Archive of SID

# رابطه بین تجمع ترکیبات نیتروژن‌دار و قندها، و تحمل به تنش شوری در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.)

وحید اطلسی پاک[1]*، مجید نبی‌پور[2] و موسی مسکرباشی[3]

۱*- **نویسنده مسئول:** استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور (V.atlassi@gmail.com)

۲- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸

## چکیده

**تنش‌های غیرزیستی نظیر شوری سبب افزایش ترکیبات نیتروژن‌دار مانند پرولین و پروتئین‌های محلول در گیاه می‌گردد. به‌منظور بررسی نقش این ترکیبات در تحمل به شوری، آزمایشی روی گیاه کلزا به صورت کنترل شده و در شرایط هیدروپونیک در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۰ اجرا گردید. شوری به عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر کلرید سدیم در نظر گرفته شد و سه رقم کلزا شامل MHA4921، MHA4026 و Hyola401 سطوح عامل فرعی را تشکیل دادند. شوری باعث کاهش معنی‌داری در ماده خشک ریشه، ماده خشک شاخساره و نیترات شاخساره گردید. نتایج نشان داد که افزایش شوری باعث افزایش پرولین و پروتئین‌های محلول در همه ارقام شد، اما این افزایش در MHA4026 (حساس به شوری) در بالاترین سطح شوری بیشتر از دو رقم دیگر (ارقام متحمل) بود. مقدار قندهای محلول در شاخساره در هر سه رقم با افزایش شوری افزایش یافت، اما این افزایش در ارقام متحمل بیشتر از رقم حساس بود. نسبت قندهای محلول در شاخساره به ریشه در ارقام متحمل بیشتر بود، اما این اختلاف بین MHA4026 و Hyola401 غیرمعنی‌دار شد. نتایج نشان داد که تجمع پرولین تحت شرایط شوری ملاک تحمل به شوری نبوده بلکه نشانه‌ای از میزان خسارت در ارقام مورد مطالعه می‌باشد.**

***کلید واژه‌ها: پرولین، پروتئین‌های محلول، تحمل به شوری، ترکیبات نیتروژن‌دار، قندهای محلول، کلزا.***

## مقدمه

یکی از شیوه‌های درک اساس مولکولی مقاومت به شوری شناسایی و تعیین پروتئین‌هایی است که تحت تنش شوری تولید می‌شود (Mohamed, 2005). پروتئین‌های متعددی در ارتباط با تنش شوری در گونه‌های مختلف گیاهی مورد شناسایی قرار گرفته است. این پروتئین‌ها ممکن است در گیاه سنتز شوند و یا این‌که ممکن است در غلظت‌های پایین در گیاه وجود داشته باشند و با شروع تنش مقدار آن‌ها افزایش یابد (Ashraf and Naqvi, 1992). برخی پروتئین‌های تولید شده در اثر تنش شوری می‌توانند به‌عنوان شاخصی در تعیین میزان تنش شوری به کار روند (Parida and Das, 2000). پروتئین‌های تولید شده تحت تنش شوری در گیاهان ممکن است به‌عنوان منبعی از نیتروژن بعد از اتمام تنش مورد استفاده گیاه قرار گیرند (Singh *et al.*, 1987). در برخی مطالعات تحمل به شوری در گیاهان با

