"مجله علوم زراعی ایران"
جلد چهاردهم، شماره ۲ تابستان ۱۳۹۱

اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus* and *B. rapa*)

Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica napus* and *B. rapa*)

آرمان آذری[۱]، سید علی‌محمد مدرس ثانوی[۲]، حسین عسکری[۳]، فائزه قناتی[۴]، امیرمحمد ناجی[۵] و بهرام علیزاده[۶]

چکیده

آذری، آ.، س. ع. م. مدرس ثانوی، ح. عسکری، ف. قناتی، ا. م. ناجی و ب. علیزاده. ۱۳۹۱. اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus* and *B. rapa*). **مجله علوم زراعی ایران. ۱٤(۲):۱۳۵-۱۲۱.**

به منظور مطالعه رفتارهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک کلزا، آزمایشی گلخانه ای در سال ۱۳۸۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام گردید. تعداد ۳٦ تیمار شامل ۱۸ رقم کلزا و شلغم روغنی (۱۵ رقم از گونه *napus* و ۳ رقم از گونه *rapa*) و دو سطح شوری خاک (۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. دوره آزمایش به مدت ۵۰ روز (تا پایان مرحله روزت) ادامه یافت. نتایج آزمایش نشان داد که تنش شوری تعداد و سطح برگ، وزن دمبرگ، پهنک و زیست توده و میزان آب برگ و محتوای نسبی آب برگ را کاهش و نسبت وزنی پهنک به دمبرگ و نیز نسبت وزنی آوند آبکش به آوند چوب را افزایش داد. محتوای نسبی آب برگ کمترین و زیست توده و میزان آب برگ بیشترین تغییرات را نشان دادند. زیست توده با تعداد برگ همبستگی نداشت، ولی با سطح و وزن پهنک همبستگی خوبی نشان داد. تنش شوری باعث کاهش میزان کلروفیل‌های a و b و کل، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم پهنک و نیز پایداری غشا و افزایش میزان سدیم پهنک برگ شد. افزایش میزان سدیم به مراتب بیشتر از کاهش میزان پتاسیم بود. تنش شوری بر نسبت کلروفیل a به b و سایر رنگدانه‌های گیاهی (کاروتنوئیدها، آنتوسیانین و فلاونوئیدها) تاثیری نداشت. تنش شوری باعث افزایش میزان پرولین در گونه *napus* شد، ولی در گونه *rapa* کاهش یافت. بین میزان پرولین با زیست توده در هر دو گونه همبستگی وجود نداشت. نتایج این آزمایش این نشان داد که میزان تحمل به شوری گونه *napus* در مراحل اولیه رشد از گونه *rapa* بیشتر بود که این تحمل بیشتر می‌تواند با آمفی دیپلوئید بودن گونه *napus* مرتبط باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، فیزیولوژی، کلزا، مورفولوژی، *Brassica napus* و *Brassica rapa*.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۳

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک:modaresa@modares.ac.ir)
۳- استادیار دانشکده مهندسی انرژی و فناوری های نوین دانشگاه شهید بهشتی
٤- دانشیار دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس
۵- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد
٦- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

اصلاح ارقام مقاوم به شوری، یکی از مهم‌ترین روش‌های موثر در بهره‌برداری از خاک و آب شور به منظور افزایش عملکرد محسوب می‌شود (Mirmohammady Meibody and Ghareyazie, 2002). انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش به دو روش مستقیم (اندازه گیری عملکرد) و غیر مستقیم (اندازه گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با تحمل تنش) انجام می‌شود (Dadashi *et al.*, 2007)، بنابراین شناخت ساز وکارهای تحمل به شوری ضروری به نظر می‌رسد. اثرهای منفی شوری بر رشد گیاه، به علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، اثرهای ویژه یونی (تنش شوری)، عدم تعادل عناصر غذایی یا مجموعه این عوامل ایجاد می‌شود (Khan *et al.*, 2009). هنگامی که گیاه در شرایط شور رشد می‌کند، فعالیت فتوسنتری آن کاهش یافته و در نتیجه میزان رشد، سطح برگ و محتوای کلروفیل کاهش و فلورسانس کلروفیل افزایش می‌یابد (Viera Santos, 2004). سدیم غالب‌ترین کاتیون موجود در محلول خاک و آب مناطق شور است (Munns and Termaat, 1986). تنش شوری اثر فزاینده‌ای بر تجمع سدیم و کلر در گیاه دارد (Turan *et al.*, 2009). بسیاری از گیاهان زراعی حساسیت قابل ملاحظه‌ای نسبت به شرایط شور دارند که این موضوع به علت تجمع یون سدیم در داخل سلول و تاثیر آن بر اختلال در تعادل یونی و تنظیم اسمزی، فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها و متابولیسم سلول و نیز ایجاد سمیت باز دارنده است. فراوانی سدیم در خاک باعث لطمه به جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود (Munns and Termaat, 1986; Turan *et al.*, 2009). در مجموع، پایین بودن غلظت سدیم سیتوزولی و عدم تعادل نسبت یون پتاسیم به سدیم (K^+/Na^+)، یکی از مهم‌ترین جنبه‌های تحمل به شوری شناخته می‌شود. ارقام متحمل به شوری گونه‌های زراعی، نسبت پتاسیم به سدیم بالایی را نشان می‌دهند (Summart *et al.*, 2010). ساز وکار جذبی که بین یون‌های مشابه، نظیر سدیم و پتاسیم تمایز قائل می‌شود، می‌تواند یک شاخص انتخاب مفید برای گزینش ارقام متحمل در برنامه‌های اصلاحی به منظور بهبود و جذب موثر عناصر غذایی باشد (Khan *et al.*, 2009). تنش شوری سبب تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که نشت از غشاءهای سلولی را به دنبال خواهد داشت (Summart *et al.*, 2010).

کلزا در گروه گیاهان زراعی متحمل به شوری قرار داشته و قابلیت کشت در مناطق شور را دارد (Ashraf and McNeilly, 2004). از بین گونه‌های کلزا، گونه *Brassica napus* با ژنوم AC، یک گیاه آمفی دیپلوئید حاصل از تلاقی شلغم روغنی (*B. rapa*) با ژنوم C و کلم (*B. oleracea*) با ژنوم A می‌باشد (Azizi *et al.*, 1999).

