

بررسی تأثیر اشعه لیزر بر صفات مرتبط با تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای (*Oryza sativa* L.) برنج

الناز حسین زاده ثابتی^۱، سید احمد سادات نوری^۲، نیراعظم خوش خلق سیما^{۳*}، حسینعلی رامشینی^۴، محمد علی انصاری^۵
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران؛ ۲. استاد پردیس ابوریحان دانشگاه
تهران، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پاکدشت، تهران، ایران؛ ۳. استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران؛ ۴. استادیار پردیس ابوریحان
دانشگاه تهران، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پاکدشت، تهران، ایران؛ ۵. استادیار پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱/۲۱

چکیده

تنش شوری می‌تواند مرحله گیاهچه‌ای برنج را تحت تأثیر شدید قرار دهد. به منظور بررسی تأثیر اشعه لیزر بر صفات مرتبط با تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای برنج، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه عامل شامل لیزر در دو سطح (استفاده و عدم استفاده)، ارقام شامل حساس (رقم IR29) و متحمل (رقم FL478) و شوری در چهار سطح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار کلرید سدیم خالص در سه تکرار به صورت هیدروپونیک در سال ۱۳۹۰ در گلخانه دانشگاه تهران انجام شد. نتایج نشان داد استفاده از تیمار لیزر در هر دو رقم مورد مطالعه منجر به افزایش معنی‌دار صفات ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک ریشه، و کاهش معنی‌دار میزان قرائت SPAD و نشت الکترولیتی غشای سلول گردید. همچنین در تیمارهای لیزر خورده میزان افزایش وزن خشک اندام هوایی و کاهش عدد SPAD در کلیه سطوح شوری در رقم IR29 بالاتر از رقم FL478 بود، در حالی که محتوای نسبی آب در رقم متحمل FL478 بالاتر بود که احتمالاً می‌تواند به دلیل پایداری بیشتر غشا در نگهداری آب باشد. از نتایج این آزمایش این گونه به نظر می‌رسد که پرتو لیزر باعث القای تحریکات زیستی در گیاه شده که ممکن است در تحمل گیاه به شوری موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: صفات تحمل به شوری، اشعه لیزر، برنج

مقدمه

برنج بعد از گندم مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا به شمار می‌رود و غذای ۴۰ تا ۵۰ درصد از مردم جهان را تشکیل می‌دهد. برنج به تنش شوری نسبتاً حساس است (Lang et al., 2001a) و شوری، رشد آن را در مراحل مختلف رشد از جوانه‌زنی تا رسیدن کامل به درجات مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد (Lang et al., 2001b). بر اساس آمار موجود شوری پس از خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان بوده (Sadat Noori et al., 2011) و تأثیر منفی آن بر رشد گیاه، به علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، سمیت یونی (تنش شوری) و عدم تعادل عناصر غذایی ایجاد می‌شود (Khan et al., 2009). کاهش پتانسیل اسمزی در گیاه تحت تنش شوری

را می‌توان نتیجه تجمع بعضی از یون‌های محلول (Na, K, Cl) و یا تنظیم‌کننده‌های اسمزی مانند کربوهیدرات‌ها و آمینواسیدهای آزاد (پرولین، گلیسین بتائین و ...) دانست (Khosh-Kholgh Sima et al., 2009; Pessaraki et al., 2009). از سوی دیگر شوری یکی از عوامل غیر زیستی مهم و به عنوان یک مشکل اساسی و عامل محدود کننده رشد (Kafi et al., 2008; Haghju, 2008)، تولیدات گیاهی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Munns, 2005). به همین دلیل تولید گیاهان متحمل به شوری یکی از اساسی‌ترین راه‌کارها برای تأمین غذای بشر به شمار می‌رود (Kumae et al., 2003). برای ادامه فعالیت رشدی در گیاهان حفظ مقدار بالایی از محتوای نسبی آب مهم

امروزه درزمینه‌های متعددی از جمله کشاورزی بسیار کاربرد دارد. از آنجا که پرتو لیزر امکان اثرگذاری بر روی صفات گیاه را دارا است، از آن درافزایش تحمل گیاه به تنش شوری استفاده شده است. طی تحقیقی که بر روی تأثیر تنش شوری بر گیاه برنج صورت گرفته است، این نتیجه مشخص شده است که شوری ناشی از نمک‌های کلرید، تقسیم سلولی را شدیداً محدود می‌نماید (Ashrafijou *et al.*, 2010) و همانطور که در گزارشات لیزر بیان شده است (Injushin, 1981)، این تکنیک سبب افزایش تقسیمات سلولی می‌شود که شاید بتوان این افزایش را به عنوان جبران خسارت ناشی از شوری تلقی کرد. نور لیزر با شدت کم، زمانی که بر روی بذر، نهال‌ها و گیاهان استفاده می‌شود به عنوان یک محرک زیستی عمل می‌کند (Muszynski *et al.*, 2008) و بیشترین کاربرد آن در کشاورزی به صورت تیمار بذر قبل از کاشت است. لیزر هلیوم-نئون (نور قرمز با طول موج ۶۳۰-۶۵۰ نانومتر) نسبت به سایر لیزرها دارای بیشترین کاربرد در کشاورزی، جنگل‌داری و تکنولوژی تولیدات غذایی است که توسط این لیزر تیمار بذر، گیاهچه و گیاه کامل صورت می‌گیرد (Vasilevski, 2003). مطالعات انجام شده بر روی لیزرهای هلیوم-نئون نشان دهنده تأثیر مثبت و امیدوار کننده استفاده از لیزر در کشاورزی می‌باشند (Dinoev, 2006). هدف از این تحقیق ایجاد تحمل به شوری در گیاه برنج در مرحله گیاهچه‌ای با استفاده از ابزار اپتیکی لیزر بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه پردیس ابوریحان دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۰ به اجرا درآمد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش عبارت بودند از: شوری در چهار سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم)، لیزر (هلیوم نئون) در دو سطح، کاربرد و عدم کاربرد، و ارقام شامل دو رقم IR29 (حساس به شوری) و FL478 (متحمل به شوری) که از موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI) تهیه شده بودند. تیمار تابش لیزر نیز در پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، بوسیله عدسی واگرا به صورت صفحه‌ای درآمد و بر بذور به مدت ۳۰ دقیقه از سمت جنین اعمال گردید. خصوصیات لیزر

است و کنترل آن قسمتی از فرآیند تحمل به شوری به-شمار می‌آید (Glenn *et al.*, 1997). تنش شوری سبب تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که نشت از غشاءهای سلولی را به دنبال خواهد داشت (Summart *et al.*, 2010) و با آسیب به غشاء سلولی، نفوذپذیری و نشت الکترولیت‌ها به درون پروتوپلاسم را افزایش داده که نهایتاً باعث کاهش محتوای نسبی آب می‌شود (Francois, 2007).

اگرچه تنش در تمام مراحل رشدی گیاه می‌تواند رخ دهد، اما با توجه به اینکه استقرار اولیه گیاه در عملکرد نهایی تأثیر زیادی دارد، تنش در مرحله گیاهچه‌ای برای گیاه می‌تواند بسیار مضر باشد (Rauf *et al.*, 2007). گیاه برنج در مرحله جوانه‌زنی به شوری نسبتاً متحمل، در اوایل دوره گیاهچه‌ای (سه برگی) خیلی حساس و مجدداً در مرحله رشد رویشی مقاوم می‌گردد (Moradi, 2002; Lang *et al.*, 2001a). محققین در زمینه تأثیر شوری بر رشد برنج بیان کرده‌اند که شوری ناشی از کلرید سدیم باعث کاهش میزان رشد نسبی و به تبع آن کاهش ماده خشک کل گیاه می‌گردد (Asch *et al.*, 2000).

از بین روش‌های بررسی تأثیر شوری در گیاهان، کشت به صورت هیدروپونیک بسیار مورد توجه می‌باشد. در این تکنیک آب و مواد غذایی به میزان لازم در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و از هدرروی آنها جلوگیری می‌شود. از طرفی برای مناطقی که خاک‌هایی با شوری بالا دارند یا اصلاً خاک کیفیت مناسبی جهت کشاورزی ندارد نیز کشت بدون خاک تکنیک موفقیت‌آمیزی می‌باشد. برای بالا بردن محصولات گیاهی نیاز به راهکارهایی است که ضمن اقتصادی و مقرون به صرفه بودن، کارایی مناسبی نیز داشته باشند. روش‌های بیوفیزیکی با برانگیختگی بیولوژیکی در بذر و گیاه، باعث افزایش توانایی بقای گیاه و مقاومت به اثرات اقلیمی می‌شوند. اساس این حقیقت مبنی بر کاهش اثرات منفی محیط تا پایین‌ترین سطح ممکن می‌باشد (Vasilevski, 2003). هدف اصلی از به کارگیری روش‌های فیزیکی برای تیمار بذور، تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در بذر (Podlesny and Stochmal, 2004) و تضمین ایمنی محیط با استفاده از این روش‌هاست. یکی از روش‌های فیزیکی یاد شده که برای بهبود کیفیت مواد کشت شده مورد استفاده قرار می‌گیرد، پرتوتابی توسط نور لیزر است (Podlesny and Stochmal, 2004)، که

منظور استقرار بهتر گیاهچه‌ها، قطعه ابرهایی به قطر و ارتفاع ۳ سانتی‌متر آماده و با ایجاد شکافی در داخل آنها، گیاهچه‌ها در داخل ابرها قرار داده شدند. در ابتدا تشتک‌ها حاوی محلول یوشیدای یک چهارم بوده تا تنش ناگهانی مواد غذایی به گیاهچه‌ها وارد نشود. پنج روز بعد، محیط یوشیدا به یک دوم و در نهایت در روز دهم یوشیدای کامل در اختیار گیاه قرار گرفت (جدول ۲) (Yoshida *et al.*, 1976).

مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

بذور گیاه برنج (*Oryza sativa*) پس از قرار گرفتن در معرض لیزر، به منظور جوانه‌زنی درون پتری‌دیش قرار داده شدند؛ سپس در شرایطی که ریشه چه حدوداً دو سانتی‌متر بود گیاهچه‌ها به داخل تشتک‌های ۶ لیتری که بر روی آن یونولیت‌هایی فشرده به قطر ۳ سانتی‌متر دارای ۱۵ عدد حفره ۳ سانتی‌متری وجود داشت، انتقال داده شدند. به

جدول ۱. خصوصیات لیزر مورد استفاده

Table1. The characteristics of used laser	
Laser	Helium Neon Laser
لیزر	لیزر هلیوم نئون
Wavelength (nm)	632
طول موج (نانومتر)	
Power (mW)	3.30
توان (میلی‌وات)	
Time (min)	30.0
زمان (دقیقه)	

جدول ۲. نحوه تهیه محیط کشت یوشیدا بر اساس روش یوشیدا و همکاران (۱۹۸۱)

Table2. Preparation of Yoshida medium according to the Yoshida *et al.* (1981) method

Macro elements	gr/1 L	ml of stock/100 L solution
NH ₄ NO ₃	91.4	125 mL
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	35.6	125 mL
K ₂ SO ₄	71.4	125 mL
CaCl ₂ .2H ₂ O	117.35	125 mL
MgSO ₄ .7H ₂ O	324	125 mL
Micro elements	gr/1 L	ml of stock/100 L solution
MnCl ₂ .4H ₂ O	1.5	
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0.074	
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.035	
H ₃ BO ₃	0.934	125 mL
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.031	
FeCl ₃ .6H ₂ O	7.7	
C ₆ H ₅ O ₇ .H ₂ O	11.9	

تعویض شده و هر روز pH محلول اندازه‌گیری شد (pH=۵/۵). پس از ورود گیاه به مرحله ۴ برگگی اعمال تنش به صورت تدریجی جهت جلوگیری از تنش ناگهانی در گیاه

شرایط گلخانه با روشنایی ۱۶ ساعت و دمای ۲۸ درجه در روز و ۲۰ درجه در شب و همچنین رطوبت ۷۰ درصد مهیا شد. در تمام مدت رشد گیاه، محلول هر ۵ روز یکبار

و درصد نشت الکترولیت‌ها از غشای سلول در دو رقم برنج در سطوح مختلف تنش شوری تحت تیمارهای پرتودهی و عدم پرتودهی با لیزر به ترتیب در شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ ارائه شده است. اشتباه معیار برای هر میانگین در شکل‌ها مشخص شده است. یکی از صفات و خصوصیات مهم در شرایط تنش، رشد طولی گیاه یا سرعت افزایش ارتفاع آن بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در تمامی مراحل نمونه برداری پس از اعمال تیمار کلرید سدیم، اثرات اصلی لیزر، شوری و رقم بر ارتفاع گیاه در سطح ۱٪ معنی‌دار است. در ۱۶۸ ساعت پس از اعمال تیمار شوری، اثرات متقابل لیزر در رقم و رقم در شوری در سطح ۵٪ و در ۳۶۰ ساعت پس از اعمال تیمار شوری، اثر متقابل لیزر در رقم در سطح ۱٪ معنی‌دار است (نتایج ارائه نشده است). بین دو رقم در تمام مراحل نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری وجود داشت که این تفاوت بیانگر آن است که زمان نمونه‌برداری به تنهایی در ایجاد اختلاف مؤثر نبوده و این دو ژنوتیپ به‌طور ذاتی با هم تفاوت دارند. مقایسه میانگین صفت مورد بررسی در تمامی مراحل نمونه برداری نشان داد که با افزایش غلظت نمک در محلول غذایی، ارتفاع گیاه کاهش یافته و تغییرات آن در اثر تغییرات ناشی از تنش شوری معنی‌دار است. این کاهش، در رقم IR29 با شدت بیشتری صورت گرفته است (شکل ۱). میزان کاهش ارتفاع گیاه طی مراحل نمونه‌برداری از ۸ ساعت تا ۳۶۰ ساعت در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد در رقم FL478 به ترتیب ۶/۸، ۶/۷، ۹/۹، ۱۰/۱ و ۱۰/۹ درصد و در رقم IR29 این مقدار ۱۱/۴، ۱۶/۴، ۱۹/۹، ۱۷/۱ و ۲۲/۵ درصد بود. با بررسی نتایج می‌توان چنین استنتاج نمود که احتمالاً دلیل تفاوت در میان این دو رقم مرتبط با مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مسئول تحمل به شوری در این دسته از ژنوتیپ‌ها است که به نوبه خود به اثرات اسمزی نمک در محیط و اثر سمیت نمک در داخل گیاه بستگی دارد (Munns, 2008). چنین به نظر می‌رسد که با اعمال تیمار شوری احتمالاً مقدار آب جذب شده توسط گیاه کاهش یافته و موجب ممانعت از رشد طولی شده است. در واقع این کاهش برای رقم IR29 در سطوح ابتدایی تنش ۳۰ میلی‌مولار مشاهده شد و در ۹۰ میلی‌مولار از ۷۲ ساعت به بعد رشد طولی گیاه متوقف شد، اما در تیمار لیزر خورده این توقف رشد، دیرتر و حدوداً از ۱۶۸ ساعت به بعد رخ داده است. در شرایط نرمال و بدون تنش گیاه حساس

صورت پذیرفت و در نهایت نمونه‌گیری در ۵ مرحله طی زمان‌های ۸، ۲۴، ۷۲، ۱۶۸ و ۳۶۰ ساعت پس از اعمال تیمار، انجام شد. در نهایت صفاتی مانند ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، کلروفیل کل (SPAD) و درصد نشت الکترولیت‌ها از غشاء سلول اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت نسبی برگ‌ها (RWC) بر حسب درصد از طریق معادله ۱ محاسبه گردید (Moghanni et al., 2006):

$$RWC (\%) = [(F_w - D_w) / (T_w - D_w)] \times 100 \quad [1]$$

در این معادله، F_w وزن تازه، T_w وزن آماس و D_w وزن خشک دیسک‌های برگ بر حسب گرم می‌باشد.

درصد نشت الکترولیت‌ها از سلول (درصد خسارت به غشاء سلولی) نیز براساس معادله ۲ محاسبه گردید (Farooq and Azam, 2006):

$$[2] \quad \text{درصد نشت الکترولیت‌ها از غشاء سلول} = (EC_2 / EC_1) \times 100$$

در این روش به وسیله پنج دیسک‌های کوچکی از برگ با تعدادی مشخص (۱۰ قطعه) تهیه شد و در ۱۵ سی‌سی آب مقطر درون شیشه مکارتی قرار داده شد. ۲۴ ساعت بعد EC اندازه‌گیری شد. سپس شیشه‌های محتوی آب مقطر و برگ به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شد و پس از رسیدن به دمای ۲۵ درجه دوباره EC اندازه‌گیری شد. در اینجا EC_1 و EC_2 به ترتیب به قابلیت هدایت الکتریکی بعد و قبل از اتوکلاو اشاره دارند.

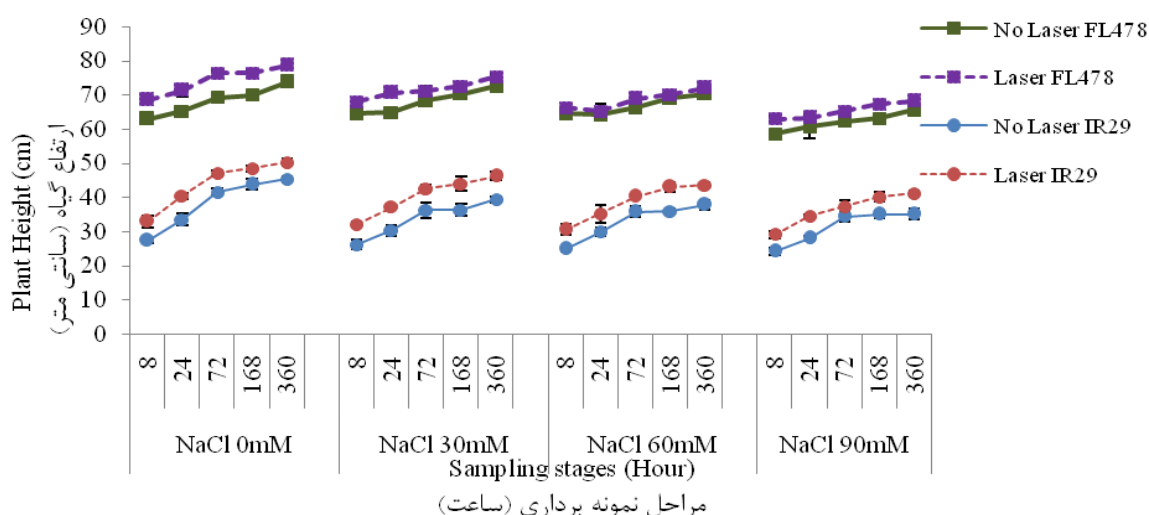
قرائت عدد SPAD (قرائت کلروفیل کل) از روش غیر تخریبی با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج SPAD-502 (مدل Minolta, Japan) صورت گرفت (Mujdeci et al., 2011). تجزیه داده‌های حاصل از آزمایش پس از آزمون یکنواختی واریانس‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (9.1) انجام شد و میانگین تیمارها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

روند تغییرات صفات ارتفاع گیاه، طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، قرائت عدد SPAD (قرائت کلروفیل کل)

گزارش شده است (Nasir Khan *et al.*, 2007). کاهش ارتفاع گیاه و کل ماده خشک به دلیل رشد و نمو کندتر گیاه، ناشی از تنش اسمزی ایجاد شده توسط شوری است و یا ممکن است به دلیل بازدارندگی فتوسنتز از طریق اثرات مستقیم تنش شوری بر روی سیستم فتوسنتزی گیاه برنج باشد (Moradi, 2002). در تحقیق دروزد و همکاران (Drozd *et al.*, 1999)، بعد از کاربرد لیزر بر بذور گندم بهاره، افزایش معنی‌داری در صفات مورفولوژیکی مورد بررسی (طول گیاه، تعداد پنجه‌ها، طول سنبله، تراکم سنبله، تعداد سنبله‌ها در هر خوشه، عملکرد گیاه و عملکرد خوشه شامل تعداد دانه و وزن هزار دانه) دیده شد.

