



اثر هدایت الکتریکی و نسبت جذبی سدیم آب آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.)

فرزاد جلیلی^{*۱}

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱۲

چکیده

اثر هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذبی سدیم (SAR) بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دو رقم کلزا، طی پژوهشی به صورت گلدانی بررسی شد. عامل EC در سه سطح ۰/۳۵ (به عنوان شاهد)، ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و عامل SAR در چهار سطح صفر، ۶، ۱۲ و ۱۸، که از منابع نمکی NaCl و CaCl₂ تهیه شد و عامل سوم شامل دو رقم طلایه و اوکاپی بود. در این آزمایش صفات محتوای آب نسبی، قندهای محلول، پتانسیل آب برگ، میزان یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در ماده خشک، زیست توده و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که اثر متقابل رقم و EC بر میزان تجمع سدیم، زیست توده و عملکرد دانه معنی‌دار بود. میزان کاهش عملکرد دانه با افزایش در مقدار EC در رقم اوکاپی کمتر بود، به طوری که در EC برابر ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر برای ارقام طلایه و اوکاپی به ترتیب ۲/۹۹ و ۳/۱۳ گرم به دست آمد. در خصوص سدیم، در هر دو رقم با افزایش EC، تجمع سدیم در ماده خشک افزایش یافت، با این حال، این تجمع در رقم اوکاپی بیش از رقم طلایه بود و این افزایش در EC=۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در رقم طلایه ۴/۴۴ درصد و در رقم اوکاپی ۴/۶۴ درصد برآورد شدند. اثر متقابل EC و SAR نیز نشان داد که با افزایش در سطوح فاکتورها، پتانسیل آب برگ، زیست توده و عملکرد دانه کاسته شدند، اما میزان قندهای محلول و سدیم افزایش یافتند. در خصوص عملکرد دانه، با افزایش SAR از تیمار EC₁SAR₁ به EC₁SAR₄ میزان کاهش ۷ درصد بود، در حالی که از تیمار EC₂SAR₁ به EC₂SAR₄ به ۱۳/۷ درصد و از تیمار EC₃SAR₁ به EC₃SAR₄ میزان کاهش به ۲۵ درصد رسید. هر چند EC و SAR اثرات منفی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی کلزا داشتند اما این اثرات به نوع رقم بستگی داشت، چنانکه رقم اوکاپی در شاخص‌های فیزیولوژیک نسبت به طلایه برتری داشت. همچنین، با افزایش سهم کلسیم در منبع ایجاد هدایت الکتریکی، از اثرات سوء شوری کاسته شد. بنابراین، در آب‌های بسیار شور بالا بودن میزان یون کلسیم نسبت به سدیم، برای استفاده در امر آبیاری بهتر خواهد بود.

واژگان کلیدی: پتانسیل آب برگ، زیست توده، قندهای محلول، کلزا، SAR.

۱- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

مقدمه

شوری و سدیمی بودن آب یا خاک از جمله عوامل تنش‌زای محیطی است که علاوه بر اختلال و کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه، گیاهان را از نظر تغذیه‌ای و فرآیندهای متابولیکی دچار مشکل می‌کند و در موجودیت، رفتار، پراکنش، رشد و عملکرد گیاهان تأثیر بسزایی دارند. مشکلات شوری می‌تواند در کشاورزی فاریاب نیز رخ دهد، بخصوص هنگامی که آب مورد استفاده برای آبیاری شور بوده و از کیفیت پایینی برخوردار باشد. علاوه بر شوری، نسبت جذبی سدیم (SAR) نیز از پارامترهایی است که در بررسی کیفی آب و خاک مورد استفاده می‌باشد (Alizadeh, 2009). اثرات زیان‌آور شوری زیاد روی گیاهان را می‌توان در سطح کل گیاه، مثل مرگ گیاه و یا کاهش محصول مشاهده نمود. خاک‌های شور دارای مقادیر زیادی نمک‌های محلول است که کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب آن را Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- و SO_4^{2-} تشکیل می‌دهد (Khan et al., 2009).

کلزا از دانه‌های روغنی عمده جهان در دهه‌های اخیر به شمار رفته و سطح زیر کشت آن در حال افزایش است. درباره تأثیر شوری در مراحل مختلف رشد کلزا مطالعاتی صورت گرفته است ولی مطالعات در خصوص اثر SAR بر رشد گیاه همواره اندک بوده و اکثر تحقیقات موجود در مورد اثر SAR بر روی خواص خاک متمرکز شده است (Khatar et al., 2012; Luo et al., 2015; Fernandez and Herro, 2015). بر اساس تحقیقات سو و همکاران (Su et al., 2013) با افزایش شوری خاک از ۶ به ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد دانه کلزا کاهش یافت ولی تأثیری بر مقدار روغن استحصال شده از دانه نداشت. آنها مقدار شوری آب و خاک معادل ۱۰ و ۱۱

