پاسخ رشدی و یونی کلزا رقم ساریگل به سطوح متفاوت تنش شوری در مراحل مختلف رشد

سید عبدالرضا کاظمینی [۱،*]، هادی پیرسته انوشه [۲]

[۱] دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
[۲] استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری
[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: kazemeini22@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۱

چکیده

اگرچه بیشتر گیاهان زراعی نسبت به تنش شوری حساس هستند، ولی این حساسیت در مراحل متفاوت متغیر است. در پژوهش حاضر، تأثیر سطوح متفاوت تنش شوری (۰/۴، ۴، ۷ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر) در مراحل متفاوت رشد (۵ برگی، ساقه رفتن و گلدهی) بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و محتوای یون‌های سدیم و پتاسیم کلزا رقم ساریگل در یک آزمایش در شرایط کنترل شده بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۳ بررسی گردید. بوته‌های تحت تنش شوری دارای مقادیر کمتری از ارتفاع بوته (۲۷٪)، تعداد (۳۰٪) و سطح برگ (۳۱٪)، وزن خشک شاخساره (۴۵٪) و ریشه (۴۰٪) و غلظت پتاسیم شاخساره (۴۷٪) و ریشه (۵۴٪) و مقادیر بیشتری از شاخص محتوای کلروفیل (۲۰٪) و غلظت سدیم شاخساره (۵ برابر) و ریشه (۱/۸ برابر) بودند. با افزایش شدت تنش شوری، این تغییرات تشدید شد. تنش شوری موجب تغییر در توزیع یون سدیم گردید، بدین ترتیب که در شرایط شور نسبت غلظت سدیم شاخساره به ریشه به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط غیرشور بود. با تأخیر در اعمال تنش، اثرات مضر شوری کاهش یافت؛ تیمارهای تنش شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مراحل ۵ برگی و گلدهی به ترتیب با کاهش ۷۸/۸ و ۳۰/۲ درصدی وزن خشک شاخساره و ۶۸/۶ و ۲۶/۷ درصدی وزن خشک ریشه نسبت به شاهد همراه بودند. اگرچه تنش شوری در مرحله ۵ برگی تأثیر بیشتر و در مرحله گلدهی تأثیر کمتری داشت، ولی افزایش شدت تنش شوری در هر سه مرحله تأثیر منفی شوری را زیاد کرد. در صورت تأیید نتایج حاضر در پژوهش‌های تکمیلی و بلندمدت می‌توان آبیاری کلزا در اواخر دوره رشد با آب نسبتاً شور را در مناطق با محدودیت آب شیرین توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: آب شور، پتاسیم، کلروفیل، سدیم

مقدمه

شوری آب و خاک بعد از تنش خشکی مهم‌ترین تنش محیطی است که به‌طور جدی با کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران همراه است و بیش از ۱۰۰ سال است که موضوع بسیاری از تحقیقات جهانی بوده است (رنجبر و پیرسته انوشه، ۱۳۹۴).

توجه به کشت و کار کلزا (*Brassica napus* L.)، از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در جهان و ایران، در سال‌های اخیر به‌طور قابل توجهی گسترش پیدا کرده است. تحمل به شوری بین خانواده‌های مختلف و حتی گونه‌های درون یک خانواده متفاوت است. تحمل به شوری خانواده شلغمیان که شامل کلزا می‌گردد بین غلات با بیشترین تحمل و باقلاییان با کمترین تحمل، قرار می‌گیرد (ارشد و رشید[1]، ۲۰۰۱). وقوع تنش شوری در مراحل مختلف رشد گیاه می‌تواند اثرات متفاوتی داشته باشد؛ ولی به‌طورکلی، مراحل ابتدایی رشد بیشترین حساسیت را به تنش شوری دارد که این موضوع برای خانواده کلیمان نیز نشان داده شده است (اشرف[2] و همکاران، ۱۹۸۹؛ اشرف و علی[3]، ۲۰۰۸). به دلیل تجمع نمک ناشی از تبخیر زیاد از سطح خاک بدون پوشش گیاهی در مرحله سبز شدن گیاه و قرار داشتن ریشه گیاهچه جوان در این قسمت از لایه خاک، معمولاً گیاهچه‌های اولیه کاملاً به شوری حساس می‌گردند (رنجبر و پیرسته انوشه، ۱۳۹۴). اگر به‌خوبی مشخص شود که مراحل آخر زندگی یک گیاه به شوری مقاوم باشد، می‌توان آبیاری با آب نسبتاً شور را در اواخر فصل رشد به‌عنوان راهکاری برای مناطق با کمبود منابع آب شیرین، پیشنهاد کرد.

