Archive of SID

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
سال سوم/ شماره سوم/ ۱۳۹۲ (۱۸۰-۱۶۷)

# ارزیابی تحمل به شوری در ارقام و لاین‌های برنج (*Oryza sativa* L.) با تأکید بر شاخص‌های تحمل به تنش

**هما ایزد دوست [۱]، حبیب‌الله سمیع‌زاده [۲*]، بابک ربیعی [۳] و شاپور عبداللهی [۴]**

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ۴- پژوهشگر موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۶- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۴)

**چکیده**

به منظور ارزیابی تحمل به تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای، ۱۷ ژنوتیپ بومی و اصلاح شده در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مقایسه شدند. تنش شوری در مرحله ابتدایی رشد رویشی و در ۴ سطح شوری NaCl (۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد با هدایت الکتریکی ۱/۱۹ دسی‌زیمنس بر متر) اعمال شد. نتایج حاصل نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر امتیاز ژنوتیپی متفاوت بودند. ویژگی‌های مورفولوژیک شامل طول شاخساره و ریشه، وزن خشک شاخساره و ریشه، نسبت طول ریشه به طول شاخساره و بیوماس رویشی اندازه‌گیری شدند. امتیازبندی تحمل به شوری ژنوتیپ‌ها برای همه صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد که نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی معنی‌دار بین آن‌ها بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول ریشه و طول شاخساره با افزایش سطوح شوری کاهش یافت. بیشترین و کمترین ارتفاع شاخساره به ترتیب در رقم شاه‌پسند و حسن سرایی (رقم محلی) مشاهده شد. بیشترین مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP و HM متعلق به ارقام شاه‌پسند، سنگ‌جو و لاین ۴۱۶ بود. بر اساس نتایج حاصل از همبستگی میان شاخص‌ها و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در سه سطح شوری، STI، GMP و HM به عنوان شاخص‌های مطلوب مقاومت تعیین شدند. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از این شاخص‌ها نیز نشان داد که از بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده، رقم محلی شاه‌پسند و لاین اصلاح شدهٔ ۴۱۶ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای بودند.

**واژه‌های کلیدی**: برنج، تنش شوری، شاخص‌های مقاومت، صفات مرفولوژیک

* نویسنده مسئول: hsamizadeh@guilan.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

**مقدمه**

برنج (*Oryza sativa* L.)، غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان بوده و تولید جهانی این غله در دهه‌های اخیر در برابر افزایش تقاضا زیاد شده است (Siahpoosh *et al*., 2012) کشت برنج در ایران جایگاه ویژه‌ای دارد و سطح زیر کشت آن در حدود ۵۸۰۱۵۲ هکتار تخمین زده شده است (FAO, 2011). اراضی زیر کشت برنج در ایران به طور عمده متعلق به پنج استان مازندران (۳۸/۵ درصد)، گیلان (۳۱/۹ درصد)، گلستان (۹/۹درصد)، خوزستان (۹/۲ درصد) و فارس (۳/۹ درصد) است (Ministry of Jehad-E-Agriculture, 2006).

شوری از جمله عواملی است که می‌تواند کشت بسیاری از گیاهان، از جمله برنج را محدود کند. رشد گیاه برنج تحت تأثیر شوری آب و خاک، به دلیل ایجاد سمیت و جلوگیری از جذب آب و مواد غذایی محدود می‌شود (Akbar *et al*., 1986). این گیاه به شوری حساس بوده و بیشترین حساسیت آن در مرحله گیاهچه‌ای و گل‌دهی گزارش شده است (Akbar and Yabuno, 1974). تبخیر و تعرق زیاد نیز در فصل کشت برنج سبب افزایش خسارت شوری می‌شود (Asch *et al*., 2000).

در تحقیقات زیادی مشخص شده است که تحمل به شوری یک صفت چند ژنی و پیچیده است که در بردارنده مکانیزم‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گوناگونی است (Flowers and Colmer, 2008). غلات از جمله برنج نیز همانند سایر گیاهان ساز و کارهای متفاوتی همچون ممانعت از ورود یون‌های نمکی به درون ریشه گیاه، دفع نمک‌ها از آوند چوب، تحمل بافت و جایگزینی یون‌ها درون واکوئل را برای تحمل تنش شوری استفاده می‌کنند (Munns *et al*., 2006). بر اساس نظر یئو و فلاورز (Yeo and Flowers, 1984)، ژنوتیپ‌هایی از برنج که مقدار کمتری از یون سدیم را در شاخساره خود انباشته کنند و همچنین قادر به جایگزین کردن این یون درون واکوئل سلول‌های خود باشند، در برابر شوری متحمل خواهند بود. آن‌ها همچنین تجمع بیش از حد یون سدیم را به عنوان عامل مرگ گیاهچه‌های ۱۰ تا ۱۴ روزه برنج در شوری ۵۰ تا ۷۰ میلی‌مولار معرفی کردند (Yeo and Flowers, 1984).

روشندل و فلاورز (Roshandel and Flowers, 2009) در نتیجه پژوهش خود کاهش نسبت دو یون پتاسیم و سدیم (K+/Na+) را در ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس گزارش نموده و اذعان داشتند که این کاهش در ژنوتیپ‌های حساس بسیار بیشتر از ژنوتیپ‌های متحمل بود. با افزایش غلظت یون سدیم در اطراف ریشه و درون گیاه برنج، کاهش فتوسنتز نیز گزارش شده است (Zhang *et al*., 2010). کاهش فتوسنتز سبب کاهش انرژی و تولید مواد اولیه لازم برای فرایند آنابولیسم خواهد شد (Li *et al*., 2011). از آنجایی‌که گیاه برای بقای خود نیاز به انرژی دارد، مسیر کاتابولیسم و تجزیه مواد فعال شده و به تبع آن کاهش رشد شاخساره رخ می‌دهد (Salekdeh *et al*., 2002). بنابراین با توجه به حساسیت برنج به شوری، کاشت ارقام متحمل برای کاهش اثر شوری ضروری به نظر می‌رسد. گریگوریو و همکاران (Gregorio *et al*., 1997)، معتقدند که بر پایه بروز و مشاهده علائم ظاهری ناشی از تنش شوری در برنج می‌توان به خوبی ارقام حساس و متحمل را از یکدیگر جدا نمود. علاوه بر بررسی فنوتیپی به منظور شناخت واکنش ارقام به تنش شوری، می‌توان از انواع شاخص‌های تحمل یا حساسیت نیز استفاده و ارقام را از نظر واکنش آن‌ها در شرایط وجود و عدم وجود تنش به چهار گروه ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط (گروه A)، ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در محیط بدون تنش (گروه B)، ژنوتیپ‌های با عملکرد خوب در محیط تنش (گروه C) و ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایین در هر دو محیط تنش و بدون تنش (گروه D) تقسیم‌بندی کرد (Fernandez, 1992).

پژوهش حاضر با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری از میان ارقام و لاین‌های مورد مطالعه و شناسایی شاخص مناسب برای ارزیابی تحمل به شوری برنج در دوره گیاهچه‌ای انجام شد.

