



## اثر جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری بر جذب یونی و ویژگی های برگی دو رقم کلزا

احسان نظریگی<sup>۱</sup> و رحیم ناصری<sup>۲</sup>

### چکیده

پژوهش حاضر روی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) با نام های Hayola 401 و RGS در آزمایشگاه صورت پذیرفت. در این پژوهش اثرات جیبرلیک اسید ( $GA_3$ ) با غلظت ۰/۰۵ میلی مولار، سالیسیلیک اسید (SA) با غلظت ۵ میکرومولار، تحت غلظت های ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم (NaCl) روی تغییرات یون های  $K^+$  و  $Na^+$  در اندام هوایی و ریشه، سطح ویژه برگ (SLA)، نسبت وزنی برگ (LWR)، نسبت سطح برگ به وزن خشک کل گیاه (LAR) مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج به دست آمده، با افزایش تنش شوری مؤلفه های SLA، LWR و LAR کاهش معنی داری نسبت به شاهد یافتند. همچنین با افزایش سطوح شوری، میزان یون سدیم در ریشه و اندام هوایی در هر دو رقم مذکور افزایش معنی داری یافت، اما در مورد یون پتاسیم با افزایش تنش شوری کاهش معنی داری در ریشه و اندام هوایی مشاهده گردید. کاربرد جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید موجب افزایش معنی دار LAR، LWR و SLA و نیز موجب افزایش یون پتاسیم و کاهش یون سدیم تحت تنش شوری گردید. کاربرد همزمان جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید نیز اثرات بهتری را نشان داد. در این پژوهش نشان داده شد که در غلظت بالای کلرید سدیم (۱۵۰ mM)، جیبرلین فاقد اثر مشخص بر تیمار مذکور بود. رقم هایولا ۴۰۱ از نظر صفات مورد مطالعه در این آزمایش دارای نمود بهتری بوده و این رقم نسبت به رقم RGS از تحمل بیشتری در برابر تنش شوری برخوردار بود.

**واژگان کلیدی:** اندام های هوایی، ریشه، شوری، کلزا،  $K^+$  و  $Na^+$ .

۱- کارشناسی ارشد زیست شناسی گیاهی گرایش فیزیولوژی گیاهی - مرکز آموزش عالی علمی کاربردی پارسیان ایلام (نگارنده ی مسئول)

eh.nazarbeygi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۲۲

۲- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه ایلام

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۶

## مقدمه

در میان گونه‌های جنس براسیکا، *Brassica napus* و *Brassica campestris* به عنوان گونه‌های مقاوم به تنش شوری طبقه‌بندی شده‌اند (Mass and Hoffman, 1977)، البته گونه *B. napus* دارای درجه تحمل بیشتری نسبت به شوری می‌باشد (Jamil et al., 2005). تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری عملکرد گیاهان زراعی را در دنیا به شدت کاهش داده است. گسترش روزافزون زمین‌های شور و به دنبال آن کویری شدن مناطق خشک جهان پدیده‌ای نگران کننده می‌باشد. در این مناطق، زمین به نقاطی فاقد پوشش و یا با پوشش بسیار تنک تبدیل می‌گردد که اثرات آب و هوایی و اکولوژیکی را به دنبال دارد (Karimian, 1992). استفاده از ارقام مقاوم به شوری یکی از روش‌های موثر در بهره‌برداری و افزایش عملکرد زمین‌های شور و لب شور نواحی خشک و نیمه خشک جهان است (Stewart, 1989).

محیط‌های شور با دو ویژگی اساسی یعنی پتانسیل اسمزی پایین و غلظت بالای املاح، مشخص می‌گردند (Flowers et al., 1977). اکثر مشکلات شوری در گیاهان عالی در اثر ازدیاد کلرید سدیم ایجاد می‌گردد که در خاک‌های نواحی خشک و ساحلی و منابع آب آنها گسترش یافته است. با افزایش میزان NaCl، محتوی یون‌های  $K^+$ ،  $Na^+$ ،  $Ca^{++}$  و  $Cl^-$  در بین بخش‌های مختلف گیاه لوبیا و نیز در کل گیاه به صورت متفاوت تغییر می‌یابد. در واقع شوری می‌تواند روی غلظت کلی یون‌ها در گیاه و توزیع آنها در اندام‌های مختلف اثر بگذارد (Abbas et al., 1992). در گیاهان نتایج متناقضی در مورد اثرات تغذیه‌ای سدیم و پتاسیم در شرایط شوری گزارش شده است، به‌طور مثال در گندم در حضور  $K^+$  در محیط رشد ریشه، به‌طور معنی‌داری دفع  $Na^+$  از ریشه‌ها افزایش می‌یابد به‌طوری‌که تبادل  $Na^+$  و  $K^+$

غشای پلاسمایی باعث افزایش تحمل به شوری در این گیاه می‌گردد (Lyengar and Reddy, 1993). افزایش شوری باعث افزایش جذب  $Na^+$  و کاهش جذب  $K^+$  و جذب اندک کلسیم شده و نسبت  $Na^+/K^+$  را در برگ‌های گیاه جو کاهش می‌دهد (Shanon, 1993). گزارش شده است که شوری ۲۰۰ میلی‌مولار باعث کاهش ۴۷ درصدی وزن تر ساقه نسبت به شاهد در گیاه جو می‌شود که این کاهش وزن با کاهش یون پتاسیم در ساقه و افزایش یون سدیم در برگ همراه بوده است (Tracey et al., 2003). گزارش‌هایی در مورد گونه *Brassica napus* وجود دارد که نشان می‌دهند شوری باعث کاهش نسبی وزن خشک ریشه و اندام هوایی، کاهش طول اندام هوایی و ریشه، کاهش تولید دانه، سطح برگ‌ی و بیوماس ریشه می‌گردد (He, 1992). همچنین، کاهش LAR و RGR تحت شرایط شوری در گیاه جو و درخت پرتقال مشاهده شده است (Cramer et al., 2001).

در آزمایش‌های صدیقی و همکاران (Siddiqui et al., 2008) نشان داده شد که در پاسخ به واکنش‌های فیزیولوژیک مختلف به هنگام شوری بین ارقام کلزا تفاوت وجود دارد. محمد و همکاران (Mokhamed et al., 2006) عقیده دارند که مقاومت به شوری در گیاه کلزا مرتبط با توانایی آن در تجمع  $Na^+$  و  $Cl^-$  در واکوئل سلول‌های اندام هوایی می‌باشد. نشان داده شده است که با افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه گیاه کلزا، تحت تنش شوری با به هم خوردن تعادل و انتقال پتاسیم، مقدار جذب پتاسیم در بافت‌های گیاه کاهش می‌یابد. مطالعات روی گیاه یونجه نشان داده است که با افزایش غلظت NaCl، وزن خشک ریشه و اندام‌هوائی و همچنین نسبت سطح برگ‌ی (LAR) کاهش معنی‌داری می‌یابد (Khavari-Nejad and Chaparzadeh, 1998). سالیسیلیک اسید (SA) یا اسید اورتوئیدروکسی بنزوئیک به گروه متنوع

اجرای این پژوهش، تأثیر سالیسیلیک اسید و جیبرلیک اسید بر کاهش اثر تنش شوری روی رشد و تغییرات بیوشیمیایی گیاه کلزا بود.

### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر روی گیاه کلزا، دو رقم هایولا ۴۰۱ و RGS صورت پذیرفت. بذور مورد نیاز از محل مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان لرستان تهیه شدند. در ابتدا بذور سالم و یکنواخت انتخاب گردید و به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به صورت سطحی ضدعفونی شده و پس از آن چندین بار توسط آب مقطر شستشو داده شدند. بذره‌های مذکور جهت ادامه فرآیند رشد به سبدهایی خالی با منافذ ریز انتقال داده شدند. سبدهای مذکور به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفته و پس از آن به روشنایی انتقال داده شدند. پس از رسیدن به مرحله دو برگی، گیاهک‌ها به محیط کشت نیم قدرت هوگلند- آرنون (۱۹۵۷) انتقال داده شده و پس از گذشت مدت زمان ۲۴ ساعت تحت تیمارهای مختلف (شامل: الف) غلظت‌های ۱۰۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl، ب) غلظت‌های مذکور NaCl + غلظت ۵ میکرومولار سالیسیلیک اسید، ج) غلظت‌های مذکور NaCl + غلظت ۰/۰۵ میلی‌مولار جیبرلیک اسید و د) غلظت‌های مذکور NaCl + غلظت ۵ میکرومولار سالیسیلیک اسید + غلظت ۰/۰۵ میلی‌مولار جیبرلیک اسید قرار گرفتند.

تمامی تیمارهای مذکور با سه تکرار انجام گرفت. پس از اعمال تیمارها، گیاهک‌ها برای مدت ۲۰ (آزمایشات مربوط به مؤلفه‌های رشد) و ۱۵ روز (آزمایش تغییرات یون‌ها) در اتفاکی با شرایط نوری مناسب قرار گرفتند. شدت تشعشع ۴۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، رطوبت نسبی حدود ۶۰ درصد، طول دوره روشنایی و تاریکی به ترتیب ۱۶ و ۸ ساعت بود و pH برای تمام محلول‌ها در حد ۶/۵ تنظیم

فنول‌های گیاهی تعلق دارد که دارای یک حلقه آروماتیک با یک گروه هیدروکسیل می‌باشند (Weissmann, 1991). و از نظر برخی از دانشمندان، این ماده یکی از مواد رشد گیاهی به‌شمار می‌رود (Raskin et al., 1990). به‌طور کلی ترکیبات فنولی و از جمله سالیسیلیک اسید دارای نقش‌های مهمی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان و از جمله رشد و تکامل گیاه هستند (Popova et al., 1997). راسکین (Raskin, 1992) اشاره کرد که سالیسیلیک اسید تشکیل ریشه و رشد بخش‌های هوایی گیاهان را تحریک می‌کند.

زوی و همکاران (Zhou et al., 1999) نشان دادند که سالیسیلیک اسید سطح برگی را در گیاه نیشکر افزایش داد. 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).

جیبرلین‌ها شامل گروه بزرگی از مشتقات تتراسیکلیک دی‌تریپنویید کریوکسیلیک اسید با بیش از ۱۰۰ ساختار شیمیایی مشخص در گیاهان و قارچ‌ها هستند (Garcia-Martinez, 1997). مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که جیبرلین علاوه بر نقش‌های متعددی که در گیاهان بر عهده دارد، می‌تواند در بسیاری از گیاهان زراعی بر اثرات مخرب شوری غلبه کرده و در تنظیم پاسخ‌های گیاهان به محیط خارج و کنترل تعدادی از ژن‌های تحریک شده در هنگام تنش نقش موثری ایفا کنند (Shah, 2007). با توجه به اهمیت استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در مقابله با تنش‌ها و بخصوص تنش شوری، انتظار می‌رود که کاربرد جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید و برهم کنش این دو بتواند تا حدودی از اثرات مخرب تنش شوری روی گیاه کلزا بکاهد، بنابراین هدف از

پس از توزین به منظور اندازه‌گیری میزان یون‌ها در ویال‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک که pH آن برابر با ۴ بود، قرار داده شدند. پس از گذشت مدت زمان ۲۴ ساعت، از محلول‌های حاصل به میزان لازم برداشت شده و یون‌های مذکور اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری میزان یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$  با استفاده از دستگاه فلاپم فتومتر با مشخصات KORNING 405G انجام گرفت (Kiarostami *et al.*, 2012). میزان جذب یون‌های سدیم و پتاسیم توسط گیاه بر حسب  $\text{mmolmg}^{-1} \cdot \text{D.W}$  و با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید:

$$\text{میزان جذب یون} = [C(\text{Mm}) \times 10\text{ml/DWmg}] \times 24\text{h}$$

میزان یون‌های سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری شده از میزان یون درون بافتی کسر گردید تا میزان جذب یون‌های سدیم و پتاسیم توسط گیاه به دست آید (Atlassi Pak *et al.*, 2012). تجزیه داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون دانکن انجام گرفت و شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel رسم گردید.

### نتایج و بحث

#### الف) مؤلفه‌های رشد

##### سطح ویژه برگ‌ی (SLA)

سطح ویژه برگ‌ی همزمان با افزایش غلظت NaCl در هر دو رقم به صورت معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) کاهش یافت. کاهش در رقم هایولا ۴۰۱ نسبت به رقم RGS به مقدار بیشتری مشاهده شد. افزودن سالیسیلیک اسید با غلظت ۵ میکرومولار در تمامی غلظت‌های کلرید سدیم، میزان SLA را نسبت به تیمارهای حاوی کلرید سدیم و فاقد سالیسیلیک اسید به طور معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) افزایش داد. کاربرد جیبرلیک اسید با غلظت ۰/۰۵ میلی‌مولار نیز باعث افزایش معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) SLA در هر دو رقم و در

گردید. به منظور جلوگیری از خفگی، ریشه‌ها هر روز به مدت ۲ ساعت توسط پمپ هوا مورد هوادهی قرار گرفتند.