علی‌رغم این که گیاهان در میزان تحمل به شوری متفاوت می‌باشند، اما در نهایت شوری سبب کاهش رشد آن‌ها خواهد شد. این کاهش به طور عمده در ارتباط با افت ظرفیت فتوسنتزی بوده که خود می‌تواند معلول کاهش در محتوای کلروفیل باشد (Viera Santos 2004). مهم‌ترین علت این موضوع، به ویژه در شرایط تنش شدید، کاهش فعالیت آنزیم‌های موثر در سنتز کلروفیل (ALA- دهیدروژناز) و تولید آن می‌باشد (Vieira Santos, 2004).

کلروپلاست‌ها حاوی رنگدانه کلروفیل و مقادیر زیادی از کاروتن‌ها و زانتوفیل‌ها می‌باشند. کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه‌های نارنجی و زرد هستند که محلول در چربی بوده و در غشاء تیلاکوئیدهای کلروپلاست یافت می‌شوند. وظیفه این رنگدانه‌ها جمع‌آوری انرژی و محافظت نوری از مولکول کلروفیل می‌باشد. (Ahmadi *et al.*, 2007). کاروتنوئیدها جزء آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نیز محسوب می‌شوند (Telesinski *et al.*, 2008).

تجمع پرولین در شرایط تنش شوری، بیش از سایر

www.SID.ir

اسیدهای آمینه صورت می‌گیرد که می‌تواند در تنظیم اسمزی و احتمالا حفظ فعالیت آنزیمی گیاه نقش داشته باشد (Ashraf, 2004). اشرف و مک‌نیلی (Ashraf and McNeilly, 2004) تجمع اسمولیت‌هایی نظیر پرولین و کربوهیدرات‌های محلول را یکی از راهکارهای افزایش تحمل به شوری در گیاهان خانواده براسیکا عنوان نمودند. اما رامئه و همکاران (Rameeh *et al.*, 2004) گزارش کردند که تجمع پرولین در کلزا، یک عامل تحمل نبوده، بلکه واکنش گیاه نسبت به شوری می‌باشد. پوستینی و همکاران (Poustini *et al.*, 2007) نیز افزایش پرولین بر اثر شوری را در گندم گزارش کردند، اما این افزایش در رقم حساس به مراتب بیشتر از رقم مقاوم به شوری بود و نتیجه گرفتند که پرولین نمی‌تواند نقش حفاظتی در مقابل تنش شوری داشته باشد. همچنین بین پتانسیل آب برگ و میزان پرولین همبستگی وجود نداشت و نقش یون‌های سدیم و پتاسیم در تنظیم اسمزی را به مراتب موثرتر از پرولین دانستند. بنابراین به نظر نمی‌رسد که صفت تنظیم اسمزی به تنهایی بتواند ملاک مناسبی برای تحمل به شوری باشد (Khan *et al.*, 2009).

تحمل تنش در یک ژنوتیپ گیاهی به برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک آن بستگی دارد. تلاش برای یافتن معیارهایی که بتوان از آن‌ها به طور مؤثری در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل یا مقاوم بهره جست، ادامه دارد. استفاده از تنوع گیاهی برای گزینش صفات مطلوب در شرایط تنش، از راه‌های موثر در شناسایی این صفات است (Dadashi *et al.*, 2007).

با توجه به اطلاعات محدود موجود در زمینه واکنش فیزیولوژیک ارقام کلزا نسبت به شوری، به ویژه در گونه *rapa* و همچنین پایین بودن میزان تنوع ارقام در آزمایش‌های انجام شده، به منظور بررسی پاسخ مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های کلزا نسبت به تنش شوری، این تحقیق به اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در شرایط گلخانه، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به اجرا گذاشته شد. فاکتور اول شامل تنش شوری (در دو سطح هدایت الکتریکی خاک ۲ (شاهد) و ۱۲ دسی زیمنس بر متر که با افزودن نمک کلرور سدیم به خاک صورت گرفت) و فاکتور دوم شامل ۱۸ رقم کلزا و شلغم روغنی (گزینش شده از میان ۶۰ رقم طی آزمایش مقدماتی) شامل ۱۵ رقم از گونه *B. napus* با اسامی Boomrang , Milena , Hopper, Parade , Claibra , Licord , Valeska , Zarfam Hyola401 , Okapi , Option500 , Sinatra , SLM046 GS003 و Wotan و ۳ رقم از گونه *B. rapa* با اسامی CVRoby , Hysin و GoldRush (تهیه شده از بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) بود. کاشت بذر ژنوتیپ‌ها در جعبه‌هایی پلاستیکی بدون زهکش انجام شد. در هر جعبه بذرهای پنج رقم به صورت کپه‌ای با تراکم سه بذر در هر کپه و هر رقم در پنج کپه کاشته شدند. در طول دوره آزمایش، دما و مدت روز/ شب گلخانه به مقدار ۱۸/۲۲ درجه سانتی گراد و ۱۰/۱۴ ساعت با شدت نور ۴۲۰ میکرو اینشتین بر متر مربع بر ثانیه تنظیم گردید. گیاهچه‌ها در مرحله ظهور دومین برگ حقیقی برای رسیدن به تراکم یک بوته در هر کپه تنک شدند. آبیاری هر جعبه به طور یکنواخت (به صورت وزنی و با توجه به ظرفیت اشباع خاک) طی دوره آزمایش با استفاده از آب شرب (با هدایت الکتریکی ۴/۲۵ میکرو زیمنس بر متر) انجام شد. دوره آزمایش به مدت ۵۰ روز (از سبز شدن تا پایان مرحله روزت در ژنوتیپ‌های بهاره) ادامه یافت. در پایان دوره، ابتدا نمونه برداری برای صفات فیزیولوژیک از جوان‌ترین برگ بالغ انجام شد. سپس بوته‌ها از سطح خاک قطع شده و پس از انتقال به

www.SID.ir

آزمایشگاه، اندازه گیری صفات مورفولوژیک روی آن‌ها انجام و پس از آن، جهت تعیین زیست توده، در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت (با رسیدن به وزن ثابت) خشکانده شده و توزین گردیدند.