مطالعات مختلفی به بررسی تأثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشد بر گیاهان زراعی پرداخته‌اند. به‌عنوان مثال مس[4] و همکاران (۱۹۸۳) در گیاه ذرت (*Zea mays* L.)؛ مس و همکاران (۱۹۸۶) در گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor*)؛ مس و پوس[5] (۱۹۸۹ الف) در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و مس و پوس (۱۹۸۹ ب) در گیاه گندم نان (*Triticum aestivum* L.) و ماکارونی (*Triticum durum* L.)؛ نشان دادند که این گیاهان نسبت به شوری در مراحل اولیه بسیار حساس هستند، ولی در برابر اعمال شوری در مراحل بعدی حساسیت کمتری دارند. مس و همکاران (۱۹۸۳؛ ۱۹۸۶) در مطالعه خود نشان دادند که اعمال تنش شوری در مراحل اولیه رشد موجب تشدید افزایش سدیم و کاهش پتاسیم گردید. ایشان دلیل این امر را به حساسیت بیشتر گیاهچه به تنش شوری و عدم توانایی برای حفظ تعادل یونی نسبت دادند. پژوهش‌های اندکی حساسیت بیشتر کلزا به تنش شوری را در مراحل اولیه رشد نشان داده‌اند (فرانکوئیس[6]، ۱۹۹۴؛ جلالی و همکاران، ۱۳۸۷؛ عبدالهی و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج این پژوهش‌ها، هم برای صفات رویشی و هم برای عملکرد و اجزای عملکرد دانه صدق می‌کند. اگرچه، تأثیر تنش شوری و سطح متفاوت آن بر گیاه کلزا به‌خوبی بررسی شده است، ولی تأثیر تنش شوری در مراحل مختلف بر رشد و عملکرد کلزا، به‌ویژه در پژوهش‌های داخلی از نظر دور مانده است. برای اتخاذ یک تصمیم‌گیری کاربردی، پژوهش‌های بیشتری در راستای شناسایی مرحله متحمل کلزا به شوری مورد نیاز است؛ بنابراین، این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر سطوح متفاوت تنش شوری در مراحل مختلف بر رشد و محتوای یون‌های سدیم و پتاسیم کلزا رقم ساریگل طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در شرایط کنترل شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۳ انجام شد. ده تیمار شدت و مرحله اعمال شوری شامل شاهد، تنش شوری ۴ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی، ۷ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی، ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی ، ۴ دسی زیمنس بر متر در مرحله ساقه رفتن، ۷ دسی زیمنس بر متر در مرحله ساقه رفتن، ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ساقه رفتن، ۴ دسی زیمنس بر متر در مرحله گلدهی، ۷

[1] Arshad and Rashid
[2] Ashraf
[3] Ashraf and Ali
[4] Maas
[5] Maas and Poss
[6] Francois

دسی زیمنس بر متر در مرحله گلدهی و ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله گلدهی بود که در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار طراحی شد. تیمار شاهد به‌صورت آبیاری با آب شهر با هدایت الکتریکی ۰/۴ دسی زیمنس بر متر بود. در این مطالعه از رقم ساریگل استفاده شد. ساریگل از ارقام دو صفر، با تیپ رشدی بینابین، متحمل نسبت به سرما، مقاوم به خوابیدگی و متوسط رس می‌باشد.

تعداد ۵ بذر یکنواخت و سالم کلزا رقم ساریگل در گلدان‌هایی با حجم ۵ لیتر که با نسبت ۲: ۱: ۱ به ترتیب از خاک مزرعه، شن شسته شده و خاک‌برگ پر شده بودند کشت شد. هدایت الکتریکی خاک مزرعه معادل ۰/۶۷ دسی زیمنس بر متر بود. تعداد بوته‌ها پیش از اعمال تیمارها به ۳ بوته در هر گلدان تنک شدند. در تمام طول آزمایش آبیاری گلدان‌ها با فاصله ۴ تا ۶ روز بر اساس ظرفیت مزرعه به‌علاوه ۲۵ درصد سهم آبشویی انجام می‌شد. برای این کار مقدار آب مورد نیاز تا رسیدن به سطح مورد نظر و از طریق توزین مداوم آن‌ها محاسبه گردید. درصد ظرفیت مزرعه معادل ۲۲/۵ درصد وزنی اندازه‌گیری شد.

اعمال تیمار شوری به‌صورت آبیاری با آب شور با هدایت الکتریکی مورد نظر بود که از مرحله ذکر شده آغاز و تا شروع مرحله بعدی ادامه داشت. تیمار شوری در مرحله گلدهی نیز تا پایان گلدهی اعمال گردید. سطوح تنش شوری با استفاده از نمک‌های کلرید سدیم و کلرید کلسیم با نسبت وزنی ۱: ۱ صورت پذیرفت (فرانکوئیس، ۱۹۹۶). استفاده از این دو نمک برای کاهش اثرات سمی کلرید سدیم و نزدیک شدن به شوری طبیعی صورت گرفت (امام و پیرسته انوشه، ۱۳۹۳). هدایت الکتریکی محلول‌های موردنظر و همچنین زه‌آب گلدان‌ها با استفاده از دستگاه هدایت الکتریکی سنج پورتابل (مدل 2052 digital USA) کنترل شد. دمای میانگین روز و شب گلخانه به ترتیب ۲۸ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۵۵ تا ۶۰ درصد بود. بوته‌های کلزا روزانه در معرض ۱۲ ساعت روشنایی به‌صورت ترکیبی از لامپ فلورسنت و مهتابی با شدت ۴۲۰ میکرو اینشتین بر مترمربع در ثانیه بودند.

در مرحله پر شدن دانه (۱۳۸ روز پس از کشت) شاخص محتوای کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر پورتابل (مدل Opti-Science X, USA) تعیین شد. برای این کار از هر سه بوته در هر گلدان قرائت صورت گرفت و میانگین آن‌ها به‌عنوان داده آن واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. در ۱۵۳ روز پس از کشت، میانگین ارتفاع و تعداد برگ هر سه بوته نیز ثبت شد. سپس همه بوته‌های گلدان‌ها کف‌بر شده و سطح برگ بوته‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Delta–T Device) اندازه‌گیری شد. خاک گلدان‌ها در الک‌های فلزی خالی و با آب شسته و ریشه بوته‌ها جدا شد. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۳±۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و سپس وزن خشک آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار سدیم و پتاسیم شاخساره و ریشه از روش شعله سنجی با دستگاه فلیم فتومتر (مدل Perkin Elmer 110, USA) استفاده شد (هامادا و النانی[1]، ۱۹۹۴). از تجزیه واریانس، میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS (سَس[2]، ۱۹۹۰) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای شوری قرار گرفتند (جدول ۱). تنش شوری تأثیر منفی بر مورفولوژی کلزا داشت، به‌طوری‌که باعث کاهش ارتفاع بوته (شکل ۱ الف)، تعداد برگ (شکل ۱ ب) و سطح برگ (شکل ۱ ج) گردید. بیشترین ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ در تیمار بدون تنش به ترتیب معادل با ۴۴/۸ سانتی‌متر، ۱۱/۳ عدد و ۷۸/۸ سانتی‌متر مربع و پس از آن در تیمار شوری ۴ دسی زیمنس بر متر در مرحله گلدهی به ترتیب برابر با ۳۸/۱، ۸/۳ عدد و ۶۷/۳ سانتی‌متر مربع به دست آمد که در مورد ارتفاع بوته و سطح برگ تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار نبود. کمترین مقدار از این صفات نیز در تیمار شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی (ارتفاع ۲۰/۶