(IR29) دارای ارتفاع کمتری نسبت به گیاه متحمل (FL478) بود. با توجه به شکل ۱، در هر دو رقم برنج مورد مطالعه، پرتوتابی با لیزر در تمامی سطوح منجر به افزایش ارتفاع گیاه در مقایسه با تیمار عدم پرتوتابی گردیده است (جدول ۳). تأثیر مثبت لیزر بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، طول خوشه، تعداد و اندازه سطح برگ‌های گیاه، توسط بسیاری از محققین تأیید شده است. برای مثال بذور ذرت پس از پرتوتابی با لیزر هلیوم-نئون، دارای ساقه‌هایی به طول ۱/۵ برابر ساقه‌های بذور شاهد شدند (Drozd, 1994). اعمال تنش‌های محیطی موجب کاهش معنی‌داری در ارتفاع گیاه برنج گردید (Trillana *et al.*, 2001). کاهش ارتفاع گیاه با افزایش تنش شوری در گیاهان زراعی مختلف دیگر نیز



شکل ۱. تغییرات ارتفاع گیاه برنج در واکنش به سطوح مختلف شوری، ارقام و لیزرها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری
 Fig1. Plant height changes at different salinities, laser levels and cultivars during sampling stages

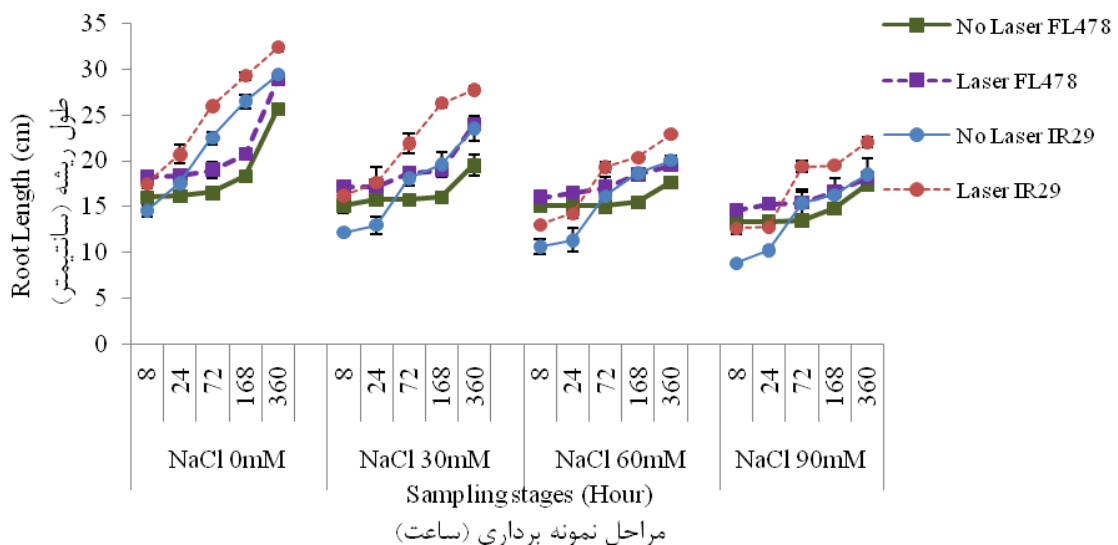
جدول ۳. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر بر ارتفاع گیاه برنج
 Table 3. Mean comparisons of effect of laser irradiation on plant height of rice

Laser Treatment	تیمار لیزر	زمان اندازه‌گیری (ساعت)				
		Measuring times (hour)				
		8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیوم-نئون	48.82a	52.20a	56.10a	57.74a	59.42a
No Laser	عدم کاربرد لیزر	44.13b	47.08b	51.77b	52.93b	54.97b

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.
 Means with the same letter are not significantly different

رقم IR29 دارای طول ریشه بلندتری نسبت به رقم FL478 در کلیه تیمارهای مورد بررسی بود. همچنین کاهش طول ریشه با افزایش سطوح تیمار شوری در هر دو رقم به وضوح مشاهده شد. اما با افزایش سطوح شوری کاهش طول ریشه در رقم IR29 با شدت بسیار بیشتری صورت گرفت. این کاهش طی مراحل نمونه برداری از ۸ ساعت تا ۳۶۰ ساعت در تیمار شوری ۹۰ میلی مولار نسبت به شاهد در رقم FL478 به ترتیب ۱۷/۰۳، ۱۷/۳۵، ۱۸/۱۸، ۱۹/۵۳ و ۳۲/۴۶ درصد بود اما در رقم IR29 این اعداد ۲۲/۳۹، ۴۱/۴۲، ۳۱/۷۷، ۳۸/۵۶ و ۳۶/۹۲ درصد بودند. نتایج بدست آمده با گزارش‌های (Wilkinson et al., 1984) مطابقت دارد. آنها اعلام کردند که ژنوتیپ‌های متحمل، یون‌های سمی بویژه یون Na را در ریشه ذخیره می‌نمایند و به طور نسبی از انتقال آن به ساقه جلوگیری به عمل می‌آورند، ولی در ژنوتیپ حساس موضوع کاملاً برعکس است. افزایش شوری، کاهش رشد ریشه را نسبت به اندام هوایی کمتر تحریک نموده و این مسأله ممکن است بیانگر توانایی بیشتر ریشه‌ها برای تنظیم اسمزی و محافظت مناسب‌تر در برابر تنش اکسیداتیوی تحت شرایط شوری می‌باشد (Carlos et al., 2008).

نتایج تجزیه واریانس طول ریشه نشان داد که در تمام مراحل نمونه‌برداری اثرات اصلی لیزر، شوری و رقم در سطح ۱٪ معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل لیزر در رقم فقط در ۸ ساعت و رقم در شوری در ۸، ۲۴، ۷۲ و ۱۶۸ ساعت در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (نتایج ارائه نشده است). مقایسه میانگین نشان داد که در تمامی مراحل نمونه‌برداری، طول ریشه با افزایش تنش شوری کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. در هر دو رقم برنج مورد مطالعه، به نظر می‌رسد پرتوتابی با لیزر در تمامی سطوح شوری منجر به افزایش طول ریشه در مقایسه با تیمار عدم پرتوتابی گردیده است (جدول ۴، شکل ۲). لیزر باعث بهبود رشد و نمو سیستم ریشه‌ای گیاه می‌شود (Inyushin and Chernova, 1989). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل لیزر در رقم در ۸ ساعت اولیه نشان داد که هر دو رقم پرتوتابی شده به ترتیب با ۱۶/۵۲ و ۱۴/۸۶ سانتی‌متر طول ریشه نسبت به تیمار عدم پرتوتابی برتری داشتند و این برتری در رقم IR29 با وضوح بیشتری نمایان بود. بدین صورت که در رقم FL478 تیمار پرتوتابی شده با ۹/۹۸ درصد افزایش و رقم IR29 پرتوتابی شده با ۲۲/۴۰ درصد افزایش نسبت به تیمار عدم پرتوتابی دیده شدند.



شکل ۲. تغییرات طول ریشه به سطوح مختلف شوری، ارقام و لیزرها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری

Fig. 2. Root length changes at different salinity, laser levels and cultivars during sampling stages

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر بر طول ریشه

Table 4. Mean comparisons of effect of laser irradiation on root length in rice

Laser Treatment	تیمار لیزر	زمان اندازه‌گیری (ساعت)				
		Measuring times (hour)				
		8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیم-نئون	15.69a	16.58a	19.58a	21.28a	24.43a
No Laser	عدم کاربرد لیزر	13.20b	14.03b	16.58b	18.18b	21.42b

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Means with the same letter are not significantly different.

۲۸/۱، ۱۱/۷ و ۴/۶ درصد افزایش حجم ریشه را نشان دادند. نتایج بدست آمده با گزارشات اینیوشین و چرنووا (Inyushin and Chernova, 1989) مطابقت داشت. آنها اعلام کردند که پس از پرتوتابی با لیزر هلیم-نئون، در سیستم ریشه‌های طول ریشه مرکزی ۳۲ درصد کاهش یافت و گسترش ریشه‌های جانبی در سطح لایه مغذی خاک افزایش معنی‌داری داشت. این امر یکی از دلایل افزایش بیومس گیاه تحت تابش لیزر می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که با گذشت زمان شیب افزایش حجم ریشه در هر دو رقم افزایش یافته، اما در رقم IR29 در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار از ۱۶۸ ساعت تا ۳۶۰ ساعت حجم ریشه ثابت بود در حالی که در رقم مقاوم FL478 روند افزایشی همچنان دیده می‌شود. به نظر می‌رسد اگر گیاه بتواند در اعماق کم ریشه خود را زیاد کند، همان طور که به دلیل هیدروپونیک بودن شرایط کشت، این افزایش مشاهده شد، می‌تواند آب و مواد غذایی زیادتری جذب کند. پس هرچه حجم ریشه زیادتر شود می‌توان نتیجه گرفت برتری گیاه و سازگاری آن با شرایط نامطلوب محیطی افزایش می‌یابد.

نتایج تجزیه واریانس حجم ریشه نشان داد که در تمام مراحل نمونه‌برداری اثرات اصلی لیزر، شوری و رقم و اثر متقابل لیزر در شوری، در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل لیزر در رقم در ۲۴ و ۷۲ ساعت در سطح ۱٪ و در ۸، ۱۶۸ و ۳۶۰ ساعت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم در شوری نیز در ۸، ۲۴ و ۳۶۰ ساعت در سطح ۱٪ و در ۷۲ و ۱۶۸ ساعت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). مشاهده روند تغییرات حجم ریشه نشان داد که در هر دو رقم با افزایش غلظت نمک در محلول غذایی، حجم ریشه کاهش معنی‌داری پیدا کرده که این کاهش در رقم IR29 با شدت بیشتری صورت گرفته است (شکل ۳). به نظر می‌رسد پرتوتابی با لیزر نیز منجر به افزایش حجم ریشه در هر دو رقم، خصوصاً در رقم FL478 و سطوح کنترل و شوری ۳۰ گردیده است (جدول ۵ و جدول ۶). برای مثال در رقم FL478 طی مرحله نمونه-برداری در ۳۶۰ ساعت پس از اعمال تیمار شوری در سطوح کنترل، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار، تیمار پرتودهی با لیزر ۳۰/۲، ۲۸/۴، ۱۲/۷ و ۷/۸ درصد و رقم IR29 ۳۱/۱۸،