الف) اندازه‌گیری مؤلفه‌های رشد:

جهت اندازه‌گیری مؤلفه‌های رشد، گیاهک‌های ۲۰ روزه از محیط کشت خارج شده و سطوح برگ‌ی بر حسب سانتی‌متر مربع و وزن تر بر حسب گرم محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری وزن خشک گیاهک‌ها پس از قرار گرفتن در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت زمان ۴۸ ساعت مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. مؤلفه‌های رشدی به قرار زیر بودند:

##### ۱) سطح ویژه برگ‌ی (SLA)

$$SLA = \frac{L}{LDW}$$

در این رابطه  $L$  = سطح برگ و  $LDW$  = ماده خشک برگ بوده و بر حسب  $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  محاسبه می‌شود.

##### ۲) نسبت وزن برگ (LWR)

$$LWR = \frac{LDW}{TWD}$$

در این رابطه  $LDW$  = ماده خشک برگ،  $TWD$  = وزن خشک کل بوده و بر حسب  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$  محاسبه می‌شود.

##### ۳) نسبت سطح برگ (LAR)

$$LAR = SLA \times LWR$$

که بر حسب  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  محاسبه می‌شود (Mehrdad Lomer *et al.*, 2012).

ب) تغییرات یون‌های سدیم و پتاسیم:

جهت اندازه‌گیری تغییرات یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{K}^+$ ، گیاهک‌ها پس از گذشت مدت زمان ۱۵ روز، برداشت شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند. سپس وزن نمونه‌ها با استفاده از ترازوی حساس محاسبه گردید. نمونه‌ها

تیمار بالای شوری (۱۵۰ mM) فاقد اثرات مثبت بود. کاربرد همزمان دو هورمون مذکور نیز تحت اثر تنش شوری، باعث افزایش معنی‌دار LAR در هر دو رقم گردید. (شکل‌های ۵ و ۶).

#### تغییرات یون‌های سدیم و پتاسیم در ریشه و

#### اندام هوایی

#### تغییرات یون سدیم

با افزایش سطوح شوری در محلول غذایی هوگلند، میزان یون سدیم در ریشه و اندام‌هوایی هر دو رقم به صورت معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) افزایش یافت. با افزایش هرچه بیشتر غلظت کلرید سدیم، افزایش یون سدیم در ریشه و اندام‌هوایی بیشتر گردید و همچنین افزایش یون سدیم در اندام‌هوایی در هر دو رقم بیشتر از ریشه بود. سالیسیلیک اسید اثرات کاهشی بر میزان یون سدیم در ریشه و اندام‌هوایی داشت و باعث کاهش تجمع این یون گردید. کاربرد این هورمون در هر دو رقم و در تمام تیمارهای کلرید سدیم باعث کاهش معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) یون سدیم در ریشه و اندام‌هوایی گردید.

جیبرلیک اسید، با غلظت ۰/۰۵ میلی‌مولار، موجب کاهش میزان یون سدیم در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در ریشه و اندام‌هوایی هر دو رقم شد که این میزان کاهش از کاهش اعمال شده توسط سالیسیلیک اسید بیشتر می‌باشد. کاربرد همزمان سالیسیلیک اسید و جیبرلیک اسید تحت تیمارهای ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم موجب کاهش بیشتر میزان یون سدیم تجمع یافته در ریشه و اندام‌هوایی گردید (شکل‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰).

تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گردید، اما در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار افزایش معنی‌داری را نشان نداد. کاربرد همزمان سالیسیلیک اسید و جیبرلیک اسید نیز سبب افزایش معنی‌دار در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گردید (شکل‌های ۱ و ۲).

#### نسبت وزنی برگ (LWR)

همزمان با افزایش سطوح شوری، نسبت وزنی برگ در هر دو رقم به صورت معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) کاهش یافت. کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۵ میکرومولار تحت تنش شوری موجب تعدیل عملکرد و پاسخ بهتر گیاه به حالت تنش شد. سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) نسبت وزن برگ نسبت به تیمارهای شوری در هر دو رقم گردید. جیبرلیک اسید نیز در هر دو رقم باعث افزایش معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) میزان نسبت وزنی برگ (LWR)، تحت تنش شوری گردید اما در تیمار بالای شوری تغییرات چشم‌گیری را اعمال ننمود. کاهش LWR تحت تنش شوری در رقم RGS بیشتر از رقم هایولا ۴۰۱ بود (شکل‌های ۳ و ۴).

#### نسبت سطح برگ (LAR)

افزایش غلظت کلرید سدیم در محلول غذایی هوگلند سبب کاهش معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) نسبت سطح برگ در هر دو رقم شد (جدول ۱). همزمان با افزایش غلظت کلرید سدیم، نسبت سطح برگ به صورت معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) کاهش یافت که در رقم RGS این کاهش مشهودتر بود. کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) LAR نسبت به تیمارهای کلرید سدیم در هر دو رقم گردید (جدول ۱). کاربرد هورمون جیبرلین با غلظت ۰/۰۵ میلی‌مولار باعث افزایش LAR در ارقام مذکور گردید، البته در

### تغییرات یون پتاسیم

همزمان با افزایش سطح شوری، مقدار یون پتاسیم در ریشه‌ی هر دو رقم کاهش معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) یافت. کاهش یون پتاسیم در هر دو رقم در ریشه بیشتر از اندام‌هوایی بود. با کاربرد سالیسیلیک اسید، افزایش در میزان یون پتاسیم در ریشه و اندام‌هوایی هر دو رقم به صورت معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) مشاهده گردید (جدول ۱). کاربرد جیبرلیک اسید با غلظت ۰/۰۵ میلی‌مولار نیز سبب افزایش میزان یون پتاسیم در هر دو رقم تحت تأثیر تیمارهای ۷۵، ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گردید. در تیمار بالای کلرید سدیم (۱۵۰ mM)، کاربرد جیبرلیک اسید، تأثیر مثبتی در میزان یون پتاسیم در ریشه از خود نشان داد. کاربرد همزمان دو هورمون جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید در تیمارهای ۷۵، ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم باعث افزایش بیشتر یون پتاسیم در ریشه هر دو رقم گردید و در تیمار بالای شوری (۱۵۰ mM) تقریباً اثر مثبتی از میان‌کنش این دو هورمون مشاهده نگردید (شکل‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴).

شوری موجب کاهش میزان رشد در گیاهان گلیکوفیت می‌شود (Cuartero and Fernandez, 1999). با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، مؤلفه‌های رشدی مورد نظر از جمله SLA, LWR و LAR تحت تیمارهای مختلف کلرید سدیم در هر دو رقم مورد مطالعه کاهش معنی‌داری یافت و کاربرد جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید با غلظت‌های مذکور در غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب افزایش معنی‌دار در مؤلفه‌های مذکور گردید (شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵

و ۶). برهم‌کنش این دو نیز سبب افزایش مؤلفه‌های مذکور گردید. گزارش‌هایی در مورد گیاه کلزا موجود است که نشان می‌دهند شوری باعث کاهش وزن خشک ریشه و اندام‌هوایی، کاهش طول اندام‌هوایی و ریشه و کاهش مؤلفه‌های سطح ویژه برگ‌ی (SLA) و نسبت وزن برگ (LWR) می‌شود (He and Cramer, 1992).