به منظور اندازه گیری سطح برگ، پهنک‌ها از دمبرگ جدا شده و سطح آن‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta T Device, UK) اندازه گیری شد. برای تعیین نسبت وزنی آوند آبکش به آوند چوب، پس از برداشت بوته‌ها، از طولی حدود ۲ سانتی متر از محور زیر لپه (که در شرایط گلخانه از رشد بیشتری برخوردار بود) بافت آبکش از بافت چوب جدا و به تفکیک خشک و توزین شد.

برای اندازه گیری میزان کلروفیل‌های a، b و کل و همچنین کاروتنوئیدها از طریق ساییدن ۰/۲ گرم نمونه‌برگی در استون ۸۰ درصد و قرائت جذب نوری در طول موج‌های (به ترتیب ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر) (Arnon, 1949) انجام گرفت.

میزان آنتوسیانین‌ها با استفاده از روش کریزک و همکاران (Krizek *et al.*,1993)، بر پایه میزان جذب نوری عصاره صاف شده حاصل از سایش ۰/۲ گرم از برگ در متانول اسیدی (محلول متانول و اسید کلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱) در طول موج ۵۵۰ نانومتر و استفاده از ضریب خاموشی (ε=۳۳۰۰۰ $mol^{-1}cm^{-1}$) انجام شد.

میزان فلاونوئیدها نیز بر اساس روش کریزک و همکاران (Krizek *et al.*,1993)، بر مبنای میزان جذب نوری عصاره صاف شده حاصل از سایش ۰/۲ گرم از برگ در اتانول اسیدی (محلول اتانول و اسید استیک به نسبت ۹۹ به ۱) در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر و استفاده از ضریب خاموشی (ε=۳۳۰۰۰ $mol^{-2}cm^{-1}$) انجام شد.

به منظور تعیین پایداری غشاء سلولی در برگ، از اندازه گیری میزان نشت الکترولیتی آن‌ها استفاده شد. به این منظور، ۱۰ عدد دیسک برگی به قطر ۰/۵ سانتی متر از جوان‌ترین برگ بالغ تهیه و بلا فاصله دوبار با آب مقطر شستشو و سپس در داخل ظروف درب دار پلاستیکی حاوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر قرار داده شدند. پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی محلول (C_1) اندازه گیری شد. پس از آن، ظروف حاوی دیسک‌های برگی، در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو شده و پس از خنک شدن در دمای اتاق، مجددا هدایت الکتریکی محلول (C_2) اندازه گیری شد. میزان نشت الکترولیت از غشاءها بر اساس رابطه زیر محاسبه شد(Letts *et al.*,1995).

(۱) $(C_1/C_2)*100$ = نشت الکترولیت از غشاء (درصد)

برای تعیین محتوای نسبی آب برگ، از جوان‌ترین برگ بالغ در هر بوته، تعداد ۱۰ عدد دیسک برگی با قطر ۰/۵ سانتی متر تهیه و برای تعیین وزن تر نمونه‌ها، بلافاصله توزین گردیدند (FW). پس از توزین، تمامی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و در تاریکی در آب مقطر غوطه‌ور گردیده و پس از آن، وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری شد (TW). سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون و تا رسیدن به وزن ثابت خشکانده شده و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید (DW). با استفاده از رابطه زیر، میزان RWC محاسبه شد (Schonfeld *et al.*, 1988):

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

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از دستور Proc GLM و آزمون‌های Contrast و LSD (در سطح پنج درصد) در محیط نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون Contrast بین ارقام دو گونه *B. rapa* و *B. napus* نشان داد که بین دو گونه مورد مطالعه در اغلب صفات، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به همین دلیل، تاثیر شوری بر صفات مورد نظر به صورت

www.SID.ir

جداگانه برای هر گونه مورد بررسی قرار گرفت.

صفات مورفولوژیک

در گونه *napus*، تنش شوری اثر معنی‌داری بر صفات تعداد برگ، سطح برگ، وزن دمبرگ، پهنک و زیست توده داشت و باعث کاهش آن‌ها شد (جدول ۱). در گونه *rapa*، اثر شوری بر تعداد برگ معنی‌دار نبود، اما تنش شوری کاهش معنی‌دار سطح برگ، وزن دمبرگ، پهنک و زیست توده را به همراه داشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد که تنش شوری از طریق محدودیت در جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده گیاه و سمیت عناصر غذایی، باعث کاهش قدرت رشد سلولی شده و کاهش سطح برگ و فتوسنتز را به همراه داشته است. این موارد باعث کاهش کربوهیدرات تولیدی و در نتیجه کاهش رشد اجزای مختلف گیاه شده که در نهایت سبب کاهش زیست توده گردید. کاهش سطح برگ، تعداد برگ و وزن خشک کل گیاه توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Ali *et al*, 2004; Enferad *et al*, 2004). کاهش توام وزن و سطح پهنک باعث ثابت ماندن وزن مخصوص برگ گردید. اثر رقم و اثر متقابل رقم×تنش بر این صفت در هیچکدام از دو گونه معنی‌دار نبود (داده‌ها ارائه نشده‌اند).

سهم وزن خشک پهنک از زیست توده گیاه چه در شرایط تنش و چه عدم تنش شوری، به مراتب بیشتر از دمبرگ می‌باشد. ولی تنش شوری باعث افزایش سهم پهنک از کل زیست توده گردید که این افزایش تنها در گونه *napus* معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). به نظر می‌رسد که در شرایط تنش، گیاه کلزا سطح پهنک بیشتری جهت انجام فتوسنتز مناسب با حداقل هزینه (عدم ایجاد برگ جدید) تولید می‌کند. همچنین به دلیل کاهش سطح برگ در اثر تنش شوری و کم بودن میزان سایه اندازی برگ‌ها روی یکدیگر، گیاه نیازی به رشد بیشتر دمبرگ و ایجاد فاصله بین پهنک‌های متوالی ندارد.

زیست توده با تعداد برگ، همبستگی خاصی نداشت، اما با سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۶۸**) نشان داد. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش علیرغم کمتر بودن تعداد برگ‌ها، تولیدات فتوسنتزی گیاه افزایش یافته و به عبارت دیگر سطح برگ‌های موثر بیشتر می‌شود. میزان کاهش وزن دمبرگ بر اثر تنش شوری بیشتر از کاهش وزن پهنک بود (جدول‌های ۱ و ۲). همچنین زیست توده، همبستگی بیشتری با وزن پهنک (۰/۸۷**) نسبت به وزن دمبرگ (۰/۷۶**) داشت.