**مواد و روش‌ها**

مواد گیاهی آزمایش، ۱۷ ژنوتیپ برنج شامل ارقام و لاین‌های بومی و اصلاح شده بودند (جدول ۱) که در ۴ سطح شوری کلرید سدیم (۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار شاهد با EC=1.19 دسی‌زیمنس بر متر) در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) در سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفتند. کشت ژنوتیپ‌های برنج در محیط هیدروپونیک با روش گریگوریو و همکاران

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- شماره، نام، مبدأ و والدین ژنوتیپ‌های مورد بررسی*

Table1. Number, name, origin and parents of the studied genotypes*

| شماره No. | نام ژنوتیپ Genotype | مبدأ Origin | ترکیب والدین Parents |
|---|---|---|---|
| 1 | Line 416 | Iran | Nemat/ Domsiyah// Nemat |
| 2 | Line203 | // | Nemat/ Domsiyah// Nemat |
| 3 | Gohar | India | Pusa 1238-1 / Pusa 1238-81-6 |
| 4 | Shiroodi | Iran | Deilamani Tarom/ Khazar |
| 5 | IR28 | Philippines | Peta / Dee- geo- woo- gen |
| 6 | Line840 | Iran | IR50/ Hasansaraei atashgah |
| 7 | Dorfak | // | Sepidrood/ Salari |
| 8 | Sepidrood | // | Sadri/ Domsiyah/IR8 |
| 9 | IR6718.10 | Philippines | |
| 10 | Saleh | Iran | IR 3938-20-1-2-1-2 Khazar/ |
| 11 | Hasansaraei | // | Native |
| 12 | Anbarboo | // | " |
| 13 | Gharib | // | " |
| 14 | Domsiyah | // | " |
| 15 | Sangjo | // | " |
| 16 | Hashemi | // | " |
| 17 | Shahpasand | // | " |

* موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت). * Rice research Institute of Iran (Rasht).

(Gregorio *et al*., 1997) با استفاده از گلدان‌هایی به حجم هشت لیتر و صفحات یونولیتی پوشانده شده با شبکه نایلونی نازک به منظور استقرار مناسب گیاهچه‌ها صورت گرفت. تعویض محلول غذایی هر هفت روز و تنظیم pH روی عدد ثابت ۵/۵ هر دو روز یک‌بار انجام شد. در این پژوهش از رقم IR28 به عنوان رقم شاهد حساس استفاده شد. تیمارهای شوری ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس، چهارده روز پس از کشت اعمال و امتیازهای ژنوتیپی ارقام بر اساس روش گریگوریو و همکاران (Gregorio *et al*., 1997) (جدول ۲)، ۱۰ و ۱۶ روز پس از اعمال تنش در سه سطح تنش و سطح شاهد (۱/۱۹ $ds.m^{-1}$) مشخص شد. صفات مرفولوژیک اندازه‌گیری شده شامل طول ریشه (RL) و شاخساره (SL)، وزن خشک ریشه (RDW) و شاخساره (SDW)، نسبت طول ریشه به طول شاخساره (RL/SL) و بیوماس رویشی (Bi) (مجموع وزن خشک ریشه و شاخساره) بودند. پس از آن با استفاده از بیوماس رویشی گیاهان در شرایط بدون تنش شوری (Yp) و تحت تنش (Ys)، شاخص‌های شدت تنش (SI)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین حسابی تولید (MP)، میانگین هندسی (GMP) و میانگین هارمونیک (HM) با استفاده از روابط ۱ الی ۷ محاسبه شدند:

$$SI= 1-(Y_s/Y_{\bar{P}}) \quad (۱)$$

$$SSI= [1-(Y_s/Y_p)]/SI \quad (۲)$$

$$STI=(Y_s \times Y_p)/(Y_{\bar{p}})^2 \quad (۳)$$

$$TOL=(Y_p - Y_s) \quad (۴)$$

$$MP=(Y_p + Y_s)/2 \quad (۵)$$

$$GMP=(Y_s \times Y_p)^{1/2} \quad (۶)$$

$$HM=2\times Y_p \times Y_s / Y_p + Y_s \quad (۷)$$

در این روابط، $Yp$ عملکرد پتانسیل در شرایط بدون تنش، $Ys$ عملکرد در شرایط تنش، $Y_{\bar{p}}$ میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش، $Y_{\bar{s}}$ میانگین عملکرد در شرایط تنش است. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲، مقایسه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- امتیازهای ژنوتیپی در شرایط شوری*

Table 2. Genotypic scores in terms of salinity*

| کد ژنوتیپی Score | مشاهده Observation | تحمل Tolerance |
|---|---|---|
| 1 | Normal growth, no leaf symptoms<br>رشد نرمال، فاقد علایم برگی | Highly tolerant<br>بسیار متحمل |
| 3 | Nearly normal growth, but leaf tips or few leaves whitish and rolled<br>رشد تقریباً نرمال،نوک برگ‌ها سفید یا تعدادی از برگ‌ها سفید و لوله‌ای | Tolerant<br>متحمل |
| 5 | Growth severely retarded; most leaves rolled; only a few are elongating<br>تأخیر شدید رشد، اغلب برگ‌ها لوله‌ای، تعدادی از برگ‌ها بلند | Moderately tolerant<br>نسبتاً متحمل |
| 7 | Complete cessation of growth; most leaves dry; some plants dying<br>توقف کامل رشد، اغلب برگ‌ها خشک، تعدادی از گیاهان مرده | Susceptible<br>حساس |
| 9 | Almost all plants dead or dying.<br>تقریباً همه گیاهان مرده یا خشک | Highly susceptible<br>بسیار حساس |

* Gregorio *et al*., 1997

جدول ۳- نتیجه ارزیابی فنوتیپی واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش شوری

Table 3. Phenotypic evaluation of genotypes to salt stress

| ژنوتیپ Genotype | سطح تنش شوری* Salinity stress level* | |
|---|---|---|
| | $ds.m^{-1}$ 8 | $ds.m^{-1}$ 4 |
| Shahpasand, Line 416 | متحمل<br>Tolerant | نسبتاً متحمل<br>Moderately tolerant |
| Gharib, Sangjo, Gohar, Line 203 | نسبتاً متحمل<br>Moderately tolerant | حساس<br>Susceptible |
| Domsiah, Hashemi, Anbarboo | حساس<br>Susceptible | بسیار حساس<br>High susceptible |
| Line 840, Shiroodi, Dorfak, Sepidrood, Saleh, Hasansaraei IR28, IR6718.10 | بسیار حساس<br>Highly susceptible | بسیارحساس<br>High susceptible |

*: در سطح ۱/۱۹ دسی‌زیمنس همه ارقام تظاهر نرمال و در ۱۲ دسی‌زیمنس حساسیت شدید نشان دادند.

*All genotypes were high tolerant and high susceptible in EC=1.19 and 12 $ds.m^{-1}$, respectively.

میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ و با نرم‌افزار MSTATC، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تجزیه تابع تشخیص به منظور تعیین صحت گروه‌بندی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱/۰ انجام شد.