جمیل و همکاران (Jamil et al., 2005) عنوان کردند که تحت تنش شوری، وزن تر اندام‌هوایی، طول ساقه و ریشه و سطح ویژه برگ‌ی کاهش یافت. اشرف و همکاران (Ashraf et al., 2001) گزارش کردند که شوری باعث کاهش وزن خشک ریشه و اندام‌هوایی در گیاه کلزا شد. ردمن و همکاران (Redman et al., 1994) گزارش کردند که کاهش SLA در گیاه کلزا تحت تنش شوری مشهود و معنی‌دار است. به نظر جورهان و همکاران (Gorham et al., 1985)، کاهش رشد با افزایش شوری خاک می‌تواند در ابتدا به دو دلیل رخ دهد: اول این‌که شوری در محلول خاک، پتانسیل آبی را پایین می‌آورد و باعث خشکی فیزیولوژیکی می‌شود که با ادامه آن باعث بالا رفتن میزان پتانسیل و یون‌های سمی در بافت می‌گردد، نتیجه دیگر شوری، بازداری توان جذب میزان یون‌های غذایی به خاطر جذب زیادی  $Na^+$  و  $Cl^-$  در محلول خاک است که می‌تواند در کاهش مؤلفه‌های رشدی در شرایط تنش شوری نقش اساسی داشته باشد. به نظر می‌رسد کاهش پارامترهای مذکور در اثر افزایش شوری به علت کاهش میزان تنظیم‌کننده‌های رشدی نظیر اکسین، جیبرلین و سیتوکینین و افزایش مواد بازدارنده مانند ABA باشد (Stark and Czajka, 1981). سالیسیلیک اسید موجب افزایش پارامترهای رشدی گردید که این نتیجه با نتایج خوداری (Khodary, 2004) در مورد گیاه ذرت، لارکیو ساودرا (Larque-Saavedra, 1998) در مورد

یون  $K^+$  به صورت معنی داری کاهش یافت (Tiwari *et al.*, 1997). آلم (Alam, 1990) عنوان کرد که در محیط شور، گیاهان  $Na^+$  را بیش از  $K^+$  و  $Ca^{++}$  جذب می کنند و نسبت بالای  $Na^+/K^+$  در محیط رشد شور ممکن است انتخاب جذبی غشای ریشه را از بین برده و باعث تجمع زیاد  $Na^+$  در ریشه و اندام هوایی گردد (Mengel and Kirby, 1979).

مانجل و کیربای (Mengel and Kirby, 1979) گزارش کردند که تراکم  $Na^+$ ، جذب  $K^+$  را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش آن در شرایط تنشی می شود که این نشان دهنده اثر آنتاگونیستی بین  $Na^+$  و  $K^+$  می باشد. طبق یک نظر تنش اکسیداتیو که یکی از اثرات تنش شوری بر گیاهان است باعث پراکسیداسیون لیپیدها و آسیب به غشای سلولی می شود. پراکسیداسیون نیز باعث مختل شدن عملکرد غشاء شده و در نتیجه  $K^+$  از سلول به بیرون نشت می کند (Mehta and Guar, 1999). تونا و همکاران (Tuna *et al.*, 2007) گزارش کردند که افزایش شوری منجر به افزایش میزان یون  $Na^+$  در گیاه ذرت گردید که با کاربرد جیبرلیک اسید با غلظت های  $100 ppm$  و  $50 ppm$  اثر تعدیل کنندگی و کاهش در میزان یون  $Na^+$  داشت. اثر جیبرلیک اسید روی مکانیسم های یونی ممکن است روی نفوذ پذیری غشای پلاسمایی اثر گذاشته و یا از طریق بالا بردن جابجایی یون ها به درون اندام هوایی روی میزان یون های داخل گیاهک تأثیرگذار باشد و به این ترتیب به تعدیل میزان یون ها کمک کند (Mohammed, 2007).

در این پژوهش سالیسیلیک اسید موجب کاهش یون  $Na^+$  و افزایش یون  $K^+$  در ریشه و اندام هوایی هر

گیاه سویا و شاکارووا (Srivastava, 1998) در مورد گیاه گندم مطابقت دارد.

لارکیو ساودرا (Larque-Saavedra, 1998) تأثیر سالیسیلیک اسید را روی پارامترهای رشدی در گیاه سویا مورد بررسی قرار داد، آنها بیان کردند که سالیسیلیک اسید به طور غیرمستقیم و از طریق ترکیبات دیگر مثل اکسین، روی تقسیم سلولی و طولی شدن سلول ها اثر می گذارد. اکسین از طریق فعال نمودن پمپ  $H^+$  ATPase یا بالا بردن بیان ژن های به رمز درآورنده پمپ مذکور، رشد اسیدی را به دنبال دارد، بنابراین به رشد و توسعه سلول کمک می کند. جیبرلین ها نیز در رشد و توسعه پارامترهای رشدی دخیل هستند. ت

ونا و همکاران (Tuna *et al.*, 2007) مشاهده کردند که تنش شوری در گیاه ذرت منجر به بازدارندگی پارامترهای رشدی گردید و به کارگیری جیبرلیک اسید با غلظت  $100 ppm$ ، اثرات بازدارندگی رشد توسط شوری را به صورت معنی داری کاهش داد که این امر می تواند به دلیل اثرات مثبت جیبرلیک اسید مثل افزایش تقسیم سلولی و طولی شدن سلولی باشد.

افزایش غلظت  $NaCl$  باعث تجمع یون  $Na^+$  در اندام هوایی و ریشه هر دو رقم شد و همچنین این افزایش غلظت در هر دو رقم سبب کاهش یون پتاسیم در ریشه و اندام هوایی گردید. کاربرد سالیسیلیک اسید و جیبرلیک اسید نیز باعث افزایش  $K^+$  و کاهش  $Na^+$  در ریشه و اندام هوایی در هر دو رقم گردید. در یک مطالعه که روی ارقام مختلف گندم، تربیت کاله و جو صورت گرفت گزارش گردید که در شرایط شوری تجمع  $Na^+$  در همه ارقام چندین برابر افزایش یافته است (Srivastava, 1998). در مطالعاتی که روی ارقام مختلف نیشکر صورت پذیرفت، مشاهده شد که با افزایش تنش شوری،

بهرتر از رقم RGS بود. تنش شوری موجب کاهش رشد گیاه کلزا گردید، تنش شوری جذب مواد معدنی توسط ریشه و انتقال آن را به اندام‌های هوایی تحت تاثیر قرار می‌دهد. تنظیم جذب، انتقال و تنظیم یون‌ها در سطح گیاه، اندام‌ها و داخل سلول برای مقاومت گیاهان در برابر تنش شوری ضروری است. در این پژوهش، تنش شوری موجب کاهش پتاسیم و افزایش مقدار سدیم گردید به نظر می‌رسد که استفاده از جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید باعث افزایش سازگاری گیاه به تنش شوری شده است.