دسی‌زیمنس بر متر را حد آستانه کاهش رشد رویشی و عملکرد دانه گزارش نمودند. مطالعات زیادی دلالت بر این دارد که کلسیم به‌عنوان پیام‌رسان ثانویه در تنش‌های غیرزنده و پاسخ به هورمون آبسزیک اسید (ABA) عمل می‌کند (Sanders et al., 2002; Hajiaghaei et al., 2013). بنابراین، نقش مثبت و بهبود دهنده کلسیم در مواجهه با تنش‌های مختلف محیطی، به‌ویژه شوری تأیید شده است. با تغییر در منابع نمکی ایجاد کننده شوری، و در نتیجه با تغییر در SAR پاسخ گیاه به شوری تغییر می‌کند (Flowers, 2004). جلالی و همکاران (Jalali et al., 2006) در مقایسه آب شور طبیعی و آب شوری که از منابع نمکی $NaCl$ و $CaCl_2$ تهیه شده بود، نشان دادند که در شوری یکسان، اثر دو آب مورد بررسی در شاخص‌های رشد کلزا متفاوت بود، به‌طوری‌که اثر بازدارندگی آب شور طبیعی بیشتر از آب شور تهیه شده از منابع نمکی بود. مطالعات گوترز و لاواردو (Gutierrez and Lavardo, 1994) در زمینه بررسی اثر سطوح مختلف EC و SAR بر رشد کلزا نشان داد که با افزایش SAR از ۱۲ به ۴۴ تعداد خورجین، تعداد ساقه فرعی و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. واریته‌های متحمل به شوری کلزا، هنگام مواجهه با تنش شوری دارای Na و Cl کمتر، K و Ca بیشتری به‌ویژه در بخش هوایی خود هستند. تحمل سمیت یونی در بین گونه‌ها و واریته‌ها متفاوت بوده و امکان دارد مربوط به دفع یون از طریق لایه پوست ریشه یا توزیع یون‌های وارد شده به گیاه در برگ‌های پیر یا قسمت‌های دیگر گیاه باشد (Al-Karaki, 2008). در شرایط شور، قابلیت جذب عناصر غذایی در محلول خاک به‌دلیل غلظت زیاد یون‌های کلر و سدیم کاهش

یافته و منجر به اختلال در امر تغذیه گیاهان می‌گردد. گیاهانی که در شرایط شور سریع‌تر به حالت تعدیل اسمزی می‌رسند با محیط اطراف خود سریع‌تر سازگار شده و می‌توانند محتوی نسبی آب (RWC) و پتانسیل آب بافت‌های خود را با جذب بهتر آب حفظ نمایند (Enferad *et al.*, 2004; Shabani *et al.*, 2015). در گونه‌های جنس براسیکا تنظیم اسمزی رابطه مثبتی با عملکرد دانه دارد (Kumar and Bandhu, 2005). قندهای محلول به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی، ثبات دهنده غشاهای سلولی و حفظ‌کننده تورژسانس سلول‌ها عمل می‌کند (Slama *et al.*, 2007). افزایش معنی‌دار قندهای محلول در گیاهان تحت تنش مشاهده شده است. باجی و همکاران (Bajii *et al.*, 2001) بیان کردند که در شرایط تنش‌زا، RWC کاهش یافته و قندها، اصلی‌ترین محلول‌های آلی هستند که در تنظیم اسمزی شرکت دارند. با این‌حال، با افزایش در میزان و شدت تنش از میزان قندهای محلول کاسته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با دو رقم کلزا به نام‌های طلایه و اوکاپی به‌صورت فاکتوریل سه‌عاملی و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. عامل هدایت الکتریکی (EC) در سه سطح شامل ۰/۳۵ (به‌عنوان شاهد، EC_1)، ۶ (EC_2) و ۱۲ (EC_3) دسی‌زیمنس بر متر و عامل نسبت جذبی سدیم (SAR) در چهار سطح شامل صفر (SAR_1)، ۶ (SAR_2)، ۱۲ (SAR_3) و ۱۸ (SAR_4) از منابع نمکی $NaCl$ و $CaCl_2$ و با استفاده از رابطه ساده شده $SAR = Na^+ / (Ca^{+2})^{0.5}$ تهیه شد (Safadoost *et al.*, 2018).

بذرهای مورد استفاده در این پژوهش درون گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر به تعداد ۱۰ عدد در عمق سه سانتی‌متری کاشته شد. خاک مورد استفاده در

کلزا از مهم‌ترین گیاهان زراعی دانه روغنی بوده و به دلیل داشتن کمترین میزان اسید چرب اشباع و متحمل به شوری بودن مورد توجه قرار گرفته است (Atlassi Pak *et al.*, 2012; Su *et al.*, 2013; Su *et al.*, 2013). در سال‌های اخیر استفاده از آب‌های شور و لب شور در کشاورزی اجتناب‌ناپذیر شده است بنابراین تحقیق در زمینه مدیریت بهره‌برداری از این قبیل منابع آب و تاثیر آن بر خاک و گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Baibordi *et al.*, 2010; Kafi, 2008). شوری شدن خاک پدیده‌ای پیش‌رونده بوده و حدود ۱۱ درصد از اراضی فاریاب دنیا تحت تاثیر درجات مختلفی از شوری قرار دارد (Anonymous,)

