/۶۹c	۱/۹۹bcd	۲۱/۴۸ef	۷/۲۰c	۲۷/۵۷۳cd	S2	
۰/۳۷g	۵۳/۳۷cd	۲۰/۱۸ab	۱/۷۰c	۲/۰۹bc	۱۹/۱۳fg	۴/۰۲de	۲۷/۵۷۳cd	S3	
۷/۲۱b	۴/۸۹f	۳۴/۵۶a	۱/۶۷cd	۲/۰۸bc	۳۲/۵۴a	۱۹/۲۶a	۵۲/۷۷۱ab	S0	Hyola 60
۱/۲۰d	۲۶/۹۸e	۳۲/۳۹a	۱/۶۷cd	۲/۰۵bc	۳۰/۳۰b	۲۳/۵۸a	۵۴/۹۶۰a	S1	
۰/۹۳e	۳۲/۸۴de	۳۰/۵۷a	۱/۷۰c	۱/۹۹bcd	۲۸/۶۷c	۱۲/۰۶b	۲۶/۷۵۴cd	S2	
۰/۷۰e	۴۲/۴۸cd	۲۹/۸۹a	۱/۶۹c	۲/۰۴bc	۲۵/۶۶d	۸/۱۰e	۲۶/۷۵۴cd	S3	
۷/۵۱b	۴/۵۶f	۳۲/۹۷a	۱/۶۲d	۱/۶۴c	۲۹/۸۴bc	۱۲/۶۶b	۵۷/۲۱۵a	S0	Rgsoo
۰/۷۶e	۳۹/۳۶d	۳۰/۲۲a	۱/۶۳d	۱/۸۵c	۲۵/۸۷d	۱۳/۴۴b	۴۶/۲۹۹b	S1	
۰/۵۳f	۵۴/۷۵cd	۲۹/۰۹a	۱/۶۷cd	۲/۰۱bc	۲۰/۴۳f	۳/۰۶de	۲۷/۰۲۴cd	S2	
۰/۳۶g	۶۲/۱۰c	۲۲/۵۱ab	۱/۶۴d	۱/۹۷bcd	۱۹/۲۱fg	۳/۳۰de	۲۷/۰۲۴cd	S3	
۶/۹۷bc	۴/۵۰f	۳۱/۲۰a	۱/۶۷cd	۲/۱۳bc	۳۳/۴۷a	۱۰/۳۸bc	۵۶/۶۳۹a	S0	Oftion 500
۱/۱۶d	۲۶/۳۹e	۳۰/۷۰a	۱/۶۳d	۲/۰۵bc	۲۸/۸۲c	۱۵/۶۶b	۳۸/۸۲۵c	S1	
۰/۶۵ef	۴۳/۴۷cd	۲۸/۵۸a	۱/۷۰c	۲/۰۶bc	۲۴/۹۲de	۲/۲۸ef	۲۲/۵۶۵cd	S2	
۰/۱۹i	۹۷/۴۴b	۱۹/۱۸b	۱/۶۷cd	۲/۰۵bc	۱۸/۶۲g	۰/۵۴g	۲۲/۵۶۵cd	S3	
۶/۰۸bc	۵/۵۴f	۳۳/۶۴a	۱/۶۲d	۱/۹۱bcd	۳۱/۷۷ab	۲۳/۴۰a	۶۲/۵۵۴a	S0	PP-401-15E
