

" "

Study of salinity effect on growth and accumulation of ions in promising wheat (*Triticum aestivum*) genotypes

احمد عبدال زاده^۱ و ناصر صفاری^۲

Rayon Tajan Zagros)

(Pgo/Seri Opata/Bow

Opata/Bow .

Tajan Rayon .

Zagros

Opata/Bow

. Opata/Bow

محیط شور با دو عامل اصلی مواجه هستند، املاح زیاد موجود در محلول خاک، پتانسیل اسمزی خاک را پایین می‌آورد و باعث کاهش جذب و کمبود آب در گیاه می‌شود (Abdolzadeh et al., 1998; Marschner, 1986). این امر موجب اختلال در تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیکی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. دوم زیادی یون‌های سدیم و کلر موجب کاهش جذب یون‌های ضروری از جمله یون‌های پتاسیم، کلسیم، آمونیم و نیترات شده و نیز از فعالیت آنزیم‌ها کاسته و ساختار

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۴/۴

شوری یکی از تنش‌های اصلی و شایع در جهان کنونی است که سبب کاهش تولیدات کشاورزی و نقصان رستنی‌های طبیعی در نواحی وسیعی از سطح زمین می‌شود. بر اساس برآورد انجام شده ۷٪ از اراضی جهان شور و ۳٪ بسیار شور است (پوستینی، ۱۳۷۴؛ کافی واستیوارت، ۱۳۷۷). کشور ایران به جز نوار باریکی از سواحل دریای خزر، کلاً در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده و بیش از نیمی از اراضی قابل کشت آن با مشکل افزایش شوری مواجه هستند. گیاهان در

تاریخ دریافت: ۱۳۸۰/۱۲/۵

۲- کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی

۱- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

به شوری در گندم می‌باشد. زیرا محققین را قادر می‌سازد تا بتوانند شرایط مناسبی را جهت تولید بیشتر این محصول در زمین‌های شور توصیه نمایند. پژوهش حاضر با توجه به میزان انباشتگی ترکیبات معدنی به بررسی مکانیسم‌های تحمل به شوری در پنج رقم و ژنوتیپ گندم پرداخته است و آشکار می‌کند که زیادی غلظت یون سدیم با میزان تحمل به شوری همبستگی مثبت ندارد.

این آزمایش در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. ژنوتیپ‌های انتخاب شده شامل Pgo/Seri و Opata/Bow، Rayon، Tajan، Zagros بودند. بذرها پس از ضدعفونی به صورت جداگانه در گلدان‌های پلاستیکی حاوی شن کاملاً شسته شده، کشت گردیدند. گیاهچه‌ها پس از دو هفته به مرحله دو برگ‌ری رسیده و به ظروف پلاستیکی تیره رنگ حاوی هشت لیتر محلول غذایی هوگلند تعدیل یافته، انتقال یافتند. هر ظرف کشت حاوی دو عدد گیاهچه از پنج رقم مختلف بود. محلول‌های غذایی دائماً توسط پمپ هوا تهویه می‌شد. آزمایش در اتاقک رشد با دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی با شدت نور ده هزار لوکس و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد. درجه حرارت اتاقک کشت در روز بین ۲۵ تا ۳۰ درجه و در طول شب بین ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد نوسان داشت. رطوبت نسبی آن بین ۴۵ تا ۷۰ درصد متغیر بود. اسیدیته محلول غذایی روزانه کنترل و $\text{pH}=6$ تنظیم شد. محلول غذایی هفته‌ای یک بار تعویض می‌گردید. هشت روز پس از انتقال گیاهچه‌ها به محیط کشت هوگلند، تیمار شوری بر روی این گیاهان به صورت تدریجی (روزانه ۲۵ میلی‌مولار کلوروسدیم) اعمال گردید.

آزمایش در یک طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شوری و رقم به صورت فاکتوریل همراه با چهار تکرار

غشاها را برهم می‌زند (Greenwey and Munns, 1980; Marschner, 1986; Lacan and Durand, 1996) این اثرات سبب کاهش فعالیت‌های متابولیکی گیاه از جمله فتوسنتز شده و از رشد گیاهان در محیط‌های شور می‌کاهد (Greenwey and Munns, 1980; Marschner, 1986). در میان شیرین رست‌ها گیاهان دارای توانایی بهتر تنظیم اسمزی، قدرت انتخاب بیشتر پتاسیم نسبت به سدیم و بخش‌بندی بهتر یون‌های سمی جذب شده، در نهایت تحمل به شوری بیشتری دارند (Marschner, 1986; Greenwey and Munns, 1980).

با توجه به نیاز روز افزون بشر برای تأمین نیازهای غذایی روزمره خود و با توجه به افزایش بی‌رویه جمعیت جهان، یافتن انواعی از ارقام گندم با دامنه تحمل بالا نسبت به شوری راهی مناسب در جهت افزایش تولید این محصول اساسی در زمین‌ها و یا محیط‌های شور می‌باشد. گندم دارای دامنه تحمل متوسط نسبت به شوری می‌باشد (پوستینی، ۱۳۷۴؛ کافی و استیوارت، ۱۳۷۷؛ Pessaraki et al., 1991; Kingsbury, 1986). بررسی گزارش‌ها حاکی از آن است که رقم‌های حساس گندم نسبت به رقم‌های متحمل غلظت یون سدیم بیشتری را دارند (Martin and Koebner, 1995). هرچند گزارش‌های دیگری دلالت بر آن دارد که تفاوت در حساسیت دو رقم گندم نسبت به شوری به طور عمده به علت بخش‌بندی یون‌های سمی احتمالاً در واکوئل یاخته‌های ارقام متحمل می‌باشد و نه به علت تفاوت در غلظت یون‌ها در گیاه (Kingsbury, 1986; Kingsbury et al., 1984). با وجود سال‌ها پژوهش در باره اثرات شوری در گیاهان در مورد مکانیسم‌های تحمل به شوری اختلاف نظر وجود دارد، که دلالت بر دشواری متمایز کردن اثرات اسمزی از اثرات یون‌های سمی می‌باشد (Greenwey and Munns, 1980; Marschner, 1986). بنابراین آنچه بیشتر در این پژوهش مورد توجه می‌باشد بررسی فیزیولوژیکی درون گونه‌ای برای انتخاب ارقام متحمل و شناخت مکانیسم‌های تحمل