## نتایج و بحث

ژنوتیپ‌ها از نظر امتیاز ژنوتیپی در دو سطح ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر در روز دهم و شانزدهم پس از اعمال تنش، واکنش متفاوتی نسبت به شوری داشتند، در حالی که همه آن‌ها در سطح شاهد بسیار متحمل و در سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بسیار حساس بودند (جدول ۳). تجزیه واریانس (جدول ۴) نیز حاکی از تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها برای تمامی صفات در سطح احتمال ۱٪ بود. این نتیجه نشان دهندهٔ وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی برای صفات مورد مطالعه بود. اثر سطح شوری اعمال شده نیز برای کلیه ژنوتیپ‌ها و از نظر دو صفت طول ریشه و طول شاخساره در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. به عبارت دیگر، ژنوتیپ‌ها از نظر این دو صفت در اثر اعمال تنش شوری، عکس‌العمل‌های گوناگونی را از خود بروز دادند.

www.SID.ir

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک

Table 4. Analysis of variance for morphological characteristics

| SOV | منابع تغییرات | درجه آزادی df | میانگین مربعات (MS) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | طول ریشه (cm) Root length | وزن خشک ریشه (gr) Root dry weight | طول ساقه (cm) Shoot length | وزن خشک ساقه (gr) Shoot dry weight | طول ریشه/ طول ساقه Root/Shoot length ratio | بیوماس رویشی (gr) Total biomass |
| Block | بلوک | 2 | 60.285$^{**}$ | 0.000586$^{ns}$ | 7.0797$^{ns}$ | 0.000076$^{ns}$ | 0.110857$^{**}$ | 0.000491$^{ns}$ |
| Genotype | ژنوتیپ | 16 | 40.731$^{**}$ | 0.000681$^{**}$ | 641.834$^{**}$ | 0.000792$^{**}$ | 0.115744$^{**}$ | 0.013468$^{**}$ |
| Salinity | شوری | 3 | 716.732$^{**}$ | 0.009896$^{**}$ | 731.53$^{**}$ | 0.197822$^{**}$ | 0.085451$^{**}$ | 0.002333$^{**}$ |
| Genotype × salinity | ژنوتیپ × شوری | 48 | 7.703$^{**}$ | 0.000256$^{ns}$ | 76.53$^{**}$ | 0.001761$^{ns}$ | 0.007671$^{ns}$ | 0.288291$^{ns}$ |
| Error | خطا | 134 | 3.559 | 0.000259 | 18.206 | 0.001520$^{ns}$ | 0.005744 | 0.002271 |
| CV (%) | ضریب تغییرات (درصد) | 7.26 | 7.26 | 2 | 6.61 | 19.82 | 8.1 | 20 |

ns: غیر معنی‌دار، * و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱ ٪.

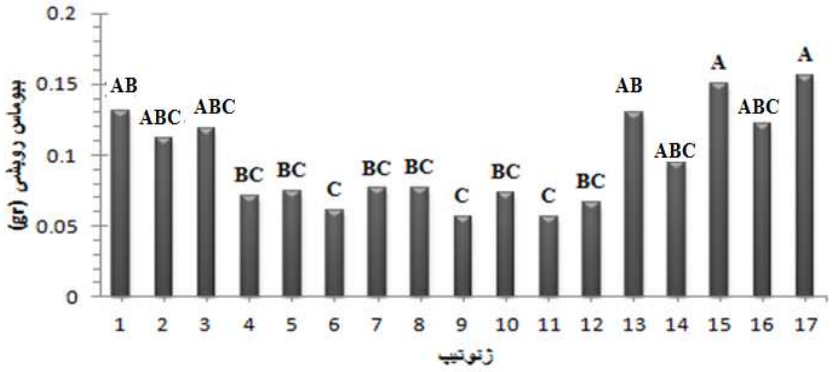
ns: Non significant, * &**: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.



Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID




شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ از نظر بیوماس.
Figure 1. Mean comparison of the genotypes for Biomass.

در صورتی‌که رشد یک گیاه تحت تأثیر شوری به شکل نسبتی از رشد تحت شرایط غیرشور سنجیده شود، می‌تواند معیار مناسبی برای مقاومت به شوری باشد. در این صورت ماده خشک کل معیار مفیدی برای سنجش رشد گیاه است (Ashraf, 1994). بر این اساس، چنانچه ماده خشک تولیدی یک گیاه بیشتر باشد، باید امتیاز ژنوتیپی کمتری را به خود اختصاص دهد. در این تحقیق از نظر صفت بیوماس رویشی بیشترین میانگین از آن ارقام محلی شاه‌پسند و سنگ‌جو و لاین اصلاح‌شده ۴۱۶ (به ترتیب ۰/۱۵۵۸، ۰/۱۵۰۴ و ۰/۱۳۱۵ گرم) بود. در حالی که کمترین میانگین با مقدار ۰/۰۵۶۵ گرم به رقم حسن سرایی تعلق داشت که این رقم به عنوان یک رقم محلی ایرانی تفاوت آماری معنی‌داری از رقم شاه‌پسند در سطح احتمال ۵٪ داشت (شکل ۱). شاه‌پسند و لاین ۴۱۶ در دو سطح ۴ و ۸ دسی‌زیمنس از نظر امتیاز ژنوتیپی به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و نسبتاً متحمل شناخته شدند، اما سنگ جو در شوری ۸ دسی‌زیمنس علایم حساسیت بیشتری را نشان داد. البته برخی از ژنوتیپ‌ها مثل غریب، گوهر و لاین ۲۰۳ نیز با بیوماس کمتر، عکس‌العملی مشابه سنگ‌جو از نظر امتیاز ژنوتیپی داشتند، اما حسن‌سرایی و سایر ژنوتیپ‌ها با وزن خشک کمتر، در گروه ژنوتیپ‌های حساس و بسیار حساس قرار گرفتند.

مقایسه میانگین برای دو صفت طول ریشه و شاخساره نشان داد که در کلیه ژنوتیپ‌ها با افزایش سطح شوری، از مقدار این دو صفت کاسته می‌شود (جدول‌های ۵ و ۶). در مجموع، بیشترین ارتفاع شاخساره و طول ریشه در سه سطح شوری پس از شاهد مربوط به ژنوتیپ‌های دارای امتیاز ژنوتیپی کوچک‌تر (متحمل‌تر) یعنی شاه پسند، سنگ جو و لاین ۴۱۶ بود، اما شاه‌پسند همواره بیشترین ارتفاع و کمترین میزان کاهش آن را داشت. همچنین در میان ارقام محلی، حسن‌سرایی با امتیاز ژنوتیپی بزرگ‌تر، کمترین ارتفاع شاخساره و بیشترین درصد کاهش این صفت را دارا بود، در حالی که در هر سطح شوری، ارقام اصلاح‌شده متفاوتی کمترین مقدار شاخساره را داشتند. این نتیجه با نتایج صبوری و همکاران (Sabouri *et al.*, 2008) مطابقت داشت. به طور کلی، ارقام پابلند به دلیل داشتن برگ‌های ضخیم‌تر، بافت پارانشیمی بیشتر و تعداد واکوئل بیشتر، بهتر از برنج‌های پاکوتاه یون‌های نمکی را درون واکوئل‌های خود ذخیره کرده و از ایجاد سمیت درون سیتوپلاسم جلوگیری می‌کنند (Maathuis and Amtmann, 1999).