۱/۰۰d	۳۱/۳۴de	۳۱/۳۸a	۱/۷۷c	۲/۰۱bc	۲۴/۱۴de	۱۱/۱۶bc	۴۸/۴۵۹b	S1	
۰/۴۳fg	۶۷/۷۳c	۲۹/۳۵a	۱/۶۷cd	۲/۳۳bc	۲۰/۶۷f	۵/۰۴dc	۱۸/۰۵۴d	S2	
۰/۲۱h	۱۲۶/۲۰a	۲۷/۳۶ab	۱/۹۹bc	۲/۴۹bc	۸/۵۲j	۰/۳۰g	۱۸/۰۵۴d	S3	
۷/۳۴b	۴/۶۲f	۳۳/۸۵a	۱/۸۱bc	۳/۰۷bc	۳۱/۴۱ab	۱۳/۳۲b	۶۰/۸۵۷a	S0	Hyola 401
۱/۱۷d	۲۶/۰۶e	۳۰/۴۷a	۱/۶۳d	۲/۲۷bc	۲۵/۹۲cd	۱۳/۶۲b	۴۲/۱۱۶bc	S1	
۰/۶۲ef	۴۴/۹۳cd	۲۹/۳۵a	۲/۰۶b	۲/۴۳bc	۱۸/۵۸g	۰/۹۰fg	۲۹/۲۴۸cd	S2	
۰/۵۷f	۴۷/۱۷cd	۲۶/۸۸ab	۲/۱۳b	۴/۳۲ab	۱۵/۰۷i	۵/۱۶dc	۲۹/۲۴۸cd	S3	
۱/۰۸۸a	۲/۷۳f	۲۹/۳۸a	۱/۶۰d	۲/۰۱bc	۳۰/۹۶b	۱۱/۸۸bc	۶۱/۰۸۷a	S0	PP-308-8
۱/۱۲d	۲۵/۰۲e	۲۸/۲۵a	۱/۶۱d	۲/۱۱bc	۲۸/۴۶c	۷/۶۲c	۴۵/۳۲۰b	S1	
۰/۴۸fg	۴۷/۲۰cd	۲۲/۹۵ab	۱/۹۵bc	۲/۴۸bc	۲۳/۱۴e	۲/۵۸e	۲۲/۹۹۵cd	S2	
۰/۴۴fg	۴۷/۹۵cd	۲۱/۵۰ab	۲/۰۶b	۴/۷۹ab	۱۵/۴۲i	۱/۹۸ef	۲۲/۹۹۵cd	S3	
۷/۳۱b	۳/۴۵f	۲۵/۱۵ab	۲/۷۰b	۵/۵۳a	۲۸/۷۷c	۱۰/۶۸bc	۵۲/۵۲۴ab	S0	PP-401-16
۰/۸۸e	۲۶/۰۰e	۲۳/۰۱ab	۱/۹۹bc	۲/۴۴bc	۲۳/۲۰e	۸/۵۸c	۴۴/۸۹۸bc	S1	
۰/۴۶fg	۴۶/۵۱cd	۲۱/۵۸ab	۲/۳۵b	۳/۰۲b	۲۱/۰۷ef	۳/۴۸de	۲۸/۴۸۱cd	S2	
۰/۳۲g	۶۳/۶۰c	۲۰/۴۳ab	۳/۴۵a	۴/۸۳ab	۱۷/۳۳gh	۱/۹۲ef	۲۴/۴۸۱cd	S3	