انجام گردید. فاکتور شوری دارای شش سطح مختلف شامل صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و فاکتور رقم دارای پنج سطح یعنی پنج ژنوتیپ ذکر شده بود. برداشت گیاهان ۳۵ روز بعد از انتقال به محلول غذایی و ۲۷ روز پس از شروع تیمار شوری انجام شد. فاکتورهای اندازه گیری شده وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی، طول بخش هوایی، یون‌های سدیم، پتاسیم، کلر و فسفر بود. برای اندازه گیری کاتیون‌های سدیم و پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر مدل Jenway PFP7 استفاده شد. اندازه گیری یون کلر بر طبق روش موهر با استفاده از کرومات پتاسیم و نیترا ت نقره انجام شد. اندازه گیری فسفر با استفاده از معرف آمونیم هپتامولیدات و وانادات پتاسیم انجام گردید. برای محاسبه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد و تجزیه واریانس و آزمون LSD در سطح $P < 0.05$ برای مقایسه بین میانگین‌ها با نرم افزار Statwise انجام گرفت.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد شوری باعث تغییر معنی دار وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاهان شده است. به علاوه وزن خشک بخش هوایی ژنوتیپ‌ها نیز تغییر معنی دار داشته است، در حالی که اثر متقابل شوری و ژنوتیپ معنی دار نبوده است (جدول ۱). میانگین وزن خشک کل گیاهان تحت تیمار ۲۵ میلی مولار شوری نسبت به شاهد (صفر میلی مولار) اختلاف معنی داری نداشت، ولی میانگین وزن خشک کل گیاهان تحت تیمار ۵۰ میلی مولار نسبت به شاهد به طور معنی داری کاهش یافته است (جدول ۲). به طوری که ژنوتیپ‌های Rayon, Pgo/Seri, Zagros, Opata/Bow و Tajan در این تیمار نسبت به شاهد به ترتیب ۵/۳، ۷/۳، ۱۰/۰، ۱۱/۱ و ۱۱/۹ درصد کاهش رشد داشتند (جدول ۳). گیاهان تحت تیمار ۷۵ میلی مولار نمک علاوه بر اختلاف معنی دار با شاهد با تیمار ۲۵ و ۵۰

میلی مولار نیز در سطح ($P=0.01$) اختلاف معنی دار پیدا کردند. مقایسه درصد کاهش وزن خشک در غلظت‌های متوالی کلرید سدیم در جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین کاهش مربوط به تیمار ۷۵ نسبت به ۵۰ میلی مولار نمک است. کاهش رشد گیاهان تحت تیمار ۱۵۰ میلی مولار نسبت به ۱۰۰ میلی مولار نمک نیز قابل ملاحظه است و نشان دهنده مسمومیت شدیدتر آن می‌باشد.

وزن خشک ریشه ژنوتیپ‌ها با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشت، در حالی که در وزن خشک بخش هوایی بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول‌های ۲ و ۳). گیاهان شاهد در ژنوتیپ Rayon بالاترین رشد بخش هوایی، ژنوتیپ‌های Zagros و Tajan وزن خشک بخش هوایی متوسط (جدول ۲) و ژنوتیپ‌های Opata/Bow و Pgo/Seri کمترین وزن خشک بخش هوایی را داشتند. ژنوتیپ Opata/Bow با میانگین ۱۸/۴ درصد کاهش وزن خشک کل در تیمارهای مختلف شوری نسبت به شاهد بیشترین و ژنوتیپ Rayon با میانگین ۲۴/۴ درصد کاهش وزن نسبت به تیمار شاهد کمترین میزان تحمل به شوری را نشان می‌دهد (جدول ۳). در تیمار ۲۵ میلی مول کلرید سدیم نسبت به شاهد وزن خشک ریشه و بخش هوایی ژنوتیپ Pgo/Seri اندکی افزایش یافت، هر چند مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD نشان می‌دهد که این افزایش معنی دار نبود (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد که تحمل ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نسبت به شوری تفاوت داشت، این امر می‌تواند به دلیل تفاوت در تنظیم اسمزی و سمیت یون‌های سدیم و کلر باشد (Marschner, 1986; Greenway and Munns, 1980).

شوری سبب افزایش معنی دار غلظت یون سدیم در همه ژنوتیپ‌ها شد (جدول ۱ و شکل ۱)، هرچند هم ژنوتیپ‌های مختلف و هم سطوح متفاوت شوری از این جهت باهم اختلاف دارند (جدول ۴). نتایج تجزیه آماری در سطوح متفاوت شوری نشان می‌دهد که

اختلاف غلظت یون سدیم در بخش هوایی در تیمار ۲۵ و ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم در سطح ($P=0.05$) معنی دار نیست، ولی غلظت یون سدیم در ریشه در تمام سطوح شوری اختلاف معنی داری نشان می دهد. هم چنین غلظت یون سدیم در ریشه همه ژنوتیپ ها در سطوح متفاوت شوری بیش از دو برابر بخش هوایی بود (شکل ۱). گزارش های زیادی حاکی از افزایش Na^+ به ویژه در ریشه گیاه گندم (کافی و استیوارت، ۱۳۷۷; Kingsbury et al., 1984; Martin and Koebner, 1995; Greenwey and Munns, 1980) و سایر شیرین رست ها (Marschner, 1986; تحت تنش شوری است. غلظت یون سدیم در بخش هوایی ژنوتیپ Pgo/Seri نسبت به بقیه ژنوتیپ ها کمتر است، در حالی که ریشه آن غلظت یون سدیم تقریباً مشابهی با ژنوتیپ های Rayon، Zagros و Tajan دارد. برعکس ژنوتیپ Opta/Bow که از نظر رشد بازده خوبی داشته مشابه ژنوتیپ های حساس Rayon و Tajan به نسبت غلظت زیادی از یون سدیم را در بخش هوایی دارد، ولی غلظت یون سدیم در ریشه های آن به طور معنی داری ($P=0.05$) از سایر ارقام کمتر است. در غلظت یون سدیم ریشه به جز ژنوتیپ Opta/Bow بقیه ژنوتیپ ها تفاوت معنی دار نشان نمی دهند، هر چند ژنوتیپ به نسبت حساس Rayon غلظت بیشتری دارد.