دو رقم گردید. طی مطالعات صورت گرفته، مشخص گردید که سالیسیلیک اسید، جذب عناصر توسط ریشه‌ها را بسته به اسیدیته خاک تحت تاثیر قرار می‌دهد که یکی از این عناصر  $K^+$  می‌باشد. در پژوهش حاضر نیز به علت خنثی بودن محیط کشت (۶/۵) احتمالاً شرایط برای جذب  $K^+$  فراهم شده و افزایش جذب  $K^+$  را در پی داشته است. در جمع‌بندی کلی می‌توان گفت شوری آثار متفاوتی روی دو رقم Hayola 401 و RGS داشت. تنوع در نوع پاسخ‌های فیزیولوژیک به شوری و درجه تنش بین دو رقم مشهود است که در شرایط شوری رقم Hayola 401

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی در دو رقم کلزا

Table 1- Analyses of variance for studied traits under different experiments traits in two canola cultivars

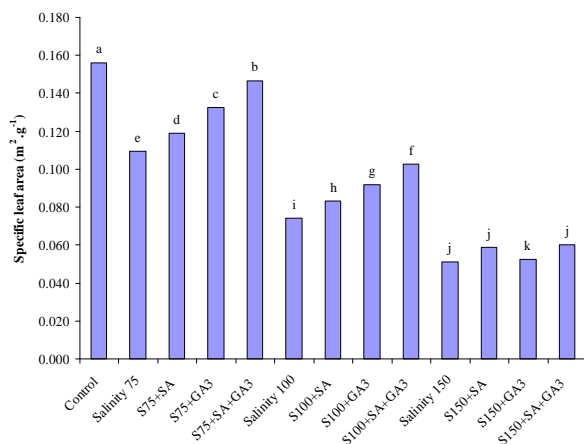
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
			سطح ویژه برگی SLA	نسبت وزن برگ LWR	نسبت سطح برگ LAR	تغییرات یون سدیم برگ Leaf Na	تغییرات یون سدیم ریشه Root Na	تغییرات یون پتاسیم برگ Leaf K	تغییرات یون پتاسیم ریشه Root K
Cultivar	رقم	1	1.18**	0.00022**	0.019**	0.0042**	0.0035**	0.0011**	0.00038**
Salinity	شوری	12	0.41**	0.013**	0.013**	0.0099**	0.0085**	0.0080**	0.012**
(C×S)	اثر متقابل	12	0.03**	0.0000039ns	0.00088**	0.000038ns	0.000035ns	0.000099ns	0.000017ns
Error	خطای	50	0.0005	0.000012	0.000017	0.00023	0.00018	0.00015	0.000027
C.V (%)	ضریب تغییرات (%)	-	1.24	5.91	3.7	2.9	2.84	3.96	1.93

ns و \* به ترتیب فاقد تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

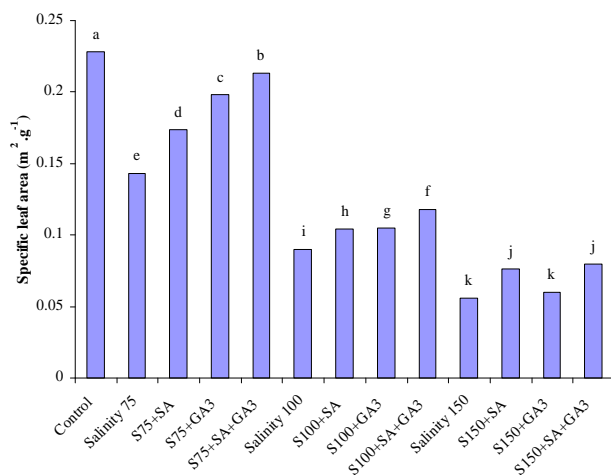
NS: non significant, \*and\*\*: Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

SLA: Specific Leaf Area, LWR: Leaf Weight Ratio, LAR: Leaf Area Ratio, Leaf Na: Leaf Sodium, Root Na: Root Sodium, Leaf K: Leaf Potassium and Root K: Root Potassium

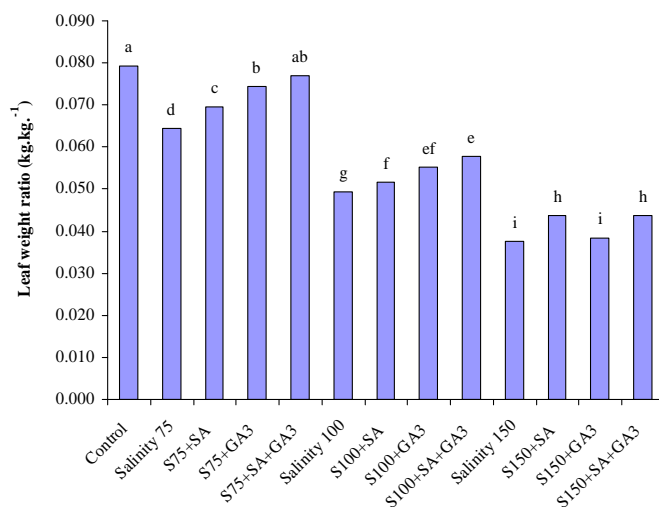




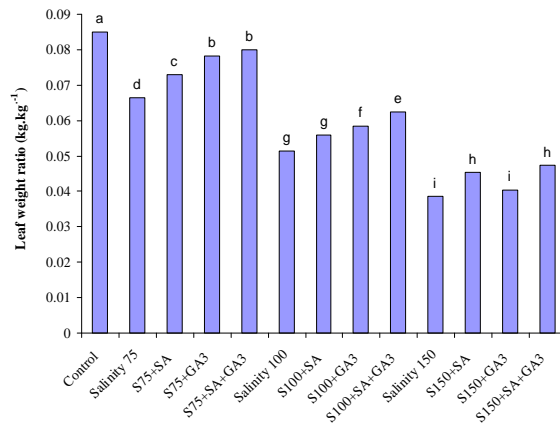
شکل ۱- میانگین سطح ویژه برگی (SLA) تحت تیمارهای مختلف در رقم هایولا ۴۰۱  
**Figure 1-** Mean of SLA under different treatments in 401 Hyola cultivar