یافته و منجر به اختلال در امر تغذیه گیاهان می‌گردد. گیاهانی که در شرایط شور سریع‌تر به حالت تعدیل اسمزی می‌رسند با محیط اطراف خود سریع‌تر سازگار شده و می‌توانند محتوی نسبی آب (RWC) و پتانسیل آب بافت‌های خود را با جذب بهتر آب حفظ نمایند (Enferad *et al.*, 2004; Shabani *et al.*, 2015). در گونه‌های جنس براسیکا تنظیم اسمزی رابطه مثبتی با عملکرد دانه دارد (Kumar and Bandhu, 2005). قندهای محلول به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی، ثبات دهنده غشاهای سلولی و حفظ‌کننده تورژسانس سلول‌ها عمل می‌کند (Slama *et al.*, 2007). افزایش معنی‌دار قندهای محلول در گیاهان تحت تنش مشاهده شده است. باجی و همکاران (Bajii *et al.*, 2001) بیان کردند که در شرایط تنش‌زا، RWC کاهش یافته و قندها، اصلی‌ترین محلول‌های آلی هستند که در تنظیم اسمزی شرکت دارند. با این‌حال، با افزایش در میزان و شدت تنش از میزان قندهای محلول کاسته خواهد شد.

برش دیسکی به ابعاد یک×یک سانتی‌متر از بخش میانی پهنک هر برگ تهیه و توزین گردید. بعد از یادداشت کردن وزن تازه نمونه‌ها، هر سری به‌طور جداگانه در پتری‌دیش‌های حاوی آب مقطر قرار گرفته و پس از ۵ ساعت قرار گرفتن در محل تاریک و خنک، از آب خارج کرده و پس از رطوبت‌گیری سطحی آنها توسط کاغذ خشک‌کن، وزن اشباع یا آماس آنها اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها به پاکت‌های مخصوص منتقل و در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک کرده و بعد وزن خشک آنها اندازه‌گیری و درصد محتوی نسبی آب برگ (RWC) از رابطه زیر محاسبه شد (Alizadeh, 2009).

$$RWC(\%) = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

در این رابطه Fw: وزن تازه نمونه، Dw: وزن خشک نمونه، Tw: وزن آماس نمونه است. برای اندازه‌گیری میزان قندهای محلول ۰/۰۱ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده برداشته و به آن ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون تازه تهیه شده اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها، میزان جذب آنها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید. با رسم منحنی کالیبراسیون با استفاده از استاندارد گلوکز، میزان قندهای محلول بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه گردید (Irrigoyen et al., 1992). پس از رسیدگی کامل، عملکرد دانه هر گلدان اندازه‌گیری شد. برای خشک کردن و اندازه‌گیری زیست توده، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک و با توزین نمونه‌ها زیست توده بر حسب گرم در گلدان تعیین شد. برای اندازه‌گیری میزان Na, K و Ca از

آزمایش از نظر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ ارایه شده است. فسفر از منبع سوپرفسفات به میزان ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در مرحله آماده‌سازی گلدان‌ها و نیتروژن به‌صورت اوره به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گلدان در چهار مرحله مصرف شد. پس از کاشت، گلدان‌ها با آب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند. با ظهور برگ‌های لپه‌ای تعداد بوته‌های هر گلدان به سه عدد کاهش یافت. اعمال تیمار در مرحله دو برگی صورت گرفت. تیمار شاهد با آب شهری و سایر تیمارها با سطوح EC و SAR مورد نظر آبیاری گردیدند.

به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک در ته گلدان‌ها دو سوراخ به عنوان زهکش تعبیه و در کف هر گلدان به ارتفاع ۵ سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد. از EC آب زهکشی شده برای سنجش میزان هدایت الکتریکی درون خاک گلدان در طول دوره رشد استفاده گردید و جهت خارج نمودن نمک اضافی در گلدان‌ها از جزء آبخوبی حدود ۰/۵ استفاده شد. برای محاسبه میزان آب لازم برای آبیاری هر گلدان شوری زه‌آب در هر مرحله آبیاری اندازه‌گیری و با اعمال نیاز آبخوبی ۰/۵، آب مورد نیاز برای آبیاری هر گلدان محاسبه و آبیاری شد.

پتانسیل آب برگ، از برگ‌های سوم و چهارم از انتهای گیاه (Jalili et al., 2011) توسط محفظه فشاری (مدل SANTA BARBARA CA. U.S.A. اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC) پس از جدا کردن برگ‌های معین و انتقال آنها توسط فلاسک یخ به آزمایشگاه از برگ‌های هر تیمار به‌طور یکسان ۱۵

در میزان شوری در رقم اوکاپی کمتر بود به طوری که میزان کاهش عملکرد دانه در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر برای ارقام طلایه و اوکاپی به ترتیب ۲۴/۹ و ۲۱/۵ درصد بود (جدول ۴). بنابراین از لحاظ این صفت، در شوری بالا رقم اوکاپی نسبت به طلایه متحمل تر بود. میزان تجمع سدیم در ماده خشک نیز با افزایش شوری، افزایش یافت و این تغییرات عکس روند موجود در زیست توده و عملکرد دانه بود.