غلظت یون پتاسیم در ریشه و بخش هوایی ژنوتیپ ها تفاوت معنی دار داشت و شوری نیز کاهش معنی دار آن را باعث شد (جدول های ۱ و ۴) غلظت یون پتاسیم در ریشه گیاهان کمتر از بخش هوایی می باشد (شکل ۲). در تمام گیاهان میزان پتاسیم بخش هوایی در تمام غلظت های شوری در سطح بالایی در مقایسه با میزان سدیم آن ها می باشد هر چند در تیمار ۱۵۰ میلی مولار میزان پتاسیم ژنوتیپ Zagros تقریباً معادل سدیم بخش هوایی آن می باشد. بررسی تجزیه آماری بین سطوح متفاوت شوری نشان می دهد که غلظت پتاسیم در بخش هوایی در تمامی تیمارهای شوری به طور معنی داری

کاهش یافته است (به جز ۱۰۰ با ۱۵۰ میلی مولار که با هم اختلاف معنی دار ندارند) (جدول ۴). ژنوتیپ های Rayon و Pgo/Seri از نظر غلظت پتاسیم در بخش هوایی و ریشه نسبت به بقیه ژنوتیپ ها بالاترین مقدار را دارند، هر چند شوری در ژنوتیپ Pgo/Seri اثر کمتری در کاهش یون پتاسیم در مقایسه با ژنوتیپ Rayon دارد. هم ریشه و هم بخش هوایی ژنوتیپ های Zagros و Tajan کمترین میزان پتاسیم را در گیاهان شاهد داشتند و تحت اثر شوری کمترین میزان کاهش پتاسیم نیز در آنان مشاهده شد (شکل ۲). میزان یون پتاسیم در بخش هوایی ژنوتیپ Opata/Bow با سایر ژنوتیپ ها تفاوت معنی دار نداشت، در صورتی که برای ریشه این تفاوت معنی دار بود (جدول ۴). شوری کاهش شدید غلظت یون پتاسیم ژنوتیپ Opta/Bow در بخش هوایی را سبب شد، اما در ریشه اثر شوری در کاهش این یون کمتر بود (شکل ۲). کاهش غلظت یون پتاسیم در ریشه و بخش هوایی گندم و سایر شیرین رست ها تحت تنش شوری به دلیل تفاوت در توانایی انتخاب یون پتاسیم نسبت به سدیم توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (Greenwey and Lacan and Durand, 1996; Munns, 1980; Marschner, 1986). این امر ممکن است یکی از دلایل تفاوت تحمل به شوری در بین ژنوتیپ ها باشد.

شوری سبب تغییر معنی دار یون کلر در گیاه شد و تفاوت بین ژنوتیپ ها هم معنی دار بود (جدول ۱) غلظت یون کلر در بخش هوایی بیشتر از ریشه است که این امر انتقال زیاد این یون از ریشه به بخش هوایی و غلظت آن در این اندام ها را نشان می دهد (شکل ۳ و جدول ۴). در بین ژنوتیپ های مختلف تفاوت هایی در غلظت یون کلر مشاهده می شود به طوری که در بخش هوایی ژنوتیپ Rayon با میانگین $47/7$ میلی گرم در گرم وزن خشک بیشترین و ژنوتیپ Pgo/Seri با میانگین 30 میلی گرم در گرم وزن خشک کمترین غلظت را دارند. این امر می تواند یک دلیل حساسیت ژنوتیپ Rayon باشد. محققان دیگر نیز رابطه نزدیکی بین میزان غلظت یون

کلر به ویژه در بخش هوایی گیاهان و میزان تحمل آن‌ها به شوری گزارش کرده‌اند (Greenway and Munns, 1986; Marschner, 1980; Mass and Poss, 1989). هر چند ژنوتیپ Pgo/Seri با وجود انباشتگی کمتر یون‌های سدیم و کلر در شرایط شور رشد کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارد. دلیل آن ممکن است تنظیم اسمزی پرهزینه و در نتیجه کاهش رشد و یا کمبود آب ناشی از کاهش جذب آب به دلیل تنظیم اسمزی کمتر باشد (Greenway and Munns, 1980). ژنوتیپ متحمل Opta/Bow از نظر انباشتگی یون کلر در ریشه و بخش هوایی میزان نسبتاً بالایی را نشان می‌دهد این امر شاید به دلیل بخش‌بندی بهتر یون کلر در این ژنوتیپ باشد. چنانچه در این ژنوتیپ تا شوری ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم میزان یون کلر در بخش هوایی آن پایین نگه داشته شده ولی پس از آن گیاه قادر به حفظ غلظت پایین یون کلر در بخش هوایی نبوده است. شاید بخش‌بندی بهتر در سطح سلولی از سمیت این یون در غلظت‌های بالای کلرید سدیم در این ژنوتیپ کم کرده است. ژنوتیپ‌های Tajan و Zagros از لحاظ ممانعت از جذب و انباشتگی یون کلر حد متوسطی داشتند.