اثر رقم بر صفات تعداد و سطح برگ، وزن دمبرگ، پهنک و زیست توده در گونه *napus* معنی‌دار بود. از نظر هر سه صفت، ارقام Hopper Parade , Zarfam و Claibra در بالاترین سطح و ارقام Milena ,Valeska, Boomrang و RGS003 در پایین‌ترین سطح قرار داشتند که می‌توان آن‌ها را با توجه به مقدار زیست توده، به ترتیب به عنوان ارقام پر بازده و کم بازده دسته بندی کرد (جدول ۳). بیشتر بودن سطح برگ ، فتوسنتز زیادتر را نیز به دنبال داشته که باعث افزایش میزان زیست توده می گردد.

اثر تنش شوری بر میزان آب پهنک در هر دو گونه معنی‌دار بود و باعث کاهش آن گردید، اما روند کاهشی محتوای نسبی آب پهنک تنها در گونه *napus* معنی‌دار بود (جدول ۱). کاهش پتانسیل آب قابل استفاده در شرایط تنش شوری سبب کاهش قدرت جذب آب و در نهایت، کاهش میزان آب و محتوای نسبی آب پهنک می‌گردد. اما شدت کاهش در محتوای نسبی آب به مراتب کمتر از وزن آب پهنک بود و تقریبا ثابت ماند که این روند در هر دو گونه مشابه بود (جدول‌های ۱ و۲). بین محتوای نسبی آب پهنک با وزن خشک آن و زیست توده همبستگی وجود نداشت. به نظر می‌رسد که برای انجام فعالیت‌های حیاتی گیاه، یک حد آستانه‌ای از آب بافتی مورد نیاز است. به دلیل محدودیت جذب آب در

www.SID.ir

جدول ۱- اثر تنش شوری بر میانگین صفات مورفولوژیک گونه *B. napus*

Table 1. Effect of salt stress on morphological characteristics of *B. napus*

تیمارهای آزمایشی Treatments	تعداد برگ No. leaf	سطح برگ Leaf area ($cm^2.plant^{-1}$)	وزن خشک ($g.plant^{-1}$ DW) دمبرگ Petiole	پهنک Blade	زیست توده Biomass	نسبت وزنی پهنک به زیست توده Blade/Biomass W/W (%)	نسبت آوند آبکش به آوند چوب Phloem/Xylem W/W (%)	میزان آب پهنک Water content of blade ($g.plant^{-1}$)	محتوای نسبی آب پهنک RWC (%)
عدم تنش شوری Control	5.68	242	0.39	0.48	0.87	55.5	41.6	4.68	87.3
تنش شوری Salt stress	5.00	123	0.17	0.27	0.46	60.1	48.0	2.33	82.5
LSD5%	0.26	21.6	0.04	0.05	0.09	2.09	2.54	0.51	2.50
Significant level	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**: Significant at 1% probability level

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲- اثر تنش شوری بر میانگین صفات مورفولوژیک گونه *B. rapa*

Table 2. Effect of salt stress on morphological characteristics of *B. rapa*

تیمار های آزمایشی Treatments	تعداد برگ No. leaf	سطح برگ Leaf area ($cm^2.plant^{-1}$)	وزن خشک ($g.plant^{-1}$ DW) دمبرگ Petiole	پهنک Blade	زیست توده Biomass	نسبت وزنی پهنک به زیست توده Blade/Biomass W/W (%)	نسبت آوند آبکش به آوند چوب Phloem/Xylem W/W (%)	میزان آب پهنک Water content of blade ($g.plant^{-1}$)	محتوای نسبی آب پهنک RWC (%)
عدم تنش شوری Control	6.03	306	0.48	0.57	1.13	51.7	35.9	5.24	84.9
تنش شوری Salt Stress	5.33	152	0.21	0.29	0.51	56.2	42.8	2.81	83.8
LSD5%	0.77	55.9	8.47	0.10	0.20	5.2	5.93	0.10	6.56
Significant level	-	**	**	**	**	-	**	**	-

* and**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام کلزا (*B. napus*)

Table 3. Mean comparison of morphological and physiological characteristics of oilseed rape (*B. napus*) cultivars

ارقام کلزا Rapeseed cultivars	تعداد برگ No. leaf	سطح برگ Leaf area ($cm^2.plant^{-1}$)	وزن خشک: دمبرگ Petiole	وزن خشک: پهنک Blade	وزن خشک: زیست توده Biomass ($g.plant^{-1}$ DW)	آوند آبکش به چوب Phloem /Xylem	کلروفیل a Chlorophyll a	کاروتنوئید Carotenoeid ($mg.g^{-1}$ FW)	سدیم Na^+	پتاسیم K^+ ($mmol.g^{-1}$blade DW)	پتاسیم به سدیم K^+/Na^+
Parade	6.22	207	0.32	0.41	0.74	42.9	2.08	0.56	0.85	0.42	0.57
Hopper	6.00	221	0.37	0.40	0.74	37.1	2.24	0.63	0.85	0.41	0.55
Milena	5.73	145	0.23	0.30	0.54	41.0	2.17	0.55	0.80	0.46	0.68
Boomrang	5.56	147	0.21	0.31	0.53	50.0	2.01	0.51	0.72	0.40	0.66
Hyola401	5.56	173	0.27	0.38	0.67	35.1	1.93	0.45	0.95	0.44	0.51
Zarfam	5.45	218	0.34	0.41	0.77	44.7	2.12	0.58	0.92	0.43	0.52
Valeska	5.39	147	0.20	0.28	0.49	48.7	2.14	0.58	0.80	0.46	0.65
Licord	5.39	164	0.20	0.35	0.56	50.6	2.25	0.61	0.70	0.45	0.72
Claibra	5.17	223	0.31	0.44	0.77	45.1	2.46	0.55	0.76	0.45	0.63
RGS003	5.11	119	0.17	0.23	0.41	40.6	1.72	0.48	0.86	0.37	0.49
SLM046	5.06	188	0.26	0.38	0.65	45.8	1.80	0.54	0.68	0.41	0.68
Sinatra	5.06	168	0.29	0.37	0.67	55.3	2.20	0.59	0.72	0.41	0.67
Option500	5.00	199	0.26	0.38	0.65	38.6	2.25	0.53	0.74	0.44	0.71
Okapi	5.00	175	0.28	0.39	0.68	53.1	2.10	0.60	0.94	0.40	0.47
Wotan	4.70	181	0.27	0.35	0.64	45.3	2.35	0.64	0.66	0.47	0.80
LSD5%	0.71	59.4	0.10	0.13	0.24	7.0	0.34	0.11	0.07	0.05	0.10
Significant Level	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

