بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک و ماده خشک دو رقم ماش تحت تأثیر تنش شوری

روزبه فرهودی[۱]، محمد معتمدی[۱*]

تاریخ دریافت: ۹٤/۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹٦/۳/۲۸

۱-گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی شوشتر، ایران
* مسوول مکاتبه: Email: motamedi555@gmail.com

چکیده

تنش شوری یک معضل جهانی است که موجب کاهش جوانه زنی، رشد رویشی و عملکرد گیاهان زراعی می گردد. این تحقیق به منظور بررسی واکنش دو رقم ماش (پرتو و پاکستانی) به سطوح هدایت الکتریکی خاک (هدایت الکتریکی ۱/۱، ۲/٤، ٤/۹ . ٦/۷ دسی زیمنس بر متر) در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار در سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام شد. افزایش هدایت الکتریکی خاک موجب کاهش وزن خشک و ارتفاع بوته، میزان فتوسنتز برگ، غلظت کلروفیل a و b برگ، میزان پتاسیم برگ و نسبت پتاسیم به سدیم برگ در هر دو رقم شد، اما فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، میزان تخریب غشاهای سلولی و مقدار یون سدیم برگ را افزایش داد. کمترین وزن خشک بوته در رقم پرتو و در تیمار ٦/۷ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد. بیشترین غلظت یون سدیم در سطوح ٤/۹ و ٦/۷ دسی زیمنس بر متر از رقم پرتو به دست آمد در حالی که هدایت الکتریکی ۲/٤، ٤/۷ و ٦/۷ دسی زیمنس بر متر نسبت پتاسیم به سدیم برگ رقم پرتو را به ترتیب به مقادیر ۱/۱، ۰/٦ و ۰/۱۲ کاهش داد. بیشترین غلظت مالون دی آلدهید در رقم پرتو در هدایت الکتریکی ٦/۷ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد. در بالاترین سطح هدایت الکتریکی، بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی، بالاترین میزان فتوسنتز و بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ از رقم پاکستانی به دست آمد که بیانگر میزان تحمل بیشتر این رقم نسبت به تنش شوری در مقایسه با رقم پرتو است.

واژه‌های کلیدی: ، بیوماس، پتاسیم، تنش شوری، سدیم، فعالیت آنتی اکسیدانی، مالون دی آلدئید

Assessing Physiological Characteristics and Dry Matter of Two Mung Bean Genotypes

Rozbeh Farhoudi[1] , Mohammad Motamedi[1*]

Received: June 20, 2015 Accepted: June 18, 2017
1-Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
Corresponding Author Email: motamedi555@gmail.com

Abstract

High salinity is an environmental problem affecting seed germination, seedling growth and seed yield in plants. The experimental design was factorial arranged in a completely randomized design (CRD), with four replications. The first factor was soil electrical conductivity levels (1.1, 2.4, 4.9 and 6.7 $dS.m^{-1}$) and the second factor was mung bean cultivars (Parto and Pakistani). Soil electrical conductivity increasing, decreased mung bean dry weight, shoot height, photosynthesis rate, chlorophyll a and b content, K^+content and K/Na ratio but increased cell membrane damage, antioxidants enzymes activates and Na^+ content. In the both cultivars minimum shoot weight obtained from Parto cultivar and 6.7 $dS.m^{-1}$ .The highest Na^+ concentration was observed in Parto cultivar under 4.9 and 6.7 $dS.m^{-1}$treatment. Stress condition increased cell membrane damage and maximum lipid peroxidation obtained from Parto cultivar under 6.7 $dS.m^{-1}$. 2.4, 4.7 and 6.7 $dS.m^{-1}$ soil electrical conductivity, decreased K/Na ratio to 1.1, 0.6 and 0.13 in Parto cultivar. At highest soil electrical conductivity level, Pakistani cultivar had maximum shoot dry weight , photosynthetic rate and K/Na ratio and these results indicated Pakistani cultivar was salt tolerant cultivar compared to Parto cultivar.

Keywords: Antioxidant Activity, Dry Weight, Malondialdehyde, Potassium, Salt Stress, Sodium

مقدمه

گیاه ماش (*Vigna radiata*) یکی از حبوبات مهم در ایران و جهان است که به طور وسیع در مناطق گرمسیری کشت می شود. استان خوزستان یکی از مهمترین مناطق کشت گیاه ماش در ایران است که اراضی آن با مشکل شوری مواجه می‌باشند. محققین تنش شوری را ناشی از تجمع کاتیون هایی نظیر سدیم، پتاسیم، منیزیم و آنیون‌هایی مانند سولفات‌ها و کلر در محیط رشد گیاه بیان نمودند به نحوی که رشد و نمو طبیعی آن را مختل سازد. تجمع یون های مضر نظیر سدیم و کلر در برگ های تحت تنش شوری، ضمن بر هم زدن نحوه توزیع یون‌ها در بین بافت های گیاهی، با ایجاد اختلال در سایر فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند پایداری کلروفیل، کارایی سیستم فتوسنتزی و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، بر رشد گیاهان زراعی تأثیر منفی می گذارد و موجب کاهش ارتفاع بوته، وزن خشک، ریزش گل و میوه و کاهش عملکرد اقتصادی در این گیاهان می گردد (کامل ۲۰۰۲؛ پوستینی و سی مرده ۲۰۰٤؛ اکو و همکاران ۲۰۰۵؛ کاوالانتی و همکاران ۲۰۰۷). در مطالعه اشرف و مکینلی (۲۰۰٤)، تنش شوری سبب کاهش فتوسنتز، کم شدن رشد اندام‌های هوایی، ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و ریزش گل‌ها شد.

اسرینی واسالو و همکاران (۲۰۰۰) بین تجمع یون سدیم در برگ و تخریب غشاهای سلولی گیاهچه‌های