*در هر مقایسه حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

حساس به شوری، و سایر ارقام نیز به عنوان ارقام نیمه حساس به شوری ارزیابی شدند. در رابطه با سطوح شوری نیز با افزایش شوری تا سطح S1، در اکثر صفات مورد بررسی، روند معنی داری مشاهده نشد؛ ولی اثرات منفی و معنی دار شوری از سطح شوری S1 به بعد، در اکثر صفات مورد بررسی مشاهده گردید. لذا در این بررسی می‌توان سطح شوری S2 را به عنوان آستانه خسارت معنی دار شوری به گیاه، ملاحظه نمود.

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، دو رقم Hyola 60 و Hyola 330 بواسطه مقادیر بالای صفات غلظت پتاسیم برگ، نسبت پتاسیم به سدیم برگ، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و نیز مقادیر کمتر غلظت منیزیم برگ، غلظت سدیم برگ و غلظت کلسیم برگ در سطوح بالای شوری، به عنوان ارقام مقاوم به شوری ارزیابی شدند. ارقام PP-401-15E و Oftion 500 نیز به دلیل داشتن عکس‌العمل ضعیف در برابر شوری، به عنوان ارقام

منابع:

- انفراد، ا.، پوستینی، ک.، مجنون حسینی، ن.، طالعی، ع.ر.، خواجه احمد عطاری، ا.، ۱۳۸۲. واکنشهای فیزیولوژیکی ارقام کلزا (*Brassica napus L.*) در مرحله ی رشد رویشی نسبت به تنش شوری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ج. ۷، ص ۱۰۳-۱۱۲.
- بنده حق، ع.، کاظمی، ح.، ولیزاده، م.، جوان شیر، ع.، ۱۳۸۳. مقاومت ارقام گندم بهاره نسبت به تنش شوری در مراحل رویشی و زایشی. مجله ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ج. ۱، ص ۶۱-۷۱.
- خوشگفتار منش، ا.ح.، سیادت، ح.، ۱۳۸۱. تغذیه ی معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. معاونت باغبانی. وزارت کشاورزی. ۹۲ صفحه.
- رئییسی، س.، ۱۳۷۳. بررسی مقدماتی ارقام مختلف کلزا در منطقه گرگان و گنبد. سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران- تبریز. صفحه ۱۶۵.
- رجبی، ر.، پوستینی، ک.، جهانی پور، پ.، احمدی، ع.، ۱۳۸۴. اثرات شوری بر کاهش عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی رقم گندم. مجله ی علوم کشاورزی. ج. ۱۲، ص ۱۵۳-۱۶۳.
- عبدل زاده، ا.، ملک جانی، ز.، گالشی، س.، یغمایی، ف.، ۱۳۸۵. بررسی اثر توأم شوری و تغذیه ی نیتروژن بر رشد گیاه کلزا. مجله ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ج. ۱۳، ص ۲۰-۳۳.
- نائینی، م. ر.، لسانی، ح.، خوش گفتار، ا.ح.، میرزاپور، م. ح.، ۱۳۸۲. اثر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر غلظت و توزیع عناصر معدنی و قندهای محلول سه رقم تجاری انار. ج. ۱۲، ص ۱۱۲-۱۲۱.
- هوشمند، س.، ارزانی، ا.، میر محمدی میبدی، س. ع.، ۱۳۸۴. بررسی تحمل به تنش شوری ژنوتیپهای گندم دوروم حاصل از دو روش گزینش درون شیشه‌ای و مزرعه‌ای در مرحله ی گیاهچه. مجله ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ج. ۱۲، ص ۱۱۲-۱۲۱.
- Ashraf, M., Bokhari, M.H., Mehmood, S., 1989. Effect of four different salts on germination and seedling growth of four Brassica species. J. Biol. 35, 173-187.
- Ashraf, M., McNeilly, T., 1990. Responses of four Brassica species to sodium chloride. Exp. Bot. 30, 475-487.
- Ashraf, M., Saghir, A., 2001. Influence of sodium chloride on ion accumulation, Yield components and fiber characteristics in salt-tolerant lines of cotton (*Gossypium hirsutum L.*). Field Crops Res. 66, 115-127.
- Ashraf, M., McNeilly, T., 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Plant Sci. 23, 157-174.
- Benlloch, M., Ojeda, M.A., Ramos, J., Rodriguesnavarro, A., 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in plant. Plant and soil. 166, 117-123.
- Bilski, J.J., Nelsin D.C., Colon R.L., 1988. The response of four potato cultivars to chloride salinity, sulphat salinity and calcium in pot experiment. Am. Potato J. 65, 85-90.
- Boem, F.H.G., Scheiner, J.D., Lavadi, R.S., 1994. Some effect of soil salinity on growth, development and yield of rapeseed (*Brassica napus L.*). Crop Sci. 137, 182 – 187.
- Chhipa, B.R., Lal, P., 1995. Na/K ratios as the basis of salt tolerance in wheat. Aust. J. Agric. Res. 46, 533-539.
- Cramer, G.R., Lauchli, A., Polito V.S., 1985. Displacement of Ca^{2+} by Na^{+} from the plasmalemma of root cell. Plant Physiol. 79, 207-211.
- Cramer, G.R., Lynch, J., Lauchli, A., Epstein, E., 1987. Influx Na^{+} , K^{+} and Ca^{2+} into roots of salt stressed cotton seedling: Effects of supplemental Ca^{2+} . Plant Physiol. 83, 510-519.