[1] Hamada and EL-Enany
[2] SAS

سانتی‌متر، تعداد برگ ۸/۳ عدد و سطح برگ ۳۱/۸ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد. در تیمارهای تحت شوری، تجمع مقادیر بالای نمک در محلول خاک باعث منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه بوته‌های کلزا نسبت به سلول‌های ریشه گیاه می‌گردد (امام و همکاران، ۱۳۹۲) که این خود منجر به کاهش فتوسنتز و کاهش تولید مواد پرورده گردیده و احتمالاً کاهش رشد بوته‌های کلزا را به دنبال داشته است. به دنبال وارد شدن تنش شوری به گیاه، دامنه وسیعی از تغییرات بیوشیمیایی و پاسخ‌های فیزیولوژیک در گیاهان ایجاد می‌شود و رشد و توسعه اندام‌های متفاوت گیاه مانند تعداد و سطح و تعداد برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد (تدین و امام، ۱۳۸۶). کاهش پتانسیل آب و کاهش تورژسانس برگ در گیاهان تحت تنش شوری نیز می‌تواند از دلایل کاهش سطح برگ باشد (امام و همکاران، ۱۳۹۲). شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی با کاهش ۵۴/۰، ۵۰/ و ۵۹/۶ درصدی در ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ نسبت به شاهد همراه بود.

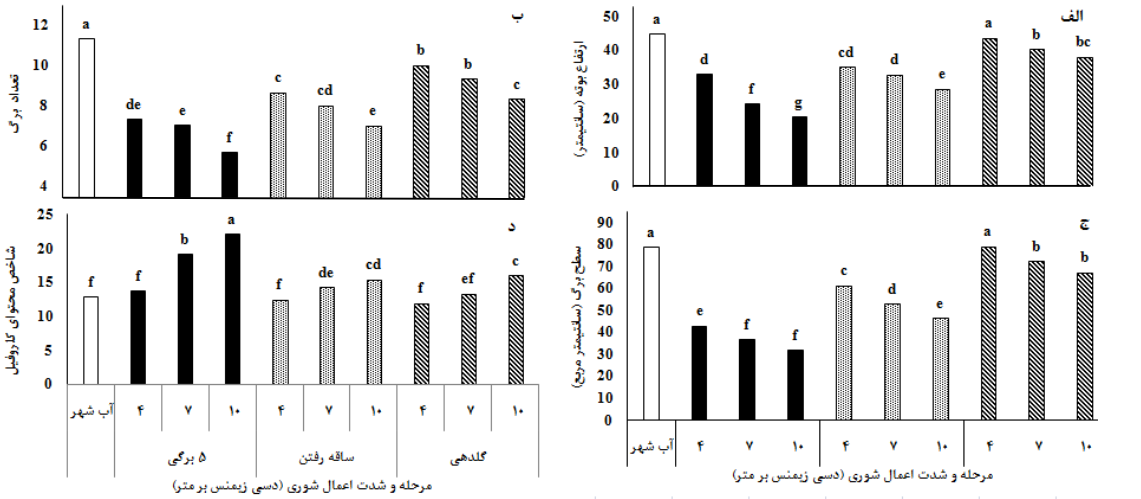
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای شدت و زمان تنش شوری بر رشد و عملکرد کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	تعداد برگ	سطح برگ	محتوای کلروفیل	وزن خشک شاخساره
تیمار	۹	۱۴۱/۳۲**	۴/۲۱*	۳۸۴/۱**	۶/۲۱*	۳/۶۴**
خطا	۲۰	۱۶/۲۵	۰/۷۲	۴۱/۲۱	۱/۲۱	۰/۳۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۹۵	۱۱/۲۴	۱۲/۳۹	۷/۹۷	۱۳/۳۴

ادامه جدول ۱-

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	پتاسیم شاخساره	پتاسیم ریشه	سدیم شاخساره	سدیم ریشه
تیمار	۹	۱/۱۷**	۳۶/۱۰**	۸۹/۱۴	۱۱۲/۰۱**	۷/۸۵**
خطا	۲۰	۰/۰۱۴	۱/۷۴	۹/۵۴	۱۱/۳۲	۰/۸۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۲۴	۱۲/۹۰	۱۰/۹۶	۱۱/۷۱	۸/۶۷

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارها برای ارتفاع بوته (الف)، تعداد (ب) و سطح برگ (ج) و شاخص محتوای کلروفیل کلزا. تیمارهای با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