**: Significant at 1% probability levels

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

Archive of SID

www.SID.ir

شرایط تنش، سیستم حیاتی سلول سعی بر حفظ و نگهداری مقدار آب معینی داشته که این کار از طریق توسعه راهکارهای حفاظتی، بویژه افزایش ضخامت دیواره‌های سلولی و لیگنینی شدن آن‌ها و در نهایت کاهش حجم سلول انجام می‌گیرد. در گونه *napus*، بین میزان آب پهنک با سطح برگ (**۰/۸۹)، وزن پهنک (**۰/۹۱) و زیست توده (**۰/۹۳) همبستگی قابل توجهی مشاهده شد. بر این اساس می‌توان گفت این صفت بیشتر از مورفولوژی گیاه تبعیت می‌کند و واکنش گیاه به تنش محسوب نمی‌شود.

از جمله خصوصیات مورفولوژیک که تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفت، نسبت وزنی آوند آبکش به آوند چوب در محور زیرلپه بود که در شرایط تنش شوری، به طور معنی‌داری در هر دوگونه افزایش یافت (جدول‌های ۱ و۲). در دو صورت این نسبت تغییر می‌کند. اول آن که بافت آوند چوب تحلیل رفته باشد که با توجه به کاهش رشد و نیز کاهش فراهمی آب قابل استفاده در خاک و در نهایت تقاضای کمتر گیاه، توسعه بیشتر این بافت مورد نیاز گیاه نمی‌باشد، دوم آن که بافت آوند آبکش توسعه پیدا کرده باشد که این خصوصیت به عنوان راهکار دفع یون‌های سمی سدیم و کلر از طریق ریشه‌ها و کاهش غلظت آن‌ها در اندام‌های هوایی می‌باشد (Askari, 2007). انتقال یون سدیم به آوند آبکش می‌تواند به پایین نگه داشتن غلظت نمک در بافت‌های برگی کمک کند (Munns, 2005). گیاهان بسیار متحمل به شوری، یون‌های سدیم و کلر را از طریق جریان آوند آبکشی، به مقدار زیادی دفع می‌نمایند (Munns *et al.*, 1988). در گونه *rapa*، بین این نسبت با سطح برگ (*۰/۵۳-) و زیست توده (*۰/۵۷-) همبستگی منفی وجود داشت. بر این اساس می‌توان گفت که در شرایط عدم محدودیت رشد، این نسبت کاهش می‌یابد. اما زمانی که عامل محدود کننده رشد فزونی یابد (در شرایط تنش شوری، غلظت بیش از حد یون‌های سدیم و کلر)، این نسبت نیز افزایش پیدا می‌کند. بین نسبت آوند آبکش به آوند چوب با میزان یون پتاسیم (**۰/۶۸-) و نسبت پتاسیم به سدیم (*۰/۵۲-) نیز همبستگی معنی‌دار و با میزان سدیم همبستگی مثبت ولی غیر معنی‌دار (۰/۴۴) وجود داشت. این موارد تایید کننده انتقال سدیم از اندام‌های هوایی به سمت ریشه‌ها در شرایط تنش شوری می‌باشد. میزان این افزایش در گونه *rapa* بیشتر از گونه *napus* بود (جدول‌های ۱ و۲). اثر متقابل شوری در رقم برای نسبت وزنی آوند آبکش به آوند چوب در گونه *napus* معنی‌دار بود و در تیمار عدم تنش، ارقام Sinatra , Boomrang و SLM046 بیشترین و Option500 Hopper و Hyola401 کمترین مقدار و در شرایط تنش شوری، ارقام Okapi , Licord و Sinatra بیشترین و Hyola401 , Hopper و Milena کمترین رتبه را داشتند (جدول ۴).

همان طور که مشاهده می‌شود، بین ارقام دارای مقادیر زیاد و کم نسبت آوند آبکش به آوند چوب با ارقام پر بازده و کم بازده هیچ رقم مشترکی وجود نداشت. به دلیل این عدم تطابق و نیز عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین زیست توده با این صفت می‌توان گفت به رغم آن که نسبت آوند آبکش به آوند چوب از تنش شوری متاثر شده و ممکن است گیاه کلزا از طریق آن برای دفع عناصر مضر استفاده کند، اما این صفت نمی‌تواند معیاری برای تحمل به شوری و شناسایی ارقام پر بازده در شرایط تنش باشد. عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین این صفت با صفات سطح برگ، وزن خشک پهنک و زیست توده نیز تایید کننده همین مطلب بوده و این صفت، بیشتر وابسته به رقم می‌باشد، اما این صفت می‌تواند از دیدگاه به‌نژادی مورد توجه قرار گیرد. اثر رقم بر سایر صفات مورفولوژیک در هیچکدام از دو گونه معنی‌دار نبود.

صفات فیزیولوژیک

در گونه *napus* اثر تنش شوری بر هیچکدام از رنگدانه‌های گیاهی معنی‌دار نبود، اما اثر رقم بر کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم Claibra بیشترین و رقم RGS003

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام کلزا (*B. napus*) در اثر متقابل تنش شوری×رقم

Table 4. Mean comparison of morphological and physiological characteristics of oilseed rape (*B. napus*) in interaction effect of salt stress×cultivar