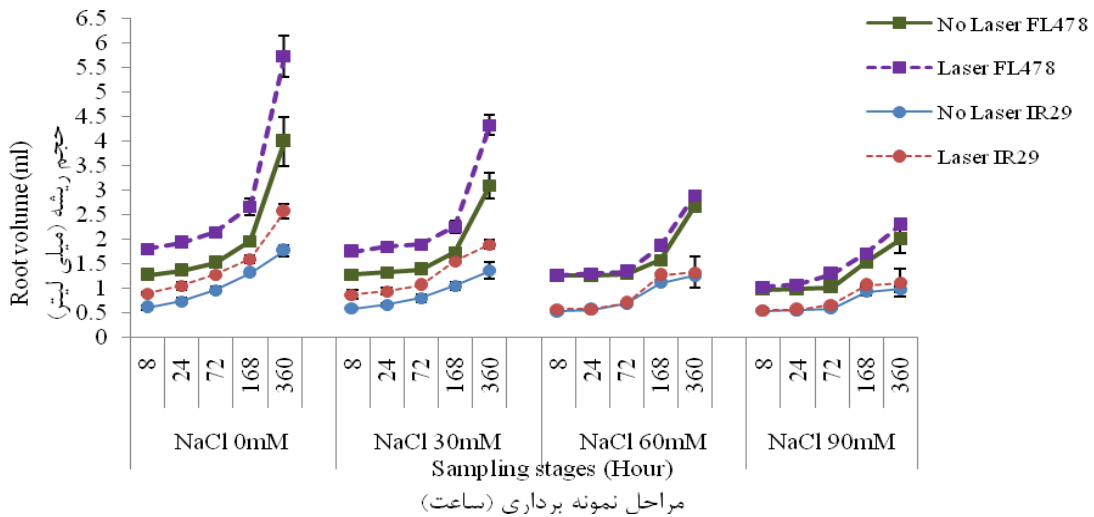
جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر و رقم بر حجم ریشه (میلی‌لیتر)

Table 5. Mean comparisons of effect of laser irradiation and cultivar on root volume (ml)

Laser Treatment	رقم تیمار لیزر	رقم Cultivar	زمان اندازه‌گیری (ساعت)				
			Measuring times (hour)				
			8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیم-نئون	FL478	1.46a	1.54a	1.66a	2.12a	3.81a
No Laser	عدم کاربرد لیزر	FL478	1.19b	1.23b	1.30b	1.70b	2.94b
He-Ne Laser	لیزر هلیم-نئون	IR29	0.72c	0.78c	0.93c	1.37c	1.72c
No Laser	عدم کاربرد لیزر	IR29	0.56d	0.63d	0.75d	1.10d	1.34d

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Means with the same letter are not significantly different.

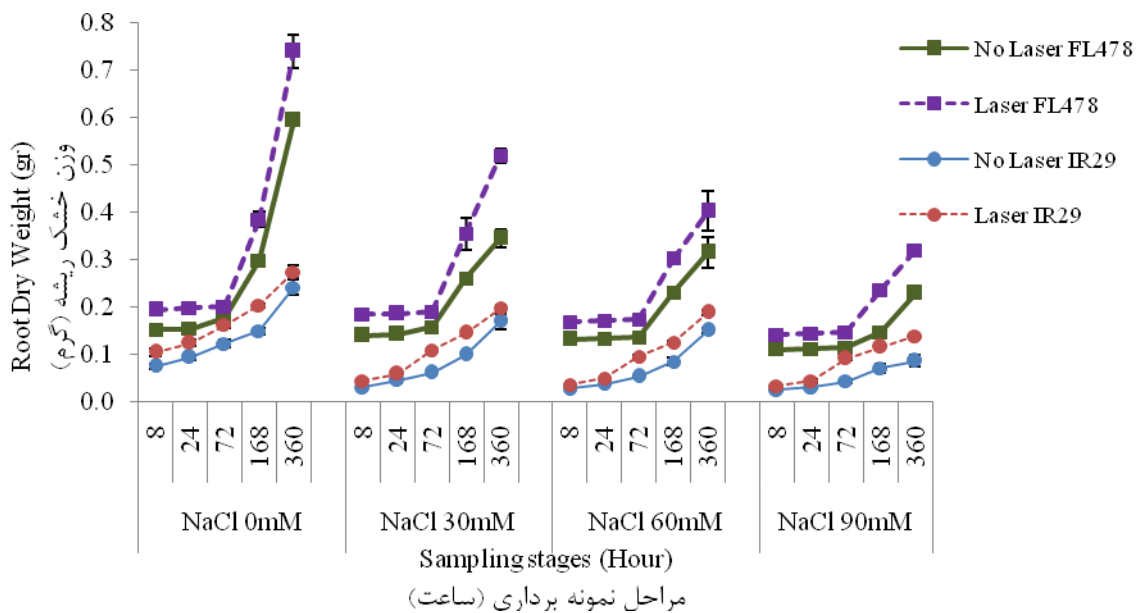


شکل ۳. تغییرات حجم ریشه به سطوح مختلف شوری، ارقام و لیزرها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری

Fig. 3. Root volume changes at different salinity, laser levels and cultivars during sampling stages

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ریشه نیز نشان داد که در تمامی مراحل نمونه‌برداری اثرات اصلی لیزر، شوری و رقم و همچنین اثرات متقابل لیزر در رقم و رقم در شوری بر صفت مورد نظر در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. از طرفی اثر متقابل لیزر در شوری نیز در ۳۶۰ ساعت پس از اعمال تیمار شوری در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). مشاهده روند تغییرات وزن خشک ریشه در (شکل ۴) نشان داد که در هر دو رقم، گذشت زمان افزایش وزن را در پی داشته که شیب و سرعت این افزایش در رقم FL478 بیشتر از رقم IR29 بوده است.

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ریشه نیز نشان داد که در تمامی مراحل نمونه‌برداری اثرات اصلی لیزر، شوری و رقم و همچنین اثرات متقابل لیزر در رقم و رقم در شوری بر صفت مورد نظر در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. از طرفی اثر متقابل لیزر در شوری نیز در ۳۶۰ ساعت پس از اعمال تیمار شوری در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). مشاهده روند تغییرات وزن خشک ریشه در (شکل ۴) نشان داد که در هر دو رقم، گذشت زمان افزایش وزن را در پی داشته که شیب و سرعت این افزایش در رقم FL478 بیشتر از رقم IR29 بوده است.



شکل ۴- تغییرات وزن خشک به سطوح مختلف شوری، ارقام و لیزرها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری

Fig. 4. Root dry weight changes at different salinity, laser levels and cultivars during sampling stages

جدول ۶. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر و شوری بر حجم ریشه

Table 6. Mean comparisons of effect of laser irradiation and salinity on root volume in rice

Laser Treatment	تیمار لیزر	شوری (میلی مولار) Salinity (mM)	زمان اندازه‌گیری (ساعت) Measuring times (hour)				
			8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیوم-نئون	0	1.35a	1.49a	1.71a	2.13a	4.14a
		30	1.30a	1.39b	1.48b	1.90b	3.11b
		60	0.92b	0.94d	1.02de	1.56c	2.10cd
		90	0.79c	0.82ef	0.97e	1.38d	1.70de
No Laser	عدم کاربرد لیزر	0	0.94b	1.04c	1.24c	1.64c	2.88b
		30	0.93b	0.99cd	1.09d	1.39d	2.23c
		60	0.89b	0.91de	0.98e	1.34de	1.96cde
		90	0.75c	0.77f	0.80f	1.22e	1.49e

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Means with the same letter are not significantly different.

نسبت به شاهد، کاهش ۶۱/۴۴ درصد و در رقم IR29 کاهش ۶۴/۰۴ درصد وزن خشک ریشه را شاهد بودیم، در صورتی که همین اعداد در شرایط پرتودهی لیزر در رقم FL478 به ۵۶/۶۹ درصد و در رقم IR29 به ۴۹/۰۹ درصد رسید. با توجه به نتایج بالا به نظر می‌رسد ریشه رقم IR29 در مقایسه با FL478 از نظر صفت مورد مطالعه حساسیت بیشتری نسبت به NaCl داشته باشد. نتایج فوق با تحقیقات استفن و همکاران (Stephen *et al.*, 2002) هماهنگ بود. آنها علت کاهش وزن خشک گیاهچه برنج را در شرایط شوری، به کاهش شدید جذب توسط ریشه گیاه مربوط دانسته‌اند که از طریق کاهش پتانسیل آب در اطراف ریشه توسط غلظت ناشی از نمک NaCl ایجاد می‌گردد. بررسی‌ها نشان داد که معمولاً تنش شوری منجر به کاهش وزن خشک و تر ریشه و اندام هوایی و کاهش تعداد برگ در گیاه برنج می‌گردد (Bunyamin *et al.*, 2008). همچنین در طی رشد رویشی ارقام برنج، وزن خشک ریشه و طول شدن ریشه همگی تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفته و شوری همبستگی منفی با رشد ریشه دارد. زیرا رشد ریشه را از طریق کاهش فشار ترگر در توسعه بافت-های ناشی از پتانسیل آب پایین در محیط ریشه کاهش داده و با کاهش آب در گیاه برنج وزن خشک ریشه کاهش خواهد یافت. (Alam *et al.*, 2004).

پرتودهی با لیزر همچنین سبب افزایش وزن خشک ریشه و خصوصاً برتری آن در رقم FL478 شد (جدول ۷)، به صورتی که طی مراحل نمونه‌برداری از ۸ ساعت تا ۳۶۰ ساعت در رقم FL478، میزان افزایش وزن خشک ریشه در تیمار عدم پرتوتابی با لیزر در سطوح شاهد و شوری ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار به ترتیب ۷۴/۲۴، ۵۹/۲۴، ۵۷/۹۱ و ۵۱/۵۲ درصد بود و این میزان در تیمار پرتوتابی شده با لیزر و سطوح شوری ذکر شده، ۷۸/۰۶، ۶۴/۲۳، ۵۷/۸۱ و ۵۲/۹۸ درصد بود، در صورتی که این اعداد در رقم IR29 ۶۸/۵۹، ۸۱/۷۶، ۸۰/۷۹ و ۷۰/۱۱ درصد بود و در تیمار پرتودهی با لیزر این اعداد به ۶۱/۴۵، ۷۷/۲۷، ۸۰/۴۲ و ۷۵/۷۱ درصد رسید. افزایش وزن خشک ریشه در این ژنوتیپ احتمالاً نشان‌دهنده افزایش رشد و توسعه ریشه در شرایط تنش می‌باشد که به دلیل جذب آب بیشتر بوده است و در واقع نسبت ریشه به اندام هوایی در گیاه می‌تواند بدین طریق افزایش یابد. مقایسه میانگین صفت مورد نظر در تمامی مراحل نمونه‌برداری نشان از کاهش وزن خشک ریشه و تغییرات معنی‌دار آن در تنش‌های شوری متفاوت داشت که شدت این کاهش در رقم IR29 با وضوح بیشتری نمایان بود و در هر دو رقم در تیمار پرتودهی شده با لیزر تأثیر منفی شوری بر کاهش وزن خشک ریشه به مراتب پایین‌تر از تیمار عدم لیزر بود. در آخرین مرحله نمونه‌برداری رقم FL478 در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار

جدول ۷. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر و رقم بر وزن خشک ریشه (گرم)

Table 6. Mean comparisons of effect of laser irradiation and cultivar on root dry weight (g) in rice

Laser Treatment	تیمار لیزر	رقم Cultivar	Measuring times (hour)				
			8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیوم-نئون	FL478	0.17a	0.17a	0.17a	0.31a	0.49a
No Laser	عدم کاربرد لیزر	FL478	0.13b	0.13b	0.14b	0.23b	0.37b
He-Ne Laser	لیزر هلیوم-نئون	IR29	0.05c	0.07c	0.11c	0.14c	0.20c
No Laser	عدم کاربرد لیزر	IR29	0.04d	0.05d	0.07d	0.10d	0.16d

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Means with the same letter are not significantly different.