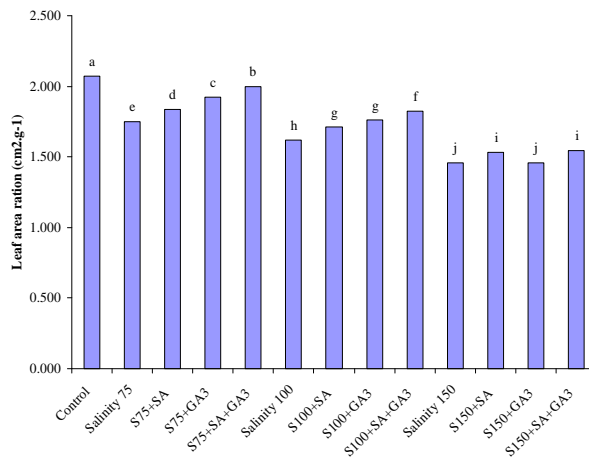
شکل ۲- میانگین سطح ویژه برگی (SLA) تحت تیمارهای مختلف در رقم RGS  
**Figure 2-** Mean of SLA under different treatments in RGS cultivar



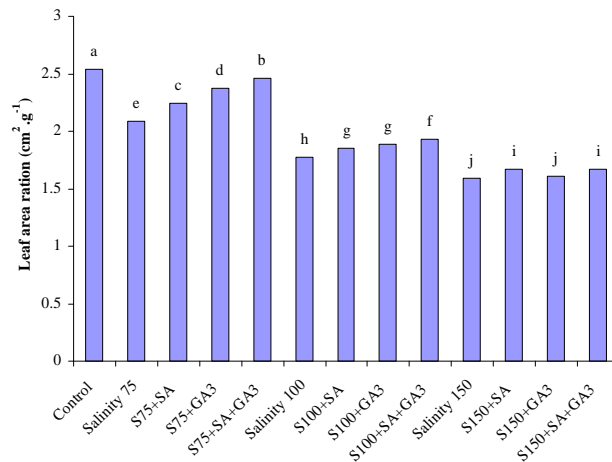
شکل ۳- میانگین نسبت وزنی برگ (LWR) تحت تیمارهای مختلف در رقم هایولا ۴۰۱  
**Figure 3-** Mean of LWR under different treatments in 401 Hyola cultivar



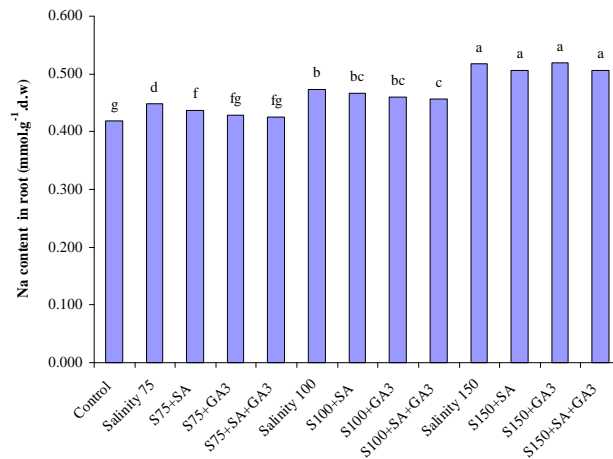
شکل ۴- میانگین نسبت وزنی برگ (LWR) تحت تیمارهای مختلف در رقم RGS  
**Figure 4-** Mean of LWR under different treatments in RGS cultivar



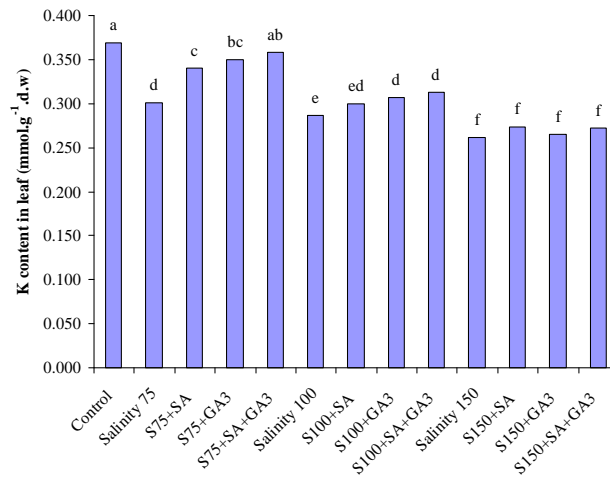
شکل ۵- میانگین نسبت سطح برگ (LAR) تحت تیمارهای مختلف در رقم هایولا ۴۰۱  
**Figure 5-** Mean of LAR under different treatments in 401 Hyola cultivar



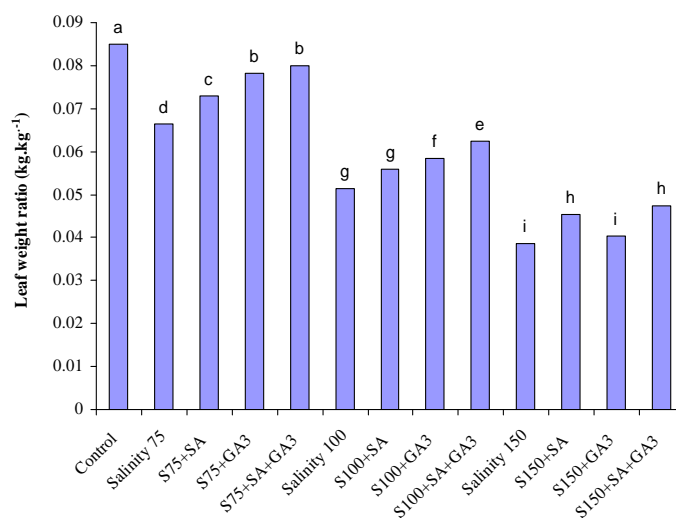
شکل ۶- میانگین نسبت سطح برگ (LAR) تحت تیمارهای مختلف در رقم RGS  
**Figure 6-** Mean of LAR under different treatments in RGS cultivar