غلظت فسفر هم تحت تنش شوری به طور معنی‌داری کاهش یافته است (جدول‌های ۱ و ۴، شکل ۴). نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران در جو و گندم گزارش شده است (Manchandar et al., 1982). با وجود کاهش در میزان فسفر بخش هوایی گیاهان در اثر شوری تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار و نیز ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم وجود ندارد. هم‌چنین میزان فسفر ریشه گیاهان در اثر شوری تنها در تیمار شوری ۱۵۰ میلی‌مولار با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌دار پیدا کرد. هم‌چنین در بین ژنوتیپ‌های مختلف در غلظت فسفر بخش هوایی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

این نتایج نشان می‌دهد که در بین ژنوتیپ‌های مختلف، Opta/Bow به نسبت متحمل و Rayon حساس

بود. ژنوتیپ Opta/Bow با جذب و انباشتگی یون‌های سدیم و کلر در ریشه و بخش‌های هوایی خود با پایین آوردن پتانسیل اسمزی بافت‌های خود سعی در ایجاد شیب پتانسیل آب از محیط ریشه به طرف سلول‌های ریشه نموده است که این مکانیسم منجر به کاهش اثرات تنش اسمزی ناشی از شوری شده است (Greenway and Munns, 1980; Marschner, 1986). در این ژنوتیپ یون‌ها به طور عمده در فضاهای خارج از سیتوسول یعنی در واکوئل و فضاهای آپوپلاستی متراکم می‌شوند (Kingsbury, 1986; Greenway and Munns, 1980). Kingsbury et al., (1984). غلظت برخی مواد آلی در سیتوپلاسم می‌تواند از آبگیری سیتوپلاسم جلوگیری کند (Marschner, 1986; Greenway and Munns, 1980). می‌توان پیشنهاد نمود که در این ژنوتیپ مکانیسم بخش‌بندی یون‌های سمی نمک به عنوان مکانیسم تحمل به شوری عمل می‌کند. ژنوتیپ Pgo/Seri نسبت به ژنوتیپ Opta/Bow به میزان بیشتری از انتقال یون‌های سدیم و کلر به بخش‌های هوایی جلوگیری نموده است. مکانیسم این عدم انباشتگی احتمالاً از طریق باز جذب یون‌های سدیم و کلر توسط سلول‌های پارانشیم همراه چوب در حین انتقال در آوند چوبی است و یا این که سدیم توسط آنتی پورتهایی از آوند چوبی خارج و مجدداً وارد سلول‌های پارانشیم پوست ریشه می‌شوند و بدین ترتیب از انتقال سدیم به بخش‌های هوایی جلوگیری نموده‌اند (Greenway and Munns, 1980; Stas et al., 1991; Lacan and Durand 1996). در تأیید این امر مشاهده می‌شود که در این ژنوتیپ ظرفیت جذب انتخابی پتاسیم نسبت به سدیم از بقیه بیشتر بود (Allen et al., 1995). هر چند احتمالاً تنظیم اسمزی پرهزینه‌تر و یا کاهش جذب آب به دلیل ناکارآمد بودن در تنظیم اسمزی و یا عدم توانایی در بخش‌بندی همین مقدار سدیم جذب شده سبب در صد کاهش وزن خشک زیاد این ژنوتیپ می‌شود. ژنوتیپ Rayon به عنوان ژنوتیپ نسبتاً حساس به شوری مقادیر زیادی

جدول ۱ - نتایج تجزیه واریانس شامل F محاسبه شده برای صفات اندازه گیری شده در پنج ژنوتیپ گندم تحت اثر شش تیمار مختلف کلرید سدیم

Table 1. F-Values from analysis of variance for measured characteristic in five wheat genotypes under salinity of sodium chloride

منبع تغییرات S. O. V.	درجه آزادی df	Root dry weight	Shoot dry weight	Na ⁺ Shoot	Na ⁺ Root	K ⁺ Shoot	K ⁺ Root	P Shoot	P root	Cl ⁻ Shoot	Cl ⁻ Root
Genotype	4	0.25 ^{ns}	2.72*	1.71 ^{ns}	3.56*	3.11*	20.00**	0.97 ^{ns}	3.76**	89.05**	6.19**
Salinity	5	40.58**	38.41**	176.53**	347.9**	72.45**	70.76**	39.83**	8.20**	345.94**	61.40**
Genotype × Salinity	20	0.27 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.99 ^{ns}	1.04 ^{ns}	1.25 ^{ns}	0.69 ^{ns}	1.07 ^{ns}	7.23 ^{ns}	6.24**	0.89 ^{ns}

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

, % %

,** *

: ns

Table 2. Dry weight (g) of shoot and root in wheat genotypes grown in media with different salinity concentration for 27 days

ژنوتیپ‌ها Genotypes		غلظت‌های کلرید سدیم NaCl concentration (mM)						میانگین Means
		0	25	50	75	100	150	
Shoot dry weight (g)	Opata/Bow	0.29	0.28	0.28	0.22	0.21	0.18	0.24b
	Pgo/Seri	0.32	0.33	0.29	0.22	0.19	0.16	0.25b
	Zagros	0.33	0.32	0.31	0.25	0.21	0.18	0.26ab
	Tajan	0.33	0.31	0.29	0.25	0.22	0.18	0.26ab
	Rayon	0.36	0.34	0.32	0.26	0.23	0.17	0.28a
	Mean	0.32a	0.31ab	0.29b	0.24c	0.21d	0.17e	
Root dry weight (g)	Opata/Bow	0.09	0.09	0.08	0.07	0.05	0.04	0.07a
	Pgo/Seri	0.08	0.09	0.07	0.07	0.06	0.04	0.07a
	Zagros	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.04	0.06a
	Tajan	0.09	0.09	0.08	0.06	0.06	0.04	0.07a
	Rayon	0.09	0.08	0.08	0.06	0.05	0.04	0.06a
	Means	0.08a	0.08ab	0.07b	0.06c	0.05d	0.04e	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different at the 5% level of probability using LSD.