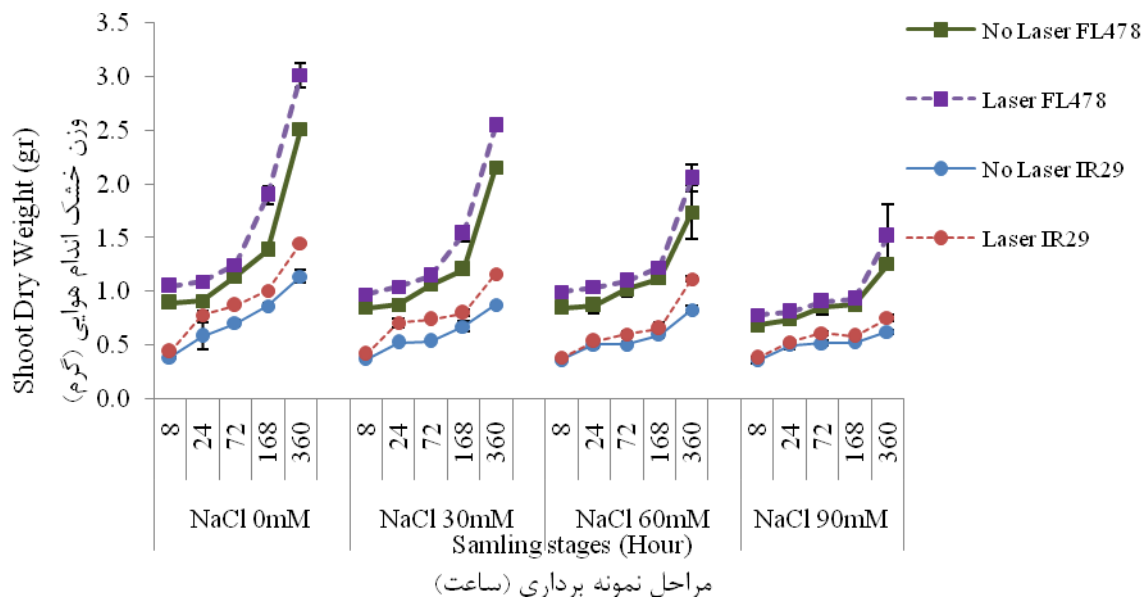
مولار و هفتمین روز پس از اعمال تنش بودیم. با افزایش تنش شوری، کاهش پتانسیل اسمزی و در نتیجه کاهش طول ساقه در مرحله گیاهچه‌ای، منجر به کاهش وزن خشک اندام هوایی می‌گردد (NSW, 2000). همچنین نظر برخی از محققین حاکی از آن است که تجمع ماده خشک، حاصل میزان فتوسنتز در واحد سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌باشد و تنش شوری با تأثیر بر این پارامتر به طور مستقیم باعث کاهش ماده خشک می‌شود که گونه‌های متحمل توانایی حفظ بالای این پارامتر را دارا می‌باشند (Croser *et al.*, 2001; Pichoni *et al.*, 2001). از طرفی کاهش در مقدار وزن خشک ممکن است به دلیل اثرات ثانویه تنش شوری (اثر سمیت) باشد، زیرا کاهش در میزان رشد به علت اثرات ثانویه نمک است، نه اثر اسمزی آن (Munns, 2005). نتایج این بررسی بیانگر برتری پرتوتابی با لیزر در سطوح مختلف تنش شوری در صفت ذکر شده در مقایسه با عدم پرتوتابی بود (جدول ۸). از طرفی نتایج این بررسی نشان می‌دهد که افزایش وزن خشک اندام هوایی در سطوح کنترل، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی-مولار طی فواصل زمانی ۸ ساعت تا ۳۶۰ ساعت در تیمار عدم پرتوتابی با لیزر و رقم FL478 به ترتیب به میزان ۶۴/۴۷، ۶۰/۵۵، ۵۱/۳۸ و ۴۵/۳۸ درصد بوده، در حالی که در تیمار پرتوتابی با لیزر این اعداد به ۶۵/۱۸، ۶۱/۸۶، ۵۱/۶۵ و ۴۸/۲۸ درصد افزایش یافت. همچنین این افزایش وزن خشک در سطوح شوری یاد شده و در فواصل زمانی مقرر در تیمار عدم پرتوتابی با لیزر در رقم IR29 ۶۶/۲۲، ۵۸/۱۰، ۵۶/۲۸ و ۴۲/۳۰ درصد بوده و در تیمار لیزر خورده به ترتیب این اعداد به ۶۹/۶۲، ۶۴/۰۶، ۶۵/۶۸ و ۴۹/۲۰ درصد افزایش یافت که به نظر می‌رسد نشان از

نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوایی نشان داد که در تمامی مراحل نمونه‌برداری اثرات اصلی لیزر، شوری و رقم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل شوری در رقم در ۸، ۷۲، ۱۶۸ و ۳۶۰ ساعت در سطح ۱٪ و اثر متقابل شوری در لیزر در ۱۶۸ ساعت در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل لیزر در رقم در ۲۴ و ۱۶۸ ساعت در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل لیزر در شوری در رقم نیز در ۱۶۸ ساعت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). مشاهده روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی (شکل ۵) نشان داد که در هر دو رقم، پرتوتابی با لیزر منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با تیمار عدم پرتوتابی گردید. در گیاه ذرت نیز پرتوتابی لیزر باعث افزایش سطح برگ از 158 dm^2 در شرایط شاهد به 190 dm^2 در گیاهان تحت تابش و افزایش ۱۰ درصدی محتوای ماده خشک گیاه شده است (Lipski, 2001). رقم FL478 وزن خشک اندام هوایی بیشتری نسبت به رقم IR29 در کلیه تیمارهای مورد بررسی داشت (شکل ۵). همچنین به وضوح شاهد کاهش وزن خشک با افزایش سطوح تیمار شوری در هر دو رقم بودیم که این میزان کاهش در رقم IR29 با شدت بیشتری صورت گرفت. به طور مثال در رقم FL478 میزان کاهش وزن خشک در هفتمین روز از نمونه برداری در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۳۶/۷۷ درصد، و در رقم IR29 به میزان ۳۹/۴۴ درصد کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که پس از اعمال سطوح مختلف تنش با گذشت زمان شیب افزایش وزن خشک در هر دو رقم کاهش یافت که در رقم IR29 شیب تند کاهش از سطح شوری ۳۰ میلی‌مولار و ۲۴ ساعت پس از اعمال تنش شروع شد، در حالی که در رقم FL478 شاهد کاهش شدت از سطح شوری ۶۰ میلی-

(جدول ۹). نتایج بدست آمده با تحقیقات ریبنسکی و گارکینسکی (Rybinski and Garczynski, 2004) بر تأثیر لیزر هلیوم-نئون تحت طول موج ۶۳۲ نانومتر بر جو بهاره مطابقت داشت. آنها بیان داشتند که در مقایسه با گیاهان شاهد، لیزر باعث کاهش مقدار تعرق و افزایش ضریب راندمان استفاده از آب می‌شود. همچنین ریبنسکی و همکاران (Rybinski et al., 2001) در مورد جو بیان داشتند که پرتوتابی تحت کوتاه‌ترین مدت تابش (۳۰ دقیقه) بیشترین تأثیر تحریک زیستی را بر گیاه جو بهاره داشته است. نتایج حاصله همچنین هم‌راستا با نتایج بدست آمده توسط گوناسکرا و همکاران (Gunasekera et al., 2004) می‌باشد.

برتری لیزر در تمام سطوح شوری در مقایسه با تیمار عدم پرتوتابی داشت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس محتوای نسبی آب برگ نشان داد که در تمامی مراحل نمونه‌برداری اثرات اصلی لیزر و شوری در سطح ۱٪ و در ۱۶۸ ساعت اثر اصلی رقم در سطح ۱٪ و در ۳۶۰ ساعت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم در شوری در ۱۶۸ ساعت در سطح ۱٪ و اثر متقابل لیزر در شوری در ۸ ساعت در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). بر این اساس روند تغییرات رطوبت نسبی برگ (شکل ۶) نشان داد که در هر دو رقم برنج مورد بررسی، پرتودهی با لیزر سبب افزایش میزان رطوبت نسبی برگ در مقایسه با تیمار عدم پرتوتابی گردید



شکل ۵. تغییرات وزن خشک اندام هوایی به سطوح مختلف شوری، ارقام و لیزرها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری

Fig. 5. Shoot dry weight changes at different salinity, laser levels and cultivars during sampling stages

جدول ۸. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر بر وزن خشک اندام هوایی (گرم)