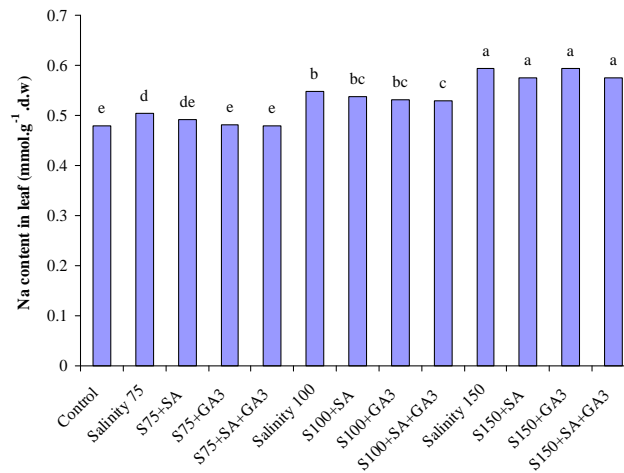
شکل ۷- میانگین یون سدیم در ریشه، تحت تیمارهای مختلف در رقم هایولا ۴۰۱  
**Figure 7-** Mean of sodium ion in root of 401 Hyola cultivar under different treatments



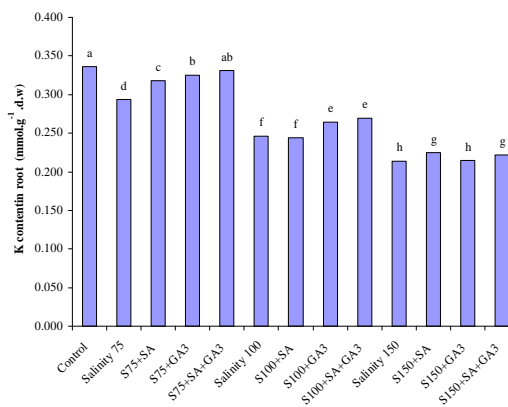
شکل ۸- میانگین یون سدیم در اندام هوایی، تحت تیمارهای مختلف در رقم هایولا ۴۰۱  
**Figure 8-** Mean of sodium ion in shoot of 401 hyola cultivar under different treatments



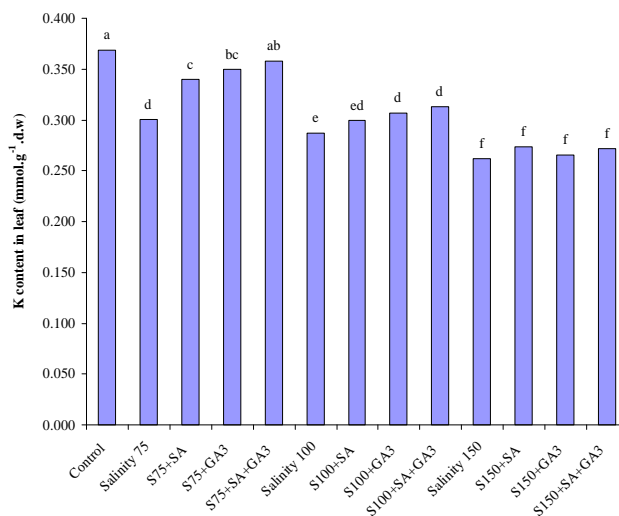
شکل ۹- میانگین یون سدیم در ریشه، تحت تیمارهای مختلف در رقم RGS  
**Figure 9-** Mean of sodium ion in root of RGS cultivar under different treatments



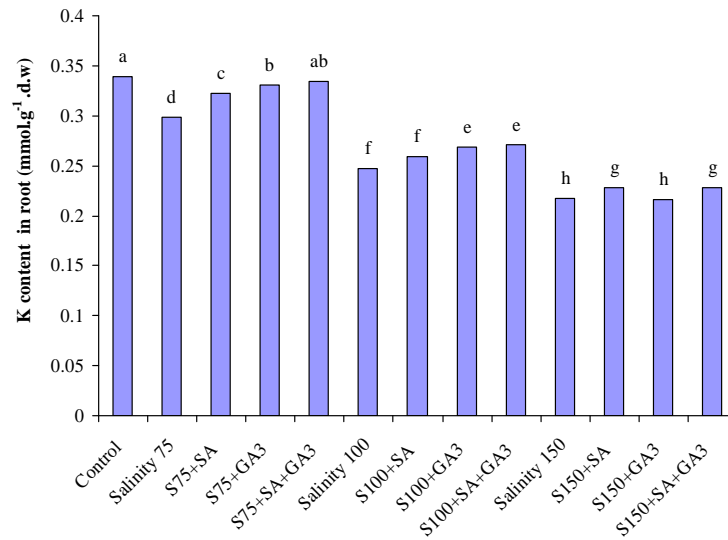
شکل ۱۰- میانگین یون سدیم در اندام هوایی تحت تیمارهای مختلف در رقم RGS  
**Figure 10-** Mean of sodium ion in shoot of RGS cultivar under different treatments



شکل ۱۱- میانگین یون پتاسیم در ریشه، تحت تیمارهای مختلف در رقم هایولا ۴۰۱  
**Figure 11-** Mean of potassium ion in root of RGS cultivar under different treatments

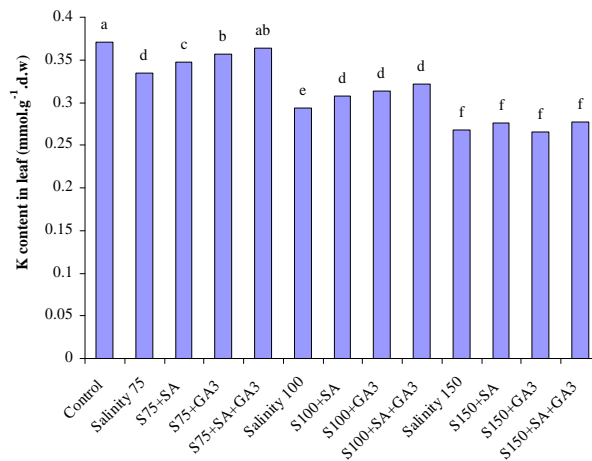


شکل ۱۲- میانگین یون پتاسیم در اندام هوایی، تحت تیمارهای مختلف در رقم هایولا ۴۰۱  
**Figure 12-** Mean of potassium ion in shoot of RGS cultivar under different treatments



شکل ۱۳- میانگین یون پتاسیم در ریشه، تحت تیمارهای مختلف در RGS

Figure 13- Mean of potassium ion in root of RGS cultivar under different treatments



شکل ۱۴- میانگین یون پتاسیم در اندام هوایی، تحت تیمارهای مختلف در RGS

Figure 14- Mean of potassium ion in shoot of RGS cultivar under different treatments