گندم همبستگی مثبت مشاهده نمودند. انواع گونه های فعال اکسیژن حاصل از تنش شوری نیز با تاثیر منفی بر سلامت غشاهای سلولی که به طور عمده از اسید های چرب، ترکیبات پروتینی و کربوهیدرات تشکیل شده اند، از فعالیت اندامک های سلولی ممانعت می‌کنند و در انجام فرآیندهای گیاهی ایجاد اختلال می‌نمایند. از این رو اندازه گیری میزان نشت یونی غشاهای سلولی از طریق اندازه گیری میزان مالون دی آلدهید از جمله راهکارهای تعیین میزان تحمل گیاهان در شرایط شور می باشد (ملونی و همکاران ۲۰۰۳). البته لازم به یادآوری است که گیاهان قادر هستند که با تولید انواع ترکیبات آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی نظیر آسکوربات، آلفا توکوفرول و کارتنویید و همچنین آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون ردکتاز و آسکوربات پراکسیداز اقدام به حذف رادیکال های آزاد اکسیژن و محافظت از محیط سلول در مقابل اثرات سمی آنها نماید (ملونی و همکاران ۲۰۰۳). تحقیقات نشان داده است که در شرایط تنش شوری توان گیاهان برای حفظ پتاسیم در حد بالا یکی از مولفه های اصلی تحمل به این نوع تنش محسوب می‌شود و گیاهانی که در چنین شرایطی از نسبت پتاسیم به سدیم بیشتری برخوردار باشند، حضور نمک را راحت‌تر تحمل می کنند (مونز ۲۰۰۲). کامل و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که تمایز میان جذب سدیم و پتاسیم یکی از راهکارهای اساسی تحمل شوری در گیاه جو است. بنابر نظر ایشان هر چند شوری موجب تجمع سدیم در برگ ارقام حساس و متحمل جو شد اما میزان تجمع سدیم در برگ ارقام متحمل کمتر از حساس بود و این ارقام توانستند از نسبت پتاسیم به سدیم بالاتری برخوردار باشند.

سانتوز و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که بررسی جذب و توزیع یون ها بین ریشه و اندام‌های هوایی، نسبت پتاسیم به سدیم در اندام های مختلف، فتوسنتز و پارامترهای دخیل در آن، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و در بالاخره عملکرد ماده خشک گیاه تحت تأثیر تنش شوری، جزو فاکتورهای مهم در بررسی تحمل به شوری گیاهان زراعی می‌باشند. با توجه به اهمیت گیاه ماش در تناوب زراعی استان خوزستان و گستردگی اراضی و آب‌های شور در مزارع استان خوزستان، این تحقیق به منظور بررسی واکنش فیزیولوژیکی دو رقم ماش با نام های پرتو و پاکستانی به تنش شوری با تاکید بر جذب و توزیع یون های سدیم و پتاسیم در دوره رشد رویشی به اجرا درآمد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور خاک مزرعه شامل هدایت‌های الکتریکی ۱/۱، ۲/۱٤، ٤/۹ و ٦/۷ دسی زیمنس بر متر و رقم شامل پرتو و پاکستانی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا درآمد. بذور ارقام ماش از مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد در شمال استان خوزستان تهیه شد. کاشت در گلدان هایی به قطر ۳۰ سانتی متر و حجم سه لیتر که با نسبت ۳ به ۱ از خاک مزرعه و کود پوسیده حیوانی پر شده بود، انجام گرفت. خاک‌های با هدایت الکتریکی معین، از مزارع مختلف پیرامون شهرستان شوشتر که کشت قبلی آنها گندم بود، از عمق ٥ تا ٤٠ سانتی متر جمع آوری گردید. بعد از استقرار گیاهچه‌ها، بوته‌های اضافی تنک و به چهار عدد در هر گلدان تقلیل یافت. از پنج گلدان هر کرت آزمایشی، یک گلدان برای بررسی تغییرات هدایت الکتریکی خاک و چهار گلدان برای بررسی واکنش گیاه به شوری به کار رفت. ۳٥ روز پس از اولین آبیاری، در انتهای مرحله رشد رویشی، نمونه برداری جهت بررسی صفات مورد نظر صورت گرفت.

به منظور اندازه‌گیری میزان یون‌های سدیم و پتاسیم اندام‌ها، نمونه‌ها بعد از شستشو با آب مقطر، به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد شدند و ماده خشک مورد نظر آسیاب شد. یک گرم از ماده خشک بافت مورد نظر جدا شده و در کوره الکتریکی با دمای ٥٨٠ درجه سانتیگراد به مدت چهار ساعت در

کروزه چینی حرارت داده شدند. خاکستر به دست آمده با ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک۲ نرمال شستشو داده شد تا کاتیون ها آزاد شوند. سپس عصاره با کاغذ صافی صاف شد. به منظور اندازه گیری میزان یون‌های سدیم و پتاسیم در محلول حاصله از دستگاه فلایم فتومتر مدل (Jenway, UK) استفاده شد. برای اندازه گیری میزان سدیم و پتاسیم نمونه ها توسط فلایم فتومتر ابتدا به ترتیب ۱/۹۰۶ و۲/۵۴۲ گرم کلرید پتاسیم و کلرید سدیم خالص در یک لیتر آب مقطر حل شد تا محلول ppm۱۰۰ پتاسیم و سدیم به دست بیاید. سپس با به حجم رساندن مقدار مشخصی از محلولهای ذکر شده با آب مقطرمحلول های ۱۰ الی ppm۱۰۰ ترکیبات فوق تهیه شد و با کمک آنها منحنی استاندارد بر حسب ppm رسم شد. مقادیر یون مورد نظر در محلول قرائت شده توسط دستگاه به کمک منحنی استاندارد مشخص و توسط روابط حاصل از منحنی استاندارد بیان شد (اون ۱۹۹۲).

بـه منظور تعیین غلظت مالون‌دی آلدئید، نیم گرم از برگ تازه در محلول ۲۰ درصـد تیوکلرواسـتیک اسـیدی که حاوی ۰/۵ درصـد تیوباربیتوریک اسـید بود هموژن شـد. مخلوط حاصـل پس از آن که به مدت ۲۵ دقیقه در دمـای ۹۵ درجـه سـانتی گراد در حمـام بن ماری قرار گرفت، درون قالب یخ سـرد گردید. میزان جذب محلول در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شـد (وانتوویچ و همکاران ۲۰۰۶).

جهت بررسـی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسـیدانی گوایکول پراکسـیداز و کاتالاز ابتدا پروتیین بافت برگ اسـتخراج شـد (آگروال و همکاران ۲۰۰۵). برای تعیین فعـالیـت آنزیم گوایکول پراکسـیداز، مخلوط واکنش شـامل۵۰ میکرو لیتر محلول پروتئینی اسـتخراج شـده، ۱۰۰ میکرولیتر بافرفسفات ۱۰میلی مولار، ۲۵ میکرولیتر گـویـاکـول ۸ میلی مولار، ۲۰ میکرولیتر پراکسـیـد هیـدروژن ۲/۷۵ میلی مولار بود کـه بلافـاصـلـه پس از اضافه کردن پراکسید هیدروژن، افزایش جذب آن توسط اسـپکتروفتومتر (DR 5000, Germany) در طول موج ۴۷۰ نـانومتر بـه مدت ۶۰ ثانیه قرائت شـد. برای تعیین فعـالیـت آنزیم کـاتـالاز، بـه۵۰ میکرو لیتر از محلول پروتئینی، ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر بافرفسفات ۱۰میلی مولار و سـپس۳۰ میکرولیتر پراکسـید هیدروژن افزوده شد و در نهـایـت تغییرات جـذب محلول در طول موج ۲۴۰ نـانومتر در ۶۰ ثـانیـه قرائـت گردیـد (رازا و همکـاران ۲۰۰۷).