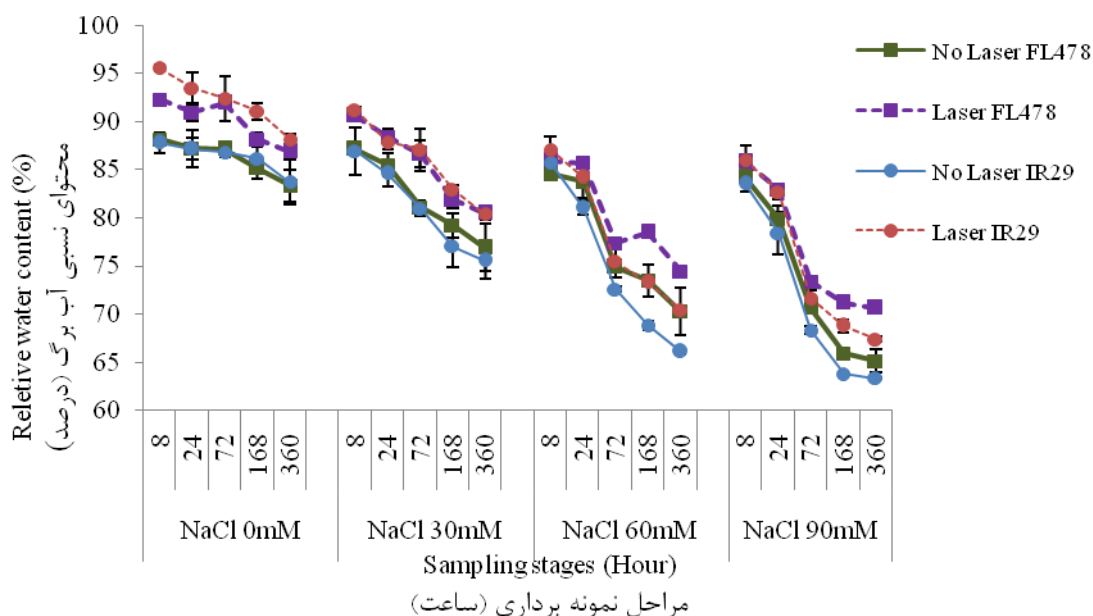
Table 8. Mean comparisons of effect of laser irradiation on shoot dry weight (g) in rice		زمان اندازه‌گیری (ساعت)				
Laser Treatment	تیمار لیزر	Measuring times (hour)				
		8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیوم-نئون	0.67a	0.81a	0.90a	1.07a	1.70a
No Laser	عدم کاربرد لیزر	0.59b	0.68b	0.79b	0.90b	1.39b

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Means with the same letter are not significantly different

تیمار عدم پرتوتابی این کاهش را به ۲۱/۸ درصد رسانید. در بین پارامترهایی مثل محتوای آب نسبی گیاه، پتانسیل آب گیاه و پتانسیل تورژسانس گیاه، میزان آب نسبی گیاه بهترین معیار اندازه‌گیری وضعیت آبی گیاه معرفی شده است و نتایج آزمایشات متعددی که انجام گرفته است همواره حاکی از آن بوده که با افزایش تنش RWC کاهش یافته است. بیان شده است که انسداد روزنه‌ها می‌تواند سبب کاهش RWC از ۱۰۰ به ۷۰ تا ۷۵ درصد شود (Chaves *et al.*, 2002). نتایج حاصل در رابطه با کاهش محتوای آب نسبی در اثر افزایش تنش شوری با گزارشات برخی محققین (برای مثال، Nasir Khan *et al.*, 2007; Diego *et al.*, 2004) مطابقت دارد که اعلام کردند با کاهش آب درون سلول‌های گیاهان کلزا و برنج، عمل تقسیمات سلولی متوقف شده و در پی آن منجر به کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی می‌گردد. علت کاهش مقدار آب نسبی، کاهش جذب آب یا محدودیت در توانایی جذب آن به علت وجود شوری در محیط است که باعث به هم خوردن تعادل بین دو فرایند جذب آب و تفرق می‌شود و در نتیجه جذب آب گیاه کاهش می‌یابد.

در میان دو رقم برنج مورد مطالعه، رقم FL478 میزان رطوبت نسبی آب برگ بیشتری نسبت به رقم IR29 در کلیه تیمارهای مورد بررسی داشت. همچنین اعمال تنش شوری در سطوح مختلف موجب کاهش چشمگیر میزان رطوبت نسبی برگ در مقایسه با تیمار شاهد شد، به طوری که در رقم FL478 میزان رطوبت نسبی برگ از ۸۳/۳۶ درصد در ۱۵ روز پس از اولین نمونه برداری در تیمار شاهد به ۷۶/۹، ۷۰/۲۶ و ۶۵/۱۳ درصد به ترتیب در تیمارهای تنش شوری ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش تعداد روز پس از اعمال تنش میزان رطوبت نسبی برگ با شیب شدیدی در تیمارهای تنش شوری کاهش یافته است (شکل ۶). پرتوتابی با لیزر در سطوح مختلف شوری سبب کاهش اثرات منفی تنش بر میزان محتوای نسبی آب برگ شد و بدین روی در تیمارهای تنش شوری ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار، میزان رطوبت نسبی آب برگ در تیمار پرتوتابی با لیزر به مراتب بالاتر از عدم پرتوتابی بود، به طوری که پرتوتابی با لیزر در رقم FL478 در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار سبب کاهش ۱۸ درصدی میزان محتوای نسبی آب برگ در ۱۵ روز پس از اعمال تنش شد و در مقایسه با آن



شکل ۶. تغییرات محتوای نسبی آب برگ در پاسخ به سطوح مختلف شوری، ارقام و لیزرها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری

Fig. 6. Relative water content changes at different salinities, laser levels and cultivars during sampling stages

جدول ۹. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر بر محتوای نسبی آب برگ (درصد)

Table 9. Mean comparisons of effect of laser irradiation on relative water content (%) in rice

Laser Treatment	تیمار لیزر	زمان اندازه‌گیری (ساعت)				
		Measuring times (hour)				
		8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیم-نئون	89.32a	87.05a	81.99a	79.48a	77.35a
No Laser	عدم کاربرد لیزر	86.02b	83.44b	77.81b	74.95b	73.04b

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی داری با هم ندارند.

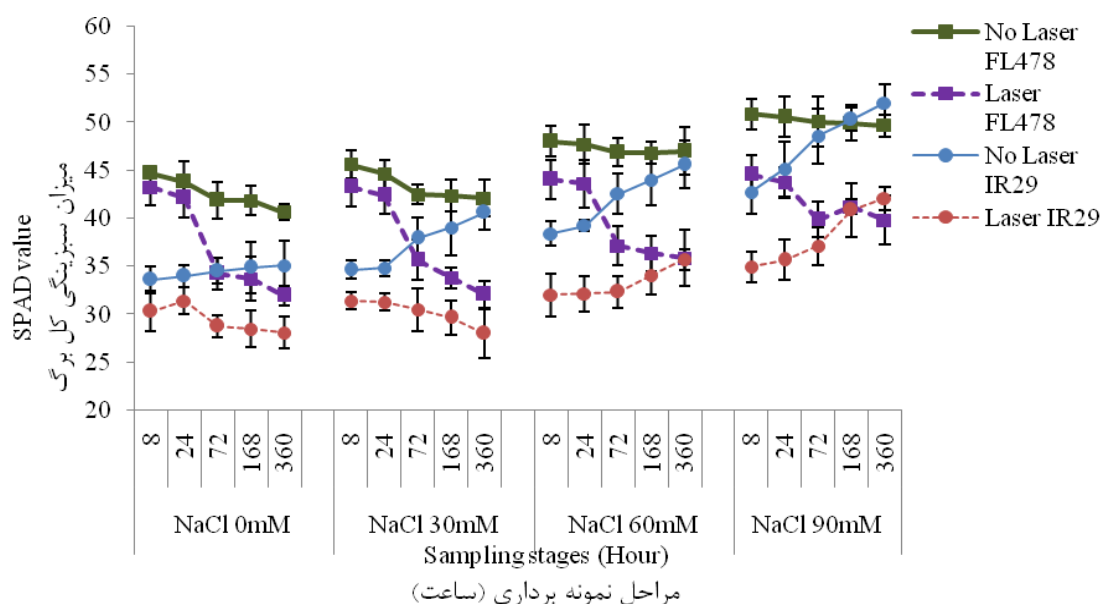
Means with the same letter are not significantly different.

مشاهده روند تغییرات SPAD طی مراحل نمونه‌برداری (شکل ۷) نشان می‌دهد که دو رقم مورد بررسی از لحاظ عکس‌العمل به شوری از نظر صفت SPAD تفاوت معنی‌داری با هم دارند. در رقم IR29 در سطوح شوری به ترتیب ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار شاهد افزایش عدد SPAD در مراحل نمونه‌برداری بودیم که این افزایش در سطح شوری ۳۰ میلی‌مولار از ۲۴ ساعت به بعد آغاز شد. میزان این افزایش در سطوح کنترل، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار طی مراحل نمونه‌برداری از ۸ ساعت تا ۳۶۰ ساعت، به ترتیب ۴/۱۳، ۱۴/۷۰، ۱۵/۷۸ و ۱۷/۸۸ درصد بود. اما در رقم FL478 عدد SPAD طی مراحل نمونه‌برداری مقداری کاهش از خود نشان داد. گذشت زمان و افزایش سطح برگ در رقم FL478 باعث شده که کلرفیل در واحد سطح کمتر شود. البته شدت کاهش در سطح شوری ۳۰ میلی‌مولار بیشتر به نظر می‌رسد و شیب کاهش آن در شوری‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار کمتر است. این احتمالاً به این دلیل است که شوری‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار تأثیر بیشتری روی رقم FL478 گذاشته و افزایش سطح برگ آنچنان نتوانسته نسبت به تأثیری که شوری روی چروکیدگی برگ می‌گذارد تأثیری بگذارد، اما باز هم مقداری کاهش دیده شده است و میزان این کاهش در سطوح کنترل، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار طی مراحل نمونه‌برداری، به ترتیب ۹/۹۴، ۸/۳۶، ۲/۲۱ و ۲/۳ درصد بود. طی پرتودهی با لیزر در رقم IR29 در شوری ۳۰ میلی‌مولار تا ۱۶۸ ساعت کاهشی در SPAD مشاهده شد که این نشان از مقاومت گیاه تا آن زمان نسبت به شوری داشته و از ۱۶۸ ساعت به بعد مانند تیمار عدم پرتودهی، افزایش عدد SPAD مشاهده شد، اما باز هم مقدار آن از تیمار عدم پرتودهی کمتر بود. در تیمار ۶۰ میلی‌مولار از ۷۲ ساعت و در ۹۰ میلی‌مولار از همان مرحله ابتدای نمونه‌برداری این افزایش مشخص بود. در رقم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس میزان قرائت SPAD نشان داد که در تمامی مراحل اثرات اصلی لیزر و شوری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر اصلی رقم نیز در مراحل ۸، ۲۴، ۷۲، و ۱۶۸ ساعت معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). مقایسه میانگین‌های صفت مورد بررسی در تمامی مراحل نشان داد که میزان قرائت SPAD با افزایش غلظت نمک در محلول غذایی دچار تغییرات محسوسی شد. همچنین تأثیر تنش بر میزان نسبت کلروفیل در واحد سطح در دو رقم برنج و تیمارهای لیزر متفاوت بود (جدول ۱۰). طی بررسی‌های ظاهری که در گلخانه صورت گرفت مشاهده شده بود که رقم IR29 در پاسخ به شوری از ناحیه برگ‌ها، به خصوص برگ‌های بالایی دچار چروکیدگی و کاهش سطح برگ شد. به نظر می‌رسد این کاهش سطح برگ در رقم IR29 میزان قرائت SPAD را افزایش داد. به همین دلیل شاهد افزایش عدد SPAD در رقم IR29 در تیمارهای مختلف شوری از همان مراحل ابتدایی اندازه‌گیری بودیم، که این افزایش احتمالاً می‌تواند به این دلیل باشد که در شرایط تنش با کاهش آب درون سلول و کاهش فشار تورگر میزان سطح برگ کاهش یافته و نسبت کلرفیل در واحد سطح برگ افزایش می‌یابد. میزان این افزایش در مرحله نمونه‌برداری ۳۶۰ ساعت در سطوح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم نسبت به شاهد ۱۳/۶۶، ۲۳/۱۳ و ۳۲/۵۸ درصد بود. همچنین در رقم FL478 این اعداد برابر با ۳/۵۹، ۱۵/۶۲ و ۲۲/۲۶ درصد بودند. ملاحظه می‌شود که درصد افزایش SPAD در رقم FL478 نسبت به رقم IR29 کمتر بود و نشان دهنده این است که احتمالاً در واریته متحمل کاهش سطح برگ کمتر رخ داده است. این نتایج با نتایج دلخوش و همکاران (Delkhosh *et al.*, 2006) منطبق است.

