Archive of SID

تأثیر تنش شوری بر رشد و توزیع یونی در ارقام متحمل و حساس گیاه کلزا (*Brassica napus* L.)

وحید اطلسی‌پاک[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۱۰)

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش ارقام کلزا به تنش شوری آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. سه سطح شوری صفر، ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌مولار به‌عنوان تیمار شوری از زمان استقرار بوته (۴ برگی) اعمال گردید. در این تحقیق غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم و نیز نسبت پتاسیم به سدیم در بافت‌های مختلف سه رقم کلزا (PP-401-15E، Hyola401 و Hyola60) که به‌لحاظ تحمل به شوری متفاوت بودند، ۳۰ روز پس از اعمال شوری مورد مقایسه قرار گرفتند. تجزیه داده‌ها نشان داد که تأثیر شوری بر همه صفات معنی‌دار بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که زیست‌توده اندام هوایی و ریشه و عملکرد دانه در رقم حساس (PP-401-15E) کاهش بیشتری نسبت به ارقام متحمل (Hyola401 و Hyola60) در واکنش به تنش شوری داشت. در این تحقیق به‌نظر می‌رسد کاهش مقدار زیست‌توده اندام هوایی، عمدتاً به‌دلیل اثرات اسمزی املاح و نه اثرات ویژه یونی می‌باشد. تجمع سدیم در اندام هوایی و ریشه ارقام متحمل کمتر بود که این موضوع نشان داد تحمل در این ارقام با میزان ممانعت از ورود نمک به داخل گیاه مرتبط می‌باشد. هم‌چنین در این آزمایش نسبت پتاسیم به سدیم در جوان‌ترین برگی که به حداکثر سطح خود رسیده بود، در رقم حساس کمتر از ارقام متحمل بود. توزیع یونی در گیاه کلزا می‌تواند به‌طور قابل توجهی باعث بهبود تحمل به شوری گردد. نفوذپذیری نسبی غشاء در رقم PP-401-15E در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار افزایش بیشتری نسبت به ارقام مقاوم داشت، از این‌رو می‌توان از آن به‌عنوان ملاک انتخاب به‌منظور افزایش مقاومت به شوری بهره‌گیری نمود.

واژه‌های کلیدی: نفوذپذیری نسبی غشاء، اثرات ویژه یونی، عملکرد دانه، مقاومت به شوری

۱. استادیار زراعت، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷- ۱۹۳۹۵، تهران

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: V.atlassi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

حدود ۹۳۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا تحت‌تأثیر شوری قرار داشته که این مقدار به‌دلیل برخی شیوه‌های آبیاری موجود، در حال گسترش می‌باشد (۲۱). از این‌رو به‌دلیل اثرات سوء شوری بر رشد گیاهان زراعی، بهبود تحمل به شوری در این گیاهان ضروری به‌نظر می‌رسد (۲۲). شوری با کاهش توانایی گیاه در جذب آب، رشد آن را کاهش داده (۲۱) و باعث کاهش قابلیت باروری، عملکرد و کیفیت دانه در گیاهان زراعی می‌شود (۱۷). گیاه در دو مرحله نسبت به تنش شوری واکنش نشان می‌دهد: مرحله اول، مرحله اسمزی نام دارد که در این مرحله از رشد برگ‌های جوان ممانعت می‌گردد؛ مرحله دوم، که با سرعت کمتری انجام شده و مرحله یونی نام دارد، موجب پیری برگ‌های بالغ می‌شود (۲۴). معمولاً اثرات یونی بر رشد گیاه دیرتر اتفاق می‌افتد (۲۴). تحت تنش شوری غلظت سدیم در برگ‌های مختلف در یک گیاه مشخص متفاوت بوده و معمولاً برگ‌های جوان دارای غلظت کمتری از سدیم می‌باشند، از این‌رو پهنک جوان‌ترین برگی که به حداکثر سطح خود رسیده است، به‌منظور ارزیابی وضعیت یونی در ارقام مختلف گیاهان زراعی مورد توصیه قرار گرفته است (۲۵). در گیاهانی که ممانعت از ورود سدیم مکانیسم تحمل به شوری می‌باشد، تجمع یون‌های سمی در اندام هوایی به‌خصوص برگ‌های جوان و در حال گسترش که عمل فتوسنتز را فعالانه انجام می‌دهند کاهش می‌یابد (۳). در گیاه کلزا، میزان ممانعت از ورود سدیم به برگ‌ها مرتبط با تحمل به شوری گزارش گردیده است (۳ و ۳۱)، در دیگر گونه‌های زراعی از جمله گندم نیز ممانعت از ورود سدیم به اندام هوایی به‌ویژه در برگ‌ها عامل تحمل معرفی شده است (۲۹). انتقال کمتر نمک‌ها از ریشه به اندام هوایی در گونه‌های مختلف براسیکا نیز به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های تحمل به شوری محسوب می‌گردد (۱). در بیشتر گونه‌های زراعی عمل غربالگری به‌منظور تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای انجام می‌گیرد (۶) و در کلزا نیز انتخاب در این مرحله از رشد به‌منظور تحمل به شوری صورت می‌گیرد (۷ و ۱۹). اشرف و همکاران (۱) گزارش کرده‌اند که گیاه کلزا تحت شرایط شوری از ورود سدیم به اندام هوایی ممانعت نموده، پتاسیم بیشتری را تجمع داده و در نتیجه نسبت بیشتری از پتاسیم به سدیم را در اندام هوایی حفظ می‌نمایند (۱). اشرف و علی (۴) نیز عامل تحمل در گیاه کلزا را با ممانعت از ورود سدیم به اندام هوایی مرتبط می‌دانند. درصورتی‌که در آزمایش محمد و همکاران (۱۹) رقم متحمل کلزا سدیم بیشتری را در اندام هوایی خود تجمع داده است. انتخاب به‌منظور تحمل به شوری با استفاده از صفاتی هم‌چون ممانعت از ورود سدیم به اندام هوایی و یا نسبت پتاسیم به سدیم که نسبت به عملکرد و زیست‌توده اندام هوایی کمتر تحت‌تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند بسیار مطلوب می‌باشد (۲۲) و در مراحل مختلف رشد گیاهان زراعی می‌تواند بسیار کارآمد باشد (۱۵).