## References

## منابع مورد استفاده

- Abbas, M.A., M.E. Younis, and W.M. Shukry. 1992. Plant growth metabolism and adaptation in relation to stress conditions. XIV. Effect of salinity on internal solute concentrations in *Phaseolus vulgaris*. *J. of Plant Physiol.* 134: 722-729.
- Alam, S.M. 1990. Effect of salinity stress on the growth, yield and chemical composition of rice, *Pak. J. Sci. Indust. Res.* 33: 292-296.
- Ashraf, M., M.C. Nazir, and T. Neilly. 2001. Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid *Brassica* Species. *Plant Sci.* 160: 683-689.
- Atlasi Pak, V., M. Nabipour, and M. Meskarbashee. 2012. Effect of salt stress on growth, ionic homeostasis and ions interaction in sensitive and tolerant genotypes of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Technology of Plant Production.* 12 (2): 41-55.
- Cramer, G.R., E. Epestein, and A. Lauchij. 2001. Effects of sodium, potassium and calcium on salt stressed barley. *Physiologia Plantarum.* 80(1): 83-88.
- Cuartero, J., and R. Fernandez-Munoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulture.* 78: 83-125.
- Flowers, T.S., P.F. Torke, and A.R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology.* 28: 89-121
- Garcia-Martinez, J.L. 1997. Gibberellin metabolism and control of fruit growth. *Acta Hort.* 463: 39-52.
- Gorham, J., R.G. Wynyones and E. McDonnell. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant and Soil.* 89: 15-40.
- He, T. and G.R. Cramer. 1992. Growth and mineral nutrition of six rapid-cycling *Brassica* species in response to seawater salinity. *Plant and Soil.* 139: 285-294.
- Jamil, M., C.C. Lee, and S.U. Rehman. 2005. Salinity (NaCl) tolerance of *Brassica* species at Germination and early seedling growth. *J. Central Eur. Agr.* 4(4): 970-976.
- Karimian, N. 1992. Soil chemistry. Tehran University press. (In Persian).
- Kiarostami, K., N. Abdolmaleki, and M. Heidari. 2012. The effect of salicylic acid on salt stress reduction in Canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Plant Biology.* 35: 69-82.
- 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<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat. *Pak. J. Bot.* 41(2): 633- 638.
- Khavari-Nejad, R.A. and N. Chaparzadeh. 1998. The effect of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on photosynthesis and growth of alfalfa plants. *Photosynthetica.* 35(3): 461-466.
- Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed Maize plant. *Int. J. Agri. Biol.* 6: 5-8.
- Larque-Savedra, A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol Biochem.* 36(8): 563-565.

- Lyengar, E.R.R., and M.P. Reddy. 1993. Crop response to salt stress: seawater application and prospects. In: M. Pessarakli (ed.). Handbook of plant and crop stress, Marcel Dekker Inc., pp:183-206
- Mass, E.V., and G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. *J. Irrig. Drainage Div. Am. Soc. Civ. Eng.* 103: 115-134.
- Mehrdad Lomer, A., V. Alizadeh, R. Chogan, and E. Amiri. 2012. To investigate the effect of biological fertilizers application containing amino acids on physiological traits of maize hybrids in different levels of nitrogen. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences.* 12(4): 1135-1143.
- Mengel, K., and E.A. Kirby. 1979. Principles of plant nutrition. Inter. Potash, Inst. Bern.
- Metha, S.K., and J.P. Caur. 1999. Heavy metal-induced praline accumulation and its role in ameliorating metal toxicity in *Chlorella Vulgaris*. *New Phytol.* 143: 253-259.
- Mohammed, A. 2007. Physiological aspects of mungbean plant (*Vigna radiata* L.wilczek) in response to salt stress and gibberellic acid treatment. *Journal of Agriculture and Biological Sciences.* 3(4): 200-213.
- Mokhamed, A.M., G.N. Raldugina, V.P. Kholodova, and V.V. Kuznetsov. 2006. Osmolyte accumulation in different rape genotypes under sodium chloride salinity. *Russian Journal of Plant Physiology.* 53(5): 649-655.
- Popova, L., T. Pancheva, and A. Uzunova. 1997. Salicylic acid: Properties, biosynthesis and physiological role. *Bulg. J. Plant Physiol.* 23: 85-93.
- Raskin, I., H. Skubatz, W. Tang, and B.J.D. Meeuse. 1990. Salicylic acid levels in thermogenic and non-thermogenic plants. *Ann. Bot.* 66: 369-373
- Raskin, I. 1992. Salicylate, a new palnt hormone. *Plant Physiol.* 99: 799-803.
- Readman, R.E., M.Q. Qi, and M. Belyk. 1994. Growth of transgenic and standard canola (*Brassica nadas* L.) varieties in response to soil salinity. *Can. Plant Sci.* 74(4): 797-799.
- Shah, S.H. 2007. Effect of salt stress on mustard as affected by gibberellic acid application. *Gen. Appl. Plant Physiology.* 33(1-2): 97-106.
- Shakirova, F.M., A.R. Sakhabutdinova, M.V. Bezrukova, and D.R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Sci.* 164: 317-322
- Shanon, M.C. 1993. Principle and strategies in breeding for higher salt tolerance. *Plant and Soil.* 89: 227-241.
- Siddiqui, Z.S., M. Ajmal Khan, B.G. Kim, J.S. Huang, and T.R. Kwon. 2008. Physiological responses of *Brassica napus* genotypes to combined drought and salt stress. *Plant Stress.* 2: 78-83.
- Soltani, S., S.F. Mosavi, and B. Mostafszadeh. 2008. Effect of irrigation and saltiness on content of nutrients elements and biomass and salt profile under greenhouse. *Iranian Journal of Water Research.* 2(3): 65-76. (In Persian).

- Srivastava, J.P. 1998. Advances in plant physiology. Editor A. Hemat Rahigan Published by Pawn Kumar Scientific Publisher (India). Pp: 381-394.
- Starck, Z., and E. Czajka .1981. Function of roots in NaCl-stressed bean plants. *Plant and Soil*. 6: 107-113.
- Stewart, J. 1989. Effect of alkali on seed germination. Litah Agriculture Experiment. STAT., 9.A.R
- Tiwari, T.N., R.P. Srivastava, and G.P. Sing. 1997. Salinity tolerance in sugarcane cultivars. *Sugarcane*. 1: 10-14
- Tracy, A.C., A.J. Miller, S.A. Lauries, and R.A. Leigh. 2003. Potassium activities in cell compartment of salt-growth barley leaves. *J. Exp. B*. 58(383): 657-661.
- Tuna, A.L., C. Kaya, M. Dikilitas, and D. Higgs. 2007. The combined effect of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities plant growth parameters and nutritional status in maize plants. *Environ. Exp. Botany*. 1774: 1-9.
- Weissmann, G. 1991. Aspirin. *Sci, Am*. 264: 84-90.
- Zhou, X.M., A.F. Mackeuzie, C.A. Madramootoo, and D.L.J. Smith. 1999. Effect of some injected Plant growth regulators, with or without sucrose, on grain production, biomass and photosynthetic activity of field grown corn Plants. *Agro. Crop Sci*. 183: 103-110.