برای تعیین میزان کلروفیـل a وb، ابتـدا ۰/۱ گرم برگ تـازه با ده میلی لیتر محلول اسـتون ۸۰ درصـد کوبیده شـد. آنگاه نمونه‌ها توسـط کاغذ واتمن صـاف شـدند، حجم محلول‌ها توسـط اسـتون به ۱۰ میلی لیتر رسـید و میزان جذب آنها در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت گردید (استیدوات و همکاران ۲۰۰۰).

جهت اندازه‌گیری میزان فتوسنتز، از دستگاه تحلیل گر گاز مادون قرمز (LCA4, UK) استفاده شد. نمونه گیری ها بین ساعت ۱۱ صبح تا ۱بعد از ظهر روزهای آفتابی که میزان نور معادل ۱۳۰۰ الی۱۴۰۰ میکرومول فوتون در مترمربع در ثانیه بود، انجام شد. برای این منظور، قسمتی از یک برگ بالغ در اتاقک شیشه ای دستگاه قرار گرفت و پس از ۵۰ ثانیه داده‌های مربوطه ثبت شد. از هر برگ دو بار نمونه گیری شد و میانگین آن به عنوان میزان فتوسنتز ثبت شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد و برای رسم اشکال نرم‌افزار Excel به کار رفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر رقم، هدایت الکتریکی و اثر متقابل این دو فاکتور در سطح احتمال خطای یک یا پنج درصد قرار گرفتند (جداول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر هدایت الکتریکی خاک بر برخی ویژگیهای های ارقام ماش

منابع تغییر	درجه آزادی	میزان سدیم برگ	میزان سدیم ریشه	میزان سدیم کل	میزان پتاسیم برگ	میزان پتاسیم ریشه	میزان پتاسیم کل	نسبت پتاسیم به سدیم برگ
تکرار	۳	۹/۳**	۰/۹۱^{ns}	۲۷/۱*	۹/۱**	۰/۳۵^{ns}	۲/۳**	۰/۸۷ **
رقم	۱	۳۱/۷**	۹/۳**	۵۸/٤**	۱٦/۱**	٤/۹**	٤۷/۳**	۱/۳**
هدایت الکتریکی	۳	۱۸/۷**	۱۳/۵**	٦٦/۹**	۱۸/۳**	۲/۷**	۳۱/۵**	۰/۹۲**
رقم × هدایت الکتریکی	۳	۲۲/٦**	۸/٤**	٤۸/۰**	۱۵/۵**	۳/۱**	۱۹/۱**	۰/۷۲**
خطا	۲۱	۲/۱	۱/۹	۸/٤	۱/۰٦	۰/٤۱	۰/۸۲	۰/۱۲

ns، *، **: به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری درسطح احتما ل خطای۵ و ۱ درصد می باشد.

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر هدایت الکتریکی خاک بر برخی متغییرهای ارقام ماش

منابع تغییر	درجه آزادی	غلظت کلروفیلa برگ	غلظت کلروفیل bبرگ	میزان فتوسنتز برگ	فعالیت آنزیم کاتالاز برگ	فعالیت آنزیم پراکسید از برگ	غلظت مالون دی آلدئید برگ	وزن خشک اندام‌های هوایی	ارتفاع بوته
تکرار	۳	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	٤۵/۳ **	۳/۷ **	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۳ **	۱۰۲/۱ **	۱۱/۲ ^{ns}
رقم	۱	۲/۳ **	۱/٤۱ **	٦۱/۸ **	۱۲/۷ **	۳۱/٤ **	۰/۰۰۵٤ **	۱٦۱/۳ **	۵٤/۳ **
هدایت الکتریکی	۳	۱/٦۷ *	۱/۷۳ **	٤۲/۰ **	۱۱/۸ **	۷۲/۳ **	۰/۰۰٤۷ **	۸۹/٤ **	۳۲/۲ **
رقم × هدایت الکتریکی	۳	۱/۲۷ **	۱/۰۳ **	۳۲/۷ **	٦/۸ **	٤۱/۰ **	۰/۰۲۱ **	۹۲/۱ **	٤۵/۸ **
خطا	۲۱	۰/۹۸	۰/۵۸	۸/٦	۰/۳۹	۲/۳	۰/۰۰۰۱	۲۱/۵	۱٤/۰

ns،*، ** به ترتیب عدم معنی داری ومعنی داری درسطح احتما ل خطای ۵ و ۱ درصد می باشد.

میزان یون های سدیم و پتاسیم

نتایج آزمایش نشـان داد که افزایش هدایت اکتریکی خاک سـبب افزایش غلظت یون سـدیم بافت برگ در هر دو رقم شـد، به گونه‌ای که بیشـترین میزان این متغیر از بـالاترین هدایت الکتریکی به دسـت آمد. اگرچه در تمام سـطوح هدایت الکتریکی، اختلاف معنی‌داری بین دو رقم مشـاهده نشـد ولی میزان این متغیر در تمام این سطوح، در رقم پرتو بیشتر از رقم پاکستانی بود (شکل۱). تجمع یون سـدیم در برگ رقم پرتو بیانگر آسـیب پذیری این رقم در مقابل تنش شوری است زیرا یکی از راهکارهای تحمـل تنش شـوری کـاهش جـذب این یون و همچنین جلوگیری از انتقـال آن به اندام‌های هوایی اسـت. تجمع یون سـدیم در برگ و ریشـه نخود توسـط کاوالانتی و هکاران (۲۰۰۷) گزارش شـد. بیشترین غلظت سدیم برگ در رقم پرتو در سطوح هدایت الکتریکی ٤/٩ و ٦/٧ دسی زیمنس بر متر به میزان ۳۷ و ٤٥ میلی گرم بر گرم بافت خشک برگ مشاهده شد در حالیکه غلظت سدیم برگ در رقم پاکسـتانی در سـطح هدایت الکتریکی ٦/٧ دسـی زیمنس بر متر ،۲۷ میلی گرم بر گرم بافت خشـک برگ بود.