هدف از این مطالعه بررسی توزیع یونی در بافت‌های مختلف گیاه کلزا تحت شرایط شوری در ارقام متحمل و حساس بود، به‌نحوی‌که مشخص گردد کدام ویژگی یا صفات در ارقام متحمل این گیاه عامل تحمل بوده و موجب کاهش کمتر رشد نسبت به ارقام حساس می‌گردد. هدف دیگر نیز بررسی اثرات اسمزی و تأثیر ویژه یونی بر کاهش رشد در ارقام مختلف تحت سطوح متفاوت شوری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور مرکز همدان به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت گلدانی و دمای گلخانه در روز حدود ۲۴ و در شب ۱۶ درجه سانتی‌گراد بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش سه رقم کلزا (دو رقم متحمل Hyola401 و Hyola60 و یک رقم حساس PP-401-15E به شوری) (۵ و ۸) در سطوح مختلف شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مول در لیتر) کلرید سدیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. بذور در ابتدا توسط هیپوکلریت سدیم ۱٪ به‌مدت ۵ دقیقه ضدعفونی (۴) و سپس در داخل گلدان‌ها (قطر ۳۵

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌متر) که حاوی مخلوطی از پرلیت، کوکوپیت و ورمیکولیت (به نسبت ۱:۳:۳) بودند کشت گردید. عملیات تنک در مرحله حدود چهار برگی انجام گرفت و در نهایت در هر گلدان ۵ گیاه باقی ماند. میزان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در گلخانه حدود ۱۱۰۰ – ۹۰۰ میکرومول برمترمربع بر ثانیه بود. تا قبل از جوانه‌زنی گلدان‌ها با آب شهری و پس از آن توسط محلول غذایی هوگلند مورد آبیاری قرار گرفت. برای هر تیمار در هر تکرار، چهار گلدان در نظر گرفته شد. آزمایش جمعاً شامل ۱۰۸ گلدان بود. تا مرحله ۴ برگی همه گلدان‌ها، محلول غذایی هوگلند دریافت نموده و از مرحله چهار برگی تیمار شوری به‌مدت ۳۰ روز (۴) با استفاده از نمک NaCl (مرک) اعمال گردید. تا زمان برداشت مصرف محلول غذایی هوگلند ادامه یافت. پس از گذشت ۳۰ روز از اعمال تیمار از هر تیمار در هر تکرار چهار بوته برداشت شد (جمعاً ۱۲ بوته) و پس از شستشو با آب مقطر به ریشه و اندام هوایی تفکیک گردید. در هر بوته علاوه بر اندام هوایی، از جوان‌ترین برگی که به حداکثر سطح خود رسیده بود (۲۵) جهت اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم استفاده شد. مقدار سدیم و پتاسیم در جوان‌ترین برگ، اندام هوایی و ریشه پس از هضم توسط دستگاه نشر شعله‌ای (Jenway-PFP7) مورد اندازه گیری قرار گرفت (۲۵). ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب شده را درون فالکون ریخته و با کمک اسید استیک ۰/۱ نرمال، سدیم و پتاسیم آنها استخراج گردید. سپس مقادیر این عناصر توسط دستگاه نشر شعله‌ای تعیین گردید. جهت اندازه‌گیری زیست‌توده ریشه و اندام هوایی نیز از هر تیمار در هر تکرار از ۴ بوته نمونه‌برداری به‌عمل آمد (جمعاً ۱۲ بوته). ریشه از ساقه تفکیک شده و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. سپس زیست‌توده ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین نفوذپذیری نسبی غشاء در جوان‌ترین برگی که به حداکثر سطح خود رسیده بود به روش زیر عمل شد:

ابتدا توسط دیسک‌های یک سانتی‌متری ۰/۵ تا ۰/۸ گرم از برگ مورد نظر قطعه قطعه شده و در ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل شده ورتکس گردید و EC آن EC_0 در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها را به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده و مجدداً EC آن را اندازه‌گیری کرده و آن را EC_1 قرار دادیم. سپس نمونه‌ها را به‌مدت ۱۵ دقیقه اوتوکلاو نموده (دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر) و آن را در دمای آزمایشگاه نگهداری کردیم تا با محیط هم دما گردد. حال برای بار سوم EC_2 را تعیین نمودیم. طبق فرمول زیر (۴) درصد نفوذپذیری نسبی غشاء محاسبه گردید.

$$\%RMP = ((EC_1 - EC_0)/(EC_2-EC_0)) \times 100 \qquad (1)$$

تنش شوری تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک (زمانی که غلاف‌ها از سبز به قهوه‌ای روشن تغییر رنگ می‌دهند) بر گیاهان باقی‌مانده اعمال گردید و به‌منظور ارزیابی عملکرد ۸ بوته از هر تیمار در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت (جمعاً ۲۴ بوته برای هر تیمار). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹,۱) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده گردید. ضرایب همبستگی بین صفات نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS تعیین شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در این تحقیق نشان داد که کلیه صفات مورد اندازه‌گیری به‌جز پتاسیم اندام هوایی تحت‌تأثیر شوری قرار گرفت. اثر رقم بر نسبت اندام هوایی به ریشه و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی معنی‌دار نبود (جدول ۱). شوری موجب کاهش زیست‌توده اندام هوایی شد، به‌طوری‌که در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار ۲۱ درصد و در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار ۴۹ درصد مقدار آن را کاهش داد (جدول ۲). مقدار زیست‌توده اندام هوایی در هر سه رقم در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش یافت و این کاهش در هر سه رقم حدود ۵۰٪ بود (جدول ۳).