ارقام کلزا Rapeseed cultivars	عدم تنش شوری Control				تنش شوری Salt stress			
	نسبت آوند آبکش به آوند چوب Phloem /Xylem W/W (%)	سدیم Na^+ (mmol.g^{-1}blade DW)	پتاسیم به سدیم K^+/Na^+	پرولین Proline (mg.g^{-1} FW)	نسبت آوند آبکش به آوند چوب Phloem /Xylem W/W (%)	سدیم Na^+ (mmol.g^{-1}blade DW)	پتاسیم به سدیم K^+/Na^+	پرولین Proline (mg.g^{-1} FW)
Parade	42.2	0.58	0.80	0.49	43.6	1.12	0.33	1.24
Hopper	36.4	0.62	0.77	0.45	37.7	1.09	0.32	0.41
Milena	43.0	0.54	0.99	0.61	39.0	1.07	0.38	0.75
Boomrang	46.0	0.48	0.98	0.29	53.9	0.95	0.33	0.27
Hyola401	36.8	0.75	0.71	0.20	33.3	1.16	0.30	0.58
Zarfam	38.4	0.73	0.74	0.18	51.1	1.12	0.31	0.04
Valeska	45.0	0.58	0.91	0.35	52.5	1.02	0.39	0.66
Licord	44.3	0.52	0.99	0.99	57.0	0.88	0.44	0.25
Claibra	43.1	0.62	0.83	0.35	47.8	0.91	0.42	0.49
RGS003	37.5	0.62	0.70	0.35	43.8	1.10	0.28	0.92
SLM046	45.9	0.48	0.97	0.24	45.0	0.88	0.39	0.30
Sinatra	54.5	0.51	0.98	0.43	56.1	0.93	0.36	0.40
Option500	32.6	0.50	1.05	0.26	44.6	0.98	0.36	0.18
Okapi	39.2	0.72	0.66	0.41	67.8	1.15	0.27	0.54
Wotan	38.6	0.48	1.11	0.60	52.0	0.83	0.50	0.47
LSD5%	7.2	0.08	0.16	0.45	13.1	0.12	0.07	0.52
Significant Level	*	*	*	*	*	*	*	*

*: Significant at 5% probability level

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

Archive of SID

www.SID.ir

کمترین میزان کلروفیل a را داشتند که این ارقام به ترتیب جزء ارقام پربازده و کم بازده محسوب می‌شوند. با توجه به نقش مستقیم کلروفیل a در میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک، این صفت می‌تواند در ایجاد این اختلاف اثر گذار بوده باشد. وجود همبستگی‌های معنی‌دار بین میزان کلروفیل a و b با وزن پهنک (به ترتیب **۰/۶۳ و **۰/۶۷) و زیست توده (به ترتیب **۰/۶۳ و **۰/۶۲) نشان دهنده نقش رنگدانه‌های کلروفیل در انجام فتوسنتز و تولید ماده خشک و افزایش وزن خشک برگ و زیست توده می‌باشد. همچنین بین کلروفیل b (**۰/۸۹)، کاروتنوئیدها (**۰/۶۳) و آنتوسیانین‌ها (*۰/۵۹) همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد. کلروفیل b و کاروتنوئیدها به عنوان رنگدانه‌های کمکی و حافظتی از کلروفیل a، واقع در فتوسیستم‌های کلروپلاست عمل کرده و در جذب و انتقال انرژی نورانی دریافتی به کلروفیل a نقش موثری دارند. در گونه *B. napus* بین مقدار رنگدانه و میزان پتاسیم (**۰/۶۶) همبستگی معنی‌داری مشاهده شد.

در گونه *rapa*، تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل a و کلروفیل کل شد (جدول۵). اما کلروفیل b، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی واقع نشدند (داده‌ها ارائه نشده‌اند). بین میزان کاروتنوئید و کلروفیل a و b همبستگی‌های مثبت (به ترتیب **۰/۷۶ و **۰/۶۹) وجود داشت. تاثیر پذیری میزان کلروفیل a و کلروفیل کل از تنش شوری در گونه *rapa*، نسبت به گونه *napus* به مراتب بیشتر بود (جدول ۶).

پایداری غشاء از جمله خصوصیات فیزیولوژیک است که تحت تاثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار درصد نشت الکترولیت‌ها از غشاءها در گونه *napus* شد، اما این افزایش در گونه *rapa* معنی‌دار نبود. این صفت در هیچکدام از دو گونه تحت تاثیر رقم قرار نگرفت. تنش‌های محیطی از طریق ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن در داخل سلول، موجب کاهش پایداری غشاء و نشت مواد سیتوپلاسمی از آن شده و افزایش نسبت هدایت الکتریکی قبل به بعد از اتوکلاو را به دنبال دارد. تنها همبستگی پایداری غشاء با زیست توده در گونه *napus* مشاهده شد (*۰/۵۷). توانایی هر چه بیشتر خنثی سازی رادیکال‌های اکسیژن و حفظ پایداری غشاءهای سلولی، باعث حفظ و تداوم فعالیت‌های حیاتی سلول و در نهایت تولید مواد فتوسنتزی بیشتر خواهد شد.

در هر دو گونه، اثر شوری بر میزان یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در پهنک معنی‌دار بود و کاهش میزان پتاسیم، افزایش سدیم و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم را به دنبال داشت (جدول ۵). فراوانی یون سدیم در شرایط تنش شوری و جایگزین شدن آن با یون پتاسیم در سطح کلوئیدها و فاز محلول خاک و در نتیجه جذب بیشتر آن توسط ریشه، سبب افزایش غلظت آن و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی می‌شود. در گونه *napus* تفاوت بین ارقام در میزان یون‌های سدیم و پتاسیم پهنک معنی‌دار بود و ارقام Milena , Wotan و Valeska بیشترین و RGS003 , Boomrang و Okapi کمترین میزان پتاسیم را دارا بودند (جدول ۳). مشاهده می‌شود که کم بازده‌ترین ارقام، هر دو دامنه بیشترین و کمترین میزان پتاسیم را شامل شده‌اند. همین روند در ارتباط با اثر رقم بر میزان یون سدیم نیز مشاهده شد. به نظر می‌رسد که علی‌رغم اثر محیط و میزان شوری خاک بر میزان این یون‌ها در بافت‌های گیاهی، مقدار نهایی غلظت آن‌ها توسط گیاه تعیین می‌گردد.