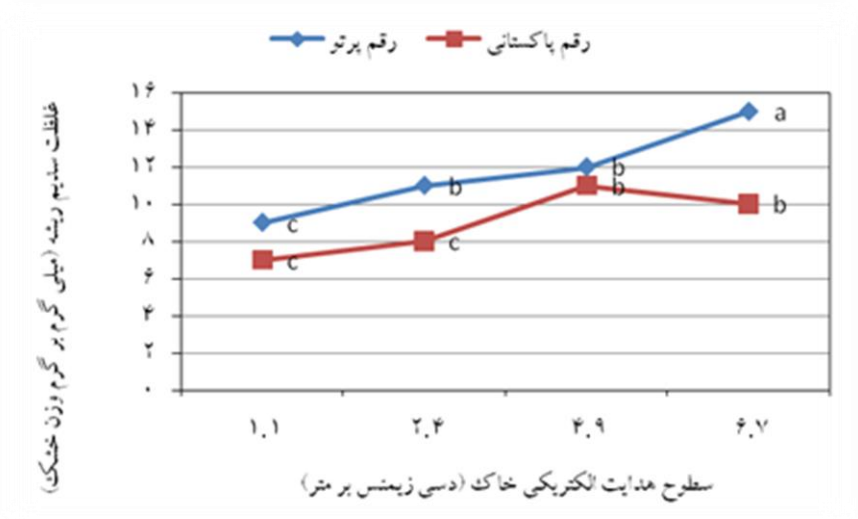
شکل ۱- میزان یون سدیم برگ ارقام ماش تحت تأثیر تغییر هدایت الکتریکی خاک

تجمع یون سـدیم در بافت ریشـه هر دو رقم ماش روند مشابهی با تغییرات سدیم برگ آنها را نشان داد، با این تفـاوت که در دو سـطح هدایت الکتریکی ۱/۱ و ٤/٩ اختلاف معنی‌داری بین دو رقم وجود نداشت (شکل۲) و بیشـترین تفـاوت بین دو رقم از هـدایـت الکتریکی ٦/٧ حاصـل شـد. بررسـی میزان تجمع یون سدیم در ریشه ارقام پرتو و پاکسـتانی نشـان داد در بالاترین سـطح هدایت الکتریکی خاک میزان تجمع یون سـدیم ریشـه در رقم پرتو بیش از رقم پاکستانی بود (به ترتیب ۱۵ و ۱۰ میلی گرم بر گرم وزن خشک) (شکل۲) که نشان می دهد رقم پاکسـتانی علی رغم جذب کمتر سـدیم در مقایسه با رقم پرتو (شـکل ۲) در شـرایط تنش، میزان بیشـتری از این یون مضـر را در ریشـه نگهداری نمود. کاهش جذب سدیم و انباشت این یون در محیط ریشه به نحوی که از انتقـال آن بـه اندام های هوایی جلوگیری شـود یکی از مکانیسـم های تحمل تنش شـوری در گیاهان اسـت (باندگلو و همکاران ۲۰۰٤). در شـرایط تنش شـوری ارقام متحمل به شـوری کلزا در مقایسه با ارقام حساس به شوری میزان بیشتری از یون سدیم را در بافت ریشه حبس نمودنـد و از انتقـال آن بـه انـدام هوایی جلوگیری

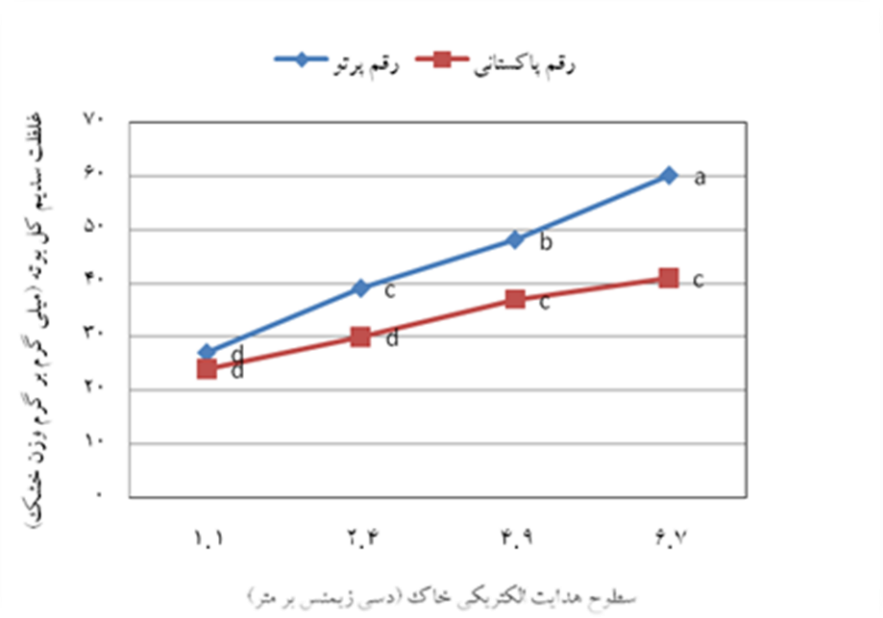
کردند (اشـــرف و مک نیلی ۲۰۰٤). این نتایج نشـــان داد تجمع یون سدیم در ریشه و برگ رقم پاکستانی کمتر از رقم پرتو بود و این حـالـت در مطـالعـات تحمـل تنش شـوری یک عامل مثبت اسـت زیرا تجمع یون سـدیم در بافت گیاهی تحت تأثیر تنش شـوری کاهش فتوسـنتز و تخریب غشاهای سلولی را در پی دارد.

همـانـنـد دو متغیر قبلی (اشـــکال ۱ و ۲)، با افزایش هدایت الکتریکی خاک، بر غلظت ســـدیم بوته هر دو رقم افزوده شـــد (شـــکل ۳) به طوری که میزان این متغیر به غیر از شـاهد، در سـایر سـطوح هدایت الکتریکی در رقم پرتو به طور معنی‌داری بیشـــتر از رقم پاکســـتانی بود. تجمع یون سدیم درپیکره گیاه ماش می تواند مانند سایر گیـاهـان زراعی بـا تـأثیر منفی بر ســـاختار کلروفیل و فتوسـنتز، سلامت غشاهای سلولی و کارکرد آنزیم های آنتی اکسـیدان سبب کاهش رشد گیاه گردد (پوستینی و ســـی مرده ۲۰۰٤؛ اکو و همکـاران ۲۰۰۵؛ کـاوالانتی و همکاران ۲۰۰۷).