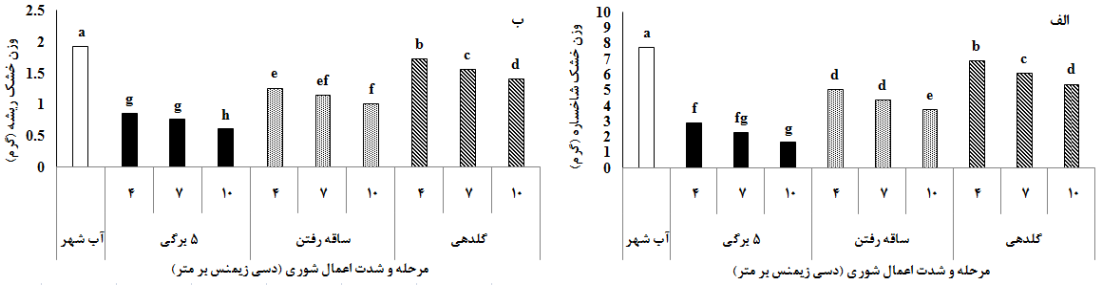
این مقادیر برای شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ساقه رفتن برابر با ۳۵/۷، ۳۸/۳ و ۴۱/۶ درصد و در مرحله گلدهی برابر با ۱۴/۹، ۲۶/۴ و ۱۴/۷ درصد بود؛ بنابراین، می‌توان بیان کرد که شوری در مراحل آخر رشد تأثیر کمتری بر هر سه صفت داشته است. در پژوهش‌های پیشین نیز کاهش صفات رشدی مانند ارتفاع بوته، تعداد برگ و سطح برگ در گیاهان کلزا (اشرف و همکاران، ۱۹۸۹؛ بوم[1] و همکاران، ۱۹۹۴؛ زمانی و همکاران، ۱۳۸۸؛ شهبازی و همکاران، ۱۳۹۰) نشان داده شده است. سریع‌ترین پاسخ نسبت به تنش شوری در گیاهان کاهش در سطح برگ می‌باشد (شیب[2]، ۲۰۱۱؛ پیرسته انوشه و همکاران[3]، ۲۰۱۴ ب).

تأثیر تیمارهای شوری بر شاخص محتوای کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۱). محتوای کلروفیل تحت تأثیر تنش شوری افزایش یافت، به‌طوری که کمترین شاخص محتوای کلروفیل در تیمار شاهد (۱۲/۸) و کمترین شدت تنش شوری در مراحل ۵ برگی (۱۳/۷)، ساقه رفتن (۱۲/۵) و گلدهی (۱۲/۰) مشاهده شد (شکل ۱ د). تنش شوری با کاهش پتانسیل آب و کاهش تورژسانس برگ موجب کوچک‌تر شدن برگ و افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح می‌گردد. تنش شوری در مرحله ۵ برگی تأثیر بیشتری بر شاخص محتوای کلروفیل داشت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار این صفت در تیمار شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله گلدهی به دست آمد، ولی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شوری در مرحله گلدهی و ساقه رفتن مشاهده نشد. افزایش محتوای کلروفیل در اثر تنش شوری به ۱۰ دسی زیمنس بر متر در گیاه گندم (اومن[4] و همکاران، ۱۹۹۹)، ۱۲ دسی زیمنس بر متر در گیاه جو (پیرسته انوشه و همکاران، ۲۰۱۴ ب)، ۱۵ دسی زیمنس بر متر در گیاه کیوی (چارتزولاکیس[5] و همکاران، ۱۹۹۵) و ۱۷ دسی زیمنس بر متر در گیاه کلزا رقم ساریگل (چاپارزاده و زرندی، ۱۳۹۰) در پژوهش‌های پیشین گزارش شده است، درحالی‌که در پژوهش حاضر، شوری ۷ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر (به‌جز در زمان گلدهی) محتوای کلروفیل را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

وزن خشک شاخساره و ریشه تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای شوری قرار گرفت (جدول ۱). تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک شاخساره (شکل ۲ الف) و ریشه (شکل ۲ ب) گردید. بیشترین وزن خشک شاخساره و ریشه از تیمار شاهد و کمترین آن‌ها از تیمار شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی به دست آمد. تنش شوری با پتانسیل اسمزی محلول یا همان تنش اسمزی، افزایش یون‌های سمی مانند کلر و سدیم و تغییر تعادل عناصر غذایی موجب کاهش وزن خشک گیاهان می‌گردد (مأنس و تستر[6]، ۲۰۰۸). این کاهش وزن خشک شاخساره و ریشه بوته‌های کلزا همچنین می‌تواند به اثرات گسترده تنش شوری بر فعالیت‌های سلول گیاهی از جمله فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌های مختلف، متابولیسم سلول و غیره (ارشد و رشید، ۲۰۰۱؛ خسروانی‌نژاد[7] و همکاران، ۲۰۰۹؛ پیرسته انوشه و همکاران، ۲۰۱۴ الف) نسبت داده شود. وزن خشک شاخساره بیشتر از ریشه تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت؛ به‌طوری‌که میانگین درصد کاهش وزن خشک شاخساره و ریشه تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری به ترتیب ۴۰ و ۴۵ درصد بود. پیرسته انوشه و همکاران (۲۰۱۴ ب) با بیان کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته جو تحت شرایط شور گزارش کردند که رشد شاخساره نسبت به رشد ریشه بیش‌تر تحت تأثیر منفی تنش شوری قرار می‌گیرد. امام و همکاران (۱۳۹۲) نیز بر روی گیاه جو گزارش کردند که در بین تمام صفات، رشد ریشه دارای کمترین حساسیت به تنش شوری بود.

در هر سه مرحله ۵ برگی، ساقه رفتن و گلدهی با افزایش شدت تنش شوری از ۴ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر، وزن خشک شاخساره و ریشه کاهش بیشتری یافت (شکل ۲ الف و ب).