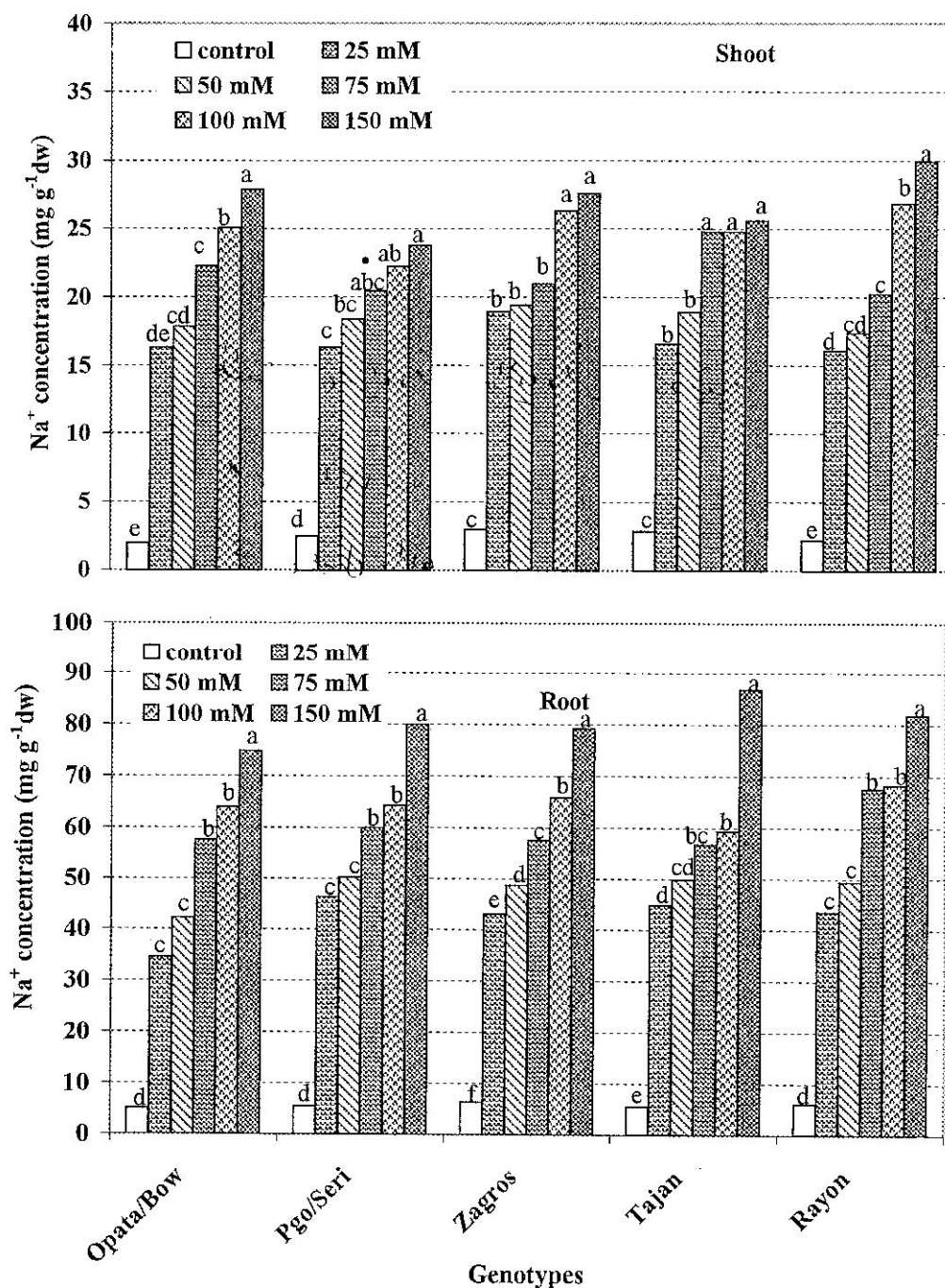
جدول ۳- درصد کاهش وزن خشک کل ژنوتیپ‌های گندم رشد یافته در محلول‌های غذایی با غلظت‌های مختلف شوری نسبت به شاهد (صفر میلی مولار)

Table 3. Reduction percentage of total dry weight of wheat genotypes grown in media with different salinity concentration in compared to control (0 mM NaCl)

ژنوتیپ Genotypes	غلظت‌های کلرید سدیم NaCl concentration (mM)					Means
	25	50	75	100	150	
Opata/Bow	2.6	5.3	23.7	31.6	42.1	18.4
Pgo/Seri	5.0*	10.0	30.0	40.0	50.0	22.5
Zagros	2.4	7.3	22.0	34.1	46.3	22.0
Tajan	4.8	11.9	26.2	33.3	47.6	21.4
Rayon	6.7	11.1	28.9	37.8	53.3	24.4

* این مقدار درصد افزایش وزن خشک را نسبت به شاهد نشان می‌دهد.