در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار زیست‌توده، ریشه کاهشی از خود نشان نداد اما در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش آن معنی‌دار بود. در بین ارقام، رقم PP-401-15E از این نظر دارای بیشترین

www.SID.ir

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف شوری، رقم و برهمکنش آنها بر وزن زیست‌توده اندام هوایی، وزن زیست‌توده ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه، عملکرد، سدیم اندام هوایی، سدیم جوان‌ترین برگ، سدیم ریشه، پتاسیم اندام هوایی، پتاسیم جوان‌ترین برگ، پتاسیم ریشه، نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی، نسبت پتاسیم به سدیم جوان‌ترین برگ، نسبت پتاسیم به سدیم ریشه و نفوذپذیری نسبی غشاء

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن اندام هوایی	وزن ریشه	اندام هوایی/ریشه	عملکرد	سدیم	سدیم برگ	سدیم ریشه	پتاسیم	پتاسیم برگ	پتاسیم ریشه	سدیم/پتاسیم اندام هوایی	سدیم/پتاسیم برگ	سدیم/پتاسیم ریشه	نفوذپذیری غشاء
تکرار	۲	۰/۱۵۶^{ns}	۰/۰۱۹*	۳/۸۵^{ns}	۱/۳۱^{ns}	۵/۰۳^{ns}	۱/۴۶^{ns}	۱۴/۹*	۸/۱۱^{ns}	۲۵/۴*	۳/۳۲^{ns}	۰/۰۵۷^{ns}	۰/۰۱۰^{ns}	۱/۳۷**	۱۲/۷^{ns}
شوری	۲	۱۸/۸**	۰/۰۴۰**	۲۶/۸**	۳۳/۸**	۱۴۷۳**	۴۵۲**	۱۷۲۳**	۱۱/۵^{ns}	۵۸/۸**	۷۳۰**	۳۵/۰**	۴۲/۲**	۶۳/۳**	۱۹۲۵**
رقم	۲	۳/۰۳**	۰/۰۱۹*	۱/۵۵^{ns}	۷/۷۹**	۳۷/۵**	۴۵/۵**	۲۳/۸**	۵۵*	۱۲۵**	۷۸/۲**	۰/۱۷۸^{ns}	۳/۷۰**	۰/۵۸۱**	۷۱**
رقم × شوری	۴	۰/۷۴۷*	۰/۰۰۳^{ns}	۱/۶۷^{ns}	۰/۵۵۰^{ns}	۲۶/۰۵**	۲۵/۸**	۲۴/۰**	۱۳/۴^{ns}	۲۳/۲^{ns}	۱۷/۱^{ns}	۰/۰۹۶^{ns}	۰/۹۶۰^{ns}	۰/۸۸**	۲۷*
خطا	۱۲	۰/۲۲۲	۰/۰۰۴	۱/۵۲	۰/۹۰۰	۳/۵۹	۲/۸۷	۳/۳۷	۱۳/۵	۶/۶۵	۶/۷۳	۰/۳۲۲	۰/۲۶۹	۰/۰۶۸	۴/۹
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۴	۱۲/۴	۱۴/۸	۱۱/۲	۶/۸	۱۲	۷/۴	۴/۷	۴/۸	۵/۹	۱۶/۷	۱۱/۵	۹/۳	۷/۹

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین زیست‌توده ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه، عملکرد، پتاسیم اندام هوایی، پتاسیم جوان‌ترین برگ، پتاسیم ریشه، نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و نسبت پتاسیم به سدیم جوان‌ترین برگ، در سطوح متفاوت شوری و ارقام مختلف

تیمار	وزن ریشه (گرم در گیاه)	اندام هوایی/ریشه	عملکرد (گرم در گیاه)	پتاسیم	پتاسیم برگ	پتاسیم ریشه	سدیم/ پتاسیم اندام هوایی	سدیم/ پتاسیم برگ
				(میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)				
شوری (میلی‌مولار)								
صفر	۰/۵۹۴^{a}	۱۰/۰^{a}	۹/۶۴^{a}	۷۷/۷^{a}	۵۰/۹^{b}	۵۳/۲^{a}	۵/۶۴^{a}	۶/۷۵^{a}
۱۰۰	۰/۵۷۲^{a}	۸/۲۹^{ab}	۹/۴۸^{a}	۷۷/۳^{a}	۵۶/۰^{a}	۴۳/۰^{b}	۲/۵۶^{b}	۳/۹۱^{b}
۲۰۰	۰/۴۶۸^{b}	۶/۶۰^{b}	۶/۲۰^{b}	۷۵/۶^{b}	۵۲/۷^{b}	۳۵/۳^{c}	۱/۹۶^{b}	۲/۴۵^{c}
رقم								
Hyola401	۰/۵۸۰^{a}	۸/۷۳^{a}	۹/۱۵^{a}	۷۹/۶^{a}	۵۷/۳^{a}	۴۲/۸^{b}	۳/۰^{a}	۴/۲۱^{a}
Hyola60	۰/۵۶۳^{a}	۸/۳۰^{a}	۸/۷۹^{a}	۷۶/۳^{ab}	۵۲/۳^{b}	۴۷/۱^{a}	۲/۸۵^{a}	۴/۳۹^{a}
PP-401-15E	۰/۴۹۱^{b}	۷/۹۰^{a}	۷/۳۹^{b}	۷۴/۷^{b}	۵۰/۰^{b}	۴۱/۵^{b}	۲/۴۷^{a}	۳/۰^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در هر تیمار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش بود (جدول ۲). کاهش زیست‌توده ریشه در رقم حساس، در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار حدود ۲۱٪ بوده که این کاهش غیر معنی‌ار بود، در رقم Hyola401 و Hyola60 نیز در هر دو سطح، از شوری زیست‌توده ریشه کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود، درصورتی‌که در رقم حساس زیست‌توده ریشه در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری در حدود ۳۰٪ از خود نشان داد. نسبت اندام هوایی به ریشه در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار حدود ۳۴٪ نسبت به شاهد کاهش داشت که این کاهش معنی‌دار بود، اما بین ارقام مختلف تفاوتی از این لحاظ مشاهده نگردید (جدول ۲). در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار نسبت اندام هوایی به ریشه در Hyola60 کاهش معنی‌داری (حدود ۲۷ درصد) از خود نشان داد. کاهش نسبت اندام هوایی به ریشه در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در هر سه رقم معنی‌دار بوده و مقدار آن در رقم Hyola60 و Hyola401 به‌ترتیب ۳۸٪ و ۳۴٪ و در رقم حساس ۳۰٪ بود.