www.SID.ir

Archive of SID



مقدار پروتئین تولید شده تحت تنش شوری مرتبط بوده است (Ericson and Alfinito, 1987؛ Kosova *et al.*, 2013) اما در برخی تحقیقات چنین ارتباطی مشاهده نمی‌شود، بنابراین استفاده از پروتئین به‌عنوان ملاکی جهت تحمل به شوری بستگی به گونه گیاهی و رقم مورد نظر دارد (Ashraf and Naqvi, 1992). پرولین یک آمینواسید بوده که در گیاهان آلی در واکنش به تنش‌های محیطی در گیاه تولید شده و تجمع می‌یابد. علاوه بر نقش آن در تنظیم اسمزی و در ثبات ساختار سلولی (غشاءها و پروتئین‌ها)، به عنوان زداینده رادیکال‌های آزاد تحت تنش شوری نیز می‌تواند عمل کند (Murata *et al.*, 2009؛ Zhani *et al.*, 2012). علی‌رغم این‌که پرولین به لحاظ اسمزی در کاهش اثرات تنش شوری نقش مهمی در گیاه ایفا می‌کند، تجمع آن شاخص فیزیولوژیک مهمی در واکنش گیاه به تنش شوری محسوب می‌شود (Stoeva, and Kaymakanova, 2008). محققین گزارش کرده‌اند که پرولین باعث کاهش اثرات مضر شوری بر غشاء سلول در گیاه می‌شود (Huang *et al.*, 2013؛ Murata *et al.*, 2009). پرولین می‌تواند به عنوان منبعی از کربن، نیتروژن و انرژی، بعد از اتمام تنش مورد استفاده گیاه قرار گیرد (Ghars *et al.*, 2011). با این حال هنوز نقش پرولین در تحمل به شوری مورد سوال است (Murata *et al.*, 2009؛ Ghars *et al.*, 2011؛ Huang *et al.*, 2013). تنظیم اسمزی در گیاهانی که تحت تنش شوری قرار دارند به مقدار زیادی بستگی به قندهای محلول دارد (Bai *et al.*, 2013) و در گلیکوفیت‌ها بیش از ۵۰ درصد حفظ تنظیم اسمزی تحت تنش شوری مربوط به تولید قندهای محلول می‌باشد (Ashraf *et al.*, 2001). به عقیده برخی محققین در طول دوره تنش، قندها به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های مقاومت عمل می‌کنند (Kerepesi and Galiba 2000؛ Shi *et al.*, 2010). مطالعات بر روی نقش قندها در سازگاری گونه‌های براسیکا به تنش شوری کمتر از آن است که بتوان این ترکیبات را مرتبط با تحمل به شوری قلمداد کرد. پژوهش زیادی لازم است تا بتوان نقش واقعی قندهای محلول را در تحمل به تنش شوری درگونه‌های براسیکا اثبات نمود. هدف از این تحقیق بررسی ارتباط بین ترکیبات نیتروژن دار و قندهای محلول با تحمل به شوری در ارقام مختلف گیاه کلزا می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در شرایط کنترل شده و در اتاقک رشد انجام گرفت. رطوبت در داخل اتاقک رشد ۵±۵۵ درصد و شدت تشعشع ۶۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه بود. دمای اتاقک رشد ۱۸/۲۴ درجه سانتی‌گراد (روز/ شب) و طول روز نیز ۱۴ ساعت در نظر گرفته شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح کاملاً تصادفی به اجرا در آمد. شوری به‌عنوان عامل اصلی و در ۳ سطح (صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر کلرید سدیم) در نظر گرفته شد. عامل فرعی نیز شامل ژنوتیپ‌های حساس (MHA4026) و متحمل MHA4921 و Hyola401) گیاه کلزا بود (Atlassi Pak *et al.*, 2009). کشت به صورت هیدروپونیک با محلول غذایی هوگلند انجام شد. بذور جوانه دار شده در منافذ تعبیه شده در صفحات یونولیتی با ضخامت ۲ سانتی‌متر قرار داده شدند. گیاهچه‌ها به مدت ۲ هفته در محلول غذایی هوگلند بدون اعمال تنش به رشد طبیعی خود در اتاقک رشد ادامه دادند تا به مرحله ۴ برگی (استقرار ریشه‌ها) رسیدند. محلول غذایی هوگلند نیز توسط پمپ آکواریوم هوادهی شد. زمانی که گیاهچه‌ها به مرحله ۴ برگی رسیدند در محلول غذایی هوگلند تنش شوری اعمال شد (Ashraf and McNeilly, 2004). هر هفته محیط کشت تعویض شده و هر روز pH آن‌ها با استفاده از NaOH و HCl