ژنوتیپ‌ها از نظر طول ریشه در شرایط شاهد (ds/m ۱/۱۹)، تنوع بیشتری نسبت به سایر سطوح داشتند. علت این موضوع می‌تواند فراهم بودن عامل‌های مطلوب برای رشد ریشه در شرایط بدون تنش و کاهش آن‌ها با افزایش شوری باشد. علاوه بر تنوع میانگین‌ها، با افزایش سطح شوری از طول ریشه هر ژنوتیپ نیز کاسته شد. به طور کلی، بیشترین طول ریشه همواره متعلق به رقم شاه‌پسند و لاین ۴۱۶ بود. به واسطه طول ریشه بیشتر، غشای سلولی هم بیشتر شده و مانعی برای ورود یون‌های سدیم و کلر به داخل گیاه ایجاد می‌کند (Flowers and Yeo, 1986). نکته قابل توجه در مورد طول ریشه این بود که در میان ارقام محلی ایرانی در مجموع ۳ سطح به غیر از شاهد، رقم محلی حسن‌سرایی درصد کاهش کمتری را تجربه کرد و این در حالی است که بیشترین میزان کاهش طول شاخساره به این رقم تعلق داشت که نشانه‌ای بر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × شوری برای صفت طول شاخساره با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪

Table 5. Mean comparison of the genotype × salinity interaction for shoot length using Tukey's test at 5% probability level

| ژنوتیپ | Salinity level سطح شوری | | | |
|---|---|---|---|---|
| Genotype | 1.19 ds.m$^{-1}$ | 4 ds.m$^{-1}$ | 8 ds.m$^{-1}$ | 12 ds.m$^{-1}$ |
| 1 | 42.5 CDEFG | 32.29 ABCD | 26.71 BCDE | 22.67 BC |
| 2 | 46.17 CDEF | 31.09 BCDEF | 25.56 CDE | 22.42 BC |
| 3 | 49.33 CD | 30.78 BCDEF | 28 BCDE | 22.52 BC |
| 4 | 36.33 FG | 23.55 DEF | 19.91 F | 14.53 C |
| 5 | 34 G | 21.54 DEF | 19.79 E | 17.71 BC |
| 6 | 40.67 DEFG | 23.08 DEF | 17.40 E | 20.37 BC |
| 7 | 37.83 EFG | 23.08 DEF | 20.72 E | 21.23 BC |
| 8 | 41.18 DEFG | 20.37 F | 20.86 E | 20.06 BC |
| 9 | 36 FG | 24.51 CDEF | 17.35 E | 18.36 BC |
| 10 | 49 CD | 21.13 EF | 23.11 DE | 20.5 BC |
| 11 | 41.41 DEFG | 20.71 F | 19.02 E | 18.87 BC |
| 12 | 47.5 CDE | 31.65 BCDE | 25.92 CDE | 21.53 BC |
| 13 | 77.08 A | 40.5 AB | 35.5 ABC | 27.84 B |
| 14 | 52.5 C | 35.17 ABC | 28.04 BCDE | 26.19 B |
| 15 | 74.83 AB | 40.77 AB | 37.46 AB | 27.34 B |
| 16 | 64.33 B | 38.17 AB | 33.47 ABCD | 21.5 BC |
| 17 | 68 AB | 47.34 A | 42.25 A | 38.67 A |

حروف غیر مشابه در هر ستون نشانه تفاوت معنی‌دار است.

Dissimilar letters in each column indicate significant differences among genotypes.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ × شوری برای صفت طول ریشه با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪

Table 6. Mean comparison of the genotype × salinity interaction for root length using Tukey's test at 5% probability level

| ژنوتیپ | Salinity levels سطح شوری | | | |
|---|---|---|---|---|
| Genotype | 1.19 ds.m$^{-1}$ | 4 ds.m$^{-1}$ | 8 ds.m$^{-1}$ | 12 ds.m$^{-1}$ |
| 1 | 19.83 ABC | 14.42 ABC | 14.45 AB | 10.79 A |
| 2 | 20.67 ABC | 15.1 AB | 13.71 ABC | 9.71 A |
| 3 | 24 A | 14.88 ABC | 17.95 A | 9.04 A |
| 4 | 18.83 BC | 14.09 ABC | 11.28 BC | 7.71 A |
| 5 | 17.56 CD | 11.38 BC | 9.76 BC | 8.96 A |
| 6 | 16.25 CD | 12.78 ABC | 11.67 BC | 10.28 A |
| 7 | 19.08 BC | 14.61 ABC | 11.23 BC | 11.87 A |
| 8 | 22.75 AB | 16.33 A | 12.41 BC | 10.12 A |
| 9 | 18.66 BC | 13.76 ABC | 10.59 BC | 7.79 A |
| 10 | 20.7 ABC | 10.13 C | 11.18 BC | 9.21 A |
| 11 | 13.83 D | 11.04 BC | 11.1 BC | 9.98 A |
| 12 | 13.01 D | 10.36 BC | 9.58 C | 7.98 A |
| 13 | 12.83 D | 10.45 BC | 8.90 C | 7.35 A |
| 14 | 16.74 CD | 13.4 ABC | 11.97 BC | 9.29 A |
| 15 | 17.42 CD | 12.78 ABC | 13.53 ABC | 9.18 A |
| 16 | 19.83 ABC | 16.46 A | 13.64 ABC | 8.93 A |
| 17 | 19.81 ABC | 17.46 A | 13.65 ABC | 11.23 A |

حروف غیر مشابه در هر ستون نشانه تفاوت معنی‌دار است.

Dissimilar letters in each column indicate significant differences among genotypes.

www.SID.ir

Archive of SID

ضعف گیاه است. نتیجه تجزیه واریانس شاخص‌ها نیز وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها را نشان داد. بنابراین مقایسه میانگین شاخص‌ها بر اساس روش توکی در سطح احتمال ۵ درصد (جدول ۷) انجام شد. هر چند با اطمینان نمی‌توان گفت کدام شاخص کاملاً با تحمل به شوری همبستگی دارد (Shannon, 1997) ولی این شاخص‌ها درجات مختلفی از همبستگی با تحمل به شوری نشان دادند. بنابراین به منظور تعیین بهترین شاخص، همبستگی آن‌ها با یکدیگر و همچنین با امتیاز ژنوتیپی ارقام و لاین‌ها، در دو مرحله امتیازدهی (۱۰ و ۱۶ روز پس از تنش) بررسی شد. در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر این شاخص‌ها تنها با Yp همبستگی معنی‌داری داشتند که نشان می‌دهد شاخص‌های مذکور با افزایش سطح شوری، در تفکیک ژنوتیپ‌های با Ys و Yp بالاتر موفق‌تر خواهند بود (نتایج برای شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر نشان داده نشده‌اند). صبوری و همکاران (Sabouri *et al*., 2008) در ارزیابی گیاهچه‌های برنج بر مبنای مقایسه شاخص‌ها در دو شوری ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر، به نتیجه مشابهی دست یافتند.