محرك زیستی لیزر باعث افزایش سطح برگ نیز می‌شود. همچنین نتیجه به دست آمده از لیزر هلیوم-نئون تحت طول موج ۶۳۲ نانومتر بر جو بهاره نشان دهنده این مطلب است که افزایش تحریک زیستی لیزر بر گیاه باعث کاهش نرخ تعرق از سطح برگ و افزایش در سطح برگ می‌شوند که این مسئله در بالاترین برگ، بیشتر دیده می‌شود (Rybinski and Garczynski, 2004).

FL478 کاهشی، البته با شیب بیشتری نسبت به تیمار عدم پرتودهی، مشاهده شد. احتمالاً لیزر سرعت افزایش سطح برگ را نسبت به تیمار عدم لیزر بالاتر برده، به همین دلیل شیب این کاهش بیشتر است. تحقیقات انجام شده در مورد غلات ثابت کرده است که پرتو تابی لیزر باعث افزایش قابل توجهی در جوانه زنی، سرعت رشد و نمو، عملکرد و مقاومت در شرایط نامساعد محیطی می‌شود از طرفی



شکل ۷. تغییرات میزان سبزیگی کل برگ به سطوح مختلف شوری، ارقام و لیزرها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری

Fig. 7. SPAD value changes at different salinities, laser levels and cultivars during sampling stages

جدول ۱۰. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر بر میزان سبزیگی کل برگ (شاخص SPAD)

Table 9. Mean comparisons of effect of laser irradiation on SPAD value in rice

Laser Treatment	تیمار لیزر	زمان اندازه‌گیری (ساعت)				
		Measuring times (hour)				
		8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیوم-نئون	37.96b	37.79b	34.43b	34.76b	34.19b
No Laser	عدم کاربرد لیزر	42.31a	42.42a	42.95a	43.49a	43.50a

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی داری با هم ندارند.

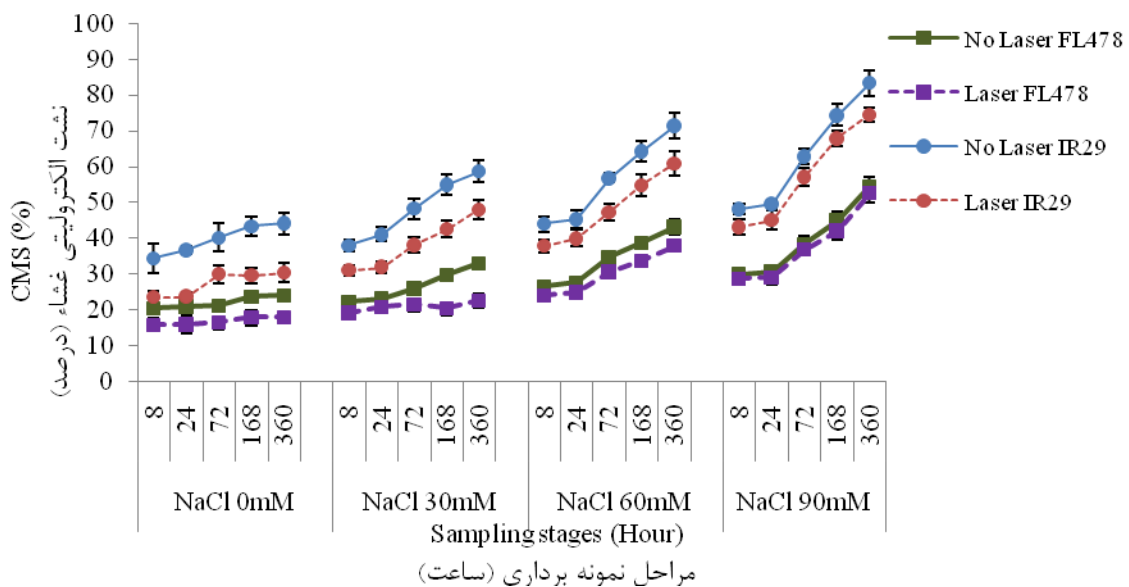
Means with the same letter are not significantly different.

اثرات اصلی لیزر، شوری و رقم بر صفت مورد نظر در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل لیزر در رقم در ۲۴ ساعت پس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد نشت الکتروولیت‌ها از غشاء سلول نشان داد که در تمامی مراحل نمونه‌برداری

همچنین در برنج تخریب غشاهای سلولی تحت تأثیر تنش شوری یکی از عوامل اصلی خسارت‌زا به گیاهان می‌باشد و تخریب غشاهای سلولی در گیاهان حساس به شوری بیشتر از گیاهان مقاوم است و ارقامی که در شرایط تنش مقدار نشت الکترولیتی کمتری داشته‌اند، دارای پایداری غشاء زیادتری می‌باشند. همچنین می‌توان گفت افزایش نشت پذیری غشاء سلولی تحت تأثیر شوری منجر به کاهش تورژسانس سلول‌ها، اختلال در فرایندهای آنزیمی دخیل در رشد گیاهچه شده که در نهایت منجر به کاهش رشد گیاهچه‌ها می‌گردد (Bandeoglu *et al.*, 2004). در هر دو رقم برنج مورد مطالعه پرتوتابی با لیزر در تمام سطوح شوری منجر به کاهش میزان نشت الکترولیتی غشاء گردید (شکل ۸) که احتمالاً به این دلیل است که لیزر توانسته پایداری غشاء را بالا برده که تأثیر آن در رقم حساس با وضوح بیشتری قابل مشاهده بود (جدول ۱۱). به عنوان مثال کاهش درصد نشت الکترولیت‌ها از غشاء سلول در تیمار پرتودهی شده با لیزر در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار طی مراحل نمونه‌برداری از ۸ ساعت تا ۳۶۰ ساعت در رقم FL478 به مقدار ۴/۶، ۵/۶، ۴/۴، ۶/۷ و ۳/۷ درصد و در رقم IR29 ۱۰/۶، ۹/۳، ۹/۰۵، ۹/۵۱ و ۱۰/۵۴ درصد بود.

از اعمال تیمار شوری در سطح ۱٪ و در ۷۲ ساعت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل رقم در شوری در ۱۶۸ ساعت در سطح ۱٪ و در ۳۶۰ ساعت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). مقایسه میانگین صفت مورد بررسی در تمامی مراحل نمونه‌برداری نشان داد که افزایش غلظت نمک در محلول غذایی باعث افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها از غشاء سلول گردید که این افزایش در رقم حساس IR29 با شدت بیشتری صورت گرفت (شکل ۸)، به طوری که این میزان در رقم متحمل FL478 در ۸ ساعت از ۲۰/۵۴ به ۲۹/۹۳۹، در ۲۴ ساعت از ۲۰/۹۶ به ۳۰/۶۰۶، در ۷۲ ساعت از ۲۱/۱۶۹ به ۳۸/۴۱۹، در ۱۶۸ ساعت از ۲۳/۷۴۲ به ۴۴/۹۱۴ و در ۳۶۰ ساعت از ۲۳/۹۵۸ به ۵۴/۳۹۵ رسید. در رقم حساس IR29 میزان نشت الکترولیت‌ها در ۸ ساعت از ۳۴/۴۲۴ به ۴۸/۱۵۷، در ۲۴ ساعت از ۳۶/۶۲۲ به ۴۹/۶۱۶، در ۷۲ ساعت از ۴۰/۱۳۵ به ۶۲/۷۶۱، در ۱۶۸ ساعت از ۴۳/۲۵۷ به ۷۴/۲۷۶ و در ۳۶۰ ساعت از ۴۴/۱۲۳ به ۷۴/۴۸۵ رسید. آسیب یونی ناشی از تنش شوری یکی از عوامل اصلی تخریب غشاء سلولی بوده و سبب افزایش نشت پذیری غشاء سلولی گندم می‌گردد (Azam and Frooq, 2006).



شکل ۸. واکنش درصد نشت الکترولیت‌ها از غشاء سلول به سطوح مختلف شوری، ارقام و لیزرها در زمان‌های مختلف نمونه‌-

برداری

Fig. 8. Electrolyte leakage percentage changes at different salinities, laser levels and cultivars during sampling stages

جدول ۱۱. مقایسه میانگین تأثیر تابش لیزر بر درصد نشت الکترولیت‌ها از غشاء سلول (درصد)

Table 11. Mean comparisons of effect of laser irradiation on electrolyte leakage percentage value in rice

Laser Treatment	تیمار لیزر	زمان اندازه‌گیری (ساعت)				
		Measuring times (hour)				
		8	24	72	168	360
He-Ne Laser	لیزر هلیم-نئون	27.83b	28.96b	34.66b	38.53b	43.05b
No Laser	عدم کاربرد لیزر	32.99a	34.35a	41.01a	46.71a	51.46a

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Means with the same letter are not significantly different.