عملکرد دانه در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار تحت‌تأثیر قرار نگرفت اما در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری (۳۶٪) داشت. در بین ارقام، رقم PP-401-15E دارای عملکرد پایین‌تری بود (جدول ۲). در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار عملکرد در هیچ‌یک از ارقام کاهش معنی‌داری از خود نشان نداد اما در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌دار عملکرد در رقم Hyola60 و Hyola401 به‌ترتیب ۳۱٪ و ۳۰٪ و در رقم حساس ۴۸٪ بود. مقدار سدیم در اندام هوایی و نیز در جوان‌ترین برگ با افزایش شوری افزایش معنی‌داری از خود نشان داد. در بین ارقام نیز رقم حساس مقدار سدیم بیشتری را در اندام هوایی و جوان‌ترین برگ تجمع داد.

غلظت سدیم در جوان‌ترین برگ نسبت به اندام هوایی کمتر بود. مقدار سدیم در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار در اندام هوایی و نیز در جوان‌ترین برگ در هر سه رقم یکسان بود. اما در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار رقم حساس سدیم بیشتری را نسبت به ارقام متحمل در جوان‌ترین برگ و اندام هوایی تجمع داد (جدول ۳). اثر متقابل شوری و رقم بر مقدار سدیم در جوان‌ترین برگ و اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۱). مقدار سدیم ریشه در رقم حساس بیشتر از ارقام متحمل بود و اثر متقابل رقم و شوری از این نظر معنی‌دار شد (جدول ۱).

در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار غلظت سدیم ریشه در هر سه رقم یکسان بود (جدول ۳). مقدار پتاسیم اندام هوایی در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار مشابه تیمار شاهد بود درصورتی‌که در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش یافت. در بین ارقام نیز مقدار پتاسیم اندام هوایی در PP-401-15E کمتر از Hyola401 و مشابه Hyola60 بود. در جوان‌ترین برگ نیز مقدار پتاسیم در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار افزایش و در ۲۰۰ میلی‌مولار برابر با شاهد بود. در بین ارقام نیز Hyola401 بیشترین مقدار پتاسیم را در جوان‌ترین برگ به خود اختصاص داد و دو رقم دیگر تفاوتی از این لحاظ از خود نشان ندادند (جدول ۲). نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در بین ارقام تفاوت معنی‌داری نداشت. در جوان‌ترین برگ نسبت پتاسیم به سدیم در رقم حساس به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از ارقام متحمل بود (جدول ۲). ارقام متحمل در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مقدار بیشتری پتاسیم در جوان‌ترین برگ حفظ نمودند.

اثر شوری و رقم بر نفوذپذیری نسبی غشاء معنی‌دار شد. در شوری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء معنی‌دار بود و در بین ارقام، رقم حساس بیشترین مقدار را از این نظر به خود اختصاص داد. در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری بین ارقام متحمل وجود نداشت و بین رقم PP-401-15E و رقم Hyola60 نیز اختلاف غیر معنی‌دار بود. بیشترین میزان نفوذپذیری نسبی غشاء در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مربوط به رقم حساس بود (جدول ۳).

بحث

تفاوت معنی‌داری بین ارقام از نظر زیست‌توده اندام هوایی ملاحظه گردید. حفظ زیست‌توده اندام‌های هوایی شاخصی برای تحمل به شوری معرفی گردیده است (۲۸). چنان‌چه در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد همبستگی معنی‌دار منفی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. برهمکنش شوری و رقم بر زیست‌توده اندام هوایی، سدیم اندام هوایی، سدیم جوان‌ترین برگ، سدیم ریشه، نسبت پتاسیم به سدیم ریشه و نفوذپذیری نسبی غشاء

رقم	شوری (میلی‌مولار)	وزن اندام هوایی (گرم در گیاه)	سدیم (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	سدیم برگ (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	سدیم ریشه (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)	سدیم/ پتاسیم ریشه	نفوذپذیری غشاء (درصد)
Hyola401	صفر	۶/۶۳^{a}	۱۴/۱^{d}	۸/۴۰^{d}	۱۰/۴^{e}	۴/۸۸^{b}	۱۳/۵^{e}
	۱۰۰	۵/۱۶^{bc}	۲۹/۰^{c}	۱۳/۳^{c}	۲۹/۰^{d}	۱/۵۱^{cd}	۲۰/۹^{d}
	۲۰۰	۳/۴۳^{ef}	۳۶/۵^{b}	۱۹/۴^{b}	۳۲/۲^{c}	۱/۱۴^{de}	۳۹/۱^{b}
Hyola60	صفر	۵/۹۲^{ab}	۱۳/۴^{d}	۶/۶۵^{d}	۹/۲۸^{e}	۶/۱۸^{a}	۱۶/۸^{e}
	۱۰۰	۴/۸۰^{cd}	۳۱/۴^{c}	۱۱/۶^{c}	۲۶/۴^{d}	۱/۷۸^{c}	۲۳/۴^{cd}
	۲۰۰	۳/۰۹^{fg}	۳۵/۴^{b}	۱۷/۵^{b}	۳۶/۱^{b}	۱/۰۶^{de}	۴۲/۵^{b}
PP-401-15E	صفر	۵/۱۶^{bc}	۱۴/۱^{d}	۷/۵۵^{d}	۸/۵۶^{e}	۶/۴۴^{a}	۱۶/۷^{e}
	۱۰۰	۴/۰۵^{de}	۳۱/۴^{c}	۱۳/۸^{c}	۲۹/۳^{cd}	۱/۳۸^{cd}	۲۵/۶^{c}
	۲۰۰	۲/۵۴^{g}	۴۵/۱^{a}	۲۷/۸^{a}	۴۱/۳^{a}	۰/۷۴^{e}	۵۰/۳^{a}

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. همبستگی بین سدیم اندام هوایی، سدیم جوان‌ترین برگ، سدیم ریشه، پتاسیم اندام هوایی، پتاسیم جوان‌ترین برگ، پتاسیم ریشه، زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه، عملکرد، نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی، نسبت پتاسیم به سدیم جوان‌ترین برگ، نسبت پتاسیم به سدیم ریشه و نفوذپذیری نسبی غشاء