نتایج همبستگی برای شوری ۸ دسی زیمنس بر متر در جدول ۷ ارایه شده است. طبق نظر فرناندز (Fernandz, 1992) بهترین شاخص باید ژنوتیپ‌های گروه A (عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش) را از سایر گروه‌ها جدا کرده و همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش داشته باشد. بنابراین از آنجایی که طبق جدول ۸ بزرگ‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با Yp و Ys و بزرگ‌ترین همبستگی منفی و معنی‌دار با امتیازهای ژنوتیپی به ویژه در روز شانزدهم پس از اعمال شوری مربوط به سه شاخص STI، GMP و HM بود، می‌توان آن‌ها را به عنوان شاخص‌های برتر برگزید. بر اساس جدول ۷ بیشترین مقادیر شاخص‌های STI، MP، GMP و HM متعلق به لاین ۴۱۶ و ارقام شاه‌پسند، سنگ‌جو، غریب و گوهر بود. از این پنج ژنوتیپ، لاین ۴۱۶ و رقم بومی شاه‌پسند در دو مرحله امتیازدهی (۱۰ و ۱۶ روز پس از اعمال تنش) و در دو سطح ۴ و ۸ دسی‌زیمنس دارای کمترین امتیاز ژنوتیپی بودند و بنابراین می‌توان آن‌ها را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها معرفی کرد. اما چنانچه معیار گزینش دو شاخص TOL و SSI باشند که مقادیر کمتر آن‌ها مطلوب‌تر است، حسن سرایی، عنبربو و IR6718.10 که از نظر شاخص‌های میانگین حسابی، هندسی و هارمونیک و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در رتبه‌های پایین‌تری قرار داشتند و مهم‌تر از آن، از نظر امتیاز ژنوتیپی نیز از ژنوتیپ‌های بسیار حساس به شوری بودند، انتخاب می‌شوند. این موضوع تأییدی بر ضعف دو شاخص مذکور است. در واقع در این پژوهش انتخاب بر اساس این شاخص‌ها، سبب گزینش ژنوتیپ‌های گروه D (عملکرد پایین در دو محیط تنش و بدون تنش) خواهد شد. گلستانی و پاک‌نیت (Golestani and Pakniyat, 2007) نیز در ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های کنجد با این شاخص‌ها، به نتیجه مشابهی دست یافتند. همچنین آن‌ها به دلیل همبستگی بالای میان شاخص‌های GMP، HM و STI، این شاخص‌ها را به عنوان بهترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام برتر و جدایی گروه A از سه دسته دیگر، معرفی کردند.

مقادیر بالای شاخص‌های STI، GMP، MP و HM در گیاهچه‌های هفت روزۀ برنج مقاوم به تنش شوری (Hosseini *et al*., 2012) و نیز در ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری برنج در مرحله گیاهچه‌ای (Mirdarmansouri *et al*., 2012) گزارش و بر همبستگی بالای این شاخص‌ها با یکدیگر و با Ys و Yp تاکید شده است که نتیجه این پژوهش نیز با نتایج آن‌ها مطابقت داشت. افیونی و همکاران (Afiuni *et al*., 2006) در ارزیابی تحمل به شوری ارقام گندم، این شاخص‌ها و گلکار و همکاران (Golkar *et al*., 2012) نیز دو شاخص STI و GMP را به عنوان مناسب‌ترین معیار برای تعیین تحمل گیاه و دستیابی به محصول بیشتر در محیط‌های شور و غیر شور معرفی کردند.

به منظور تائید برتری این شاخص‌ها پس از بررسی همبستگی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر روی شاخص‌ها و عملکرد در محیط دارای تنش و فاقد آن (Yp و Ys) انجام (جدول ۹) و نمودار بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اول و دوم (شکل ۲) رسم شد. به این ترتیب، علاوه بر اینکه نمایش همزمان بیش از سه متغیر در یک نمودار امکان‌پذیر شد، زاویه بین بردارها در بای‌پلات حاصل نیز می‌تواند همبستگی میان آن‌ها را تشریح کند (Fernandez, 1992).

www.SID.ir

جدول ۷ مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل برای صفت بیوماس رویشی بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد

Table 7. Mean comparison of the indices by Tukey test at 5% probability level

| ژنوتیپ genotype | Yp | Ys | SSI | STI | TOL | MP | GMM | HM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Line 416 | 0.2586 ABC | 0.0891 AB | 0.9231 AB | 0.5186 ABC | 0.1695 ABC | 0.1739 ABCD | 0.1508 AB | 0.1312 A |
| Line203 | 0.24800 ABCD | 0.0645 BCD | 1.0348 A | 0.3540 ABCD | 0.1813 ABC | 0.1573 ABCDE | 0.1261 ABCDE | 0.1023 ABCD |
| Gohar | 0.2386 ABCDE | 0.0795 ABCD | 0.9410 AB | 0.3971 ABCD | 0.1581 ABC | 0.1585 ABCDE | 0.1354 AB | 0.1164 AB |
| Shiroodi | 0.1576 BCDE | 0.0427 DEFG | 0.9904 A | 0.1458 CD | 0.1148 ABC | 0.1002 DEFG | 0.0782 EF | 0.0626 DE |
| IR28 | 0.1720 BCDE | 0.0418 DEFG | 1.0526 A | 0.1605 CD | 0.1301 ABC | 0.1069 DEFG | 0.0825 DEF | 0.0647 CDE |
| Line840 | 0.1403 CDE | 0.0341 FG | 1.0924 A | 0.1029 CD | 0.1061 ABC | 0.0872 EFG | 0.0686 F | 0.0543 E |
| Dorfak | 0.1683 BCDE | 0.0456 DEFG | 1.0375 A | 0.1642 CD | 0.1226 ABC | 0.1070 DEFG | 0.0858 CDEF | 0.0699 CDE |
| Sepidrood | 0.1866 ABCDE | 00407 DEFG | 1.1192 A | 0.1686 CD | 0.1459 ABC | 0.1137 CDEFG | 0.0848 CDEF | 0.0649 CDE |
| IR6718.10 | 0.1048 E | 0.0406 DEFG | 0.7624 AB | 0.1044 CD | 0.0641 C | 0.0725 G | 0.0599 F | 0.0518 E |
| Saleh | 0.1990 ABCDE | 0.0319 G | 1.2045 A | 0.1278 CD | 0.1670 ABC | 0.1154 CDEFG | 0.0783 EF | 0.05405 E |
| Hasansaraei | 0.1136 DE | 0.0375 FG | 0.9403 AB | 0.0885 D | 0.0761 C | 0.0756 G | 0.0647 F | 0.0556 E |
| Anbarboo | 0.1186 DE | 00487 CDEFG | 0.7498 A | 0.1084 CD | 0.0698 C | 0.0837 FG | 0.0674 F | 0.0563 DE |
| Gharib | 0.2895 AB | 0.0773 ABCDE | 0.8772 AB | 0.4202 ABCD | 0.2121 AB | 0.18340 ABC | 0.1383 AB | 0.1098 ABC |
| Domsiyah | 0.2006 ABCDE | 0.0589 BCDEFG | 0.9634 AB | 0.2838 BCD | 0.01417 ABC | 0.1297 BCDEFG | 0.1004 BCDEF | 0.0800 BCDE |
| Sangjo | 0.2939 AB | 0.1026 A | 0.7648 AB | 0.7213 A | 0.1913 ABC | 0.1983 AB | 0.1645 A | 0.1402 A |
| Hashemi | 0.2591 ABC | 0.0756 ABCDEF | 0.9676 A | 0.4114 ABCD | 0.1835 ABC | 0.1674 ABCD | 0.1332 ABCD | 0.1093 ABC |
| Shahpasand | 0.3316 A | 0.0972 AB | 0.9319 AB | 0.6525 AB | 0.2344 A | 0.2144 A | 0.1747 A | 0.1446 A |

حروف غیرمشابه در هر ستون به معنی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در آزمون توکی است.