www.SID.ir

Archive of SID



در سطح ۵/۸–۵/۵ تنظیم شد. تیمارهای شوری از زمان ۴ برگی به مدت ۳۰ روز (Qasim *et al.*, 2003؛ Ashraf and McNeilly, 2004؛ Mokhamed *et al.*, 2006) با استفاده از نمک NaCl (مرک) اعمال گردید. پس از گذشت ۳۰ روز (مرحله هشت برگی) پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری ماده خشک ریشه و شاخساره نیز از هر تیمار در هر تکرار از ۱۰ بوته نمونه‌برداری به عمل آمد (جمعاً ۳۰ بوته). سپس ریشه از شاخساره تفکیک شده و با آب مقطر مورد شستشو قرار گرفتند. بعد از گذشت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون، ماده خشک ریشه و شاخساره توزین شد. به‌منظور اندازه‌گیری سدیم از اسیداستیک ۰/۱ نرمال به‌عنوان محلول استخراج از نمونه‌های آسیاب شده استفاده شد (Ashraf and McNeilly, 2004). سپس محلول استخراج شده با استفاده از دستگاه نشر شعله‌ای (Jenway-pfp7) قرائت گردید. مقدار نیترات با استفاده از روش Richie و همکاران (۱۹۶۷) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مقدار پرولین به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) تعیین شد. جهت اندازه‌گیری مقدار پروتئین‌های محلول به روش برادفورد (Bradford, 1976) عمل شد. قندهای محلول نیز به روش فنل- اسید سولفوریک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Sheligl, 1986). محاسبات آماری توسط نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام گرفت و میانگین‌ها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر شوری بر صفات ماده خشک شاخساره، ماده خشک ریشه، سدیم شاخساره، پرولین، پروتئین، نیترات شاخساره، قند ریشه، قند شاخساره و نسبت قند در شاخساره به ریشه از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر رقم نیز بر همه صفات مذکور به جز نسبت قند در شاخساره به ریشه معنی دار شد. اثر متقابل شوری و رقم بر صفات ماده خشک شاخساره، سدیم شاخساره و پروتئین از نظر آماری معنی دار گردید (جدول ۱). شوری باعث افزایش سدیم شاخساره، پرولین، پروتئین، قند ریشه و قند شاخساره شد ولی مقدار ماده خشک ریشه، ماده خشک شاخساره و نیترات شاخساره را کاهش داد (جدول ۲). با افزایش میزان شوری، وزن خشک شاخساره و ریشه در هر سه رقم کاهش یافت جدول (۳)، اما این کاهش در MHA4026 بیشتر بود. در تیمار ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر ماده خشک شاخساره در رقم حساس، ۷۷ درصد کاهش یافت که این کاهش نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود (جدول ۳). ماده خشک ریشه نیز در تیمار ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر در رقم حساس، ۷۹ درصد کاهش داشت که مقدار این کاهش نسبت به ارقام متحمل بیشتر بود. مقدار سدیم با افزایش شوری در هر سه رقم در اندام هوایی افزایش یافت ولی این افزایش چنانچه در جدول (۳) ملاحظه می‌گردد در ارقام متحمل بیشتر است. با افزایش شوری در این آزمایش مقدار پرولین و پروتئین‌های محلول در همه ژنوتیپ‌ها افزایش یافت. این افزایش در MHA4026 بیشتر از دو رقم دیگر بود. در تیمار ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر در MHA4921 و Hyola401 افزایش معنی‌داری در مقدار پرولین و پروتئین‌های محلول مشاهده نگردید، اما در تیمار ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر افزایش پروتئین‌های محلول نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار شد. در تیمار ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر مقدار پرولین در رقم حساس بیش از دو رقم دیگر افزایش داشت (جدول ۳). برهمکنش شوری و رقم از این نظر غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش پروتئین در تیمار ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر در Hyola401 و MHA4921 به ترتیب ۱۰ و ۲۰ درصد و در MHA4026، ۵۲ درصد بود.

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۱- تجزیه واریانس مقادیر صفات اندازه‌گیری شده در ارقام مختلف کلزا تحت سطوح متفاوت شوری**

**Table 1. Means squares from analysis of variance of data for traits in rapeseed cultivars under different salinity levels**

| | میانگین مربعات(Mean squares) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **منابع تغییرات** (**Source of variation**) | درجه آزادی (df) | ماده خشک شاخساره (Shoot biomass) | ماده خشک ریشه (Root biomass) | سدیم شاخساره (Shoot $Na^+$) | پرولین (Proline) | پروتئین (Protein) | نیترات شاخساره (Shoot $No_3^-$) | قند ریشه (Root sugare) | قند شاخساره (Shoot sugare) | نسبت قند در شاخساره به ریشه (Shoot /Root sugar) |
| شوری (Salinity) | 2 | 22.264** | 0.2126** | 1428.03** | 0.515** | 1159.70** | 26114.33** | 32.703** | 400.92** | 0.3641* |
| خطای a (Error a) | 6 | 0.1790 | 0.0054 | 8.77 | 0.031 | 28.66 | 56.88 | 2.407 | 9.518 | 0.0536 |
| رقم (Cultivar) | 2 | 3.908** | 0.0339* | 71.81* | 0.227* | 289.92** | 872.44** | 15.148* | 70.037** | $0.2032^{ns}$ |
| شوری×رقم (S×C) | 4 | 0.3703* | $0.0042^{ns}$ | 73.75** | $0.087^{ns}$ | 107.53* | $116.77^{ns}$ | $1.037^{ns}$ | $18.759^{ns}$ | $0.0769^{ns}$ |
| خطای b (Error b) | 12 | 0.1050 | 0.0059 | 11.44 | 0.035 | 25.50 | 97.88 | 2.962 | 8.407 | 0.0933 |
| ضریب تغییرات (CV%) | | 11.5 | 27 | 10.4 | 26 | 10.3 | 10.8 | 10.8 | 9.3 | 15.6 |

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

ns: Non-significant, **, *: Significant at 1% and 5 % probability level respectively

**جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ارقام مختلف کلزا تحت سطوح متفاوت شوری**

**Table 2. Mean comparison of rapeseed cultivars under different salinity levels**

| | تیمار (Treatment) | ماده خشک ریشه Root biomass (g/plant) | پرولین Proline (mg/g FW) | نیترات شاخساره Shoot $No_3^-$ ( mg/g DW) | قند ریشه Root sugare (mg/g DW) | قند شاخساره Shoot sugar (mg/g DW) | نسبت قند در شاخساره به ریشه (Shoot /Root sugar) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شوری (میلی مولار) Salinity (mm) | 0 | $0.44^{a}$ | $0.53^{b}$ | $152^{a}$ | $13.88^{b}$ | $24.55^{c}$ | $1.78^{b}$ |
| | 100 | $0.26^{b}$ | $0.461^{b}$ | $71.6^{b}$ | $16.22^{a}$ | $30.66^{b}$ | $1.90^{b}$ |
| | 150 | $0.13^{c}$ | $0.988^{a}$ | $49.6^{c}$ | $17.66^{a}$ | $37.88^{a}$ | $2.17^{a}$ |
| | LSD | 0.08 | 0.20 | 8.7 | 1.78 | 3.55 | 0.26 |
| رقم (Cultivar) | Hyola401 | $0.34^{a}$ | $0.594^{b}$ | $86.2^{b}$ | $14.77^{b}$ | $31.33^{ab}$ | $2.11^{a}$ |
| | MHA4921 | $0.27^{ab}$ | $0.666^{b}$ | $102.4^{a}$ | $17.33^{a}$ | $33.66^{a}$ | $1.93^{a}$ |
| | MHA4026 | $0.22^{b}$ | $0.898^{a}$ | $84.6^{b}$ | $15.66^{ab}$ | $28.11^{b}$ | $1.81^{a}$ |
| | LSD | 0.07 | 0.19 | 10.1 | 1.76 | 4.17 | 0.31 |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر تیمار بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Means values within a column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) according to the LSD test.



www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش شوری و رقم برای صفات مورد مطالعه**

**Table 3. Mean comparison of rapeseed cultivars under different salinity levels**

| نسبت قند در اندام هوایی به ریشه Shoot /Root sugar | قند شاخساره Shoot sugar (mg/g DW) | قند ریشه Root sugar (mg/g DW) | نیترات شاخساره Shoot $No_3^-$(mg/g DW) | پروتئین Protein (mg/g FW) | پرولین Proline (mg/g FW) | سدیم شاخساره Shoot $Na^+$ (mg/g DW) | ماده خشک ریشه Root biomass (g/plant) | ماده خشک شاخساره Shoot biomass (g/plant) | شوری Salinity (mm) | رقم (Cultivar) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.84$^{b}$ | 24$^{d}$ | 13$^{c}$ | 144$^{a}$ | 37$^{e}$ | 0.52$^{c}$ | 19$^{e}$ | 0.53$^{a}$ | 5.33$^{a}$ | 0 | |
| 2$^{ab}$ | 30$^{bc}$ | 15$^{bc}$ | 67$^{b}$ | 41$^{de}$ | 0.53$^{c}$ | 38$^{bc}$ | 0.33$^{b}$ | 2.70$^{c}$ | 100 | Hyola$_{401}$ |
| 2.43$^{a}$ | 39$^{a}$ | 16$^{abc}$ | 47$^{c}$ | 50$^{c}$ | 0.73$^{bc}$ | 44$^{ab}$ | 0.16$^{cd}$ | 2.08$^{d}$ | 150 | |
| 1.66$^{b}$ | 25$^{d}$ | 15$^{bc}$ | 159$^{a}$ | 40$^{de}$ | 0.56$^{bc}$ | 16$^{e}$ | 0.39$^{b}$ | 4.33$^{b}$ | 0 | |
| 1.83$^{b}$ | 33$^{b}$ | 18$^{ab}$ | 82$^{b}$ | 48$^{cd}$ | 0.57$^{bc}$ | 35$^{cd}$ | 0.27$^{bc}$ | 2.70$^{c}$ | 100 | MHA$_{4921}$ |
| 2.21$^{ab}$ | 42$^{a}$ | 19$^{a}$ | 65$^{b}$ | 59$^{b}$ | 0.88$^{b}$ | 50$^{a}$ | 0.15$^{cd}$ | 1.86$^{d}$ | 150 | |
| 1.84$^{b}$ | 24$^{d}$ | 13$^{c}$ | 152$^{a}$ | 36$^{e}$ | 0.51$^{c}$ | 18$^{e}$ | 0.39$^{b}$ | 4.11$^{b}$ | 0 | |
| 1.86$^{b}$ | 28$^{dc}$ | 15$^{bc}$ | 65$^{b}$ | 55$^{bc}$ | 0.82$^{bc}$ | 34$^{d}$ | 0.18$^{cd}$ | 1.18$^{e}$ | 100 | MHA$_{4026}$ |
| 1.77$^{b}$ | 32$^{bc}$ | 18$^{ab}$ | 36$^{c}$ | 72$^{a}$ | 1.38$^{a}$ | 36$^{cd}$ | 0.08$^{d}$ | 0.95$^{e}$ | 150 | |
| 0.55 | 5.1 | 3 | 17.6 | 8.9 | 0.33 | 6.01 | 0.13 | 0.57 | | LSD |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Means values within a column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) according to the LSD test.