صفات	سدیم اندام هوایی	سدیم برگ	سدیم ریشه	پتاسیم اندام هوایی	پتاسیم برگ	پتاسیم ریشه	اندام هوایی/ ریشه	عملکرد	سدیم/ پتاسیم برگ	سدیم/ پتاسیم ریشه	نفوذپذیری غشاء
سدیم اندام هوایی	۱										
سدیم برگ	۰/۹۰۲**	۱									
سدیم ریشه	۰/۹۷۱**	۰/۸۷۸**	۱								
پتاسیم اندام هوایی	-۰/۱۶۹ns	-۰/۱۰۹ns	-۰/۱۵۲ ns	۱							
پتاسیم برگ	۰/۰۷۷ns	-۰/۰۸۰ns	۰/۱۲۵ns	۰/۳۶۶ns	۱						
پتاسیم ریشه	-۰/۹۱۶**	-۰/۹۱۵**	-۰/۸۹۹**	۰/۰۴۸ns	-۰/۱۰۰ns	۱					
اندام هوایی	-۰/۸۳۳**	-۰/۷۹۴**	-۰/۸۳۷**	۰/۳۲۶ns	۰/۰۹۳ ns	۰/۷۸۷**	۱				
ریشه	-۰/۴۶۰*	-۰/۵۶۸**	-۰/۴۸۷**	۰/۳۰۹ns	۰/۲۸۹ns	۰/۵۳۱**	۰/۵۹۴**	۱			
اندام هوایی/ریشه	-۰/۶۹۷**	-۰/۵۹۷**	-۰/۶۸۷**	۰/۱۵۸ns	-۰/۰۳۹ns	۰/۶۱۹**	۰/۷۹۷**	۰/۰۰۸ns	۱		
عملکرد	-۰/۷۰۵**	-۰/۸۰۲**	-۰/۶۹۶**	۰/۲۱۱ ns	۰/۲۴۰ ns	۰/۶۹۰**	۰/۸۵۳**	۰/۶۶۰**	۰/۵۸۶**	۱	
سدیم/ پتاسیم	-۰/۹۵۴**	-۰/۷۶۴**	-۰/۹۴۲**	۰/۱۹۵ns	-۰/۱۵۹ns	۰/۸۴۲**	۰/۷۷۸**	۰/۳۴۳ns	۰/۷۰۳**	۰/۵۵۳**	۱
سدیم/ پتاسیم برگ	-۰/۹۳۱**	-۰/۹۰۳**	-۰/۹۳۳**	۰/۱۶۱ ns	-۰/۰۸۲ns	۰/۹۵۶**	۰/۸۱۰**	۰/۵۷۶**	۰/۵۹۵**	۰/۶۷۷**	۰/۸۷۵**
سدیم/ پتاسیم ریشه	-۰/۹۱۳**	-۰/۷۴۷**	-۰/۹۳۹**	۰/۰۴۵ns	-۰/۳۰۰ns	۰/۸۴۳**	۰/۶۷۴**	۰/۳۵۸ns	۰/۵۷۴**	۰/۵۱۱**	۰/۹۴۷**
نفوذپذیری غشاء	۰/۸۸۱**	۰/۹۲۲**	۰/۸۷۰**	-۰/۲۴۳ns	-۰/۰۹۶ns	-۰/۸۵۹**	-۰/۸۷۵**	-۰/۵۵۵**	-۰/۶۹۸**	-۰/۸۵۰**	-۰/۷۷۱**

*و **به‌ترتیب نشان‌دهنده همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

($r = -۰/۸۳۳$) بین زیست‌توده اندام هوایی و مقدار سدیم اندام هوایی وجود دارد که این موضوع نشان می‌دهد غلظت سدیم اندام هوایی جهت ارزیابی تحمل به شوری ویژگی مطلوبی به‌شمار می‌آید. زیست‌توده اندام هوایی در مرحله اولیه رشد رویشی به‌عنوان مقیاسی جهت نشان دادن حساسیت یا تحمل به شوری در ارقام مختلف کلزا مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است (۷ و ۱۹). نتایج نشان داد زیست‌توده اندام هوایی در هرسه رقم در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به حدود یک‌دوم کاهش یافته است. با توجه به اینکه مقدار غلظت سدیم اندام هوایی در رقم حساس، در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بیشتر از دو رقم متحمل دیگر می‌باشد به‌نظر می رسد کاهش زیست‌توده اندام هوایی به‌دلیل تنش اسمزی اتفاق افتاده است نه اثرات ویژه یونی. پس از اعمال تنش شوری، تنش اسمزی در چند هفته تأثیر بازدارندگی خود را بر روی ریشه گیاه خواهد گذاشت و تأثیر ویژه یونی بعد از اثرات اسمزی بر روی گیاه ظاهر می‌گردد و اثرات مخرب کمتری نسبت به تنش اسمزی خواهد داشت (۲۴).