اثر متقابل شوری و SAR بر پتانسیل آب برگ، میزان قندهای محلول، سدیم، زیست توده و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات نیز نشان داد که در هر سطح شوری با افزایش در میزان SAR از میزان پتانسیل آب، زیست توده و عملکرد دانه کاسته شد در حالی که بر میزان قندهای محلول و سدیم افزوده شد (جدول ۵). اثر متقابل دو جانبه رقم و SAR و اثر متقابل سه جانبه شوری، رقم و SAR در خصوص هیچ یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نشد (جدول ۲). بنابراین، به نظر می‌رسد صفات مورد مطالعه در این مورد مستقل از هم عمل کرده‌اند. در کلزا شوری محیط رشد ریشه، ظهور برگ‌ها و تشکیل اولین میان‌گره‌ها را کاهش می‌دهد. در صورت تداوم روند شوری در مراحل بعدی رشد، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Enferad *et al.*, 2004). تنش شوری منجر به تغییرات بیوشیمیایی و پاسخ‌های فیزیولوژیک گسترده‌ای در گیاهان می‌شود و بر تمامی مراحل رشد گیاه نظیر فتوسنتز، رشد و توسعه اندام‌ها تاثیر می‌گذارد. این موضوع همچنین می‌تواند به علت کاهش پتانسیل آب و کاهش تورژسانس در گیاهان تحت تنش شوری باشد (Emam *et al.*, 2013). اشرف و مک‌نیل

روش استخراج در محیط اسیدی بهره‌برداری شد (Emami, 1996).

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه آماری قرار گرفت و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اثر رقم بر محتوی آب نسبی، پتانسیل آب برگ، قندهای محلول، سدیم، پتاسیم و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲).

همانطوری که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد (جدول ۳) در خصوص صفات مورد مطالعه، رقم اوکاپی از لحاظ پتانسیل آب برگ، میزان پتاسیم و عملکرد دانه نسبت به رقم طلایه برتری داشت. در حالی که رقم طلایه در محتوی نسبی آب و میزان قندهای محلول، برتر بود و از لحاظ کلسیم و زیست توده اختلاف دو رقم معنی‌دار نبود.

شوری بر کلیه صفات مورد مطالعه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار محتوی آب نسبی، عملکرد دانه و زیست توده شد، در حالی که بر میزان سدیم، پتاسیم، کلسیم و قندهای محلول افزوده شد (جدول ۳).

اثر اصلی SAR نیز بر کلیه صفات مورد مطالعه به جز پتاسیم و کلسیم معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱) نشان داد که افزایش SAR آب آبیاری باعث کاهش معنی‌دار محتوی آب نسبی شد.

اثر متقابل رقم و شوری بر میزان سدیم، زیست توده و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). در خصوص عملکرد دانه میزان کاهش با افزایش

اسمزی همزمان با افزایش غلظت نمک در محلول بوده باشد (Rajab *et al.*, 2008). در پژوهش جلیلی و همکاران (Jalili *et al.*, 2011) کاهش پتانسیل آب برگ کلزا، زمانی که EC آب از ۵ به ۱۵ دسی‌زیمنس افزوده شد نیز گزارش شده است. تحت شرایط تنش شوری، فتوسنتز نسبت به مصرف فرآورده‌های فتوسنتزی در طول رشد کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، بنابراین اغلب قندها و بقیه محصولات متابولیکی انباشته می‌شوند. هر چند که اهمیت نسبی آنها در تنظیم اسمزی بستگی به گونه، بافت و میزان شوری دارد. در گیاهان زراعی، شوری ضمن تأثیر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد، بسیاری از فرآیندهای دخیل در رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Munns and Tester, 2008; Tadayon and Emam, 2007). در این تحقیق با افزایش در سطوح EC و SAR بر میزان قندهای محلول افزوده شد. اثر هدایت الکتریکی در سطح EC₁ در سطوح مختلف SAR بر میزان قندهای محلول معنی‌دار نشد با این حال، با افزایش سطوح هر دو عامل از تیمار EC₂SAR₁ به EC₂SAR₄ میزان قندهای محلول ۳۰ درصد و از تیمار EC₃SAR₁ به EC₃SAR₄ این افزایش به ۳۵ درصد رسید (جدول ۵).

با افزایش شوری مقدار یون سدیم، پتاسیم و کلسیم افزایش معنی‌داری داشت. یون‌های اصلی شوری (سدیم و کلر) می‌توانند جذب مواد غذایی را از طریق واکنش‌های رقابتی با تأثیر بر انتخاب یون توسط غشاها را تحت تأثیر قرار دهند. فیضی و سعادت (Feyzi and Saadat, 2015) عقیده دارند با اعمال کنترل بر میزان SAR و در نتیجه EC، می‌توان ضمن تعادل املاح خاک و به تبع آن یون‌های موجود در گیاه، شرایط را برای کشت

(Ashraf and McNiely, 2004) به این نتیجه رسیدند که با افزایش شوری، عملکرد و اجزای عملکرد در گونه‌های براسیکا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در این تحقیق نیز وزن زیست‌توده و عملکرد دانه با افزایش در میزان EC و SAR کاهش یافت. در این تحقیق، افزایش در سطوح EC و SAR منجر به کاهش عملکرد شد با این‌حال، تأثیر EC در کاهش عملکرد شدیدتر از SAR بود و همان‌طوری که نتایج نشان می‌دهد (جدول ۳) با افزایش هدایت الکتریکی از EC₁ به EC₃ کاهش عملکرد ۳۰ درصد بود در حالی که از تیمار SAR₁ به SAR₄ میزان کاهش ۱۴ درصد شد. کاهش در وزن خشک اندام هوایی با افزایش شوری در کلزا در تحقیقات دیگران نیز گزارش شده است (Ahmadi and Niazi Ardakani, 2004; Hajiaghahi *et al.*, 2013). از آنجا که شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم، طویل شدن و تمایز سلولی می‌گردد (Mirmohammadi Meybodi and Gharayazi, 2002)، کاهش طول ساقه و انشعابات و در نتیجه کاهش عملکرد نیز توجیه پذیر خواهد بود.