اما نکته قابل توجه در این آزمایش، میزان کاهش پتاسیم و افزایش سدیم در شرایط تنش نسبت به عدم تنش شوری در هر دو گونه است. در شرایط تنش، میزان پتاسیم پهنک به ترتیب در گونه‌های *napus* و *rapa* به طور میانگین ۲۸ و ۲۱/۱ درصد کاهش یافت،

www.SID.ir

جدول ۵- اثر تنش شوری بر میانگین صفات فیزیولوژیک گونه‌های کلزا

Table 5. Effect of salt stress on physiological characteristics in oilseed rape species

	B. napus		*B. rapa*				
			کلروفیل a Chlorophyll	کلروفیل کل Chlorophyll	سدیم	پتاسیم	
تیمارهای آزمایشی Treatments	نشتی غشاء Electrolyte leakage (%)	پتاسیم K^+ (mmol.g^{-1}bade DW)	a	Total	Na^+	K^+	پتاسیم به سدیم K^+/Na^+
			(mg.g^{-1} FW)		(mmol.g^{-1}blade DW)		
عدم تنش شوری Control	34.9	0.50	2.04	2.77	0.58	0.52	0.92
تنش شوری Salt stress	27.1	0.36	1.75	2.39	1.01	0.40	0.40
LSD5%	2.75	0.02	0.17	0.25	8.47	8.47	0.11
Significant level	**	**	**	**	**	**	**

**: Significant at 1% probability level

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول۶- درصد تغییرات صفات فیزیولوژیک در وضعیت تنش شوری نسبت به عدم تنش در گونه‌های کلزا

Table 6. Variation percentage in physiological characteristics at salt stress compared to control condition in rapeseed species

گونه کلزا	میزان کلروفیل			نسبت کلروفیل a به b	سدیم	پتاسیم	پتاسیم به سدیم	نشتی غشاء	پرولین
Rapeseed species	Chl. a	Chl. b	Total	Chl. a /Chl. b	Na^+	K^+	K^+/Na^+	Electrolyte leakage	Proline
B. napus	-2.5	-2.6	-0.1	1.3	76.0	-28.0	-59.0	29.3	39.8
B. rapa	-13.8	-11.7	-13.1	-2.0	77.4	-21.1	-55.3	13.3	-22.2

Archive of SID

www.SID.ir

در حالی که میانگین افزایش سدیم، حدود ۷۶ و ۷۷/۴ درصد بوده است (جدول ۶). این موضوع نشان می‌دهد که گیاه در مقابل جایگزینی سدیم به جای پتاسیم مقاومت کرده و سعی در حفظ مقدار مشخصی یون پتاسیم برای فعالیت‌های حیاتی خود دارد. همچنین می‌توان استدلال کرد که سدیم، بیشتر به صورت جذب لوکس و کمتر به صورت رقابتی با یون پتاسیم، جذب گیاه می‌شود. همبستگی ضعیف و منفی بین میزان سدیم و پتاسیم پهنک (۰/۲۹-) نیز مؤید این مطلب می‌باشد. البته این امکان وجود دارد که سدیم جایگزین کاتیون‌های دیگری مانند کلسیم و منیزیم شده و جذب آن‌ها را نیز کاهش داده باشد.

در گونه *rapa* بین سطح برگ، وزن پهنک و زیست توده با میزان یون سدیم به ترتیب همبستگی‌های **۰/۶۸-، **۰/۷۱- و **۰/۶۸- و با یون پتاسیم همبستگی‌های **۰/۵۷، *۰/۵۲ و **۰/۶۱ وجود داشت. این موضوع نشان دهنده سمیت سدیم و نقش مثبت پتاسیم در بهبود رشد گیاه است. بین کلروفیل a با میزان سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم به ترتیب همبستگی **۰/۵۷- و *۰/۵۰ وجود داشت. مجموعه این ضرایب همبستگی نشان دهنده تاثیر منفی سدیم بر پیکر بندی گیاه و رشد رویشی آن در گونه *B. rapa* می‌باشد که این اثر از طریق کاهش قدرت تولید گیاه و توانایی فتوسنتز آن اعمال می‌گردد. در نقطه مقابل آن، یون پتاسیم قرار دارد. اما با توجه به میزان معنی‌داری و بزرگ‌تر بودن ضرایب همبستگی، این گونه استدلال می‌شود که واکنش گیاه نسبت به سدیم، بیشتر از پتاسیم است.

اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر نسبت پتاسیم به سدیم در گونه *napus* معنی‌دار بود. به طوری که در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش، ارقام Wotan و Licord بیشترین و ارقام Hyola401, RGS003, Okapi Hopper, Zarfam و Parade کمترین میزان نسبت پتاسیم به سدیم را داشتند (جدول ۴). این عدم تغییر ارقام می‌تواند نشان دهنده تمایل گیاه به حفظ ثبات وضعیت تعادل کاتیونی داخلی ، به ویژه ثبات میزان پتاسیم گیاه باشد، به نحوی که علی رغم افزایش میزان سدیم، مقدار پتاسیم در گیاه حفظ شده و این موضوع باعث عدم بوجود آمدن واکنش‌های بسیار متغیر در بین ارقام گردیده است.

هیچکدام از دو مقدار پرولین پهنک، در هیچ کدام از دو گونه، تحت تاثیر تنش شوری قرار نگرفت. اما اثر رقم و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر آن تنها در گونه *napus* معنی‌دار بود. در شرایط عدم تنش، بیشترین میزان پرولین به ارقام Milena, Licord و Wotan و کمترین آن به رقم Zarfam تعلق داشت، ولی در شرایط تنش، بیشترین مقدار پرولین به رقم Parade و بعد از آن رقم‌های Milena, RGS003 و Valeska و کمترین مقدار نیز به Zarfam اختصاص داشت (جدول ۴). تنوع موجود حاکی از آن است که میزان پرولین در ارقام کم بازده بر اثر تنش شوری افزایش می‌یابد، اما در ارقام پر بازده از روند خاصی تبعیت نمی‌کند. با توجه به این که اثر اصلی تنش شوری بر این صفت معنی‌دار نبود، می‌توان نتیجه گرفت که تجمع پرولین در گیاه بر اثر تنش شوری، یک واکنش محسوب شده و در این ارتباط، رقم تاثیر به مراتب بیشتری نسبت به محیط بر آن دارد. در نتیجه میزان پرولین نمی‌تواند به عنوان معیاری برای تحمل به تنش شوری مورد توجه قرار گیرد. نتایج این آزمایش نشان داد که حساسیت و میزان واکنش به تنش شوری در گونه *napus* کمتر از گونه *rapa* می‌باشد. تحمل بیشتر گونه *napus* می‌تواند با ژنوم آن (که علاوه بر ژنوم *B. oleracea*، دارای ژنوم گونه *rapa* نیز می‌باشد) مرتبط باشد. البته به دلیل کم بودن تعداد ارقام گونه *rapa*، این موضوع نیاز به بررسی بیشتر دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

References **منابع مورد استفاده**

Ahmadi, A., P. Ehsanzadeh, and F. Jabbari, 2007. Introduction to Plant Physiology. University of Tehran Press. (In Persian).