Dissimilar letters in each column indicate significant differences between the genotypes.



Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به شوری در سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر

Table 8. Correlation coefficients among stress tolerance indices in 8 ds.m$^{-1}$

| | YP | YS | SSI | STI | TOL | MP | GMP | HM | SES1 | SES2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| YP | 1 | | | | | | | | | |
| YS | 0.876** | 1 | | | | | | | | |
| SSI | -0.167 | -0.551** | 1 | | | | | | | |
| STI | 0.901** | 0.985** | -0.478 | 1 | | | | | | |
| TOL | 0.959** | -0.703** | 0.078 | 0.748** | 1 | | | | | |
| MP | 0.990** | 0.935** | -0.282 | 0.949** | 0.909** | 1 | | | | |
| GMP | 0.953** | 0.979** | -0.390* | 0.982** | 0.829** | 0.986** | 1 | | | |
| HM | 0.910** | 0.995** | -0.470 | -0.982** | 0.756** | 0.959** | 0.993** | 1 | | |
| SES1[a] | -0.874** | -0.915** | 0.396 | -0.905** | -0.750** | -0.909** | -0.922** | -0.920** | 1 | |
| SES2[b] | -0.735** | -0.746** | 0.244 | -0.814** | -0.643** | -0.758** | -0.771 | -0.768 | 0.746** | 1 |

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱ ٪ * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

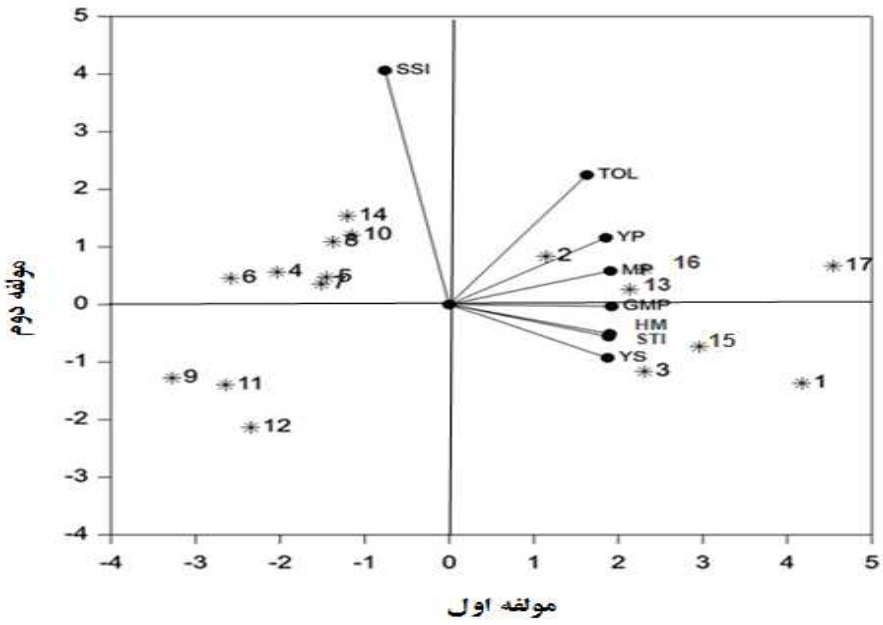
[a] و [b]: به ترتیب امتیاز ژنوتیپی ارقام در روز دهم و شانزدهم پس از اعمال تنش شوری.

[a] and [b]: Genotypic scores of varieties at 10 and 16 days after salinity stress.

جدول ۹- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از شاخص‌های ت تحمل به شوری در سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر

Table 9. Principle component analysis (PCA) by using of stress tolerance indices in 8 ds.m$^{-1}$

| مؤلفه‌های اصلی Principle Components | مقدار ویژه Eigen value | درصد واریانس Variance (%) | واریانس تجمعی Cumulative variance | Yp | Ys | SSI | STI | TOL | MP | GMP | HM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PC1 | 6.66 | 83.2 | 82.3 | 0.962 | 0.974 | -0.395 | 0.980 | 0.846 | 0.991 | 0.998 | 0.987 |
| PC2 | 1.21 | 15.1 | 98.3 | 0.256 | -0.205 | 0.899 | -0.124 | 0.498 | 0.129 | -0.007 | -0.113 |




شکل ۲- تجزیه بای‌پلات با استفاده از شاخص‌های تحمل. اسامی ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ ارایه شده است.

Figure 2. Biplot analysis using tolerance indices. Genotypes are indicated in Table 1.

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۹، در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس، دو مؤلفه اول با داشتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک توانستند ۹۸/۳۱ درصد از تغییرات کل را توجیه کنند. از آنجایی که دو مؤلفه اصلی اول درصد تنوع بالایی را توجیه کردند و چون هر مؤلفه اصلی اطلاعات تمامی صفات را در بر دارد، بنابراین ترسیم بای پلات بر اساس دو مؤلفه اول و دوم می‌تواند مفید باشد، زیرا سایر مؤلفه‌ها نقش چندانی در توجیه واریانس کل نداشتند. شکل ۲ ارتباط هر شاخص با مؤلفه‌های محاسبه شده در سطح ۸ دسی‌زیمنس را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲ در شرایط شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، مؤلفه اول همبستگی مثبتی با عملکرد در دو محیط نرمال و تنش و شاخص‌های MP، GMP، TOL، STI و HM دارد، زیرا این متغیرها در دو طرف محور افقی که نمایان‌گر مؤلفه اول است قرار دارند و زاویه بین هر کدام از آن‌ها با مؤلفه اول کمتر از ۹۰ درجه است. از نظر مقدار ضرایب نیز در این مؤلفه، شاخص‌های MP،GMP، HM و STI به همراه Yp و Ys دارای ضرایب بزرگ‌تر از ۰/۹۵ هستند. TOL نیز با ضریبی معادل ۰/۸۴۶ اثر تقریباً زیادی در این مؤلفه دارد و تنها مقدار ضریب SSI بسیار کم و منفی است. از آنجایی که در شاخص‌های دسته اول به جز TOL، بیشتر بودن شاخص‌ها به انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار در شرایط تنش و غیر تنش منجر می‌شود، بنابراین می‌توان مؤلفه اصلی اول را به عنوان مؤلفه پتانسیل تولید پایدار معرفی کرد. یعنی با انتخاب ژنوتیپ‌هایی که در بای‌پلات در نواحی با میزان بالای این مؤلفه قرار دارند، به عملکرد بیشتر و پایدارتر دست می‌یابیم. البته لازم به ذکر است که ضریب مثبت و بالای TOL که به معنی تأثیر زیاد این شاخص در این مؤلفه است، در کنار همبستگی مثبت با Yp و همبستگی منفی آن با Ys (همبستگی TOL با Yp نسبت به Ys بزرگ‌تر است) می‌تواند انتخاب ژنوتیپ‌ها را به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط نرمال ولی دارای عملکرد کمتر در شرایط تنش محدود سازد. چنانچه این شاخص در نظر گرفته نشود، مؤلفه اول با توجه به حضور و نقش شاخص‌های مطلوب در آن، قادر خواهد بود که ارقام مناسب برای کشت در محیط عادی و دارای تنش را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا کند.

