

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 علی محمد مدرس ثانوی^۲، حسین عسکری^۳، فائزه قناتی^۴، امیر محمد 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. ۱۴(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 ۳۶ 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 پروکلین در گونه *napus* شد، ولی در گونه *rapa* کاهش یافت. بین میزان پروکلین 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 rapa* و *Brassica napus*.

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
- ۴- دانشیار دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۵- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد
- ۶- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

مقدمه

اصلاح ارقام مقاوم به شوری، یکی از مهم ترین روش های موثر در بهره برداری از خاک و آب شور به منظور افزایش عملکرد محسوب می شود (Mirmohammady Meibody and Ghareyazie, 2002). انتخاب ژنوتیپ های متحمل به تنش به دو روش مستقیم (اندازه گیری عملکرد) و غیر مستقیم (اندازه گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با تحمل تنش) انجام می شود (Dadashi et al., 2007)، بنابراین شناخت ساز و کارهای تحمل به شوری ضروری به نظر می رسد. 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 می شود (Khan et al., 2009). هنگامی که گیاه در شرایط شور رشد می کند، فعالیت فتوسنتزی آن کاهش یافته و در نتیجه میزان رشد، سطح برگ و محتوای کلروفیل کاهش و فلورسانس کلروفیل افزایش می یابد (Viera Santos, 2004). سدیم غالب ترین کاتیون موجود در محلول خاک و آب مناطق شور است (Munns and Termaat, 1986). تنش شوری اثر فزاینده ای بر تجمع سدیم و کلر در گیاه دارد (Turan et al., 2009). بسیاری از گیاهان زراعی حساسیت قابل ملاحظه ای 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 آنزیم ها و متابولیسم سلول و نیز ایجاد سمیت باز دارند است. فراوانی سدیم در خاک باعث لطمه به جذب پتاسیم توسط گیاه می شود (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 مهم ترین جنبه های تحمل به شوری شناخته می شود. ارقام متحمل به شوری گونه های زراعی، نسبت پتاسیم به سدیم بالایی را نشان

می دهند (Summart et al., 2010). ساز و کار جذبی که بین یون های مشابه، نظیر سدیم و پتاسیم تمایز قائل می شود، می تواند یک شاخص انتخاب مفید برای گزینش ارقام متحمل در برنامه های اصلاحی به منظور بهبود و جذب موثر عناصر غذایی باشد (Khan et al., 2009). تنش شوری سبب تولید گونه های فعال اکسیژن می شود که نشت از غشاهای 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 گونه های 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 می باشد (Azizi et al., 1999).

علی رغم این که گیاهان در میزان تحمل به شوری متفاوت می باشند، اما در نهایت شوری سبب کاهش رشد آن ها خواهد شد. این کاهش به طور عمده در ارتباط با افت ظرفیت فتوسنتزی بوده که خود می تواند معلول کاهش در محتوای کلروفیل باشد (Viera Santos 2004). مهم ترین علت این موضوع، به ویژه در شرایط تنش شدید، کاهش فعالیت آنزیم های موثر در سنتز کلروفیل (ALA-دهیدروناز) و تولید آن می باشد (Vieira Santos, 2004).

کلروپلاست ها حاوی رنگدانه کلروفیل و مقادیر زیادی از کاروتن ها و زانتوفیل ها می باشند. کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه های نارنجی و زرد هستند که محلول در چربی بوده و در غشاء تیلاکوئیدهای کلروپلاست یافت می شوند. وظیفه این رنگدانه ها جمع آوری انرژی و محافظت نوری از مولکول کلروفیل می باشد. (Ahmadi et al., 2007). کاروتنوئیدها جزء آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی نیز محسوب می شوند (Telesinski et al., 2008).

تجمع پرولین در شرایط تنش شوری، بیش از سایر

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, SLM046 GS003, Option500, Sinatra, Okapi و ۳ رقم از گونه *B. rapa* با اسامی CVRoby, Wotan, 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

اسیدهای آمینه صورت می‌گیرد که می‌تواند در تنظیم اسمزی و احتمالاً حفظ فعالیت آنزیمی گیاه نقش داشته باشد (Ashraf, 2004). اشرف و مک‌نیللی (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 رامنه 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.