پتانسیل آب برگ با افزایش تنش شوری کاهش یافت و این عامل باعث کاهش تورم سلولی شده، در نتیجه گیاه با کاهش آب در دسترس سلول‌ها، دچار صدمه شد (Munns, 2002). کاهش در تورم سلولی تحت شرایط شوری از رشد گیاه جلوگیری کرده و منجر به کاهش زیست‌توده و عملکرد دانه شد. مشاهده شده است که کاهش در پتانسیل آب برگ با افزایش شوری در غلظت‌های بالای نمک (۱۰۰ میلی‌مول بر لیتر نمک) به خاطر شروع تطبیق اسمزی بوده است و این احتمال وجود دارد که کاهش در پتانسیل

ژنوتیپ‌های مختلف مقاوم به شوری گندم می‌گردد، در حالی که مقدار سدیم و کلر را افزایش می‌دهد. بنابراین، با توجه به نتایج اندازه‌گیری یون‌ها در این پژوهش و شواهد فوق به نظر می‌رسد در شوری زیاد بردباری رقم اوکاپی بیشتر از رقم طلایه است، زیرا توانسته است در چنین شرایطی عملکرد دانه و زیست توده بالا را حفظ کند و تجمع بالای سدیم در ساقه و برگ را تحمل کند.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که در سطح شوری و SAR مشخص، بر اساس اینکه کاتیون‌های سدیم و کلسیم در آب چقدر باشد بر گیاه اثرات متفاوتی خواهد داشت. در مقایسه ارقام این تحقیق مشخص شد که رقم اوکاپی در شاخص‌های فیزیولوژیک برتری داشت و با بررسی سطوح SAR، مشخص شد که افزایش SAR بر اکثر صفات اثر سوپی داشت، لیکن در یک سطح شوری با افزایش سهم کلسیم در آب، از اثرات منفی آن کاسته شد که چنین روندی در اکثر صفات مورد مطالعه دیده شد. بررسی وضعیت یون‌های مورد مطالعه در این تحقیق بیانگر این نکته است که شرایط تنش شوری و افزایش SAR، توزیع و تجمع یون‌ها را به زیان گیاه تغییر می‌دهد. بنابراین، می‌توان با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب مانند تغییر در نسبت‌های یونی سدیم و کلسیم (SAR) و در نتیجه ارتقای شاخص‌های کیفی آب، احتمالاً می‌توان استفاده از این نوع آب‌ها را امکان‌پذیر نمود.

گیاهان متحمل و نیمه متحمل به شوری فراهم نمود. شیاب (Shiyab, 2011) نیز سمیت یون‌ها و جذب بیش از حد سدیم را علت کاهش رشد گیاه در شرایط شور بیان کرده است. طبق نظر ایشان افزایش غلظت سدیم بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و گزینش پذیری یونی در غشاء اثر می‌گذارد که منجر به کاهش وزن خشک گیاه می‌شود. در تحقیق حاضر با افزایش EC و SAR برخلاف انتظار جذب یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم افزایش یافت لذا افزایش در جذب این یون‌ها در ممانعت از کاهش عملکرد مؤثر نبوده است. به نظر می‌رسد گیاه توانسته است از طریق تجمع سدیم در واکوئل و بی‌اثر نمودن آن، با شرایط شور سازگار نماید. کاهش یون پتاسیم در شرایط شور و جایگزینی آن توسط سدیم منجر به عدم تعادل عناصر غذایی می‌شود (Pirasteh Anosheh *et al.*, 2012). رقابت برای جذب سدیم و پتاسیم تحت شرایط شور در صورتی می‌تواند اثر منفی بر رشد گیاه بگذارد که مقدار سدیم بیشتر از پتاسیم باشد که چنین روندی در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد. بنابراین، تنش شوری و SAR توزیع و تجمع سدیم را به زیان گیاه تغییر می‌دهد.

اشرف و همکاران (Ashraf *et al.*, 2001) بیان کردند که با افزایش شوری در گونه‌های براسیکا، غلظت یون‌های سدیم و کلسیم ریشه و اندام هوایی افزایش و غلظت پتاسیم کاهش می‌یابد. ال - هندای و همکاران (El-hendawy *et al.*, 2005) نیز بیان کردند شوری باعث کاهش مقدار پتاسیم و کلسیم در ساقه و برگ‌های

جدول ۱- برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Some physicochemical properties of soil using in experiment

Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	OC	CCE	N	Clay	Silt	Sand	SP	EC	pH _e
mg. kg ⁻¹						(%)				(%)	(dS. m ⁻¹)			
1.32	0.8	14.4	5.4	269	8.1	0.87	15.1	0.09	36	46	18	46	0.70	7.98