در تیمار ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر نیز مقدار پروتئین در رقم حساس، ۱۰۰ درصد افزایش داشت و مقدار آن بیش از دو رقم دیگر بود. مقدار نیترات با افزایش شوری در هر سه رقم کاهش یافت (جدول ۳). درصد کاهش نیترات در تیمار ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر در Hyola401 و MHA4921 به ترتیب ۶۷ و ۵۹ درصد ولی در رقم حساس، ۷۶ درصد بود. بیشترین مقدار قندهای محلول در ریشه و اندام هوایی درMHA4921 و در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر دیده شد. در تیمار ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر در Hyola401 و MHA4921 قندهای محلول در اندام هوایی بیش از رقم حساس افزایش داشت (جدول ۳). چنانچه در جدول (۱) ملاحظه می‌گردد اثر متقابل شوری و رقم از این نظر غیرمعنی‌دار بود. در همه ارقام روند افزایشی در قندهای محلول ریشه با افزایش شوری مشاهده می‌گردد (جدول ۳). بیشترین مقدار قندهای محلول در ریشه مربوط به MHA4921 می‌باشد اما اختلاف معنی‌داری از این لحاظ بین ارقام در بالاترین سطح شوری مشاهده نمی‌شود. افزایش قند در ریشه در بالاترین سطح شوری در MHA4026، Hyola401 و MHA4921 به ترتیب برابر ۳۲، ۲۳ و ۲۶ درصد بود. به‌طورکلی تجمع قندها در ریشه‌ها کمتر از اندام‌های هوایی است و نسبت قندها در اندام هوایی به ریشه در همه سطوح شوری بیش از یک می‌باشد. نسبت قند در اندام هوایی به ریشه در بالاترین سطح شوری در Hyola401 وMHA4921 به ترتیب ۲/۴۳ و ۲/۲۱ بوده که بیش از رقم حساس (۱/۷۷) می‌باشد. اما اختلاف بین MHA4921 و MHA4026 از این لحاظ غیرمعنی‌دار است.

## بحث

چنانچه در جدول (۳) ملاحظه می‌گردد در سطوح مختلف شوری مقدار ماده خشک در اندام‌های هوایی در ارقام متحمل بیشتر از رقم حساس بوده و درصد کاهش

www.SID.ir

Archive of SID



ماده خشک در رقم حساس بیشتر است. با مقایسه ارقام حساس و متحمل به شوری در گیاه کلزا مشخص شده است که تحت تنش شوری عملکرد دانه متناسب با کاهش مقدار ماده خشک در مرحله رویشی کاهش نشان می‌دهد (Francois, 1994). در بیشتر گونه‌های زراعی عمل غربالگری در مرحله گیاهچه‌ای انجام می‌گیرد (Dasgan *et al.*, 2002). حفظ ماده خشک اندام‌های هوایی یکی از ملاک‌های انتخاب به‌منظور تحمل به شوری معرفی شده است (Shannon, 1998) و بیوماس اندام‌های هوایی در مرحله اولیه رشد رویشی به‌عنوان مقیاسی جهت نشان دادن حساسیت و یا تحمل به شوری در ارقام مختلف کلزا مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد (Francois, 1994؛ Qasim *et al.*, 2003؛ Ashraf and McNeilly, 2004؛ Mokhamed *et al.*, 2006). کاهش بیشتر بیوماس اندام‌های هوایی در ارقام حساس کلزا در مرحله گیاهچه‌ای نسبت به ارقام متحمل گزارش شده است (Ashraf and Ali, 2008). در براسیکا کاریناتا مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف تحت تنش شوری، همبستگی مثبتی را بین میزان تحمل به شوری و ماده خشک اندام‌های هوایی نشان داده است (Ashraf, 2004). تأثیر شوری بر رشد ممکن است نتیجه اختلال در فراهمی اسیمیلات‌های فتوسنتزی (Ashraf and Foolad, 2007) و نیز ممانعت از گسترش سلولی (Chaves *et al.*, 2009) باشد. نتایج آزمایش نشان داد با افزایش شوری، مقدار سدیم در اندام هوایی در هر سه رقم افزایش یافت. ارقام متحمل به شوری در کلزا دارای توانایی زیادی در تجمع یون‌های سدیم در اندام‌های هوایی بوده و از سدیم به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی استفاده می‌کنند (Zhang *et al.*,2001؛ Mokhamed *et al.*, 2006). تجمع یون‌های سدیم در واکوئل این امکان را به گیاه می‌دهد که از NaCl به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی استفاده کرده و با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی خود آب را با سهولت بیشتری جذب نمایند (Blumwald, 2000؛ Tester and Davenport, 2003). تجمع بالای سدیم در اندام‌های هوایی با مقاومت به شوری در گیاه کلزا مرتبط می‌باشد (Zhang *et al.*,2001؛ Mokhamed *et al.*, 2006). طبق گفته محققین سمیت سدیم در ارقام متحمل کلزا با تجمع در واکوئل کاهش می‌یابد (Zhang *et al.*,2001؛ Mokhamed *et al.*, 2006).