Azizi M., A. Soltani and S. Khavari-Khorasani. 1999. Oilseed rape, Physiology, Agronomy, Breeding and Biotechnology. Jihad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).

Ali Y., Z. Aslam, M. Y. Ashraf and G. R. Tahir. 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield component of rice genotypes grown under saline environment. Int. J. Environ. Sci. Technol. 1(3): 221- 225.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol., 24: 1-150.

Ashraf, M. 2004. Some important physiological criteria for salt tolerance in plants. Flora, 199: 361-376.

Ashraf. M. and T. McNeilly. 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Crit. Rev. Plant Sci. 23(2): 157-174.

Askari H. 2007. Molecular analysis of salt responsiveness of *Suaeda aegiptiaca*. Ph.D. Thesis in Agronomy. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).

Dadashi, M. R., I. Majidi Heravan, A. Soltani and A. A. Noori nia. 2007. Evaluation of different genotypes of barley to salinity salt stress. J. Agric. Sci., Islamic Azad University. 13(1): 181-190. (In Persian with English abstract).

Enferad, A., K. Poustini, N. Majnoon Hosseini and A. A. Khajeh-Ahmad-Attari. 2004. Physiological responses of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties to salinity. J. Sci. Tech. Agric. Natur. Resour. 7(4):103-113. (In Persian with English abstract).

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. Pak. J. Bot. 41(2): 633- 638.

Krizek, D. T., G. F. Kramer, A. Upadhyaya and R. M. Mirecki. 1993. UV-B Response of cucumber seedling grown under metal halid and high pressure sodium/deluxe lamps. Physiol. Plant. 88: 350-358.

Lutts S., J. M. Kinet and J. Bouharmont. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance, J. Exp. Bot. 46: 1843 – 1852.

Mirmohammady Meibody, S. A. M. and Ghareyazie, B. 2002. Physiological aspects and breeding for salinity stress in plants. Isfahan University Press. (In Persian).

Munns R. and A. Termaat. 1986. Whole-plant respose to salinity. Aust. J. Plant Physiol. 13: 60-140.

Munns, R. 2005. Gene and salt tolerance: bringing them together. New Phytol. 167: 645-663.

Munns, R., M. L. Tonnet, C. Shennon and P. A . Gardner. 1988. Effect of high external NaCl concentration on ion transport within the shoot of *Lupinus albus*. II. Ions in phloem sap. Plant Cell Environ. 25: 235-250.

Poustini, K, A. Siosemardeh and M. Ranjbar. 2007. Proline accumulation as response to salt stress in 30

Archive of SID

www.SID.ir

wheat (*T. aestivum*) cultivars. Genet. Resour. Crop Evol. 54: 925-934.

Rameeh, S., A. Rezai and G. Saeidi. 2004. Study of salinity tolerance in rapeseed. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 35(19& 20): 2849-2866.

Schonfeld, M. A., R. C. Johnson, B. F. Carver and D. W. Marhinweg, 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indication. Crop Sci. 28: 526-531.

Summart J., P. Thanonkeo, S. Panichajakul, P. Prathepha and M. T. Mc Manse. 2010. Effect of salt sress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Kaho Dawk Mail 105, Callus Culture, 9(2): 145- 152.

Telesinski, A., J. Nowak, B. Smolik, A. Dubowska and N. Skrzyiec. 2008. Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean plants. J. Elemental. 13: 401-409.

Turan M. A., A. H. A. Elkiram, N. Taban and S. Tban. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations in maize plant. Afr. J. Agric. Res. 4(9): 893- 897.

Viera Santos C. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Scientia Horticulturae, 103(1): 93-99.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica napus* and *B. rapa*)

Azari, A[1]. S. A. M. Modares Sanavi[2], H. Askari[3], F. Ghanati[4], A. M. Naji[5] and B. Alizadeh[6]

ABSTRACT

Azari,A. S. A. M. Modares Sanavi, H. Askari, F. Ghanati, A.M. Naji and B. Alizadeh. 2012. Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica napus* and *B. rapa*). **Iranian Journal of Crop Sciences. 14(2):121-135. (In Persian).**

To study the effect of salt stress on morphological and physiological traits of different *Brassica* species a greenhouse experiment was conducted in Tarbiat Modares University. Eighteen rapeseed cultivars (fifteen cultivars of *B. napus* and three cultivars of *B. rapa)*, and two levels of soil salinity (2 and 12 $dS.m^{-1}$) were experimented as factorial arrangement in randomized complete block design with three replications. The total experiment duration was 50 days (time from planting to the end of rosette stage). Results showed that salt stress reduced number of leaf, leaf area, weight of petiole, blade and biomass. However salt increased the water content and relative water content of leaf, but the ratios of blade to petiole weight and phloem to xylem weight. The lowest variation was observed in the relative water content of leaf, whereas the highest variation was in biomass and leaf water content. There was no significant correlation between biomass and number of leaf. Biomass was significantly correlated with the blade area and weight. Salinity decreased the total and $chlorophyll_a$ and $chlorophyll_b$ contents, potassium (K^+), ratio of potassium to sodium ($K: Na^+$) in blade and membrane integrity. Salinity increased the concentration of Na^+ in blade. Increase in the concentration of Na^+ was higher than decrease in the concentration of K^+ in blade. Salt stress had no effect on a/b chlorophyll and other plant pigments such as carotenoid, antocyanine and flavonoids. The concentration of proline increased in *B. napus* and decreased in *B. rapa* with increasing salinity. No significant correlation was found between proline and biomass in both species. Results of this study demonstrated that *B. napus* coped better with salt stress than *B. rapa* in early stages of growth which can be attributed to the amphidiploidy of *B. napus*.

Key words: ***Brassica napus***, ***Brassica rapa***, Morphology, Physiology, Rapeseed and Salt stress.

Received: December, 2010 Accepted: September, 2011

1- PhD. Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Professor, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding author) (Email: modaresa@modares.ac.ir)
3- Assistant Prof., Shahid Behshti University, Tehran, Iran
4- Associate Prof., Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
5- Assistant Prof., Shahed University, Tehran, Iran
6- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

Archive of SID
www.SID.ir