- Cramer, G.R., Epstein, E., Lauchi, A., 1989. Na-Ca interactions in barley seedling: relationship to ion transport and growth. *Plant Cell Environ.* 12, 551-558.
- Dehdari, A., Rezai, A., Mirmohammady Maibody, S.A., 2005. Salt tolerance of seedling and plant based on ion contents and agronomic traits. *Soil Sci and Plant Analysis.* 36, 2239-2253.
- El- Hendaway, S.E., Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Growth, ion content, gas exchange, and water relation of wheat genotypes different in salt tolerances. *Aust. J. Agric. Res.* 56, 123-134.
- Fisher, R., Maurer, R., 1987. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. growth and yield responses. *Aus. J. Agric. Res.* 29, 897-912.
- Francois, L.E., 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. *Crop Sci.* 86, 233 – 234.
- Francois, L.E., Kleiman, R., 1990. Salinity effect on vegetative growth, seed yield and fatty acid composition of crambe. *J. Agron.* 82, 1110-1114.
- Houshmand, A.S., Arzani, A., Maibody, S.A.M., Feizi, M., 2005. Evaluation of salt-tolerance genotypes of durum wheat derived from invitro and field experiments. *Field Crops Res.* 91, 345-354.
- Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *BULG. J. Plant Physiol.* 27, 47-59.
- Keshta, M.M., Hammad, K.M., Sorour, W.A.I., 1999. Evaluation of rapeseed genotypes in saline soil. *Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress.* Canberra, Australia. 62, 253-258.
- Meneguzzo, S., Navari-Izzo, F., Izzo, R., 2000. NaCl effects on water relation and accumulation of mineral nutrient in shoot, root and cell sap of wheat seedling. *J. Plant Physiol.* 156, 711-716.
- Munns, R.R., Hare, A., James, R.A., Rebetzki, G.J., 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 51, 69-74.
- Netondo, G.W., Onyango, J.C., Beck, E., 2004. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relation, and ion accumulation to NaCl salinity. *Crop Sci.* 44, 797-805.
- Niu, X., Bressan, R.A., Asegava, P.M.H., Panta, J.M., 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol.* 109, 735-742.
- Omielan, J.A., Epstein, E., Dvorak, P., 1991. Salt tolerance and ionic relations of *Lophopyrum elangatum*. *Genome.* 34, 961-974.
- 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.
- Rashid, A., Qureshi, R.H., Holington, P.A., Jones, R.G.W., 1999. Comparative responses of wheat cultivars to salinity at the seedling stage. *Crop Sci.* 182, 199-207.
- Shannon, M.C., Grieve, C.M., 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hort.* 78, 5-38.
- Zhao, G.Q., Ma, B.L., Ren, C.Z., 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. *Crop Sci.* 41, 123-131.

Evaluation of the effect of salinity stress on ion accumulation, quantitative and qualitative yield of spring rapeseed cultivars

**M. Azimi Gandomani¹, H. Faraji^{2*}, A. Dehdari², M. Movahhedi Dehnavi²,
M. Alinaghizadeh¹**

1. M.Sc. students, University of Yasouj

2. Faculty members, Faculty of Agriculture, University of Yasouj

Abstract

Dry land salinity is one of the major problems affecting agricultural products. The main consequences of plant exposure to salt stress are water deficit and ion excess, which lead to several morphological and physiological changes. In order to evaluate the effect of Salinity on some physiological characteristics of 8 spring rapeseed cultivars, an experiment was conducted in the greenhouse at Yasouj University as a factorial in a complete randomized design with three replications. The first factor includes four salinity levels (1.92 (as control), 9.87, 19.6 and 21.94 dSm⁻¹ (NaCl and CaCl₂ with ratio 20 to 1 in Hoagland solution)) and the second one includes eight cultivars (PP-308-8, PP-401-16, Hyola330, Hyola60, Hyola401, Rgsoo, Oftion500 and PP-401-15E). Leaf K⁺, Ca²⁺, Na⁺ and Mg²⁺ concentration and K⁺ to Na⁺ ratio, biological yield, grain yield and oil percentage were measured. Results showed that with increasing salinity levels, leaf K⁺ concentration, K⁺ to Na⁺ ratio, biological yield, grain yield and percent oil significantly decreased, but leaf Na⁺ and Mg²⁺ increased. High grain yield cultivars (Hyola 60 and Hyola 330) had significant lower concentration of Na⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ and higher leaf K⁺ concentration and K⁺/Na⁺ ratio. In summary, Hyola 60 and Hyola 330 cultivars that had higher yield than the other cultivars were the most tolerant and PP-401-15E and Oftion500 cultivars were as the most sensitive cultivars to salinity respectively.

Key words: rapeseed, salinity, grain yield, mineral ions