[1] Boem
[2] Shiyab
[3] Pirasteh-Anosheh
[4] Ommen
[5] Chartzoulakis
[6] Munns and Tester
[7] Khosravaninejad



شکل ۲- مقایسه میانگین تیمارها برای وزن خشک شاخساره (الف) و ریشه (ب) بر حسب گرم در تک بوته کلزا. تیمارهای با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

در شدت‌های شوری پایین کاهش پتانسیل اسمزی عامل محدودکننده جوانه‌زنی و سبز شدن است. ولی در شوری‌های بالا سمیت یونی و در پی آن افزایش جذب یون‌های مضر به‌خصوص کلرید سدیم و عدم تعادل بین عناصر غذایی سبب کاهش وزن خشک می‌شوند (کینگزبری[1] و همکاران، ۱۹۸۴؛ مأنس و تستر، ۲۰۰۸). تنش در مرحله ۵ برگی بیشترین تأثیر و در مرحله گلدهی کمترین تأثیر منفی را بر وزن خشک شاخساره و ریشه داشت (شکل ۲)، بدین معنی که وقوع تنش شوری در مراحل انتهایی رشد گیاه تأثیر کمتری داشت. به‌عنوان مثال، تنش شوری ۴ دسی زیمنس بر متر در مرحله گلدهی تنها ۱۰ درصد کاهش وزن خشک شاخساره و ریشه را نسبت به شاهد به دنبال داشت، درحالی‌که همین شدت تنش شوری در مرحله ۵ برگی کاهش ۵۹ درصدی وزن خشک شاخساره و ریشه را به دنبال داشت. حساس‌ترین مرحله نسبت به شوری در گیاهان زراعی مرحله استقرار گیاهچه است. درصد و سرعت بالای جوانه‌زنی و هم‌چنین رشد بهتر ریشه و ساقه در شرایط تنش شوری، در اوایل فصل رشد باعث استفاده بهینه از تابش در زمین‌پوشی و یکنواختی سایه‌انداز گیاهی و در نهایت رسیدن به پتانسیل عملکرد خواهد شد (پیرسته انوشه و همکاران، ۲۰۱۱)؛ بنابراین، می‌توان چنین گفت که بوته‌های کلزا که در مرحله ۵ برگی تحت تنش قرار گرفته‌اند، بیشترین آسیب را در همان مرحله دیده و گیاه دارای بنیه ضعیفی شد و در ادامه رشد نتوانست این آسیب را جبران کند. حساسیت بیشتر گیاهان به تنش شوری در مراحل اولیه رشد برای برخی گیاهان دیگر نیز نشان داده شده است (فرانکوئیس، ۱۹۹۴؛ مس و همکاران، ۱۹۸۳، مس و همکاران، ۱۹۸۶؛ مس و پوس، ۱۹۸۹ الف؛ مس و پوس، ۱۹۸۹ ب؛ جلالی و همکاران، ۱۳۸۷). در مورد کلزا، حتی گزارش شده است که حساسیت به شوری در مراحل ابتدایی جوانه‌زنی نسبت به مراحل انتهایی جوانه‌زنی بیشتر است (عبدالهی و همکاران، ۱۳۸۷).

تأثیر تیمارهای تنش شوری بر محتوای پتاسیم و سدیم در ریشه و شاخساره معنی‌دار بود (جدول ۱). شوری باعث کاهش غلظت پتاسیم شاخساره و ریشه گردید (شکل ۳ الف و ۳ ب)، به‌طوری‌که بیشترین پتاسیم شاخساره و ریشه در تیمار شاهد به دست آمد. کمترین پتاسیم شاخساره در تیمارها شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی (شکل ۳ الف) و کمترین پتاسیم ریشه نیز در تیمارهای شوری ۴ و ۷ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی و شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ساقه رفتن (شکل ۳ ب) مشاهده شد. کاهش غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاه تحت شرایط شور و جایگزینی آن به‌وسیله یون سدیم باعث عدم تعادل جذب عناصر غذایی می‌شود (اشرف و هریس[2]، ۲۰۰۵). افزایش غلظت پتاسیم می‌تواند به‌عنوان یک مکانیسم برای تنظیم اسمزی گیاهان متحمل در شرایط شور باشد (ژو[3] و همکاران، ۲۰۰۴). افزایش شدت تنش شوری در هر سه مرحله ۵ برگی، ساقه رفتن و گلدهی با تشدید کاهش پتاسیم همراه بود، چنانچه به‌طور میانگین، تنش شوری در سطوح ۴، ۷ و

[1] Kingsbury

[2] Harris
[3] Xue

۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب با کاهش ۳۶/۴، ۴۸/۹ و ۵۵/۳ درصدی پتاسیم شاخساره و کاهش ۳۹/۳، ۵۸/۷ و ۶۳/۰ درصدی پتاسیم ریشه همراه بود. 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. ظرفیت پتاسیم در بافت گیاه نمایانگر توانایی آن گیاه در ذخیره‌سازی کاتیون اصلی در سلول و اهمیت این جزء در تنظیم اسمزی می‌باشد (شیب، ۲۰۱۱) کاهش غلظت پتاسیم در بافت گیاهی سبب کاهش ظرفیت نگه داشت آماس سلولی و اثر منفی بر فعالیت‌های متابولیکی گیاه می‌شود (اشرف و هریس، ۲۰۰۵).