به نظر می‌رسد سدیم در ارقام متحمل به نحو مطلوبی در اندام هوایی مدیریت شده است. تحت تنش شوری، پرولین علاوه بر این‌که در زدایندگی رادیکال‌های آزاد نقش مؤثری دارد (Ashraf, and Sharif, 1998؛ Murata *et al.*, 2009) باعث ثبات ساختار غشاء سلول‌ها نیز می‌شود (Zhani *et al.*, 2012). در این آزمایش تجمع مقادیر مختلف پرولین تحت تنش شوری در هر سه ژنوتیپ مشاهده می‌شود. افزایش پرولین و پروتئین‌های محلول در رقم حساس تحت تنش شوری بیش از دو رقم متحمل دیگر می‌باشد. گیاه کلزا یک گیاه نسبتا متحمل به شوری است و عملکرد آن زمانی که هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به بیش از ۱۰ دسی زیمنس بر متر برسد، کاهش چشمگیری نشان خواهد داد (Shannon, 1998). در این آزمایش در تیمار ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر مقدار پرولین و پروتئین‌های محلول در ژنوتیپ حساس افزایش چشمگیری از خود نشان داد. در آزمایش Oprica و همکاران (۲۰۱۱) افزایش شوری در گیاه کلزا از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌مول در لیتر (به مدت ۷ روز) در مرحله گیاهچه‌ای باعث افزایش پروتئین‌های محلول شد. در این آزمایش پرولین و پروتئین‌های محلول در ارقام متحمل تحت تنش شوری افزایش کمتری از خود نشان داد. با وجود این‌که برخی محققین (Murata *et al.*, 2009؛ Zhani *et al.*, 2012؛ Huang *et al.*, 2013) به نقش پرولین در کاهش اثرات تنش شوری اشاره نموده‌اند و تجمع آن را عامل

www.SID.ir

Archive of SID



مقاومت در ارقام زراعی می‌دانند، اما برخی دیگر آن را شاخصی برای خسارت تحت تنش شوری عنوان نموده‌اند (Lutt *et al.*, 1999؛ Lacerda *et al.*, 2003). برای مثال با وجود این‌که تأثیر پرولین در کاهش غلظت سدیم و کلر در برگ‌ها به اثبات رسیده است، اما در برخی ارقام زراعی هیچ گونه تغییری در غلظت این عناصر سمی در برگ‌ها ایجاد نکرده است. هم‌چنین ثابت شده است که در برخی گیاهان، افزایش پرولین موجب صدمه به کلروپلاست و میتوکندری می‌گردد (Ashraf and Foolad, 2007). مقدار نیترات در اندام‌های هوایی در هر سه رقم با افزایش شوری کاهش یافت (جدول ۳). به عقیده محققین با افزایش شوری متابولیسم نیترات به سمت تولید پرولین و پروتئین‌های محلول تغییر جهت می‌دهد (Agari *et al.*, 2007). محققین (Ashraf and Foolad, 2007) گزارش کرده‌اند که ارقام متحمل کلزا دارای مقادیر کمتری از پرولین و پروتئین‌های محلول در سطوح پایین شوری نسبت به ارقام حساس می‌باشند. به نظر می‌رسد که رقم حساس در این آزمایش فاقد مکانیسم مقاومتی جهت جلوگیری از اثرات سمیت یون سدیم در اندام هوایی بوده و همین امر باعث افزایش مقدار پرولین و پروتئین‌های محلول نسبت به ارقام متحمل شده است. تنظیم اسمزی در گیاهان تحت تنش شوری بستگی زیادی به مقدار قندها دارد (Ashraf and Foolad, 2007؛ Bai *et al.*, 2013) و مقاومت به شوری در برخی گونه‌های زراعی وابسته به تجمع قندها است (Kerepesi and Galiba, 2000؛ Zhang *et al.*, 2009؛ Chen *et al.*, 2011). اختلاف بین مقدار قندها در اندام هوایی در بالاترین سطح شوری در ارقام متحمل و حساس معنی‌دار شد. افزایش قندها در اندام هوایی و ریشه‌ها در گیاه کلزا تحت تنش شوری توسط محققین (Ashraf and Ali, 2008) گزارش شده است. به نظر می‌رسد که قندهای محلول یکی از عوامل مقاومت به شوری در ارقام متحمل در این آزمایش باشند. محققین (Sakr and Arafa, 2009) اظهار داشته‌اند که قندهای محلول در گیاه کلزا می‌تواند تاثیرات مضر شوری بر خصوصیات رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد را کاهش دهد. Rosa و همکاران (۲۰۰۹) نیز با بر شمردن نقش قندهای محلول در گیاهان زراعی تحت تنش شوری، افزایش آن را عامل مقاومت می‌دانند. نسبت قندهای محلول در ساقه به ریشه با افزایش شوری در همه ارقام افزایش یافت. این نسبت در همه تیمارها بیش از یک بود. نسبت قندهای محلول در شاخساره به ریشه در ارقام متحمل بیش از رقم حساس می‌باشد. افزایش این نسبت در ارقام متحمل منجر به منفی تر شدن پتانسیل اسمزی در اندام هوایی نسبت به ریشه شده است. این عمل به حفظ رطوبت لازم جهت رشد کمک می‌کند (Cicek and Cakirlar, 2002).