EC: هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع، pH_e: واکنش گل اشباع، CCE: کربنات کلسیم معادل خاک، OC: کربن آلی، SP: درصد رطوبت گل اشباع، Sand: شن، Silt: سیلت، Clay: رس، N: نیتروژن، P: فسفر قابل استفاده، K: پتاسیم قابل استفاده، Fe: آهن، Zn: روی، Mn: منگنز، Cu: مس.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

Table 2- Analysis of variance of traits

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات							
		محتوی نسبی آب RWC	پتانسیل آب برگ Water of leaf potential	قندهای محلول Soluble carbohydrates	سدیم Na	پتاسیم K	کلسیم Ca	زیست توده Biomass	عملکرد دانه Yield
Var. رقم	1	222.04**	1.71**	7.53**	2.37**	0.056*	0.069 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.089**
هدایت الکتریکی EC	2	2462.91**	39.45**	58.45**	113.22**	0.680*	61.17**	401.73**	7.17**
EC×Var.	2	11.45 ^{ns}	0.094 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.35*	0.503 ^{ns}	0.159 ^{ns}	3.73*	0.033**
SAR	3	403.85**	8.67**	16.39**	7.48**	0.056 ^{ns}	0.915 ^{ns}	96.01**	1.007**
Var×SAR	3	2.57 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.056 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.017 ^{ns}	1.56 ^{ns}	0.005 ^{ns}
EC×SAR	6	29.92 ^{ns}	1.63**	0.41**	0.507**	0.187 ^{ns}	0.166 ^{ns}	2.13*	0.090*
EC×SAR×Var	6	11.92 ^{ns}	0.076 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.152 ^{ns}	0.094 ^{ns}	0.071 ^{ns}	1.41 ^{ns}	0.014 ^{ns}
Error خطا	72	11.46	0.176	0.81	0.095	0.199	0.151	0.87	0.006
C.V. (%) ضریب تغییرات		8.85	8.86	11.87	11.14	16.86	14.89	4.90	2.33

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

*, **, ns: in respectively significant at 5%, 1% and non-significant.

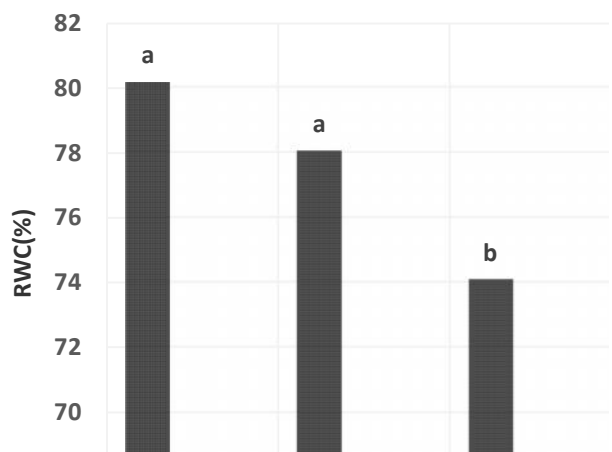
جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم و هدایت الکتریکی بر صفات مورد مطالعه

Table 3- Comparison means of main effects of variety and EC on traits

رقم (var)	محتوی نسبی آب RWC (%)	پتانسیل آب برگ Water of leaf potential (bar)	قندهای محلول Soluble carbohydrates (mg.g ⁻¹)	پتاسیم K (%)	کلسیم Ca (%)	
						هدایت الکتریکی (EC)
رقم (var)	طلا به	77.3a	-4.9b	7.5a	2.61b	2.65
	اوکاپی	74.3b	-4.6a	7.3b	2.66a	2.59
هدایت الکتریکی (EC)	EC ₁	83.97a	-3.8c	5.6c	2.52b	1.40c
	EC ₂	79.94b	-4.4b	7.1b	2.59ab	2.35b
	EC ₃	66.53c	-5.9a	9.1a	2.80a	4.12a

میانگین‌های هر ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

Means in a column of each treatment followed by the same letter are not significantly different at P 0.05.



شکل ۱- اثر اصلی سطوح نسبت جذب سدیم بر محتوی نسبی آب برگ

Figure 1- Main effect of SAR on RWC of leaf

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل دو جانبه رقم و شوری بر صفات مورد مطالعه

Table 4- Comparison means interaction effects of variety and salinity in traits

رقم (var.)	هدایت الکتریکی (EC)	سدیم Na (%)	زیست توده Biomass (g.pot ⁻¹)	عملکرد دانه Yield (g.pot ⁻¹)
طلایه	EC ₁	0.37e	22.62a	3.98a
	EC ₂	2.66d	19.74b	3.68b
	EC ₃	4.44b	14.97d	2.99d
اوکاپی	EC ₁	0.89e	22.18a	3.99a
	EC ₂	3.21c	19.36b	3.71b
	EC ₃	4.64a	15.74c	3.13c

میانگین‌های موجود در یک ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند. Means in a column of each treatment followed by the same letter are not significantly different at P 0.05.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل دو جانبه شوری و SAR بر صفات مورد مطالعه