اندازه گیری میزان نشت الکترولیتی آن‌ها استفاده شد. به این منظور، ۱۰ عدد دیسک برگی به قطر ۵/۰ سانتی متر از جوان‌ترین برگ بالغ تهیه و بلافاصله 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، مجدداً هدایت الکتریکی محلول (C_2) اندازه گیری شد. میزان نشت الکترولیت از غشاهای بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Letts et al., 1995).

$$(1) \quad 100 \times (C_1/C_2) = \text{نشت الکترولیت از غشاء (درصد)}$$

برای تعیین محتوای نسبی آب برگ، از جوان‌ترین برگ بالغ در هر بوته، تعداد ۱۰ عدد دیسک برگی با قطر ۵/۰ 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 سانتی گراد 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

آزمایشگاه، اندازه گیری صفات مورفولوژیک روی آن‌ها انجام و پس از آن، جهت تعیین زیست توده، در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد 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 نمونه برگی 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 ($\epsilon = 33000 \text{ mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$) 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 ($\epsilon = 33000 \text{ mol}^{-2} \text{cm}^{-1}$) انجام شد.

به منظور تعیین پایداری غشاء سلولی در برگ، از

جداگانه برای هر گونه مورد بررسی قرار گرفت.

صفات مورفولوژیک

در گونه *napus*، تنش شوری اثر معنی داری بر صفات تعداد برگ، سطح برگ، وزن دم برگ، پهنک و زیست توده داشت و باعث کاهش آن ها شد (جدول ۱). در گونه *rapa*، اثر شوری بر تعداد برگ معنی دار نبود، اما تنش شوری کاهش معنی دار سطح برگ، وزن دم برگ، پهنک و زیست توده را به همراه داشت (جدول ۲). به نظر می رسد 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 معنی دار نبود (داده ها ارائه نشده اند).

سهم وزن خشک پهنک از زیست توده گیاه چه در شرایط تنش و چه عدم تنش شوری، به مراتب بیشتر از دم برگ می باشد. ولی تنش شوری باعث افزایش سهم پهنک از کل زیست توده گردید که این افزایش تنها در گونه *napus* معنی دار بود (جدول های ۱ و ۲). به نظر می رسد که در شرایط تنش، گیاه کلزا سطح پهنک بیشتری جهت انجام فتوسنتز مناسب با حداقل هزینه (عدم ایجاد برگ جدید) تولید می کند. همچنین به دلیل کاهش سطح برگ در اثر تنش شوری و کم بودن میزان سایه اندازی برگ ها روی یکدیگر، گیاه نیازی به رشد بیشتر دم برگ و ایجاد فاصله بین پهنک های متوالی ندارد.

زیست توده با تعداد برگ، همبستگی خاصی نداشت، اما با سطح برگ همبستگی مثبت و معنی داری ($0/68^{**}$) نشان داد. به نظر می رسد که در شرایط تنش علیرغم کمتر بودن تعداد برگ ها، تولیدات فتوسنتزی گیاه افزایش یافته و به عبارت دیگر سطح برگ های موثر بیشتر می شود. میزان کاهش وزن دم برگ بر اثر تنش شوری بیشتر از کاهش وزن پهنک بود (جدول های ۱ و ۲). همچنین زیست توده، همبستگی بیشتری با وزن پهنک ($0/87^{**}$) نسبت به وزن دم برگ ($0/76^{**}$) داشت.

اثر رقم بر صفات تعداد و سطح برگ، وزن دم برگ، پهنک و زیست توده در گونه *napus* معنی دار بود. از نظر هر سه صفت، ارقام Hopper Parade , Zarfam و Claibra در بالاترین سطح و ارقام Milena , Valeska, Boomrang و RGS003 در پایین ترین سطح قرار داشتند که می توان آن ها 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 معنی دار بود و باعث کاهش آن گردید، اما روند کاهشی محتوای نسبی آب پهنک تنها در گونه *napus* معنی دار 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 می گردد. اما شدت کاهش در محتوای نسبی آب به مراتب کمتر از وزن آب پهنک بود و تقریباً ثابت ماند که این روند در هر دو گونه مشابه بود (جدول های ۱ و ۲). بین محتوای نسبی آب پهنک با وزن خشک آن و زیست توده همبستگی وجود نداشت. به نظر می رسد که برای انجام فعالیت های حیاتی گیاه، یک حد آستانه ای از آب بافتی مورد نیاز است. به دلیل محدودیت جذب آب در