## نتیجه‌گیری

در ارقام مختلف کلزا تحت شرایط شوری مقدار پرولین، پروتئین‌های محلول و قندهای محلول افزایش یافت، ولی مقادیر پرولین و پروتئین‌های محلول در رقم حساس بیشتر بود. پرولین که موجب کاهش اثرات مضر شوری بر گیاهان می‌شود، در این آزمایش در رقم حساس مکانیسم مقاومتی مطلوبی ایجاد نکرده و به نظر می‌رسد که تجمع آن ملاک تحمل به شوری نمی‌باشد، بلکه نشانه‌ای از میزان خسارت در ارقام مورد مطالعه است. قندهای محلول که از ترکیبات حفاظت کننده اسمزی محسوب می‌گردد در ارقام متحمل کلزا باعث کاهش اثرات مضر شوری می‌شود.

## References

1. Agari, S., Shimoda, T., Shimizu, Y., Baumann, K., Sunagava, H., Kondo, A., Oenu, O., Nakahara, T., Nose, A., and Cushman, J.C. 2007. Salt tolerance, salt accumulation, and ionic homeostasis in an epidermal bladder-cell-less mutant of the

www.SID.ir

Archive of SID



common ice plant *Messembryanthemum crystallinum*. Journal of Experimental Botany, 58(8): 1957-1967.

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

3. 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: 266-273.

4. Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Roles of glysine-betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.

5. Ashraf, M. and McNeilly, T. 2004. Salinity tolerance in some Brassica oilseeds. Critical Reviews in Plant Science, 23:154-174.

6. Ashraf, M. and Naqvi, M.I. 1992. Effect of varying Na /Ca ratios in saline sand culture on some physiological parameters of four *Brassica* species. Acta Physiologiae Plantarum, 14(4): 197-205.

7. Ashraf, M. and Sharif, R. 1998. Does salt tolerance vary in a potential oil-seed crop *Brassica carinata* at different growth stages? Journal of Agronomy & Crop Science, 181: 103-115.

8. Ashraf, M., McNeilly, T., and Nazir, M. 2001. Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid Brassica species. Plant Science, 160: 683-689.

9. Atlassi Pak, V., Nabipour, M., and Meskarbashee, M. 2009. Effect of salt stress on chlorophyll content, fluorescence, $Na^+$ and $K^+$ ions content in rape plants (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Agricultural Research, 3(2): 28-37.

10. Bai, J., Liu, J., Zhang, N., Sa, R., and Jiang, L. 2013. Effect of salt stress on antioxidant enzymes, soluble sugar and yield of oat. Advance Journal of Food Science and Technology, 5(3): 303-309.

11. Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free praline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

12. Blumwald, E. 2000. Sodium transport and salt tolerance in plants. Current Opinion in Cell Biology, 12: 431-434.

13. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 27: 248-254.

14. Chaves, M.M., Flexas, F., and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103: 551-560.

15. Chen, W., Feng, C., Guo, W., Shi, D., and Yang, C. 2011. Comparative effects of osmotic-salt-and alkali stress on growth, photosynthesis and osmotic adjustment of cotton plants. Photosynthetic A, 49: 417-425.

www.SID.ir

Archive of SID



16. Cicek, N., and Cakirlar, H. 2002. Effects of salt stress on some physiological and photosynthetic parameters at three different temperatures in six soya bean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science, 194(1): 34-46.

17. Dasgan, H.Y., Aktas, H., Abak, K., and Cakmak, I. 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. Plant Science, 163: 695-703.