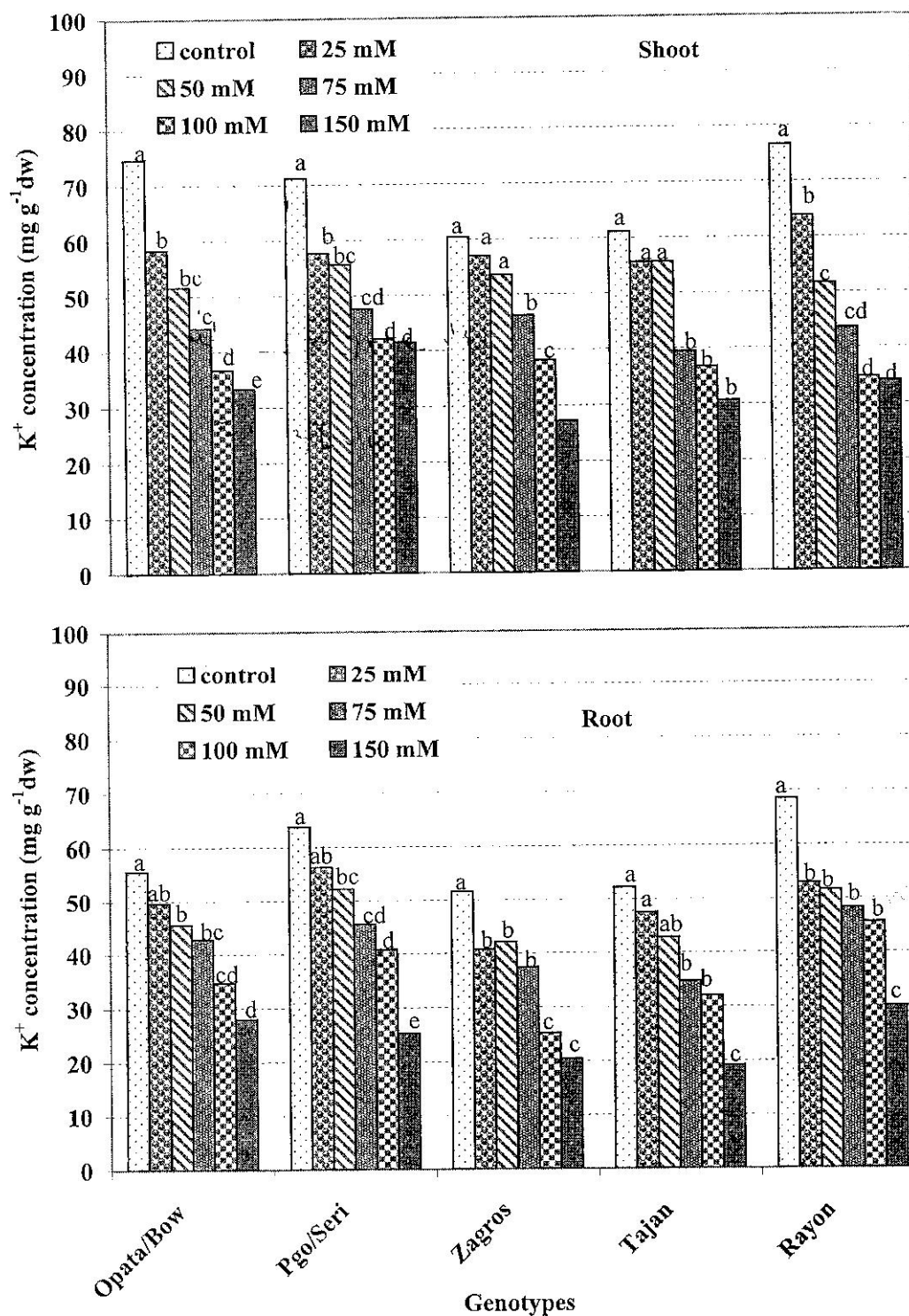
* : Indicates increment percentage of total dry weight in compared to control.



شکل ۱- غلظت یون سدیم در بخش هوایی و ریشه پنج ژنوتیپ گندم

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

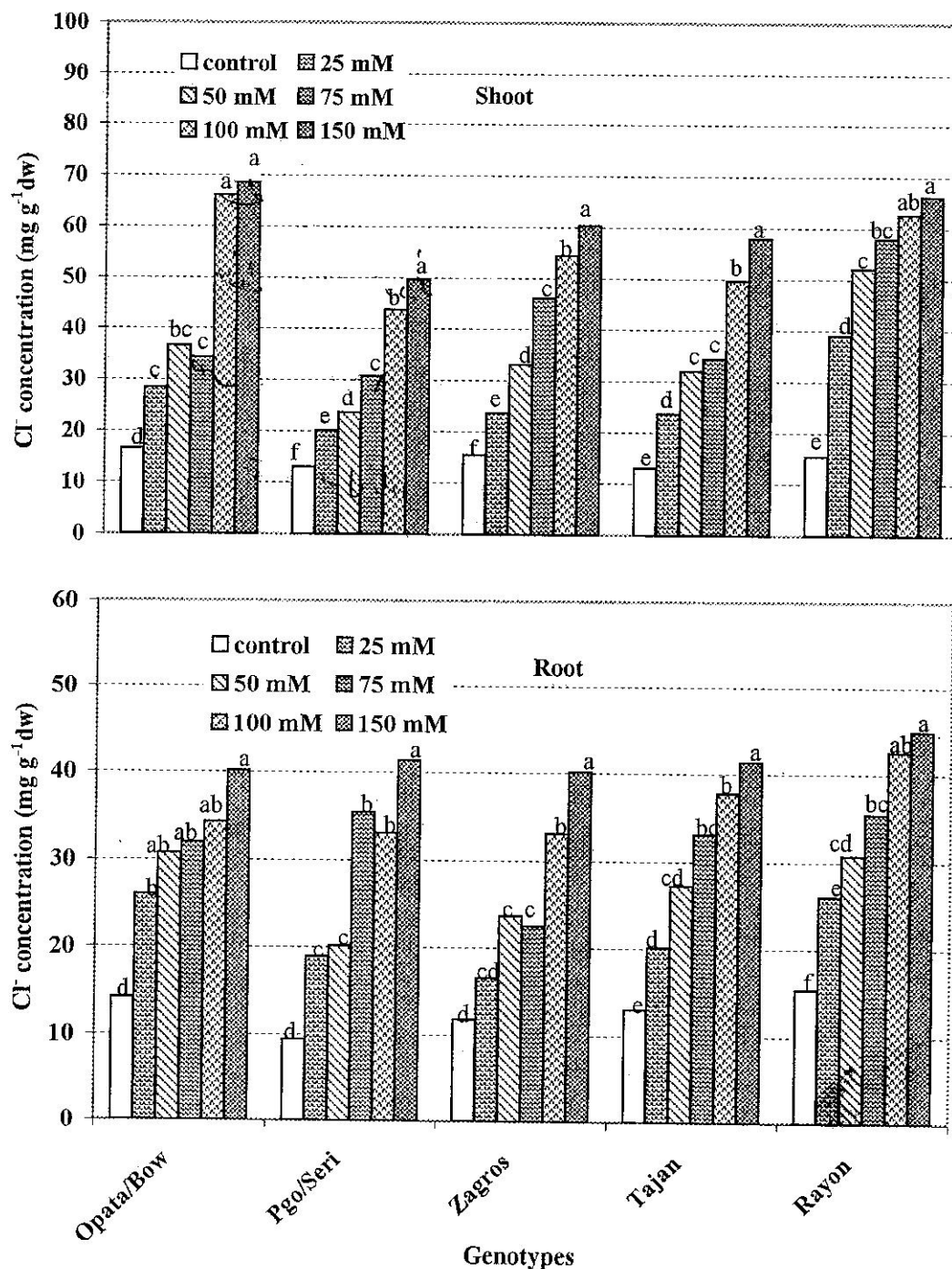
Fig. 1. Concentration of Na^+ in shoots and roots of 5 genotypes of wheat
Means followed by the same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD



شکل ۲- غلظت یون پتاسیم در بخش هوایی و ریشه پنج ژنوتیپ گندم

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

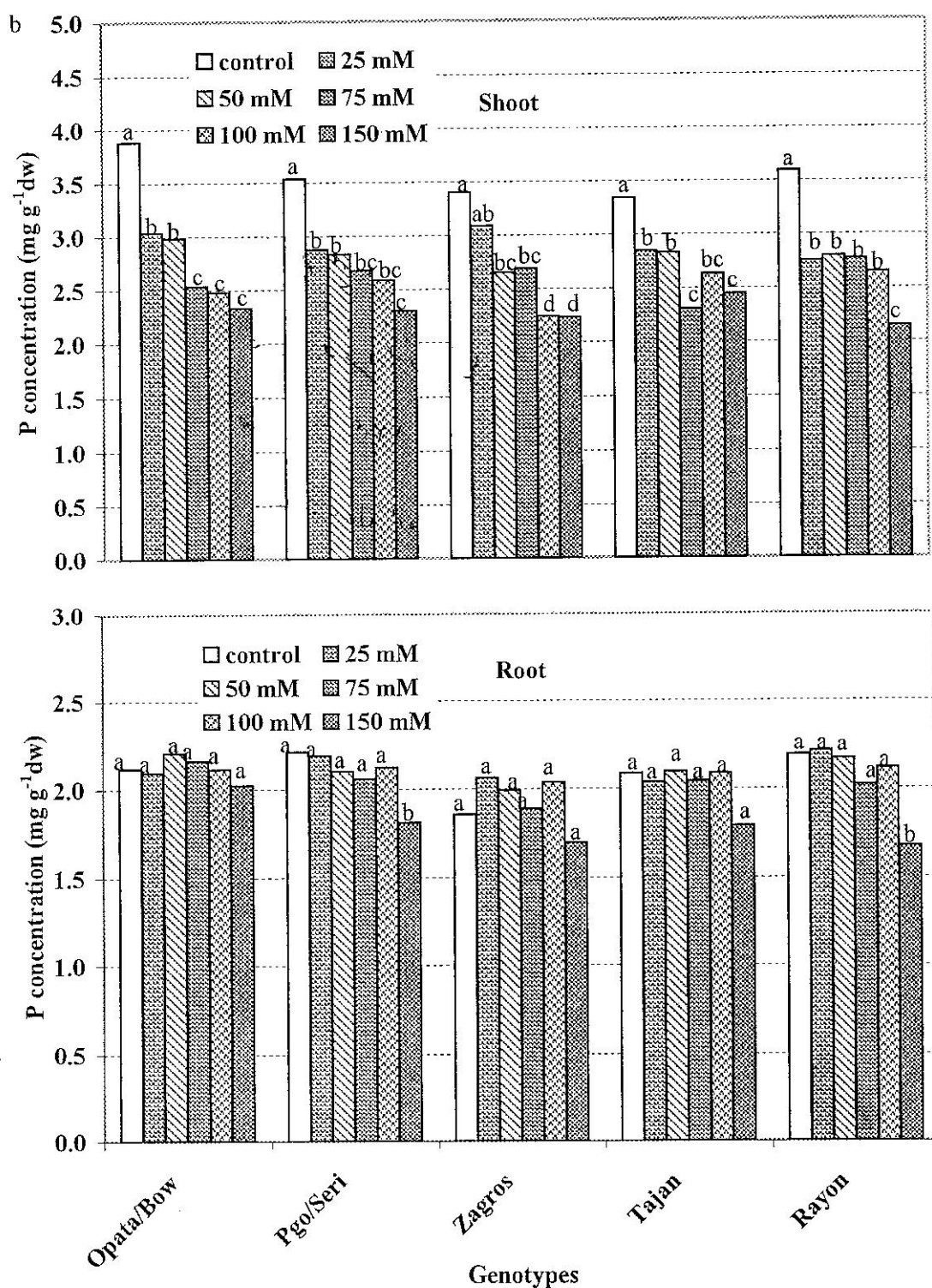
Fig. 2. Concentration of K^+ in shoots and roots of 5 genotypes of wheat
Means followed by the same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD



شکل ۳- غلظت یون کلر در بخش هوایی و ریشه پنج ژنوتیپ گندم

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 3. Concentration of Cl^- in shoots and roots of 5 genotypes of wheat
Means followed by the same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD



شکل ۴- غلظت فسفر در بخش هوایی و ریشه پنج ژنوتیپ گندم

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارد.