اثرات اسمزی حاصل از تنش شوری موجب کاهش هدایت روزنه‌ای شده و با تأثیر بر فتوسنتز و اسیمیلات کربن کاهش رشد اندام هوایی را به‌دنبال خواهد داشت (۲۱). به عقیده محققین در سطوح بالای شوری کاهش زیست‌توده به‌دلیل اثرات اسمزی تنش شوری اتفاق می‌افتد نه اثرات ویژه یونی (۲۳). در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار، کاهش رشد ریشه معنی‌دار بود و رقم حساس کاهش بیشتری نسبت به دو رقم دیگر از خود نشان داد. رشد ریشه کمتر از اندام هوایی تحت‌تأثیر شوری در این آزمایش قرار گرفت. تحت تنش شوری کاهش کمتر رشد ریشه نسبت به اندام هوایی در گیاه کلزا توسط محققین (۱۲) گزارش شده است. همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -۰/۴۶۰$) بین زیست‌توده ریشه و سدیم اندام هوایی در این آزمایش ملاحظه گردید. با توجه به کاهش معنی‌دار زیست‌توده ریشه در رقم حساس در این آزمایش می‌توان از این صفت به‌عنوان شاخصی جهت افزایش تحمل به شوری بهره‌گیری نمود. تحقیقات اندکی در مورد تأثیر شوری بر رشد ریشه صورت گرفته اما محققین کاهش طول ریشه و وزن آن را در شوری بالای ۱۰۰ میلی‌مولار به‌دلیل کاهش تقسیم سلول‌های آن عنوان نموده‌اند (۱۶). مانز (۲۱) تنش اسمزی و تغییر در روابط آبی سلول‌های ریشه را عامل کاهش رشد آن بیان کرده است. نسبت اندام هوایی به ریشه در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار، کاهش نشان داد که دلیل آن عکس‌العمل متفاوت ریشه نسبت به شوری در مقایسه با اندام هوایی گیاه می باشد. تحت شرایط شوری و تنش اسمزی، ریشه نسبت به برگ‌ها با سرعت بیشتری با شرایط تنش سازگاری یافته و به حالت اولیه خود برمی‌گردد و در نتیجه ریشه نسبت به اندام هوایی از کاهش رشد کمتری برخوردار خواهد بود (۱۴). بنابراین کاهش بیشتر زیست‌توده اندام هوایی نسبت به ریشه، باعث کاهش این نسبت در بالاترین سطح شوری گردیده است. کاهش نسبت اندام هوایی به ریشه تحت شرایط شوری در تحقیقات متعددی گزارش گردیده است (۱۲ و ۲۱). به‌دلیل زیست‌توده بیشتر ریشه، ارقام Hyola 60 و Hyola 401 در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب دارای ۳۸ و ۳۴ درصد کاهش در نسبت اندام هوایی به ریشه بودند درصورتی‌که رقم حساس PP-401-15E دارای ۳۰ درصد کاهش بود که البته تفاوت در این مورد غیر معنی‌دار شد.

عملکرد دانه در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری از خود نشان داد و در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش عملکرد نسبت به شاهد در هر سه رقم غیر معنی‌دار بود. تفاوت بین ارقام از نظر عملکرد دانه، در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -۰/۷۰۵$) بین سدیم اندام هوایی و عملکرد دانه وجود داشت. محققین کاهش عملکرد در گیاه کلزا تحت‌تأثیر شوری را مرتبط با کاهش فعالیت مبدأ در اثر محدودیت‌های روزنه‌ای و کاهش فتوسنتز بیان نموده‌اند (۳۱). از آنجا که در این آزمایش رقم حساس، در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار، سدیم بیشتری در اندام هوایی خود تجمع داده است عملکرد آن نسبت به ارقام متحمل کاهش بیشتری داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

محققین دلیل کاهش عملکرد در ارقام حساس کلزا نسبت به ارقام متحمل را تجمع بیشتر سدیم در اندام هوایی ذکر کرده‌اند (۷ و ۳۱). در بررسی عملکرد دانه در گیاه کلزا تحت شرایط شوری، رابطه مستقیمی بین میزان تحمل به شوری و ممانعت از ورود سدیم به اندام هوایی گزارش شده است (۳ و ۳۱).

در بالاترین سطح شوری بیشترین کاهش (حدود ۴۸ درصد)، در عملکرد رقم PP-401-15E مشاهده شد. با توجه به اینکه در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مقدار سدیم در اندام هوایی و جوان‌ترین برگ در رقم حساس بیشتر از ارقام متحمل است، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عملکرد در این سطح شوری در رقم حساس به‌دلیل اثرات ویژه یونی اتفاق افتاده است. اثرات ویژه یونی با کاهش فراهمی اسیمیلات‌ها، رشد زایشی گیاه را تحت‌تأثیر قرار داده و یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد می‌باشد (۲۰، ۲۴ و ۳۱).

وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین سدیم اندام هوایی و عملکرد ($r = -۰/۷۰۵$) نشان‌دهنده این است که این عنصر موجب کاهش فعالیت منبع در گیاه گردیده است. البته با توجه به نتایج ملاحظه می‌گردد که تجمع سدیم در بافت‌های مختلف در ارقام متحمل و حساس متفاوت می‌باشد. نتایج نشان داد که بارگیری سدیم به داخل ریشه‌ها و میزان انتقال سدیم از ریشه‌ها به اندام هوایی و جوان‌ترین برگ در ارقام متحمل و رقم حساس در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار متفاوت بوده است. میزان سدیم در اندام هوایی و جوان‌ترین برگ در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار در همه ارقام مشابه بوده است اما در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری از این لحاظ بین ارقام متحمل و حساس مشاهده می‌گردد. یکی از عوامل تعیین‌کننده تحمل در گیاه کلزا ممانعت از ورود سدیم و تجمع آن در مریستم‌ها به‌ویژه در ساقه‌ها و برگ‌های فتوسنتزکننده می‌باشد (۲ و ۳). در برخی گونه‌های براسیکا (*Brassica*) جلوگیری از تجمع یون‌های سمی در اندام هوایی ملاک تحمل معرفی شده است (۳). در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار غلظت سدیم در بافت‌های مختلف رقم حساس نسبت به ارقام متحمل افزایش داشته است که این نشان‌دهنده عدم توانایی این رقم در کنترل جذب سدیم به بافت‌ها می‌باشد. ارتباط بین تحمل به شوری و ممانعت از ورود سدیم به بافت‌های گیاه کلزا در آزمایشات مزرعه‌ای نیز گزارش گردیده است (۱۰). تجمع سدیم در جوان‌ترین برگ نسبت به اندام هوایی و ریشه کمتر می‌باشد، البته تجمع سدیم در ریشه‌ها کمتر از اندام هوایی صورت گرفته است که این موضوع با نتایج یانگ و همکاران (۳۱) مطابقت دارد.