18. Ericson, M.C. and Alfinito, S.H. 1987. Proteins produced during salt stress in tobacco cell culture. Plant Physiology, 74: 506-509.

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

20. Ghars, M.A., Richard, L., Vos, D., Leprince, A., Parre, E., Bordenave, M., Abdelly, C., and Savoure, A. 2011. Phospholipases C and D modulate proline accumulation in Thellungiella halophila/salsuginea differently according to the severity of salt or hyperosmotic stress. Plant & Cell Physiology, 53(1): 183-192.

21. Kerepesi, I. and Galiba, G. 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop Science, 40: 482-487.

22. Kosova, K., Prasil, I., and Vitamvas, P. 2013. Protein contribution to plant salinity response and tolerance acquisition. International Journal of Molecular Sciences, 14: 6757-6789.

23. Lacerda, C.F., Cambraia, J., Oliva, M.A., Ruize, H.A., and Prisco, J.T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 49: 107-120.

24. Lutt, S., Majerus, V., and Kinet, J. M. 1999. NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Physiologia Plantarum, 105: 450-458.

25. Mohamed, A.A. 2005. Two-dimensional electrophoresis of soluble proteins and profile of some isozymes isolated from Maize plant in response to NaCl. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 1(1): 38-44.

26. Mokhamed, A.M., Raldugina, G.N., Kholodova, V.P., and Kuznetsov, V.V. 2006. Osmolyte Accumulation in Different Rape Genotypes under Sodium Chloride Salinity. Russian Journal of Plant Physiology, 5: 649-655.

27. Murata, Y., Akhtar Banu, N., Hoque, A., Sugimoto, M., Matsuoka, K., Nakamura, Y., and Shimoishi, Y. 2009. Proline and glycine betaine induce antioxidant defense gene expression and suppress cell death in cultured tobacco cells under salt stress. Journal of Plant Physiology, 166: 146-156.

28. Oprica, L., Olteanu, Z., Truta, E., and Voichita, G. 2011. Early biochemical responses of Brassica napus var exagone seed germination at salt treatment. Sectiunea Genetica Si Biologie Moleculara, 4: 95-102.

29. Parida, A.K. and Das, A.B. 2000. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(3): 324-349.

www.SID.ir

Archive of SID



30. Qasim, M., Ashraf, M., Ashraf, M.Y., Rehman, S. U., and Rha, E. S. 2003. Salt-induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. Biologia Plantarum, 46(4): 629-632.

31. Richie, H., Lowe, J., and Hamilton, L. 1967. Rapid method for determination of nitrate in plant and soil extracts. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 15(2): 359-361.

32. Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., Gonzalez, J., Hilal, M., and Prado, F. 2009. Soluble sugar-metabolism, sensing and abiotic stress. Plant Signaling and Behavior, 4(5): 388-393.

33. Sakr, M.T. and Arafa, A.A. 2009. Effects of some antioxidants on canola plant grown under soil salt stress condition. Pakistan Journal of Biological Sciences, 12(7): 582-588.

34. Shannon, M.C. 1998. Adaptation of plants to salinity. Advances in Agronomy, 60: 75-119.

35. Sheligl, H. Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta Journal, 47-51.

36. Shi, Q., Lin, J., and Yao, Z. 2010. Of NaCl stress on physiological and biochemical characteristics of wheat. Xinjiang Agricultural Science, 47(7): 1479-1484.

37. Singh, N.K., Bracken, C.A., Hassegawa, P.M., Handa, A.K., Buckel, S., Hermodson, M.A., fankoch, F.P., Regnier, F.E., and Bressan, R.A. 1987. Characterization of osmotin. A thaumatin-like protein associated with osmotic adjustment in plant cells. Plant Physiology, 85: 529-536.

38. Stoeva, N. and Kaymakanova, M. 2008. Effect of salt stress on the growth and photosynthesis rate of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Central European Agriculture, 9(3): 385-392.

39. Tester, M. and Davenport, R. 2003. $Na^+$ tolerance and $Na^+$ transport in higher plants. Annals of Botany, 91: 503-527.

40. Zhang, H.X., Hodson, J.N., Williams, J.P., and Blumwald, E. 2001. Engineering salt tolerant *Brassica* plants: Characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. Academy of Sciences Online (USA), 98: 12832-12836.

41. Zhani, K., Mariem, B.F., Fardous, M., and Sherif, H. 2012. Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultuvars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 8(4): 236-252.

42. Zheng, H.Y., Xu, X.B., Wang, M.Y., Zheng, X.H., Li, Z.j., and Jiang, G.M. 2009. Responses of salt tolerant and intolerant wheat genotypes to sodium chloride: photosynthsis, antioxidants activities and yield. Photosynthetica, 47: 87-94.

www.SID.ir