Fig. 4. Concentration of P in shoots and roots of 5 genotypes of wheat

Means followed by the same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD

جدول ۴- نتایج تجزیه آماری تراکم عناصر در ریشه و بخش هوایی بین ژنوتیپ‌ها و بین سطوح متفاوت شوری

Table 4. Results of statistic analysis of ion concentration in shoot and root between genotypes and salinity levels

Mineral	غلظت‌های کلرید سدیم NaCl concentration (mM)					
	0	25	50	75	100	150
Shoot Na ⁺	2.51a	16.85b	18.38b	21.72c	25.05d	26.95a
Root Na ⁺	5.71a	42.45b	48.09c	59.94d	64.41e	80.52a
Shoot K ⁺	68.75a	58.48b	53.62c	44.17d	37.68e	33.36e
Root K ⁺	58.35a	49.43b	46.87b	41.74c	35.66d	24.58e
Shoot P	3.55a	2.92b	2.82b	2.60c	2.52c	2.29d
Root P	2.09a	2.12a	2.11a	2.03a	2.09a	1.80b
Shoot Cl ⁻	14.65a	26.94b	35.45c	40.65d	55.30b	60.50a
Root Cl ⁻	12.76a	21.51b	26.47c	31.67d	36.16b	41.59a

Mineral	ژنوتیپ‌ها Genotypes				
	Opata/Bow	Pgo/Seri	Zagros	Tajan	Rayon
Shoot Na ⁺	18.56ab	17.27b	19.37a	18.92ab	18.77ab
Root Na ⁺	46.39b	51.05a	50.11a	50.58a	52.80a
Shoot K ⁺	49.79abc	52.61a	47.09bc	46.53c	50.34ab
Root K ⁺	42.70b	47.32a	36.29d	38.09c	49.46a
Shoot P	2.88a	2.80a	2.72a	2.73a	2.78a
Root P	2.12a	2.08a	1.92a	2.02ab	2.06b
Shoot Cl ⁻	41.75b	30.13e	38.80c	35.06d	48.84a
Root Cl ⁻	29.54ab	26.39bc	24.62c	28.75ab	32.50a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ردیف در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means within rows followed by the same letters are not significantly different at the 5% level probability using LSD.

شوری بالایی دارد. این ژنوتیپ توانایی خوبی برای کشت در زمین‌های شور دارد، آزمایش‌های بیشتر در شرایط مزرعه لازم است.

یون سدیم را جذب و انباشت نموده است. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ Opata/Bow با وجود غلظت نسبی زیاد یون سدیم و کلر در بخش هوای تحمل به

References

- پوستینی، ک. ۱۳۷۴. واکنش‌های فیزیولوژیکی دو رقم گندم نسبت به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی ایران، ۶۳-۵۷: ۲۶(۲).
- کافی، م. و و.س. استیوارت. ۱۳۷۷. اثرات شوری و تجمع کاتیون‌ها در اندام‌های هوایی و ریشه ارقام گندم متحمل و حساس به شوری. مجله علوم زراعی ایران، ۲۰-۹: ۱(۲).
- Abdolzadeh, A., S. Kazuto and K.Chiba. 1998. Effect of salinity on growth and ion content in *Lolium multiflorum*, L. perenne and *Festuca arundinacea*. J. Jap. Soc. Reveget. Tech., **23** (3): 161-169.
- Allen, G. J., R. G. Wyn Jones and R. A. Leigh. 1995. Sodium transport measured in plasma membrane vesicles isolated from wheat genotypes with differing K^+/Na^+ discrimination traits. Plant Cell and Environment, **18**: 105-115.
- Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. Ann.Rev. Plant Physiol., **31**: 149-190.
- Kingsbury, R. W. 1986. Salt sensitivity in wheat. Plant Physiol. **80**: 651- 654.
- Kingsbury, R. W., E. Epstein and R. W. Pearey. 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiol., **74**: 417-423.
- Lacan, D. and M. Durand. 1996. Na^+-K^+ exchange at the xylem /symplast boundary. Plant Physiol., **110**: 705-711.
- Manchandar H. R., S. K. Sharma, D. K. Sharma, and D. K. Bhandari. 1982. Response of barley and wheat to phosphorus in the presence of chloride and sulphate salinity. Plant and Soil, **66**: 233-241.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press London.
- Martin, P. K. and R. M. D. Koebner. 1995. Sodium and chloride ions contribute synergistically to salt toxicity in wheat. Biologia Plantarum, **37** (2): 265-274.
- Mass, E. V. and J. A. Poss. 1989. Salt sensitivity of wheat at various growth stages. Irrig. Sci., **10**: 29-40.
- Pessaraki, M., T. C. Tucker and K. Nakabaayshi. 1991. Growth response of barley and wheat to salt stress. J. of Plant Nut., **14** (4): 331-340.
- Stas, M., F. J. M. Maathuis, J. T. M. Elzenga, J. M. Cverbeek and H. B. A. Prins. 1991. Na^+/H^+ antiport activity in tonoplast from roots of the salt-sensitive *Plontago media*. Physiologia Plantarum, **82**: 179-184.

Study of salinity effect on growth and accumulation ions in promising wheat (*Triticum aestivum*) genotypes

A. Abdolzadeh¹ and N. Saffarie²

ABSTRACT

In order to evaluate the tolerance level and identification of tolerance mechanism to salinity, response of five genotypes of wheat (Zagros, Tajan, Opata/Bow, Pgo/Seri and Rayon) to six salt treatments including 0, 25, 50, 75, 100 and 150 mM NaCl was studied in hydroponic culture in growth chamber under control condition. Pgo/Seri and Opata/Bow in comparison to the other genotypes, showed less reduction in growth under salinity. Pgo/Seri inhibited high Na⁺ accumulation in shoots and absorbed less Cl⁻. Opata/Bow accumulated high Na⁺ and Cl⁻ in shoots and roots which probably were compartmented these toxic ions in the vacuole or apoplast to result a better osmotic adjustment and less toxicity of the ions. Tajan, Zagros and Rayon also accumulated high level of Na⁺ and Cl⁻ that increased toxic effect of the ions. Results also indicated that Opata/Bow, in spite of high Na⁺ and Cl⁻ accumulation, had higher salt tolerance in comparison to the other genotypes. Further field experiments are necessary for confirmation and application of the result.

Keywords: Salt tolerance, Wheat, Ion accumulation, Toxicity, Osmotic adjustment.

1- Assist. prof., Ag. Science & Natural resources of Gorgan, Iran.

2- MSc. In Agronomy.