در گیاهان زراعی مکانیسم‌هایی جهت ممانعت از ورود سدیم به برگ‌ها در اندام هوایی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به اثر محدودکنندگی غلاف برگ‌ها در گیاه گندم (۲۶) و جو (۳۰) و نیز دمبرگ‌ها در گیاه کلزا (۳۱) در انتقال سدیم به برگ‌ها اشاره نمود. پژوهشگران (۳۱) گزارش نمودند که تحت تنش شوری در گیاه کلزا، مقدار سدیم در جوان‌ترین برگی که به حداکثر سطح خود رسیده است در رقم متحمل کمتر از رقم حساس می‌باشد. با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار بین مقدار سدیم در بافت‌های مختلف کلزا و زیست‌توده اندام هوایی و عملکرد می‌توان نتیجه گرفت که ممانعت از ورود سدیم به بافت‌های گیاهی می‌تواند به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های تحمل جهت انتخاب ارقام متحمل در کلزا مورد توجه قرار گیرد. تجمع سدیم در برگ‌ها منجر به کاهش فتوسنتز می‌گردد، از این‌رو تفاوت بین ارقام در فعالیت فتوسنتزی تحت تنش شوری می‌تواند ناشی از اختلاف در تحمل به شوری باشد (۳۱). می‌توان نتیجه گرفت که یکی از مکانیسم‌های تحمل به شوری در گیاه کلزا ممانعت از ورود سدیم به اندام هوایی است که از این طریق می‌تواند مانع از کاهش فتوسنتز و کاهش تولید زیست‌توده و عملکرد گردد.

با افزایش شوری پتاسیم ریشه دارای روندی کاهشی بود، اما پتاسیم اندام هوایی فقط در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کاهش یافت. رابطه منفی و معنی‌دار بین سدیم ریشه و پتاسیم ریشه ($r = -۰/۸۹۹$) نشان می‌دهد که احتمالاً کاهش پتاسیم در ریشه

www.SID.ir

Archive of SID

با افزایش شوری به‌علت آنتاگونیسم بین این دو یون اتفاق می‌افتد (۱۱، ۱۲ و ۳۲). کاهش پتاسیم ریشه و نیز اندام هوایی تحت شرایط شوری در گیاه کلزا گزارش شده است (۱۱ و ۱۳). هی و کرامر (۱۱) بیان نمودند که میزان پتاسیم در اندام هوایی با میزان رشد ارتباط مستقیم داشته و تحت شرایط شوری گونه‌هایی از براسیکا (*Brassica*) که توانایی بیشتری در حفظ پتاسیم داشته باشند تحمل بیشتری نسبت به شوری خواهند داشت. محققین عقیده دارند که تحت شرایط شوری مقدار پتاسیم در بافت‌های گیاه نقش مهمی در تحمل به شوری خواهد داشت (۲۷).

احتمالاً با توجه به وجود آنتاگونیسم بین سدیم و پتاسیم، افزایش غلظت سدیم در محیط ریشه تحت شرایط شوری، باعث محدودیت در جذب پتاسیم شده است. دیگر محققین (۱۸) نیز افزایش جذب سدیم در ریشه و رقابت آن با جذب پتاسیم تحت تنش شوری را عامل کاهش میزان پتاسیم در ریشه دانسته‌اند. در جوان‌ترین برگ در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، پتاسیم افزایش یافته است، افزایش غلظت پتاسیم نیز در شرایط شوری توسط محققین (۹ و ۲۶) گزارش شده است. در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در جوان‌ترین برگ در رقم حساس کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقدار پتاسیم مشاهده شد که نشان‌دهنده عدم توانایی این رقم در انتقال پتاسیم به برگ‌های جوان می‌باشد. افزایش مقدار سدیم و کاهش پتاسیم در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در جوان‌ترین برگ رقم حساس موجب شد تا نسبت پتاسیم به سدیم در این بافت جوان فتوسنتز کننده کاهش معنی‌داری نسبت به دو رقم متحمل داشته باشد. جدول ضرایب همبستگی نشان داد که ارتباط منفی و معنی‌داری بین سدیم جوان‌ترین برگ با نسبت پتاسیم به سدیم آن (r = −۰/۹۰۳) و سدیم اندام هوایی با نسبت پتاسیم به سدیم آن (r = −۰/۹۵۴) وجود داشته، درصورتی‌که رابطه این نسبت با پتاسیم جوان‌ترین برگ و پتاسیم اندام هوایی غیر معنی‌دار است. این موضوع نشان می‌دهد که نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و جوان‌ترین برگ وابسته به مقدار تجمع سدیم بوده و مستقل از مقدار پتاسیم می‌باشد. جدول ضرایب همبستگی نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و جوان‌ترین برگ با زیست‌توده اندام هوایی و عملکرد وجود دارد که این موضوع نشان‌دهنده این است که از این صفت می‌تواند به‌عنوان ملاکی جهت بهبود تحمل به شوری بهره‌گیری نمود (۲، ۳ و ۱۹). در این آزمایش ارقامی که دارای غلظت سدیم پایین‌تری در جوان‌ترین برگ بودند، قابلیت انتخاب یونی بالاتری داشته و در نتیجه نسبت پتاسیم به سدیم بالاتری را در این بافت به خود اختصاص دادند، از این‌رو این عامل باعث ایجاد تحمل در این ارقام گشته و در سطوح بالای شوری منجر به افزایش عملکرد در گیاه شد. در این آزمایش بین ارقام، اختلافی در نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و ریشه ملاحظه نگردید که با نتایج دیگر محققین (۴ و ۱۳) مطابقت داشت.