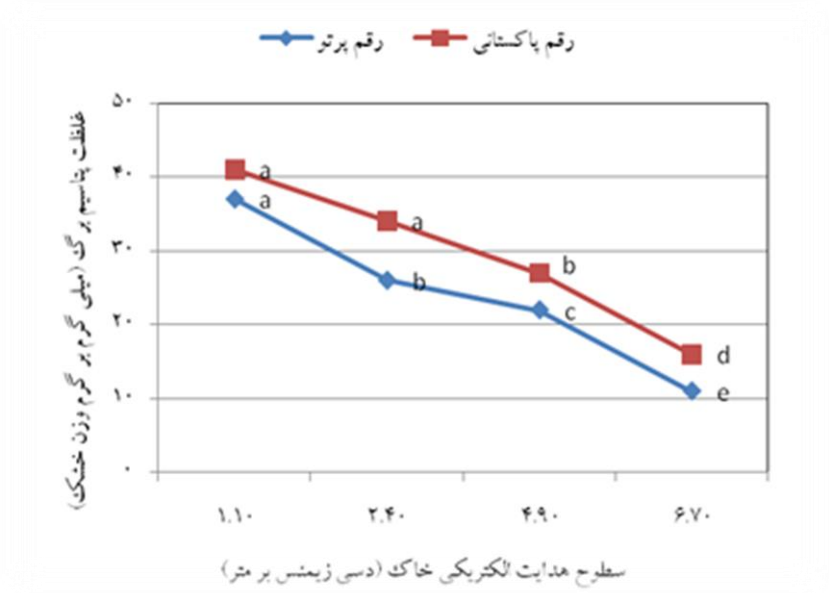
افزایش سطح هدایت الکتریکی خاک سبب کاهش میزان یون پتاسیم در برگ (شکل ٤)، ریشه (شکل ٥) و کل بوته (شکل ٦) هر دو رقم ماش شد. در رقم پاکستانی، در تمام سطوح هدایت الکتریکی خاک، بجز شاهد، غلظت پتاسیم برگ به طور معنی داری بیش از رقم پرتو بود (شکل ٤). تا سطح هدایت الکتریکی ٤/۹ دسی زیمنس بر متر، از نظر میزان پتاسیم ریشه بین دو رقم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما در سطح هدایت الکتریکی ٦/۷ دسی زیمنس بر متر، غلظت پتاسیم ریشه رقم پاکستانی به طور معنی داری بیش از رقم پرتو بود (شکل ٥). در سطوح هدایت الکتریکی ۲/۹، ٤/۹ و ٦/۷ دسی زیمنس بر متر میزان پتاسیم کل بوته در رقم پاکستانی به طور معنی‌داری بیشتر از رقم پرتو بود (شکل ٦). پروایز و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش جذب و تجمع یون پتاسیم در برگ گندم شد و به دنبال کاهش جذب پتاسیم در گیاهچه گندم، آسیب پذیری این گیاه در مقابل تنش شوری افزایش یافت. تجمع یون پتاسیم در برگ گیاهان در شرایط تنش شوری یکی از مکانیسم های اصلی تحمل شوری است زیرا یون پتاسیم ضمن کاهش اثرات منفی یون سدیم، سبب تنظیم اسمزی، افزایش پایداری غشاهای سلولی و بهبود کارکرد آنزیم های گیاهی در شرایط تنش می گردد (کاوالانتی و همکاران ۲۰۰۷).



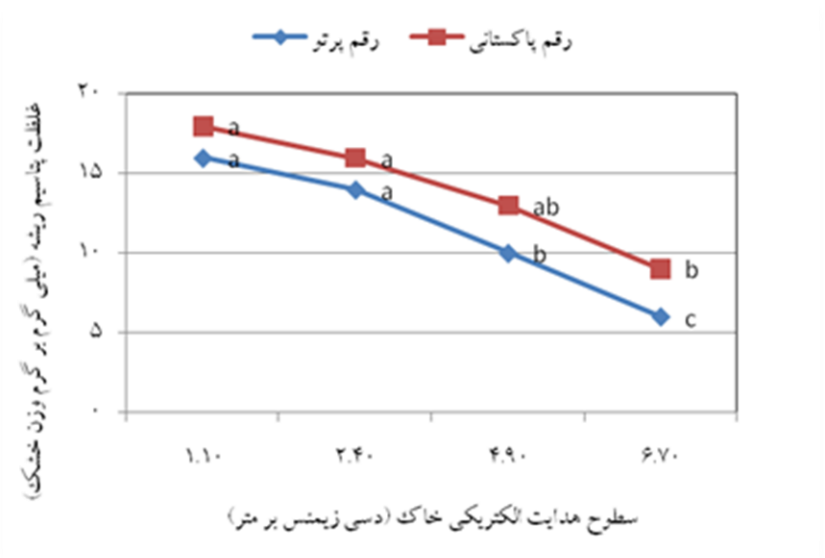
شکل ۲- میزان غلظت سدیم ریشه ارقام ماش تحت تأثیر تغییر هدایت الکتریکی خاک



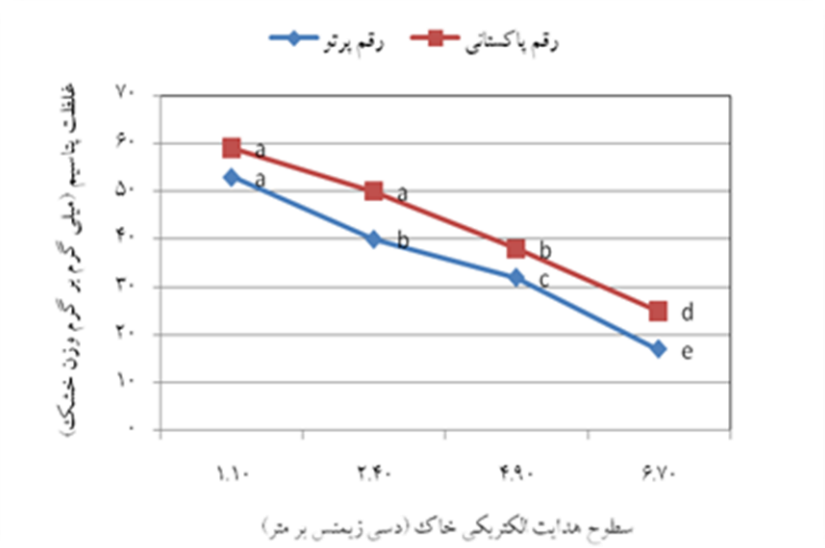
شکل ۳- میزان یون سدیم کل بوته ارقام ماش تحت تأثیر تغییر هدایت الکتریکی خاک



شکل ۴- میزان یون پتاسیم برگ ارقام ماش تحت تأثیر تغییر هدایت الکتریکی خاک



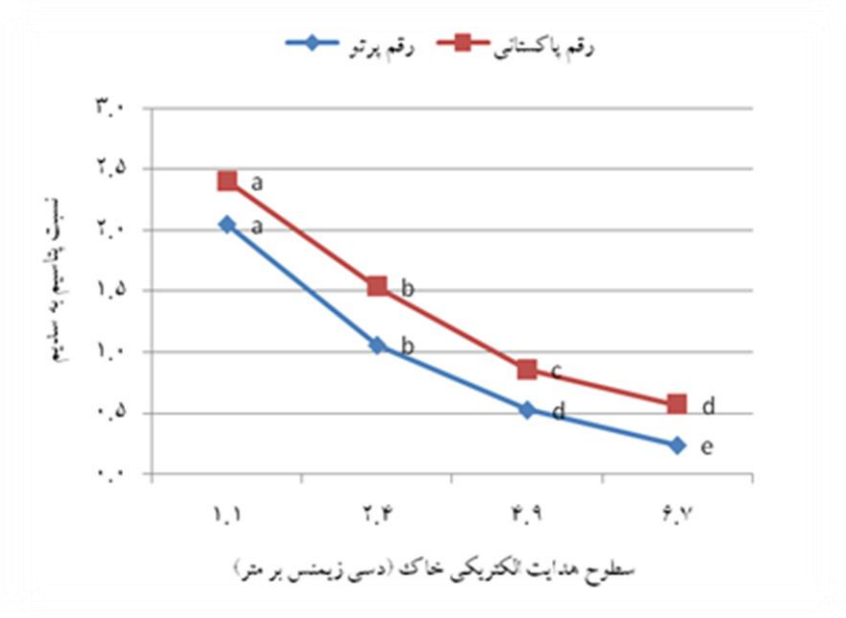
شکل ۵- میزان یون پتاسیم ریشه ارقام ماش تحت تأثیر تغییر هدایت الکتریکی خاک