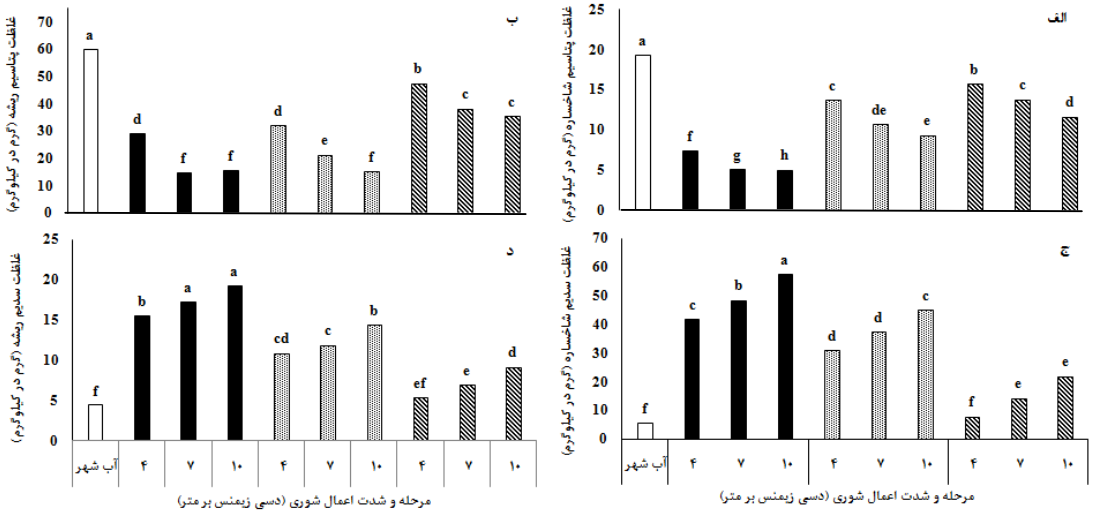
غلظت یون سدیم شاخساره و ریشه تحت تأثیر تنش شوری افزایش قابل توجهی یافت (شکل‌های ۳ ج و ۳ د)، به‌طور کلی، تیمارهای تنش شوری باعث افزایش ۵/۰ و ۱/۸ برابری میانگین غلظت سدیم به ترتیب در شاخساره و ریشه گردید. تنش شوری سبب ایجاد عدم تعادل یونی گیاه می‌شود؛ به‌طور مثال نسبت پتاسیم به سدیم کاهش می‌یابد و در نتیجه با تجمع زیاد سدیم، آنزیم‌ها غیرفعال شده و در نهایت بر فرایندهای متابولیک گیاه اثر می‌گذارد (بوس و بردآل[1]، ۱۹۹۱). افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در پژوهش حاضر نیز نشان داده شده است (جدول ۲). سطوح بالای سدیم در گیاهان اغلب هم‌زمان با غلظت‌های پایین پتاسیم دیده می‌شود (اشرف و هریس، ۲۰۰۵). با افزایش شدت تنش شوری غلظت سدیم افزایش بیشتری یافت، به‌طوری که در هر سه مرحله اعمال تنش شوری بیشترین و کمترین غلظت سدیم در تیمار ۱۰ و ۴ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد، ولی بین سطوح شوری در مرحله گلدهی تفاوت معنی‌دار کمتری بود. تنش شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب با افزایش ۷/۴ و ۳/۲ برابری غلظت سدیم شاخساره و ریشه همراه بود. سمیت یون‌ها و جذب بیش از حد سدیم علت کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری در بسیاری از مطالعات (تدین و امام، ۱۳۸۶؛ ژو و همکاران، ۲۰۰۴؛ شهبازی و همکاران، ۱۳۹۰؛ شیب، ۲۰۱۱) بیان شده است. افزایش غلظت سدیم و کلر بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و انتخاب‌پذیری یونی در غشا اثر دارد که منجر به کاهش وزن خشک گیاه می‌گردد (امام و همکاران، ۱۳۹۲).

شوری در مراحل اولیه تأثیر بیشتری بر کاهش پتاسیم و افزایش سدیم (شکل ۱ الف تا ۱ د) و در نتیجه افزایش نسبت پتاسیم و سدیم (جدول ۲) هم در شاخساره و هم در ریشه داشت. به‌عنوان مثال، تنش شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مراحل ۵ برگی و گلدهی به ترتیب موجب کاهش ۹۱/۷ و ۸۴/۴ درصدی پتاسیم شاخساره و ۷۳/۸ و ۴۰/۷ درصدی پتاسیم ریشه گردید. تأثیر مرحله و شدت شوری بر غلظت سدیم دارای روند مشابه اما به‌مراتب بیشتر از پتاسیم بود، به‌طوری‌که تنش شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی سبب افزایش ۹/۳ و ۳/۴ برابری و در مرحله گلدهی سبب افزایش ۲/۹ و ۱/۱ برابری غلظت سدیم شاخساره و ریشه گردید.

نسبت سدیم به پتاسیم تحت شرایط شور افزایش یافت که در تیمارهای اعمال تنش شوری در مراحل ابتدایی رشد بیشتر بود (جدول ۲)، به‌عنوان مثال، شوری‌های ۴، ۷ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب باعث افزایش ۴، ۹ و ۱۱ برابری نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه شدند.

بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم در شاخساره و ریشه در تیمار شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مرحله ۵ برگی به دست آمد؛ بنابراین، اعمال تنش شوری در مراحل اولیه باعث کاهش بیشتر غلظت پتاسیم، افزایش بیشتر غلظت سدیم و همچنین نسبت غلظت سدیم به پتاسیم گردید. این چنین استدلال می‌شود که تنش شوری در مراحل اولیه موجب ایجاد گیاهچه‌ای ضعیف می‌شود که در مراحل بعدی نیز توانایی رشد و تولید بالا را نخواهد داشت. از آنجایی که بیشترین رشد رویشی در مراحل اولیه رشد گیاه اتفاق می‌افتد، بنابراین وقتی تنش شوری در مراحل آخر رشد گیاهان اتفاق بیفتد تأثیر چندانی بر گیاهان ندارد (مس و همکاران، ۱۹۸۶؛ خسروانی‌نژاد، ۲۰۰۹).

[1] Booth and Beardall



شکل ۳- مقایسه میانگین تیمارها برای غلظت یون‌های پتاسیم و سدیم در شاخساره (الف و ب) و ریشه (ج و د) کلزا. تیمارهای با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

دلیل این امر می‌تواند به توانایی پایین گیاهان در حفظ تعادل یونی در مراحل اولیه رشد مربوط باشد (مس و همکاران، ۱۹۸۳؛ ۱۹۸۶). به نظر می‌رسد گیاهان پس از عبور مراحل اولیه رشد، درجاتی از تحمل را در برابر تنش شوری از خود نشان می‌دهند (چاپارزاده و زرندی، ۱۳۹۰).