Table 5- Comparison means interaction effects EC and SAR in traits

EC	SAR	پتانسیل آب برگ Water of leaf potential (bar)	قندهای محلول Soluble Carbohydrates (mg.g ⁻¹)	سدیم Na (%)	زیست توده Biomass (g)	عملکرد دانه Yield (g)
EC ₁	SAR ₁	-3.7h	6.3e	0.34 j	24.77a	4.07a
	SAR ₂	-3.7h	6.3e	0.49 j	22.75b	4.07a
	SAR ₃	-3.8gh	6.5e	0.88 i	21.95bc	3.98b
	SAR ₄	-4.0gh	6.8e	1.53 h	20.14	3.8c
EC ₂	SAR ₁	-3.8gh	6.3e	2.01 g	21.5c	3.91b
	SAR ₂	-4.2fg	6.2e	2.56 f	19.8d	3.76c
	SAR ₃	-4.6ef	7.6cd	3.34 e	19.24d	3.67d
	SAR ₄	-5.1d	8.2c	3.84 d	16.76e	3.44e
EC ₃	SAR ₁	-4.7de	7.9c	4.19 c	18.25e	3.44e
	SAR ₂	-5.5c	8.2c	4.39 bc	16.34f	3.15f
	SAR ₃	-6.3b	9.5b	4.67 b	14.44g	2.9g
	SAR ₄	-7.2a	10.7a	4.99 a	12.39h	2.74h

میانگین‌های موجود در یک ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند. Means in a column of each treatment followed by the same letter are not significantly different at P 0.05.

References

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, S.M., and J. Niazi Ardakani. 2004. Evaluation and determination salt tolerance variety of canola with SALT computer model. 2th National Conference Water and Soil Resource. Agriculture Department, Shiraz University, (In Persian).
- Alizadeh, A. 2009. Water, soil, plant relationship. Press of Ferdousi Mashhad University. (In Persian).
- AL-Karaki, G.N. 2008. Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by rapeseed cultivar grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*. 23: 1-8.
- Anonymous. 2012. FAO Statistical year book. World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, p. 366. <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm>
- Ashraf, M., and T. Mc Neilly. 2004. Salinity tolerance in brassica oilseeds. *Plant Science*. 23(2): 157-174.
- Ashraf, M., N. Nazir, and T. Mc Neilly. 2001. Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid Brassica species. *Plant Science*. 160: 683- 689.
- Atlassi Pak, V., M. Nabipour, and M. Meskarbashee. 2012. Effect of salt stress on growth, ionic homeostasis and ions interaction in sensitive and tolerant genotypes of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Technology of Plant Production*. 12(2): 41-55.
- Baibordi, A., S.J. Seidtabtabai, and A. Ahmadof. 2010. NaCl salinity effect on qualitative, quantitative and physiological attributes of winter canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Water and Soil*. 24: 334-346.
- Bajji, M.S., T. Lutts, and J.M. Kient. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum*) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*. 160: 669 – 681.
- El-Hendawy, S.E., Y. Hu, and U. Schmidhalter. 2005. Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. *Australian Journal of Agricultural Research*. 56(2): 123-134.
- Emam, Y., E. Hosseini, N. Rafiei, and H. Pirasteh- Anosheh. 2013. Response of early growth and sodium and potassium concentration in ten barleys (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under salt stress conditions. *Journal of Crop Physiology*. 19: 5-15. (In Persian).
- Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. SWRI of press. (In Persian).
- Enferad, A., K. Poustini, N. Majnoon Hosseini, and A.A. Khajeh-Ahmad Attari. 2004. Physiological responses of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties to salinity stress in vegetative growth phase. *Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resource*. 7: 103-113 (In Persian).
- Fernandez D.M., and J. Herrero. 2015. Effect of gypsum content on soil water retention. *Journal of Hydrology*. 528: 122–126.

- Feyzi, M., and S. Saadat. 2015. The effect on irrigation water with saline water on soil salinity a crop rotation system. *Journal of Water Management and Irrigation*. 5(1): 11-25. (In Persian).
- Flowers, T.J. 2004. Genetics of plant mineral nutrition. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 55: 307-319.
- Gutierrez, B., and R.S. Lavardo. 1994. The effect of soil sodicity on emergence, development and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agriculture Science*. 26(2): 169-173.
- Hajiaghaei, M., H. Hosseinnia, and A. Rahimi. 2013. Effect of salinity on the growth characteristics of canola (*Brassica napus* L.). *Technical Journal of Engineering and Applied Science*. 3(18): 2327-2333.
- Irrigoyen J.J., D.W. Emerich, and M. Sanchez Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. *Physiology of Plant*. 84: 55-60.
- Jalali, V.R., M. Saber, and M., Skandari. 2006. Comparison of canola germination in $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ solution and natural saline. 9th Agronomy and Breeding Congress, Iran, Abureyhan Pardis, Tehran. (In Persian).
- Jalili, F., K. Khavazi, and H. Asadi Rahmani. 2011. The effect of *fluorescent pseudomonas* with ACC deaminase activity on growth characteristics of canola on saline condition. *Journal of Water and Soil Science*. 2(2): 175-188. (In Persian).
- Kafi, M. 2008. Saline agriculture and its necessity in Iran. Key Papers Proceedings, The 10th Iranian Crop Sciences Congress. 19-21 August, Karaj, Iran. (In Persian).
- Khan M.A., M.U. Shirazi, M.A. Khan, S.M. Mujtaba, E. Islam, S. Mumtaz, A. Shereen, R.U. Ansari, and M.Y. Ashraf. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat. *Pakistan Journal of Botany*. 41(2): 633- 638.
- Khatar M., M.R. Mosaddeghi, and A.A. Mahboubi. 2012. Water quality effect on plant-available water and pore size distribution of two texturally-different calcareous soils. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 16(60): 159-172. (In Persian).
- Kumar, A., and A. Bandhu. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicol Environmental Safety*. 60: 324-349.
- Luo, J.Q., L.L. Wang, Q.S. Li, Q.K. Zhang, B.Y. He, Y. Wang, and S.S. Li. 2015. Improvement of hard saline-sodic soils using polymeric aluminum ferric sulfate (PAFS). *Soil and Tillage Research*. 149: 12-20.
- Mirmohamadi Meybodi, S.A., and B. Gharayazi. 2002. Physiologic aspects and breeding of salinity stress on plant. Technical Isfahan University Press. (In Persian).
- Moameni, A. 2010. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Soil Research Journal*. 24: 203-215. (In Persian).
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*. 25: 239-250.