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			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 (%)
			دمبرگ Petiole	پهنک Blade	زیست توده Biomass				
			(g.plant ⁻¹ DW)						
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

** : معنی دار 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*

تیمارهای آزمایشی Treatments	تعداد برگ No. leaf	سطح برگ Leaf area (cm ² .plant ⁻¹)	وزن خشک			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 (%)
			دمبرگ Petiole	پهنک Blade	زیست توده Biomass				
			(g.plant ⁻¹ DW)						
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 معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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			آوند آبکش به چوب Phloem /Xylem	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)	کاروتنوئید Carotenoid (mmol.g ⁻¹ blade DW)	سدیم Na ⁺ (mmol.g ⁻¹ blade DW)	پتاسیم K ⁺ (mmol.g ⁻¹ blade DW)	پتاسیم به سدیم K ⁺ /Na ⁺
			دمبرگ Petiole	پهنک Blade	زیست توده Biomass (g.plant ⁻¹ DW)						
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

یون پتاسیم ($^{**}0/68$) و نسبت پتاسیم به سدیم ($^{**}0/52$) نیز همبستگی معنی دار و با میزان سدیم همبستگی مثبت ولی غیر معنی دار ($0/44$) وجود داشت. این موارد تایید کننده انتقال سدیم از اندام های هوایی به سمت ریشه ها در شرایط تنش شوری می باشد. میزان این افزایش در گونه *rapa* بیشتر از گونه *napus* بود (جدول های ۱ و ۲). اثر متقابل شوری در رقم برای نسبت وزنی آوند آبکش به آوند چوب در گونه *napus* معنی دار بود و در تیمار عدم تنش، ارقام Option500 و Boomrang، Sinatra و SLM046 بیشترین و Hyola401 و Hopper کمترین مقدار و در شرایط تنش شوری، ارقام Okapi، Licord و Sinatra بیشترین و Hyola401 و Hopper کمترین رتبه را داشتند (جدول ۴).

همان طور که مشاهده می شود، 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 معنی دار بین زیست توده با این صفت می توان 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 نمی تواند معیاری برای تحمل به شوری و شناسایی ارقام پر بازده در شرایط تنش باشد. عدم وجود همبستگی معنی دار 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 می باشد، اما این صفت می تواند از دیدگاه به نژادی مورد توجه قرار گیرد. اثر رقم بر سایر صفات مورفولوژیک در هیچکدام از دو گونه معنی دار نبود.

صفات فیزیولوژیک

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

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 دیواره های سلولی و لیگنینی شدن آن ها و در نهایت کاهش حجم سلول انجام می گیرد. در گونه *napus* بین میزان آب پهنک با سطح برگ ($^{**}0/89$)، وزن پهنک ($^{**}0/91$) و زیست توده ($^{**}0/93$) همبستگی قابل توجهی مشاهده شد. بر این اساس می توان گفت این صفت بیشتر از مورفولوژی گیاه تبعیت می کند و واکنش گیاه به تنش محسوب نمی شود.

از جمله خصوصیات مورفولوژیک که تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفت، نسبت وزنی آوند آبکش به آوند چوب در محور زیرپه بود که در شرایط تنش شوری، به طور معنی داری در هر دو گونه افزایش یافت (جدول های ۱ و ۲). در دو صورت این نسبت تغییر می کند. 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 نمی باشد، دوم آن که بافت آوند آبکش توسعه پیدا کرده باشد که این خصوصیت به عنوان راهکار دفع یون های سمی سدیم و کلر از طریق ریشه ها و کاهش غلظت آن ها در اندام های هوایی می باشد (Askari, 2007). انتقال یون سدیم به آوند آبکش می تواند به پایین نگه داشتن غلظت نمک در بافت های برگ کی کمک کند (Munns, 2005). گیاهان بسیار متحمل به شوری، یون های سدیم و کلر را از طریق جریان آوند آبکشی، به مقدار زیادی دفع می نمایند (Munns et al., 1988). در گونه *rapa* بین این نسبت با سطح برگ ($^{**}0/53$) و زیست توده ($^{**}0/57$) همبستگی منفی وجود داشت. بر این اساس می توان گفت که در شرایط عدم محدودیت رشد، این نسبت کاهش می یابد. اما زمانی که عامل محدود کننده رشد فزونی یابد (در شرایط تنش شوری، غلظت بیش از حد یون های سدیم و کلر)، این نسبت نیز افزایش پیدا می کند. بین نسبت آوند آبکش به آوند چوب با میزان