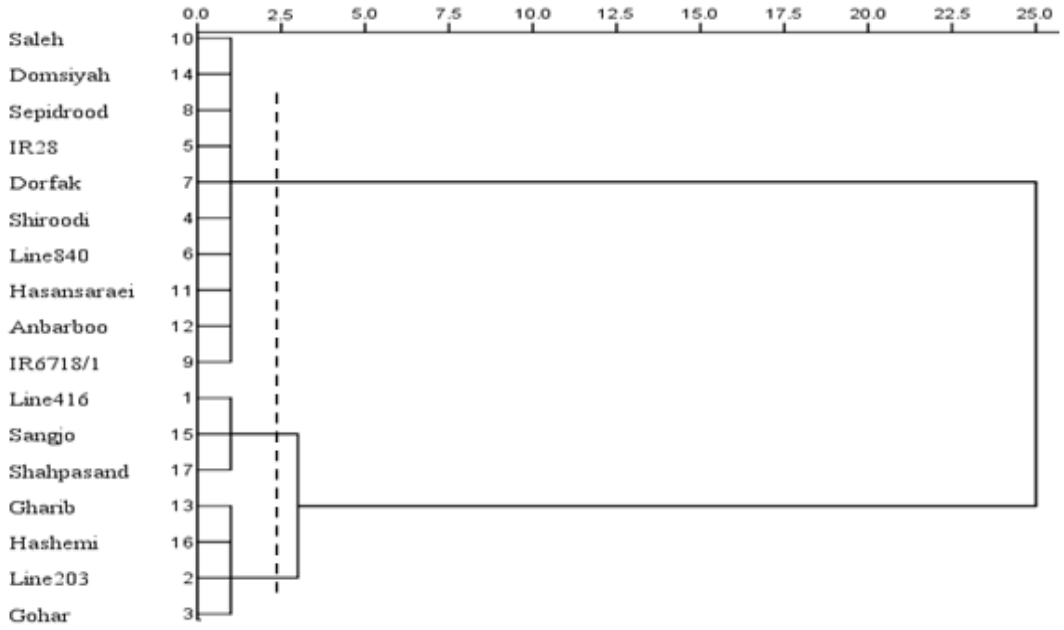
در مؤلفه اصلی دوم، شاخص SSI برخلاف مؤلفه اول، دارای ضریب بزرگ‌تر و مثبت بود. بنابراین، اگر میزان این مؤلفه کمتر در نظر گرفته شود، ژنوتیپ متحمل‌تر خواهد بود (یعنی شاخص SSI در آن ژنوتیپ کوچک‌تر است)، اما پس از این شاخص در مؤلفه دوم، TOL بزرگ‌ترین ضریب مثبت را داشت که اثری همانند SSI ایجاد می‌نماید. از این‌رو، مؤلفه اصلی دوم را می‌توان مؤلفه حساسیت به تنش نامید. چون همبستگی SSI و TOL با Ys منفی و معنی‌دار بوده و انتخاب بر اساس مقادیر کمتر این دو شاخص مطلوب‌تر است، بنابراین انتخاب بر اساس میزان کمتر مؤلفه اصلی دوم، منجر به گزینش ارقامی می‌شود که در شرایط تنش عملکرد بالاتری داشته و پتانسیل تولید آن‌ها در شرایط نرمال محیطی کم است. از این رو برای جدا کردن ژنوتیپ‌های گروه A (دارای عملکرد مطلوب در محیط نرمال و تنش) از گروه C (دارای عملکرد مطلوب در محیط تنش)، بهتر است ارقامی انتخاب شوند که در بای‌پلات، فاصله بیشتری از محور مؤلفه اصلی دوم داشته و به محور مؤلفه اصلی اول نزدیک‌تر باشند. البته در شرایطی که تنش محیطی محرز بوده و به طور مداوم در طول دوره رشد گیاه وجود دارد، می‌توان با انتخاب بر اساس این مؤلفه، ژنوتیپ‌هایی که از نظر عملکرد در شرایط تنش برتر هستند را برگزید.

در مجموع بر اساس مشخصات مؤلفه‌ها، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۷ و ۱۵ یعنی لاین ۴۱۶، شاه‌پسند و سنگ‌جو، ژنوتیپ‌های برتری هستند که در دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد خوبی دارند. این سه ژنوتیپ در دندروگرام تجزیه خوشه‌ای (شکل ۳) نیز در یک گروه قرار گرفتند، اما بر اساس مجموع نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای و امتیاز ژنوتیپی، دو ژنوتیپ شاه‌پسند و لاین ۴۱۶ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر این پژوهش انتخاب شدند.

مطابق شکل ۳، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳، ۱۳ و ۱۶ یعنی لاین ۲۰۳، گوهر، غریب و هاشمی نیز از نظر مؤلفه اول شرایط تقریباً خوب، اما ضعیف‌تری نسبت به لاین ۴۱۶ و شاه‌پسند داشتند. در بین آن‌ها از لحاظ امتیاز ژنوتیپی در شوری ۴ و ۸ دسی‌زیمنس، هاشمی بسیار حساس و لاین ۲۰۳، گوهر و غریب به ترتیب نسبتاً متحمل و حساس بودند. علت این موضوع می‌تواند ضریب مثبت و بالای شاخص TOL در مؤلفه اول باشد. این موضوع تا اندازه‌ای در مورد سنگ‌جو نیز صدق می‌کند، چون این ژنوتیپ‌ها (سنگ جو، غریب، هاشمی، گوهر و

www.SID.ir

Archive of SID




شکل ۳- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل به روش حداقل واریانس وارد در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر.

Figure 3. Dendrogram of cluster analysis based on Ward's minimum variance for tolerance indices in 8 ds/m salinity.

لاین ۲۰۳) پس از لاین ۴۱۶ و شاه‌پسند بالاترین عملکرد در محیط بدون تنش (Yp) را داشتند، اما عملکرد آن‌ها در شرایط تنش (Ys) کمتر از این دو بود. همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد، بر اساس شاخص TOL، حسن سرائی، عنبربو و IR6718.10 انتخاب می‌شوند که ژنوتیپ‌های بسیار حساسی بودند و در اینجا به دلیل نقش STI، GMP، HM و MP به عنوان شاخص‌های مطلوب در مؤلفه اول، توسط این مؤلفه انتخاب نشده‌اند.