نتیجه‌گیری کلی

شوری به عنوان یک مشکل اساسی و عامل محدود کننده رشد، تولیدات گیاهی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به همین دلیل تولید گیاهان متحمل به شوری یکی از اساسی‌ترین راه‌ها برای تأمین غذای بشر به شمار می‌رود. طبق بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش در هر دو رقم برنج مورد مطالعه پرتوتابی با لیزر منجر به افزایش معنی‌دار صفات ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک ریشه و کاهش معنی‌دار میزان قرائت SPAD و نشت الکترولیتی غشای سلول گردید. همچنین در تیمارهای لیزر خورده میزان افزایش وزن خشک اندام

هوایی و کاهش عدد SPAD در کلیه سطوح شوری در رقم IR29 بالاتر از FL478 بود، درحالی که محتوای نسبی آب در رقم متحمل FL478 بالاتر بود که احتمالاً می‌تواند به دلیل پایداری بیشتر غشا در نگهداری آب باشد. از نتایج این آزمایش این گونه به نظر می‌رسد پرتو لیزر باعث القای تحریکات زیستی در گیاه می‌شود که ممکن است در تحمل گیاه به شوری موثر باشد. در واقع روش‌های بیوفیزیکی با برانگیختگی بیولوژیکی در بذر و گیاه، باعث افزایش توانایی بقای گیاه همراه با افزایش تحمل نسبت به تأثیرات اقلیمی می‌شوند و از آنجا که پرتو لیزر امکان اثرگذاری بر روی صفات گیاه را دارا است، از آن در افزایش تحمل آن به تنش شوری استفاده شده است.

منابع

- Alam, M.Z., Stuchbury, T., Naylor, R.E.L., Rashid, M.A., 2004. Effect of salinity on growth of some modern rice cultivars. *J. Agron.* 3(1), 1-10.
- Asch, F., Dingkuhn, M., Dorffling, K., 2000. Salinity increases CO₂ assimilation but reduces growth in field grown, irrigated rice. *Plant Soil.* 218,1-10.
- Ashrafijou, M., Sadat Noori, S.A., IzadiDarbandi, A., Saghafi, S., 2010. Effect of salinity and radiation on proline accumulation in seeds of canola (*Brassica napus* L.). *Plant Soil Environ.* 56, 312-317.
- Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M., Oktem, H.A., 2004. Antioxidant response of shoots and roots of lentil to NaCl salinity stress. *Plant Growth Reg.* 42, 69-77.
- Bunyamin, Y., Yaser, F., Oz Pay, T., Turkozu, D., Terziodlu, O., Tamkoc, A., 2008. Variations in response to salt stress among field pea genotypes (*pisum sativum*. Sp. *Arvense* L.). *J. Anim. Vet. Adv.* 7(8), 907-910.

- Carlos, E.B.D.A., Prisco, J.T., Nogueira, A.R.C., Bezerra, M.A., Lacerda, C.F.D., Filho, E.G., 2008. Physiological and biological changes occurring in dwarf-cashew seedling subjected to salt stress. *Braz. J. Plant Physiol.* 20(2), 105-118.
- Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, I., Faria, T., Pinheiro, C., 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Ann. Bot.* 89, 907-916.
- Croser, C., Renault, S., Franklin, J., Zwiazek, J., 2001. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca*, and *Pinus banksiana*. *Environ. Pollut.* 115, 9-16.
- Delkhosh, B., Shirani Rad, A.H., Noor Mohammadi, Ch., Darvish, F., 2006. Effect of drought stress on grain yield and chlorophyll in rapeseed cultivars. *J. Agric. Sci.* 2, 360-367. [In Persian with English summary].
- Diego, A.M., Gulotta, M.R.C., Martinez, A., Oliva, M.A., 2004. The effect of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine in *Prosopis alba*. *Braz. J. Plant Physiol.* 16(1), 39-46.
- Dinoyev, S., 2006. Laser: a Controlled Assistant in Agriculture. *Bulgarian Academy of Science*: 56.
- Drozd, D., Szajsner, H., Laszkiewicz, E., 1999. The utilization of laser biostimulation in cultivation of spring Wheat. *Biul. IHAR*, 211, 85-90. [In Polish].
- Farooq, Sh., Farooq, A., 2006. The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. *J. Plant Physiol.* 163, 629-637.
- Francois, B.B., 2007. Effect of salinity on germination and seedling growth of canola. Phd Thesis. Agricultural Science at University of Stellenbosch. pp,73.
- Glenn, E.P., Brown, J., Jamal, Kh., 1997. Mechanisms of Salt Tolerance in Higher Plants. The University of Arizona. pp, 83-110.
- Gunasekera, C.P., Martin, L.D., French, R.J., Siddique, K.H.M., 2004. Response of mustard and canola genotypes to soil moisture stress during the post-flowering period. In: Fischer, R.A. (ed.), *New directions for a diverse planet. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*. Brisbane, Australia, 26 September - 1 October 2004.
- Haghju, M., Roostae, M.J., Bamdad, Z., Jahangiri, B., 2008. Effect of drought stress on 9 varieties of wheat in germination stage in Fars province. 1st Conferences of Seed Science and Technology, Iran, Gorgan. [In Persian].
- Injushin, V.M., Ljassov, G.U., Fedorova, N., 1981. *Laser Rays and Harvest*. Alma Ata, Kainar Publ. House. [In Russian].
- Inyushin, U. H. Chernavo, O., 1989. Cytological and genetic features of the action of laser radiation on seed and seedling of Durum Wheat. *Dept*, 2726-89. *Referativnyi Zhurnal* (sum).
- Kafi, M., Rostami, M., 2008. Yield characteristics and oil content of three sunflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. *Iranian J. Field Crops Res.* 5, 121-132. [In Persian with English summary].
- Khan M.A., Shirazi, M.U., Khan, M.A., Mujtaba, S.M., Islam, E., Mumtaz, S., Shereen, A., Ansariand, R.U., Ashraf, M.Y., 2009. Role of proline, K⁺/Na⁺ ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat. *Pak. J. Bot.* 41(2), 633- 638.

- KhoshKholghSima, N.A., Askari, H., Hadavand, H., Mirzaei, H., Pessarakli, M., 2009. Genotype-dependent differential responses of three forage species to Ca supplement in saline conditions. *J. Plant Nutr.* 32, 579-597.
- Kumae, S.G., Reddy, A.M., Sudhakar, C., 2003. NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) white contrasting salt tolerance. *Plant Sci.* 165, 1245-1251.
- Lang, N.T., Yanagihara, S., Buu, B.C., 2001a. A microsatellite marker for gene contributing salt tolerance on rice at the vegetative and reproductive stages. *J. Breed. Genet.* 33, 1-10.
- Lang, N.T., Yanagihara, S. Buu, B. C., 2001b. QTL analysis of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Breed. Genet.* 33, 11-20.
- Lipski, S., 2001. Efficiency of laser biostimulation of maize in dependence of seed moisture. *Proc. 1st International Science Conf. Agrolaser, Lublin, 26-28.09: 51-56.* [in Polish].
- Moghanni Nasri, M., Heidari Sharif Abad, H., Shirani Rad, A.H., Majidi Hervan, E., Zamani Zadeh, H.R., 2006. Performance of the effect water stress on physiological characters of rape seed cultivars. *J. Agric. Sci.* 1, 128-133. [In Persian with English summary].
- Mujdeci, M., Senol, H., Cakmakci, T., Celikok, P., 2011. The effects of different soil water matric suctions on stomatal resistance. *J. Food Agric. Environ.* 9(3&4), 1027-1029.
- Munns, R., 2005. Gene and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.* 167, 645-663.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Anna Rev. Plant Boil.* 59, 651-681.
- Moradi, F., 2002. Physiological characterization of rice cultivars for salinity tolerance during vegetative and reproductive stages. PhD Dissertation. The University of Philippines at los Banos. Laguna. Philippines. 190p.
- Muszynski, S., Gadyszewska, B., 2008. Representation of He-Ne laser irradiation effect on radish seeds with selected germination indices. *International Agrophysics.* 22, 151-15
- Nasir Khan, M., Siddiqui, M.H., Mohammad, F., Mansoor, M., Khan. A., Naeem, M., 2007. Salinity induced changes in growth, enzyme activities, photosynthesis, prolin accumulation and yield in linseed genotypes. *World J. Agric. Sci.* (5), 685-695.
- NSW Salinity Strategy, 2000. Published by the NSW Department of Land Water Conservation. August 2000.
- Pessarakli, M., PolShekanePahlavan-Rad, M.R., 2009. Response of wheat plants to zinc, iron, and manganese applications, and uptake and concentration of Zn, Fe, and Mn in wheat grains. *Commun. Soil Sci. Plant.* 7-8, 1322-1332.
- Pichoni, G.A., Graham, C.J., 2001. Salinity, growth, and ion uptake selectivity of container grown *Crataegus opaca*. *Sci. Hort.* 90, 151-166.
- Podlesny J., Stochmal A., 2004. The effect of pre-sowing laser light treatment on some biochemical and physiological processes in the seeds and plants of white lupine and faba bean. *Acta Agrophysica.* 4(1), 149-160.
- Rauf, M., Munir, M., Hassan, M.U., Ahmad, M., Afzal, M., 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. *African J. Biotech.* 6, 971-975.
- Rybinski, W., Surma, M., Adamski, T., 2001. The use of laser light for obtaining barley haploids by *Hordeum bulbosum* method. *Biotechnologia,* 1 (52): 143-147.

- Rybinski, W. Garczynski, S., 2004. Influence of laser light on leaf area and parameters of photosynthetic activity in DH lines of spring Barley (*Hordeum vulgare* L.). International Agrophysics: 18, 261-267.
- Sadat Noori, S. A., Ferdosizadeh, L., Izadi-Darbandi, A., Mortazavian, S.M.M., Saghafi, S., 2011. Effects of salinity and laser radiation on proline accumulation in seeds of spring wheat. J. Plant Physiol. Breed. 1(2), 11-20.
- Stephen, R., Michael, G. L. Z., Roberts, S. S. R., 2002. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. California Agriculture. Vol. 56.
- Summart, J., Thanonkeo, P., Panichajakul, S., Prathepha, P., Mc Manse, M.T., 2010. Effect of salt stress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Kaho Dawk Mail 105, Callus Culture, 9(2), 145- 152.
- Trillana, N.U., Horie, T., Inarura, T., Chaudhary, R.C., Movillon, M.M., 2001. Growth and yield performances of rice cultivars grown in induced water stressed upland and irrigated lowland field conditions. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 24p.
- Vasilevski, G., 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian J. Plant Physiol. Special Issue, 179- 186.
- Yoshida, S., For no, D.A., Cook, J.H., Gomez, K.A., 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice, International Rice Research Institute, Manila, pp. 61-65.