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	سدیم Na ⁺	پتاسیم به سدیم K ⁺ /Na ⁺	پرولین Proline	نسبت آوند آبکش به آوند چوب Phloem /Xylem	سدیم Na ⁺	پتاسیم به سدیم K ⁺ /Na ⁺	پرولین Proline
	W/W (%)	(mmol.g ⁻¹ blade DW)		(mg.g ⁻¹ FW)	W/W (%)	(mmol.g ⁻¹ blade DW)		(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

*: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

کمترین میزان کلروفیل a را داشتند که این ارقام به ترتیب جزء ارقام پربازده و کم بازده محسوب می شوند. با توجه به نقش مستقیم کلروفیل a در میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک، این صفت می تواند در ایجاد این اختلاف اثر گذار بوده باشد. وجود همبستگی های معنی دار بین میزان کلروفیل a و b با وزن پهنک (به ترتیب $0/63^{**}$ و $0/67^{**}$) و زیست توده (به ترتیب $0/63^{**}$ و $0/62^{**}$) نشان دهنده نقش رنگدانه های کلروفیل در انجام فتوسنتز و تولید ماده خشک و افزایش وزن خشک برگ و زیست توده می باشد. همچنین بین کلروفیل b ($0/89^{**}$)، کاروتنوئیدها ($0/63^{**}$) و آنتوسیانین ها ($0/59^{**}$) همبستگی مثبت معنی داری مشاهده شد. کلروفیل b و کاروتنوئیدها به عنوان رنگدانه های کمکی و حافظتی از کلروفیل a، واقع در فتوسیستم های 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 ($0/66^{**}$) همبستگی معنی داری مشاهده شد.

در گونه *rapa* تنش شوری باعث کاهش معنی دار کلروفیل a و کلروفیل کل شد (جدول ۵). اما کلروفیل b، فلاونوئیدها و آنتوسیانین ها تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی واقع نشدند (داده ها ارائه نشده اند). بین میزان کاروتنوئید و کلروفیل a و b همبستگی های مثبت (به ترتیب $0/76^{**}$ و $0/69^{**}$) 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 تنش های محیطی قرار می گیرد. تنش شوری باعث افزایش معنی دار درصد نشت الکتروولت ها از غشاءها در گونه *napus* شد، اما این افزایش در گونه *rapa* معنی دار نبود. این صفت در هیچکدام از دو گونه تحت تاثیر رقم قرار نگرفت. تنش های محیطی از طریق ایجاد رادیکال های 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 ($0/57^{**}$). توانایی هر چه بیشتر خنثی سازی رادیکال های اکسیژن و حفظ پایداری غشاءهای سلولی، باعث حفظ و تداوم فعالیت های حیاتی سلول و در نهایت تولید مواد فتوسنتزی بیشتر خواهد شد.

در هر دو گونه، اثر شوری بر میزان یون های سدیم و پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در پهنک معنی دار 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 کلونیدها و فاز محلول خاک و در نتیجه جذب بیشتر آن توسط ریشه، سبب افزایش غلظت آن و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در بافت های گیاهی می شود. در گونه *napus* تفاوت بین ارقام در میزان یون های سدیم و پتاسیم پهنک معنی دار بود و ارقام Milena، Wotan و Valeska بیشترین و RGS003، Boomrang و Okapi کمترین میزان پتاسیم را دارا بودند (جدول ۳). مشاهده می شود که کم بازده ترین ارقام، هر دو دامنه بیشترین و کمترین میزان پتاسیم را شامل شده اند. همین روند در ارتباط با اثر رقم بر میزان یون سدیم نیز مشاهده شد. به نظر می رسد که علی رغم اثر محیط و میزان شوری خاک بر میزان این یون ها در بافت های گیاهی، مقدار نهایی غلظت آن ها توسط گیاه تعیین می گردد.