شکل ۶- غلظت یون پتاسیم کل بوته ارقام ماش تحت تأثیر تغییر هدایت الکتریکی خاک

با ازدیاد املاح خاک، از نسبت پتاسیم به سدیم برگ ارقام ماش به میزان بیشتری کاسته شد. اگرچه کاهش این نسبت به کمتر از یک، در هر دو رقم، در سطوح بالای هدایت الکتریکی به ویژه ٦/٧ دسی زیمنس بر متر می-توانست به نابودی احتمالی گیاه در صورت تدوام آزمایش منجر شود، با این حال در تمام سطوح هدایت الکتریکی، نسبت پتاسیم به سدیم برگ در رقم پاکستانی بیش از رقم پرتو بود (شکل۷). محققان نسبت پتاسیم به سدیم برگ را به عنوان یک صفت مناسب برای تعیین ارقام متحمل به شوری گیاهان زراعی گزارش نمودند زیرا نسبت بالای پتاسیم به سدیم در برگ بیانگر حفظ میزان پتاسیم در حد بالا، کاهش جذب سدیم و یا جلوگیری از انتقال یون سدیم از ریشه به برگ‌ها در شرایط تنش شوری می‌باشد (کامل ۲۰۰۲؛ مونز ۲۰۰۲؛

کاوالانتی و همکاران ۲۰۰۷). تحقیقات روی برنج (باتاشارجه و همکاران ۲۰۰۲)، جو (کارون و همکاران ۲۰۰۳)، آفتابگردان (اکو و همکاران ۲۰۰۵) نیز نشان داد که بالا بودن نسبت پتاسیم به سدیم یکی از راهکارهای اصلی تحمل شوری در این گیاهان است زیرا موجب بهبود وضعیت رطوبتی گیاه، حفظ پایداری غشاهای سلولی و حفظ کارایی سیستم فتوسنتزی در شرایط تنش شوری می‌شود (اشرف و مک نیلی ۲۰۰۴).



شکل ۷- نسبت پتاسیم به سدیم برگ ارقام ماش تحت تأثیر تغییر هدایت الکتریکی خاک

محتوای انواع کلروفیل برگ و میزان فتوسنتز

افزایش هدایت الکتریکی خاک سبب کاهش غلظت کلروفیل a وb در برگ هر دو رقم ماش شد. کمترین غلظت کلروفیل a در هر دو رقم در سطوح هدایت الکتریکی ٤/٩ و ٦/٧ دسی زیمنس بر متر به دست آمد، به طوری که برخلاف رقم پرتو، در رقم پاکستانی تفاوت بین این دو سطح معنی دار نشد (جدول ۲). افزایش سطح هدایت الکتریکی خاک تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیلb برگ رقم ماش پاکستانی نداشت اما سطوح هدایت الکتریکی ٤/٩ و ٦/٧ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش معنی دار غلظت کلروفیل b در رقم پرتو گردید. افزایش میزان سدیم را می‌توان از دلایل اساسی کاهش غلظت انواع کلرفیل در هر دو رقم ذکر نمود. در یک مطالعه، تنش شوری سبب کاهش شدید غلظت کلروفیل برگ ارقام کلزا شد (اشرف و مکنیلی ۲۰۰٤).

نتایج مقایسه میانگین بیانگر کاهش میزان فتوسنتز دو رقم ماش تحت تأثیر افزایش سطح هدایت الکتریکی خاک بود. هدایت الکتریکی خاک به میزان ۲/٤ دسی زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری بر میزان فتوسنتز رقم پاکستانی در مقایسه با شاهد نداشت اما سطوح ٤/٩ و ٦/٧ دسی زیمنس بر متر به ترتیب سبب کاهش میزان فتوسنتز رقم پاکستانی به ۱۱/۱ و ۹/۲ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه شد. سطوح هدایت الکتریکی ۲/٤، ٤/٩ و ٦/٧ دسی زیمنس بر متر به ترتیب سبب کاهش میزان فتوسنتز رقم پرتو به ۱۰/۷، ۸/۱ و ٥/٦ میکرومول دی اکسید کربن بر مترمربع بر ثانیه شد که حاکی از کاهش

شدید میزان فتوسنتز رقم پرتو در مقایسه با رقم پاکستانی تحت تأثیر افزایش سطح هدایت الکتریکی خاک بود. افزایش میزان سدیم (اشکال ۱، ۲ و ۳)، کم شدن میزان پتاسیم (اشکال ٤، ٥ و ٦) و کاهش محتوای انواع کلروفیل (شکل ۷) در رقم پرتو به میزان بیشتری نسبت به رقم پاکستانی می‌تواند دلیل افت بیشتر میزان فتوسنتز در این رقم نسبت به رقم پاکستانی را توجیه نماید. در گزارش استروتر و همکاران (۲۰۰۰) تجمع سدیم در برگ آفتابگردان و تأثیر منفی آن بر غلظت کلروفیل عامل اصلی کاهش فتوسنتز برگ آفتابگردان ذکر شد. در مطالعه واکنش برنج به تنش شوری، عوامل مختلفی چون کاهش آب قابل دسترس برگ، تجمع یون سدیم، تخریب غشاهای سلولی و کاهش غلظت کلروفیل در اندام هوایی گیاهان مورد بررسی از عوامل اصلی کاهش میزان فتوسنتز و وزن خشک اندام هوایی ارقام برنج بیان شد (کامل ۲۰۰۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی از ویژگیهای های ارقام ماش تحت تأثیر هدایت الکتریکی خاک

هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر)	رقم	غلظت کلروفیلa (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	غلظت کلروفیلb (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	میزان فتوسنتز (میکرومول دی اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه)	فعالیت آنزیم کاتالاز (نانومول آب اکسیژنه بر میلی گرم پروتئین بر دقیقه)	فعالیت آنزیم پراکسیداز (جذب به ازای هر میلی گرم پروتیین)	غلظت مالون دی آلدهید (نانومول بر گرم وزن تر برگ)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)
۱/۱ (شاهد)	پرتو	۱/۹٥a	۱/۰۳a	۱٦/۱ a	۱/٥d	۸/۲e	۰/۰۰۱۲e	٤/۸ a	۱۷/٥ a
	پاکستانی	۱/۸۱a	۱/۰۹a	۱٥/۱a	۱/٥d	۸/۱ e	۰/۰۰۱٥e	٥/۲ a	۱۸/۸a
۲/٤	پرتو	۱/۱٦b	۱/۰٦a	۱۰/۷b	۳/۱c	۱۳/٤d	۰/۰٤۱c	۳/۷b	۱۲/٥b
	پاکستانی	۱/٦٤a	۰/۹۸a	۱۳/۷a	۳/۸c	۱۹/۸c	۰/۰۱۹d	٤/۹ a	۱۷/۱a
٤/۹	پرتو	۰/۹٤c	۰/۸۱ b	۸/۱ c	٥/۹b	۱۹/٥c	۰/۰٥۲b	۲/۷ c	۸/۱c
	پاکستانی	۱/۰۹b	۰/۹٥a	۱۱/۱ b	۷/٤a	۲٦/۱ b	۰/۰۳٥c	٤/۲ ab	۱٥/٤ab
٦/۷	پرتو	۰/٤۱d	۰/٦۸c	٥/٦ d	٥/۳b	۲۲/۱c	۰/۰۹۲a	۱/۸ d	٤/۹e
	پاکستانی	۱/۰۱ bc	۰/۹۹a	۹/۲ c	۷/۸a	۳۳/۸ a	۰/۰٤٥b	۳/٤b	٦/٥d

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف غیر مشترک می‌باشند تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن دارند.

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و میزان تخریب غشاهای سلولی

فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و تخریب غشاهای سلولی ماش تحت تأثیر افزایش میزان هدایت الکتریکی خاک قرار گرفت (جدول ۲). در شرایط تنش های محیطی نظیر شوری، گیاهان با افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان میزان تخریب غشاهای سلولی را کنترل می کنند اما افزایش فعالیت این آنزیم ها الزاما به معنی حفظ پایداری غشا سلولی در شرایط تنش نیست(مونز ۲۰۰۲). نتایج تغییر فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان کاتالاز تحت تأثیر افزایش سطوح هدایت الکتریکی خاک نشان داد که فعالیت این آنزیم تحت تأثیر افزایش هدایت الکتریکی خاک در هر دو رقم افزایش یافت اما در سطوح ٤/۹ و ٦/۷ دسی زیمنس بر متر فعالیت این آنزیم در رقم پاکستانی بیش از رقم پرتو بود. روند تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز شبیه کاتالاز بود و با افزایش سطح هدایت الکتریکی خاک فعالیت این آنزیم نیز افزایش یافت. در همه سطوح به غیر از شاهد، فعالیت آنزیم پراکسیداز بالاتر از رقم پرتو بود به طوری

که بیشترین فعالیت آنزیم مذکور در رقم پاکستانی و تحت تأثیر هدایت الکتریکی ٦/٧ دسی زیمنس بر متر به دست آمد (جدول۳). این نتایج بیانگر تحریک فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت تحت تأثیر تنش شوری و برتری رقم پاکستانی در این زمینه است.

بررسی غلظت مالون دی آلدهید یک بافت گیاهی می تواند بیانگر میزان تخریب غشاهای سلولی باشد زیرا این ترکیب تحت تأثیر تخریب ناشی از پراکسیده شدن غشاهای سلولی آزاد می شود. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که افزایش هدایت الکتریکی خاک سبب تخریب غشاهای سلولی و افزایش غلظت مالون دی آلدهید در بافت گیاهچه هر دو رقم ماش شد. در تمام سطوح هدایت الکتریکی خاک، غلظت مالون دی آلدهید بافت گیاهچه ماش رقم پرتو به میزان معنی داری بیش از رقم پاکستانی بود و بیشترین غلظت مالون دی آلدهید در رقم پرتو در تیمار ٦/٧ دسی زیمنس بر متر به میزان ۰/۰۹۲ نانومول بر گرم وزن تر برگ مشاهده شد که بیانگر حساسیت بیشتر این رقم به تنش شوری است (جدول۲). در رقم پرتو با افزایش هدایت الکتریکی خاک، میزان تجمع یون سدیم افزایش یافت که منجر به افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی گردید اما میزان افزایش فعالیت این آنزیم ها به اندازه ای نبود که از روند تخریب غشاهای سلولی در این رقم در مقایسه با رقم پاکستانی جلوگیری نماید لذا میزان تخریب غشاهای سلولی و تولید مالون دی آلدهید و به تبع آن کاهش فتوسنتز و رشد رقم پرتو بیش از رقم پاکستانی بود. تجمع یون‌های مضر و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در شرایط تنش شوری از طریق پراکسیداسیون غشاهای سلولی که به طور عمده از اسید های چرب به همراه ترکیبات پروتینی و کربوهیدرات تشکیل شده‌اند، موجب تخریب شدید غشاهای سلولی گیاهان می گردد. از این رو اندازه‌گیری میزان پراکسیده شدن چربی‌های غشا از طریق اندازه‌گیری میزان مالون دی آلدهید از جمله راه‌های تعیین پایداری غشای سلولی و یا میزان تخریب آن در شرایط این نوع تنش می باشد (مونس، ۲۰۰۲).

وزن خشک و ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که تنش شوری سبب کاهش وزن خشک و ارتفاع بوته ماش شد (جدول ۲). کاهش میزان فتوسنتز در کنار تخریب غشاهای سلولی ناشی از تجمع یون سدیم، از دلایل کاهش رشد گیاهچه ماش تحت تأثیر تنش شوری بود. در رقم پاکستانی تنها سطح هدایت الکتریکی ٦/٧ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش معنی دار وزن خشک اندام هوایی ماش (۳/٤ گرم بر بوته) در مقایسه با سایر سطوح هدایت الکتریکی شد در حالیکه کاهش وزن خشک اندام هوایی رقم پرتو از سطح هدایت الکتریکی خاک ۲/٤ دسی زیمنس بر متر آغاز گردید و کمترین وزن خشک اندام هوایی این رقم از تیمار٦/٧ دسی زیمنس بر متر به میزان ۱/۸ گرم بر متر مربع حاصل شد. این نتایج بیانگر کاهش شدید وزن خشک اندام هوایی رقم پرتو تحت تأثیر افزایش سطح هدایت الکتریکی خاک است (جدول ۲).