در مجموع، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که دو ژنوتیپ شاه‌پسند و لاین ۴۱۶ می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل برای کشت در مناطق با شوری بالای آب و خاک استفاده شوند.

## References

**Afiuni, D., Marjovvi, A. and Rezaei, M. 2006.** Response of six bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to saline irrigation water. **Asian Journal of Plant Sciences** 5 (6): 1057-1060.

**Akbar, M. and Yabuno, T. 1974.** Breeding for saline- resistant varieties of rice. **Japanese Journal of Breeding** 24 (4):176-181.

**Akbar, M., Gunawardena, I. E. and Ponnamperuma, F. N. 1986.** Breeding for soil stresses. In: Progress in rainfed lowland rice. International Rice Research Institute, Philippines.

**Asch, F., Dingkuhn, M. and Dorffling, K. 2000.** Salinity increases $CO_2$ assimilation but reduces growth in field grown irrigated rice. **Land and Soil** 218: 1–10.

**Ashraf, M. 1994.** Breeding for salinity tolerance in plant. **Critical Review Plant Science** 13: 17-42.

**FAO. 2011.** Food and Agriculture Organization. Statistics: FAOSTAT agriculture from http://fao.org/crop/statistics.

**Fernandez, G. C. J. 1992.** Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceeding of International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication. Tainan. Taiwan. pp: 257-270.

**Flowers, T. J. and Colmer, T. D. 2008.** Salinity tolerance in halophytes. **New Phytologist** 179: 945-963.

www.SID.ir

Archive of SID

**Flowers, T. J. and Yeo, A. R. 1986.** Ion relations of plants under drought and salinity. **Australian Journal of Plant Physiology** 13: 75–91.

**Golestani, M. and Pakniyat, H. 2007.** Evaluation of drought tolerance indices in sesame Lines. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science** 11: 141-150. (In Persian).

**Golkar, H., Asadi, M., Mohammadi-Nejad, G., Naghavi, H. and Nakhoda, B. 2012.** Assessment of salinity tolerance of different promising lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Advances in Applied Science Research** 3 (2): 1117-1121.

**Gregorio, G. B., Senadhira, D. and Mendoza, R. 1997.** Screening rice for salinity tolerance. IRRI. Discussion Paper No. 22. International Rice Research Institute, Philippines.

**Hosseini, S. J., Tahmasebi, Z. and Pirdashti, H. 2012.** Screening of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for NaCl tolerance at early seedling stage. **International Journal of Agronomy and Plant Production** 3 (8): 274-283.

**Li. X. J., Yang, M. F., Zhu, Y., Liang, Y. and Shen, S. H. 2011**. Proteomic analysis of salt stress responses in rice shoot. **Journal of Plant Biotechnology** 54: 384-395.

**Maathuis, F. J. M. and Amtmann, A. 1999.** $K^+$ nutrition and $Na^+$ toxicity: The basis of cellular $K^+/Na^+$ ratios. **Annals of Botany** 84: 123-133.

**Ministry of Jehad-E-Agriculture. 2006**. Agronomic and Horticultural Production. Jehad-E-Agriculture, Deputy of Planning and Economic. Buria of Statistics and Technology. No. 85/09.

**Mirdarmansouri, S., Babaeian, N. and Bagheri, N. 2012.** Evaluation of salt tolerance in Iranian rice genotypes in hydroponic system based on salt stress tolerance and sensitivity attributes. **Iranian Journal of Field Crops Research** 9 (4): 694-703. (In Persian).

**Munns, R., James, R. A. and Lauchli, A. 2006.** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany** 57: 1025-1043.

**Roshandel, P. and Flowers. T. 2009.** The ionic effects of NaCl on physiology and gene expression in rice genotypes differing in salt tolerance. **Plant and Soil** 315: 135-147.

**Sabouri, H., Rezaei, A. and Moumeni, A. 2008.** Evaluation of salt tolerance in Iranian landrace and improved rice cultivars. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science**, 12 (45): 47-63. (In Persian).

**Salekdeh Gh., Siopongco, J., Wade, L. J., Ghareyazie, B. and Bennett, J. 2002.** A proteomic approach to analyzing drought- and salt responsiveness in rice. **Field Crops Research** 76: 199-219.

**Shannon, M. C. 1997.** Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy** 60: 87–120.

**Siahpoosh, M., Sanchez, D. H., Schlereth, A., Scofield, G. N., Furbank, R. T., Dongen, J. T. and Kopka, J. 2011**. Modification of OsSUT1 gene expression modulates the salt response of rice *Oryza sativa* cv. Taipei309. **Plant Science** 182: 101-111.

**Yeo, A. R. and Flowers, T. J. 1984.** Mechanism of salinity resistance in rice and their role as physiological criteria in plant breeding. In: Salinity tolerance in plants. Willey, New York. pp. 151-170.

**Zhang, Z. H., Liu, Q., Song, H. X., Rong, X. M. and Abdelbagi, M. I. 2010**. Responses of different rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to salt stress and relation to carbohydrate metabolism and chlorophyll content. **African Journal of Agricultural Research** 7 (1): 19-27.

www.SID.ir

*Archive of SID*

# Evaluation of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and lines with emphasis on stress tolerance indices

**Homa Izaddoost[1], Habibollah Samizadeh[2*], Babak Rabiei[3] and Shahpoor Abdollahi[4]**

1. Graduate Student of Biotechnology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, 2 and 3. Assoc. Prof. and Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, 4. Researcher, Rice Research Institute of Iran (RRII)

(Received: January 15, 2013- Accepted: August 5, 2013)

**Abstract**

To investigate salinity tolerance at seedling stage, seventeen landrace and improved genotypes of rice (*Oryza sativa* L.) were assessed in a factorial experiment based on randomized complete block design with three replicates. Four salinity levels (1.19, 4, 8 and 12 $ds.m^{-1}$) was applied in the early stage of vegetative growth. Results showed that the genotypes were significantly different for salinity tolerance score. Morphological characteristics such as stem (SL) and root (RL) length, dry weight of stem (SDW) and root (RDW), root to shoot length (RL/SL) ratio and vegetative biomass (Bi) were measured. Significant differences ($P< 0.01$) among genotypes were observed on all studied traits, indicating genetic variation among the genotypes. Mean comparisons among genotypes showed that root and shoot length decreased with increasing salinity levels. The highest and lowest shoot length belonged to Shahpasand and Hasansaraei varieties, respectively. Salinity tolerance indices showed that the highest value of STI, MP, GMP and HM belonged to Shahpasand, Sangjo and Line 416. Results of correlation coefficients among the indices and principle component analysis showed that STI, GMP and HM indices were the most suitable resistance indices. Also, results of principle component analysis and cluster analysis for clustering the studied genotypes by using of these indices exhibited that Shahpasand and Line 416 were most tolerant to salinity stress at seedling stage among the studied genotypes.

**Keywords:** Morphological characteristics, Resistance indices, Rice, Salt stress

*Corresponding author: hsamizadeh@guilan.ac.ir

*www.SID.ir*