- Munns, R., and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651–681.
- Nairizi, S. 2008. Management and use of brackish and saline water in sustainable agriculture. The National Workshop on Use Management of Saline Water. (In Persian).
- Pirasteh-Anosheh, H., H. Sadeghi, and Y. Emam. 2012. Chemical priming with urea and KNO₃ enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 14: 289 - 295.
- Rajab R.R.R., F.A. Hellal, and M. Abdu El-Hady. 2008. Irrigation water salinity effects on some soil water constants and plant. 12th International Water Technology Conference, Alexandria, Egypt.
- Safadoos, T.A., B. Dashtpeyma, M.R. Mossadegi, and H. Asgharzadeh. 2018. The effect of water quality on some physical characteristics of soil. *Applied Research Soil*. 6(2): 58-69. (In Persian).
- Sanders, D., J. Pelloux, C. Brownlee, and J.F. Harper. 2002. Calcium at the crossroads of signaling. *Plant and Cell*. 14: 401-417.
- Shabani, A., A.R. Sepaskhah, and A.A. Kamkar Haghghi. 2015. Effect of salinity and deficit irrigation on some ions uptake by rapeseed (*Brassica napus* L.) under two planting methods. *Iranian Agriculture Research*. 34(2): 1-14. (In Persian).
- Shiyab, S. 2011. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on macro and micro elements and protein content of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 9: 350-356.
- Slama, I., T. Ghnaya, A. Savoure, and C. Abdelly. 2007. Comparative study of the effects of mannitol and PEG osmotic stress on growth and solute accumulation in *Sesuvium portulacastrum* L. *Environmental and Experimental Botany*. 61: 10-17.
- Su, J., S. Wu, Z. Xu, S. Qiu, and B. Huang. 2013. Comparison of salt tolerance in Brassicas and some related species. *American Journal of Plant Science*. 4: 1911-1917.
- Tadayon, M.R., and Y. Emam. 2007. Physiological and morphological responses of two barley cultivars to salt stress and their correlation with grain yield. *Journal of Science and Technological Agriculture and Natural Resources*. 11: 253–262. (In Persian).

Effect of Electrical Conductivity and Sodium Adsorption Ratio of Irrigation Water on some Physiological Indices and Yields of Two Rapeseed (*Brassica napus* L.) Varieties

Farzad Jalili^{1*}

Received: November 2018, Revised: 23 December 2018, Accepted: 22 January 2019

Abstract

To study the effect of electrical conductivity (EC) and sodium adsorption ratio (SAR) on the yield and physiological indices of two varieties of rapeseed, an experiment was carried in pot condition. Treatments were EC with 3 levels (0.35, 6 and 12 dSm^{-1}), SAR with 4 levels (0, 6, 12 and 18 from NaCl and CaCl_2) and varieties with two levels (Talayeh and Okapy). Traits measured were RWC, concentration of Na, K and Ca, leaf water potential, biomass and seed yields. The result of the analysis of variance showed that the interaction effect of variety by EC on Na concentration, biomass and seed yield were significant. With increasing EC levels, seed yield decreased, but yield reduction in Okapi variety was less than that of Talayeh variety. Seed weight per plant in Talayeh was 2.99 g. and that of Okapi was 3.13 g. In both of varieties, with increasing of EC, concentration of Na increased, but its concentration in Okapy was more than Talayeh. The interaction effect of EC by SAR showed that with increasing treatment levels, leaf water potential, biomass and seed yield decreased, while carbohydrates increased. With increasing SAR from EC_1SAR_1 to EC_1SAR_4 , yield decreased by 7%, while it was 13.7% from EC_2SAR_1 to EC_2SAR_4 and 25% from EC_3SAR_1 to EC_3SAR_4 . Although EC and SAR causes negative effects on rapeseed growth indices, but their negative on Talayeh variety was less than that of Okapy. Increasing calcium proportion against salinity reduced the effects salinity in all traits. Since, high saline water has higher calcium ion, it would have proper quality for to use it in agriculture.

Key words: Biomass, Leaf water potential, Rapeseed, Soluble carbohydrates.

1- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty Agriculture, Khoy Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran.

* Corresponding Author: farjalili@iaukhoy.ac.ir