افزایش هدایت الکتریکی خاک سبب کاهش ارتفاع بوته در هر دو رقم شد. کمترین ارتفاع بوته در رقم پرتو و تحت تأثیر هدایت الکتریکی ٦/٧ دسی زیمنس بر متر به میزان ٤/٩ سانتی متر مشاهده گردید (جدول ۲). بررسی وزن خشک و ارتفاع بوته گیاهان تحت تأثیر تنش شوری یک راهکار پایدار جهت بررسی واکنش گیاهان به تنش شوری است زیرا نتیجه مجموعه عوامل فیزیولوژیکی که تحت تأثیر تنش شوری قرار می گیرند در تغییرات وزن خشک و ارتفاع گیاه بروز پیدا می کند (استروتر و همکاران ۲۰۰۰). کاهش فتوسنتز و تخریب شدید غشا سلولی ماش تحت تأثیر افزایش یون سدیم و کاهش غلظت یون پتاسیم به ویژه در رقم پرتو منجر به کاهش فتوسنتز و وزن خشک ماش شد. اکو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش نمودند که سمیت یون ها و کاهش آب قابل دسترس گیاهچه تحت تأثیر تنش شوری سبب

کاهش رشد، وزن و ارتفاع نخود تحت تأثیر تنش شوری شـــد . بنـدوگلو و همکاران (۲۰۰٤) نیز عنوان کردند که تنش شـــوری ســـبب کاهش وزن خشـــک اندام هوایی و ارتفاع بوته ارقام عدس شـد. ایشان تجمع یون سدیم در بافت برگ و کاهش فتوســنتز را از دلایل اصــلی کاهش رشـــد گیـاهچـه عدس بیان نمودند (بندوگلو و همکاران ۲۰۰٤).

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که تحمل تنش شوری به مجموعه ای از عوامل فیزیولوژیک مانند فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، جذب و توزیع یون‌ها و سلامت غشاهای سلولی بستگی دارد. با توجه به نتایج آزمایش حاضر می توان گفت که رقم پاکستانی در مقایسه با رقم پرتو نسبت به افزایش سطح هدایت الکتریکی خاک از تحمل بیشتری برخوردار بود زیرا در بالاترین سطح هدایت الکتریکی خاک، این رقم فتوسنتز، وزن خشک و ارتفاع بوته بیشتری در مقایسه با رقم پرتو نشان داد. تحمل این شرایط در رقم پاکستانی در مقایسه با رقم پرتو ناشی از غلظت کمتر سدیم و غلظت بیشتر پتاسیم در اندام هوایی، فعالیت بیشتر آنزیم های آنتی اکسیدانی و تخریب کمتر غشاهای سلولی بود. رقم پرتو در سطوح بالای هدایت الکتریکی خاک، میزان سدیم بیشتری را در اندام‌های هوایی تجمع داد که منجر به تخریب غشاهای سلولی (افزایش غلظت مالون دی آلدهید برگ) و در نهایت کاهش میزان فتوسنتز و وزن خشک این اندام‌ها شد. در مجموع، اگرچه رقم پاکستانی تحمل بیشتری نسبت به رقم پرتو داشت، ولی به دلیل کاهش نسبت پتاسیم به سدیم برگ به کمتر از ۱ در هر دو رقم در سطح هدایت الکتریکی ٦/۷ دسی زیمنس بر متر، تداوم آزمایش می توانست منجر به مرگ بوته‌ها شود که لازم است در تحقیقات بعدی مورد توجه قرار گیرد. از طرفی با توجه به تصادف دوره رشد ماش با گرمای تابستان در خوزستان، پیشنهاد می گردد که در یک پژوهش دیگر در محیط کنترل شده گلخانه، اثرات تنش گرما از تنش شوری برای این دو رقم تفکیک گردد.

منابع مورد استفاده

Agrawal S, Sairam RK, Srivasta GC, Tyagi A and Meena RC. 2005. Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Plant Science, 169: 559-570.

Asch F, DingKuhn M, Dorffling K and Miezan K. 2000. Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. Euphytica, 113:109-118.

Ashraf M and McNeilly T. 2004. Salinity tolerance in *Brassica* oilseeds. Critical Review of Plant Science, 23(2): 157-174.

Bandeoglu E, Eyidogan F, Yucel M and Oktem HA. 2004. Antioxidant response of shoots and roots of lentil to NaCl Salinity stress. Plant Growth Regulation, 42:69-77.

Bhattacharjee S and Mukherjee AK. 2002. Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. Seed Science and Technology, 30:279-287.

Carden DE, Wakker DJ, Flowers TJ and Miller AJ. 2003. Single cell measurement of the concentration of cytosolic Na^+ and K^+ to salt tolerance. Plant Physiology, 131: 676-685.

Cavalanti FR, Lima JPMS, Silva SLF, Viegas RA and Silveira JAG. 2007. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. Journal of Plant Physiology, 164:591-600.

Dieriga DA, Grieve MC and Shannon MC. 2003. Selection for salt tolerance in *lesquerella fendleri*. Industrial Crops and Products, 17:15-22.

Kamel M. 2002. The effect of sodium chloride stress on the ion composition and the mechanism of osmotic adjustment in *Vicia faba*. Pakistan Journal of Biological Science, 5(9):885-890.

Meloni DA, Oliva MA, Martinez CA and Cambraia J. 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Brazilian Journal of Plant Physiology, 15 (2): 12-21.

Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25:239-250.

Okcu G, Kaya MD and Atak M. 2005. Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum*). Turikish Journal of Agriculture, 29:137-243.

Owen CP.1992. Plant analysis reference producers for the southern region of the United States. The University of Georgia. Pp: 33-45.

Pervize Z, Afzal M, Xi S, Xiaoe Y and Ancheng l. 2002. Physiological parameters of salt tolerance in wheat. Asian Journal of Plant Science, 1(4): 78-481.

Poustini K and Siosemardeh A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crop Research, 55:125-133.

Raza SH, Athar HR, Ashraf M and Ltameed A. 2007. Glycine betaine-induced modulation of antioxidant enzymes activities and ion accumulation in tolerance wheat cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany, 60:368-376.

Santos C, Falcao IP, Pinto GC, Olivera H and Loureiro J. 2002. Nutrient response and glutamate and proline metabolism in sunflower plants under Na_2So_4 stress. Journal of Plant Nutrient and Soil Science, 165: 366-372.

Sreenivasulu N, Grimm B, Wobns U and Weschke W. 2000. Response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensetive seedling of foxtail millet. Physiology Plantarum, 109: 435-442.

Stedoto P, Albrizio R, Giorio P and Sorrention G. 2000. Gas-exchange response and stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation of sunflower under salinity. Environmental and Experimental Botany, 44:243-255.

Valentovic P, LuxovaM, Kolarovi L and Gasparikora O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, memberane stability and water relation in two maize cultivars. Plant Soil Enviroment, 52 (4):186-191.