جدول ۲- تأثیر مرحله و شدت اعمال تنش شوری بر نسبت سدیم به پتاسیم در شاخساره و ریشه کلزا

تیمار شوری (دسی زیمنس بر متر)		نسبت سدیم به پتاسیم	
		شاخساره	ریشه
شاهد		۰/۲۹h	۰/۰۷f
۵ برگی	۴	۶/۶۵c	۰۵۳c
	۷	۹/۵۲b	۱/۱۸a
	۱۰	۱۱/۵۹a	۱/۲۳a
ساقه رفتن	۴	۲/۲۶f	۰/۳۳d
	۷	۳/۴۹e	۰/۵۶c
	۱۰	۴/۸۳d	۰/۹۴b
گلدهی	۴	۰/۴۹gh	۰/۱۱f
	۷	۱/۰۴g	۰/۱۸e
	۱۰	۱/۹۰f	۰/۲۶d

میانگین‌های با حروف یکسان برای هر صفت، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

نکته مهم در این پژوهش تغییر توزیع یون سدیم در اثر شوری بود. در شرایط شور نسبت به شرایط غیرشور، غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در بافت‌های شاخساره به‌طور قابل توجهی بیشتر از ریشه بود، به‌طور میانگین شاخساره نسبت به ریشه دارای ۵۹/۵ و ۲۱/۳ درصد سدیم بیشتری به ترتیب در شرایط شور و غیرشور بود؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ریشه بوته‌های کلزا تحت تأثیر شوری سدیم کمتری را ذخیره و بخش بیشتری از سدیم جذب شده را به شاخساره انتقال می‌دهند. ریشه‌های گیاهان مختلف دارای ظرفیت معینی برای ذخیره سدیم هستند و مقادیر بیشتر از ظرفیت ذخیره‌ای را به شاخساره انتقال می‌دهند (مأنس و تستر، ۲۰۰۸). با افزایش شدت تنش شوری، درصد سدیم انتقال یافته به شاخساره افزایش یافت، به‌طوری‌که در شرایط تنش‌های ۴، ۷ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر شاخساره به ترتیب دارای ۵۲/۶، ۶۱/۳ و ۶۴/۴ درصد سدیم بیشتری بودند. انتقال بیشتر سدیم به شاخساره کلزا در سطوح بالای شوری می‌تواند از دلایل آسیب به رشد کلزا در شرایط شور باشد. نگهداری سدیم و جلوگیری از انتقال آن به شاخساره یکی از مکانیسم‌های تحمل شوری در برخی گیاهان است (مأنس و تستر، ۲۰۰۸؛ امام و همکاران، ۱۳۹۲)؛ که در این پژوهش این مکانیسم در بوته‌های کلزا مشاهده نشد و می‌تواند یکی از دلایل احتمالی حساسیت کلزا به شوری باشد. کاهش

جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم نیز از این مکانیسم‌های احتمالی بود که بوته‌های کلزا در پژوهش حاضر از خود بروز دادند. این مکانیسم با افزایش شدت تنش شوری کاهش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری

تنش شوری بسته به‌شدت و مرحله اعمال، رشد گیاه را هم در بخش‌های هوایی و هم در بخش‌های زیرزمینی کاهش داد که با تغییرات در غلظت و توزیع یون‌های سدیم و پتاسیم هم‌راستا بود. شوری علاوه بر اینکه غلظت سدیم را افزایش و پتاسیم را کاهش داد، میزان انتقال سدیم از ریشه به شاخساره را افزایش داد و باعث آسیب بیشتر گیاه گردید. تنش شوری در مراحل اولیه تأثیر کاهنده بیشتری داشت ولی با افزایش شدت شوری در هر سه مرحله اعمال این کاهش تشدید شد. بر این اساس گیاه کلزا در مراحل اولیه رشد دارای حساسیت بیشتری به تنش شوری نسبت به مراحل انتهایی رشد دارد.

منابع

امام، ی. و پیرسته انوشه، ه. ۱۳۹۳. روش‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی در علوم زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۰۸ صفحه.

امام، ی.، حسینی، ا.، رفیعی، ن. و پیرسته انوشه، ه. ۱۳۹۲. واکنش رشد اولیه و غلظت‌های یون‌های سدیم و پتاسیم در ده رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش شوری. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۹: ۱۵-۵.

تدین، م.ر. و امام، ی. ۱۳۸۶. واکنش‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو رقم جو به تنش شوری و ارتباط آن با عملکرد دانه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۱): ۲۶۲-۲۵۳.

جلالی، و.ر.، همایی، م. و میرنیا، س.خ. ۱۳۸۷. مدل‌سازی واکنش کلزا به شوری طی دوره‌های رشد زایشی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۴): ۱۲۱-۱۱۱.

چاپارزاده، ن. و زرندی میاندوآب، ل. ۱۳۹۰. اثر شوری بر محتوای رنگدانه‌ای و رشد دو رقم گیاه کلزا (*Brassica napus* L.). زیست‌شناسی گیاهی، ۳(۹): ۲۶-۱۳.

رنجبر، غ. و پیرسته انوشه، ه. ۱۳۹۴. نگاهی به تحقیقات شوری در ایران با تأکید بر بهبود تولید گیاهان زراعی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۷(۲): ۱۷۸-۱۶۵.

زمانی، ص.ع.، نظامی، م.ط.، حبیبی، د. و بایبوردی، ا. ۱۳۸۸. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزای پاییزه در شرایط تنش شوری. تنش‌های محیطی در علوم گیاهی، ۱(۲): ۱۲۱-۱۰۹.

شهبازی، م.، کیانی، ع.ر. و رئیسی، س. ۱۳۹۰. تعیین آستانه تحمل به شوری در دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علوم زراعی ایران، ۱۳(۱): ۳۱-۱۸.

عبدالهی، ف.، مهاجری، ف. و امام، ی. ۱۳۸۷. واکنش مراحل مختلف جوانه‌زنی ارقام رایج کلزا در استان فارس به تنش شوری، دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، ۲۸ تا ۳۰ مرداد، تهران.