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 گونه های *napus* و *rapa* به طور میانگین ۲۸ و ۲۱/۱ درصد کاهش یافت،

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

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

تیمارهای آزمایشی Treatments	<i>B. napus</i>		<i>B. rapa</i>				
	نشتی غشاء Electrolyte leakage (%)	پتاسیم K ⁺ (mmol.g ⁻¹ bade DW)	کلروفیل کل Chlorophyll		سدیم Na ⁺ (mmol.g ⁻¹ blade DW)	پتاسیم K ⁺ (mmol.g ⁻¹ blade DW)	پتاسیم به سدیم K ⁺ /Na ⁺
			a	Total			
			(mg.g ⁻¹ FW)				
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

** : معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۶- 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 Rapeseed species	میزان کلروفیل			نسبت کلروفیل a به b Chl. a /Chl. b	سدیم Na^+	پتاسیم K^+	پتاسیم به سدیم K^+/Na^+	نشتی غشاء Electrolyte leakage	پرولین Proline
	Chl. a	Chl. b	Total						
<i>B. napus</i>	-2.5	-2.6	-0.1	1.3	76.0	-28.0	-59.0	29.3	39.8
<i>B. rapa</i>	-13.8	-11.7	-13.1	-2.0	77.4	-21.1	-55.3	13.3	-22.2

Hopper, Zarfam و Parade کمترین میزان نسبت پتاسیم به سدیم را داشتند (جدول ۴). این عدم تغییر ارقام می تواند 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 واکنش های 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* معنی دار بود. در شرایط عدم تنش، بیشترین میزان پرولین به ارقام Wotan و Milena, Licord و کمترین آن به رقم Zarfam تعلق داشت، ولی در شرایط تنش، بیشترین مقدار پرولین به رقم Parade و بعد از آن رقم های Valeska و Milena, RGS003 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 می یابد، اما در ارقام پر بازده از روند خاصی تبعیت نمی کند. با توجه به این که اثر اصلی تنش شوری بر این صفت معنی دار نبود، می توان 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 نمی تواند 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* می باشد. تحمل بیشتر گونه *napus* می تواند با ژنوم آن (که علاوه بر ژنوم *B. oleracea*، دارای ژنوم گونه *rapa* نیز می باشد) مرتبط باشد. البته به دلیل کم بودن تعداد ارقام گونه *rapa* این موضوع نیاز به بررسی بیشتر دارد.

در حالی که میانگین افزایش سدیم، حدود ۷۶ و ۷۷/۴ درصد بوده است (جدول ۶). این موضوع نشان می دهد که گیاه در مقابل جایگزینی سدیم به جای پتاسیم مقاومت کرده و سعی در حفظ مقدار مشخصی یون پتاسیم برای فعالیت های حیاتی خود دارد. همچنین می توان استدلال کرد که سدیم، بیشتر به صورت جذب لوکس و کمتر به صورت رقابتی با یون پتاسیم، جذب گیاه می شود. همبستگی ضعیف و منفی بین میزان سدیم و پتاسیم پهنک (-0.29) نیز مؤید این مطلب می باشد. البته این امکان وجود دارد که سدیم جایگزین کاتیون های دیگری مانند کلسیم و منیزیم شده و جذب آن ها را نیز کاهش داده باشد.

در گونه *rapa* بین سطح برگ، وزن پهنک و زیست توده با میزان یون سدیم به ترتیب همبستگی های -0.68^{**} ، -0.71^{**} و -0.68^{**} و با یون پتاسیم همبستگی های 0.57^{**} ، 0.52^{**} و 0.61^{**} 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 -0.57^{**} و 0.50^{**} وجود داشت. مجموعه این ضرایب همبستگی نشان دهنده تاثیر منفی سدیم بر پیکر بندی گیاه و رشد رویشی آن در گونه *B. rapa* می باشد که این اثر از طریق کاهش قدرت تولید گیاه و توانایی فتوسنتز آن اعمال می گردد. در نقطه مقابل آن، یون پتاسیم قرار دارد. اما با توجه به میزان معنی داری و بزرگ تر بودن ضرایب همبستگی، این گونه استدلال می شود که واکنش گیاه نسبت به سدیم، بیشتر از پتاسیم است.

اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر نسبت پتاسیم به سدیم در گونه *napus* معنی دار بود. به طوری که در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش، ارقام Wotan و Licord بیشترین و ارقام Hyola401, RGS003, Okapi

References

- 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. Polyphenoloxidase 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 aegyptiaca*. 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 response 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

- 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 stress 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.

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

Azari, A¹. S. A. M. Modares Sanavi², H. Askari³, F. Ghanati⁴, A. M. Naji⁵ and B. Alizadeh⁶

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