همبستگی مثبت و معنی‌داری (r = ۰/۹۲۲) بین نفوذپذیری نسبی غشاء و میزان سدیم جوان‌ترین برگ ملاحظه گردید. در بین ارقام نیز رقم PP-401-15E دارای بالاترین درصد نفوذپذیری نسبی غشاء بود. به‌نظر می‌رسد افزایش سدیم برگ موجب افزایش نفوذپذیری نسبی غشاء گردیده است. بیشترین مقدار نفوذپذیری نسبی غشاء در رقم PP-401-15E و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار ملاحظه گردید. نفوذپذیری نسبی کمتر در ارقام Hyola401 و Hyola60 می‌تواند ناشی از تجمع سدیم کمتر در این آزمایش باشد. در نتیجه می‌توان نفوذپذیری نسبی غشاء را عامل تحمل به شوری دانست (۴).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش ارتباط نزدیکی بین نحوه توزیع یون‌ها و تحمل به شوری در گیاه کلزا مشاهده گردید. ممانعت از ورود سدیم به ریشه، تجمع کمتر آن در اندام هوایی و حفظ نسبت‌های بالایی از پتاسیم به سدیم به‌خصوص در بافت‌های فتوسنتز کننده جوان باعث افزایش تحمل به شوی در ارقام کلزا شده که نهایتاً منجر به کاهش کمتر زیست‌توده و عملکرد دانه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

صفات مذکور را می‌توان به‌عنوان شاخص تعیین کننده تحمل به شوری در گیاه کلزا مورد بهره قرار داد. از آنجا که تنش اسمزی رشد ارقام مختلف را تحت‌تأثیر قرار داده است، افزایش تحمل به تنش اسمزی در سطوح متوسط و بالای شوری می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد توجه قرار گرفته و تحمل گیاه کلزا را به تنش شوری افزایش دهد.

منابع مورد استفاده

1. Ashraf, M., T. McNeilly and M. Nazir. 2001. Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid *Brassica* species. *Plant Science* 160: 683-689.
2. Ashraf, M. and T. McNeilly. 2004. Salinity tolerance in some *Brassica* oilseeds. *Critical Reviews in Plant Science* 23: 154-174.
3. Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora* 199: 361-376.
4. Ashraf, M. and Q. Ali. 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.
5. Atlassi 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.). *Iranian Journal of Technology of Plant Production* 12(2): 39-56. (In Farsi).
6. Dasgan, H. Y., H. Aktas, K. Abak and I. Cakmak. 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. *Plant Science* 163: 695-703.
7. Francois, L. E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal* 86: 233–237.
8. Gandomani, M., A. Dehdari, H. Faraji, M. Dehnavi and M. Alinaqizadeh. 2012. Evaluation of Chlorophyll Fluorescence and Physiological Characteristics of Spring Rapeseed (*Brassica rapa* L.) Cultivars Under Salt Stress. *Iranian Journal of Plant Production* 35(4): 1-16. (In Farsi).
9. Garcia-Lidon, J. M., J. M. Ortiz, M. F. Garcia-Legaz and A. Cerda. 1998. Role of rootstock and scion on root and leaf ion accumulation in lemon trees grown under saline conditions. *Fruits* 53: 89-97.
10. Haq, T. U., J. Akhtar, A. U. Haq and M. Hussain. 2002. Effect of soil salinity on the concentration of Na^+, K^+ and Cl^- in the leaf sap of the four *Brassica* species. *International Journal of Agricultural Biology* 4: 385-388.
11. He, T. and G. R. Cramer. 1992a. Growth and mineral nutrition of six rapid-cycling *Brassica* species in response to seawater salinity. *Plant and Soil* 139: 285-294.
12. He, T. and G. R. Cramer. 1992b. Cellular Response of tow rapid cycling *Brassica* species, *B. napus* and *B. carinata*, to seawater salinity. *Physiologia Plantarum* 87: 54-60.
13. He, T. and G. R. Cramer. 1993. Growth and ion accumulation of tow rapid-cycling *Brassica* species differing in salt tolerance. *Plant and Soil* 153: 19-31.
14. Hsiao, T. C. and L. K. Xu. 2000. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: physiological analysis and relation to water transport. *Journal of Experimental Botany* 51:1595-1616.
15. Husain, S., R. Munn and A. G. Condon. 2003. Effect of sodium exclusion trait on chlorophyll retention and growth of durum wheat in saline soil. *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 589-597.
16. Kurth, E., G. R. Cramer, A. Lauchli and E. Epstein. 1986. Effect of NaCl and $CaCl_2$ on cell enlargement and cell production in cotton roots. *Plant Physiology* 82: 1102-1106.
17. Lindsay, M., E. Lagudah, R. Hare and R. Munns. 2004. A locus for sodium exclusion (Nax1), a trait for salt tolerance, mapped in durum wheat. *Functional Plant Biology* 31: 1105-1114.
18. Mittal, R. and R. S. Dubey. 1991. Behaviour of peroxidases in rice: change in enzyme activity and isoforms in relation to salt tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry* 29: 31-40.
19. 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* 5: 649-655.
20. Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 143-160.
21. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.
22. Munns, R. and R. A. James. 2003. Screening method for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil* 253: 201-218.
23. Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist* 167: 645-663.
24. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanism of Salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.

www.SID.ir

Archive of SID

25. Munns, R., P. Wallace, N. Teakle and T. Colmer. 2010. Measuring soluble ion concentrations (Na^+, K^+, Cl^-) in salt treated plants. pp. 371-382, *In:* R. Sunkar (Ed.), Plant Stress Tolerance, Methods in Molecular Biology, Springer Science Business Media.
26. Rahnama, A., K. Poustini, R. Tavakkol-Afshari and H. Alizadeh. 2011. Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) differing in salt tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 197: 21-30.
27. Schachtman, D. P. and W. H. Liu. 1999. Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants. *Trends in Plant Science* 4: 281-287.
28. Shannon, M. C. 1998. Adaptation of plants to salinity**.** *Advances in Agronomy* 60: 75-119.
29. Tester, M. and R. Davenport**.** 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Annals of Botany* 91: 503–527.
30. Wei, W., P. E. Bilsborrow, P. Hooley, D. A. Fincham, E. Lombi and B. P. Forster. 2003. Salinity induced differences in growth, ion distribution and partitioning in barley between the cultivar Maythorpe and its derived mutant Golden Promise. *Plant and Soil* 250: 183-191.
31. Yang, Y., Q. Zheng, M. Liu, X. Long, Z. Liu, Q. Shen and S. Guo. 2012. Difference in sodium spatial distribution in shoot two canola cultivars under saline stress. *Plant Cell Physiology* 53: 1083-1092.
32. Zhang, H. X., J. N. Hodson, J. P. Williams and E. Blumwald. 2001. Engineering salt tolerant *Brassica* plants: Characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. *Proceeding of the National Academy of Science* 98: 12832-12836.

www.SID.ir