Arshad, M., and Rashid, A. 2001. Nitrogen uptake and dry matter production by tomato plants under salt stress. Pakistan Journal of Biological Sciences, 4(4): 397-399.

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(1): 266-273.

Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2005. Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches. Haworth Press, New York.

Ashraf, M., Bokhari, M.H., and Mehmood, S. 1989. Effect of four different salts on germination and seedling growth of four *Brassica* species. Biologica, 35(2): 173-187.

Boem, F.H.G., Scheiner, J.D., and Lavado, R.S. 1994. Some effect of soil salinity on growth, development and yield of rapeseed. Journal of Agronomy and Crop Science, 172(3): 182-187.

Booth, W.A., and Beardall, J. 1991. Effects of salinity on inorganic carbon utilization and carbonic anhydrase activity in the halotolerant algae *Dunaliella salina* (Chlorophyta). Phycologia, 30(2): 220-225.

Chartzoulakis, K.S., Therios, I.N., and Misopolinose, N.D. 1995. Growth, ion content and photosynthetic performance of salt stressed kiwifruit plants. Irrigation Science, 16(1): 23-28.

Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. Agronomy Journal, 86(2): 233-237.

Francois, L.E. 1996. Salinity Effects on four sunflower hybrids. Agronomy Journal, 88(2): 215-219

Hamada, A.M., and EL-Enany, A.E. 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biologia Plantarum, 36(1): 75- 81.

Khosravaninejad, F., Heydari, R., and Farboodnia, T. 2009. Growth and inorganic solute accumulation of two varieties in salinity. Pakistan Journal of Biological Sciences, 12: 168-172.

Kingsbury, R.W., Epstein, E., and Pearcy, R.W. 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiology, 74(2): 417-423.

Maas, E.V., and Poss, J.A. 1989a. Salt sensitivity of cowpea at various growth stages. Irrigation Science, 10(4): 313-320.

Maas, E.V., and Poss, J.A. 1989b. Salt sensitivity of wheat at various growth stages. Irrigation Science, 10(1): 29-40

Maas, E.V., Hoffman, G.J., Chaba, G.D., Poss, J.A., and Shannon, M.C. 1983. Salt sensitivity of corn at various growth stages. Irrigation Science, 4(1): 45-57.

Maas, E.V., Poss, J.A., and Hoffman, G.J. 1986. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. Irrigation Science, 7(1): 1-11.

Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651–81.

Ommen, O.E., Donnelly, A., Vanhoutvin, S., Vanoijen, M., and Manderscheid, R. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO_2 concentrations and other environmental stresses with the `ESPACE-whaet` project. European Journal of Agronomy, 10(3): 197-203.

Pirasteh-Anosheh, H., Kazemeini, S.A., and Emam, Y. 2014a. The differences in response of *Vigna sinensis* and *Phaseolus vulgaris* to varied salt stress levels. Walia Journal, 30: 95-101.

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G.H., Emam, Y., and Ashraf, M. 2014b. Salicylic acid-induced recovery ability in salt-stressed *Hordeum vulgare* plants. Turkish Journal of Botany, 38: 112-121.

Pirasteh-Anosheh, H., Sadeghi, H., and Emam, Y. 2011. Chemical priming with urea and KNO_3 enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. Journal of Crop Science and Biotechnology, 14(4): 289 - 295.

SAS. 1990. SAS Guide for users, version 6, SAS Institute. North Carolina.

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(2): 350-356.

Xue, Z.Y., Zhi, D.Y., Xue, G.P., Zhang, H., Zhao, Y.X., and Xia, G.M. 2004. Enhanced salt tolerance of transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.) expressing a vacuolar Na^+/H^+ antiporter gene with improved yields in saline soils in the field and a reduced level of leaf Na^+. Plant Science, 167(4): 849–859.

Journal of Oil Plants Production, Vol: 2(2), 2016

Ionic and growth response of rapeseed Sarigol cv. to varied level of salt stress at different growth stages

Seyed Abdolreza Kazemeini[1, *], Hadi Pirasteh-Anosheh[2]

[1] *Associate Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran*
[2] *Assistant Professor, National Salinity Research Center, Iran*
[*]Corresponding author E-mail address: kazemeini22@gmail.com

Received: 01.12.2015 Accepted: 31.01.2016

Abstract

Most crops are sensitive to salt stress, however, this sensitivity was differ in different growth stages. In current research, the effect of varied salt stress levels (0.4, 4, 7 and 10 dS m^{-1}) in different growth stages (5 leaf, stem elongation and flowering) was examined on morpho-physiological, and content of sodium and potassium in rape seed Sarigol cultivar in a controlled experiment based on a completely randomized design with three replications at College of Agriculture, Shiraz University in 2014. Salt stressed plants had the lowest amount of plant height (27%), leaf number (30%), leaf area (31%), shoot (45%) and root dry weight (40%) and shoot (47%), and root K^+ concentrations (54%) and had the greatest amount of chlorophyll content index (20%) and shoot (5 flod) and root Na^+ (1.8 flod) concentrations; which this change was intensified by increasing in salinity level. Salt stress changed sodium distribution, so that in saline conditions shoot/root Na^+ was significantly more than non-saline conditions. With the delay in stress applying, the negative effect of salinity was reduced; 10 dS m^{-1} salinity at 5 leaves and flowering were respectively associated with 78.8 and 30.2 percent reductions in shoot dry weight and with 68.6 and 26.7 percent reduction in root dry weight, compared to control. Although salt stress at 5 leaves had more and at flowering had less impact; however, increasing in stress level in all three stages intensified negative effects of salinity. If the current results were confirmed in complementary and long term researches, rape seed could be irrigated with relative saline water at late of the growing season under limited fresh water regions.

Keywords: Chlorophyll, Potassium, Saline water, Sodium