ارزیابی تحمل به شوری در ارقام بومی و اصلاح شده برنج ایرانی

حسین صبوری[۱]، عبدالمجید رضائی*[۱] و علی مؤمنی[۲]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۱۴)

چکیده

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ برنج (۴۵ رقم بومی ایرانی، ۲۵ رقم اصلاح شده و ۵ رقم خارجی) در رابطه با تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای و تعیین شاخص‌های حساسیت و تحمل بر مبنای ماده خشک، کد ژنوتیپی و نسبت سدیم به پتاسیم آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط کنترل شده و تنش شوری (۱/۲ ، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس برمتر) در مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت اجرا شد. طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه، درصد سدیم و پتاسیم و کد ژنوتیپی بر اساس روش استاندارد مورد ارزیابی قرار گرفتند. معنی‌دار بودن تفاوت بین ارقام برای کلیه صفات مورد بررسی، وجود تنوع برای آنها را نشان داد. بالاترین و پایین‌ترین وراثت‌پذیری به‌ترتیب مربوط به طول ساقه و درصد پتاسیم بود. بررسی کد ژنوتیپی در شرایط تنش نشان داد که طارم محلی، غریب، شاه پسند مازندران و اهلمی طارم با داشتن زیست توده، طول ریشه و ساقه بیشتر و نسبت سدیم به پتاسیم کمتر جزو ارقام متحمل به شوری می‌باشند، در حالی‌که ارقام خزر، سپیدرود، IR28 وIR29 بسیار حساس به شوری بودند. ارقام طارم محلی، اهلمی طارم، رشتی و لاین ۵ چپرسر کمترین شاخص‌های تحمل، میانگین تولید، حساسیت به تنش، میانگین هندسی، تحمل به تنش و میانگین هم‌ساز را برای کد ژنوتیپی داشتند، در حالی‌که شاخص‌های مذکور برای ارقام خزر و سپیدرود بالا بودند. تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر ارقام ایرانی را به سه گروه تفکیک کرد. گروه متحمل دارای میانگین کد ژنوتیپی، درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم کم و وزن خشک ریشه، ساقه، زیست توده، طول ساقه و ریشه زیاد بودند. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، می‌توان از ارقام متحمل به منظور تلاقی و تهیه جمعیت‌های مناسب برای برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، شاخص‌های تحمل و حساسیت، تجزیه خوشه‌ای، برنج

مقدمه

شوری خاک به‌دلیل ایجاد سمیت و جلوگیری از جذب آب و عناصر یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های رشد گیاهان زراعی محسوب می‌شود و به‌عنوان مشکل بزرگ کشاورزی آبی است. حدود ۳۸۰ میلیون هکتار اراضی شور در دنیا وجود دارد که بیشتر آن در آسیاست (۳).

برنج بعد از گندم مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا به‌شمار می‌رود و غذای ۴۰ تا ۵۰ درصد از مردم جهان را تشکیل می‌دهد. زارعین برنج‌کار به‌دلیل رشد سریع جمعیت و تبدیل زمین‌های حاصل‌خیز برنج به اماکن صنعتی و مسکونی، به استفاده از زمین‌های کم بازده و از جمله اراضی شور روی آورده‌اند. در اکثر مواقع آب مورد استفاده در برنج نیز حاوی بسیاری از

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق دکتری و استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: am.rezai@cc.iut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

نمک‌های غیر محلول به‌خصوص نمک‌های سدیم و کلراید می‌باشد. علاوه بر این تبخیر و تعرق زیاد در طول دوره رشد، مشکل شوری را برای کشت برنج تشدید می‌کند (۹).

اثرات شوری روی گیاهان پیچیده می‌باشد. بسیاری از گیاهان متحمل به شوری با اعمالی چون تجمع نمک در بافت‌ها و کاهش پتانسیل اسمزی خود نسبت به پتانسیل اسمزی خاک و یا تجمع نمک در واکوئل‌ها یا دیگر اجزای ذخیره کننده در برابر شوری مقاومت می‌کنند و اثرات مضر آن را کاهش می‌دهند، اما اکثر ارقام برنج فاقد یک یا چند ساز و کار یاد شده هستند (۱۰). از طرف دیگر توانایی پایین برنج در کاهش تعرق از طریق روزنه‌ها مشکل آن را در مواجهه با شوری دوچندان می‌کند (۹). اثرات شوری روی گیاه برنج ناشی از تنش‌های اسمزی و اثرات یون‌های ویژه یا سمیت یون‌ها می‌باشد. اثر اولیه شوری، در غلظت‌های متوسط شوری، از تنش اسمزی ناشی می‌شود و با افزایش غلظت یون‌ها در بافت‌های گیاهی، شوری روی نمو کلی گیاه اثر می‌گذارد (۲۳).

اصفهانی نشان داد که بخش کوچکی از واریانس بین درصد جوانه زنی ارقام مورد مطالعه ناشی از شوری است(۱). ژنگ یائو ژانگ و همکاران (۲۷) با آزمایش ۳۵۷ رقم برنج ایندیکا و ژاپونیکا از ۱۰ کشور آسیایی و ۵ کشور شرق آفریقا، تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای را در شوری ۱/۵ درصد کلرور سدیم گزارش نمودند. آنها گزارش نمودند که ارقام ایندیکا متحمل‌تر از ارقام ژاپونیکا می‌باشند. این نتیجه‌گیری براساس صفات مرفولوژیک و الگوی آیزوزایم استراز نیز تأئید شد. لی و همکاران در بررسی ۳۴ رقم از فیلیپین گزارش نمودند که ارقام ایندیکا بسیار متحمل‌تر از ارقام ژاپونیکا هستند(۱۵).

گیاهچه‌های برنج در مرحله ۱ تا ۲ برگی به شوری بسیار حساس می‌باشند (۱، ۸ و ۱۷). با بررسی عکس‌العمل گیاهچه‌های ۱۰ تا ۱۴ روزه در برابر شوری ۵۰ تا ۷۰ میلی‌مولار مشخص شده است که دلیل مرگ اکثر ارقام برنج در مرحله گیاهچه به‌علت تجمع زیاد نمک در برگ‌هاست (۱۰). فلاورز (۱۰) گزارش نمود که بین بوته‌های مختلف یک رقم برنج نیز علی‌رغم خودگشنی تنوع برای تحمل به شوری در مرحله گیاهچه وجود دارد. سوجاتا و همکاران (۲۱) در مطالعه‌ای گلخانه‌ای و با محلول هوگلند در شوری‌های ۰، ۰/۲۵، ۷۵/۵ و ۱۰۰ درصد نمک طعام، نشان دادند که درصد جوانه زنی، و میزان رشد ریشه و ساقه کاهش می‌یابد. آنها توانایی بذر، وزن خشک گیاهچه، نسبت ریشه به ساقه و مقدار پرولین برگ را به‌عنوان پارامترهای مهم در گزینش ژنوتیپ‌های برتر معرفی نمودند.

علی و آوان (۴) با بررسی اثر شوری روی گیاهچه‌های برنج نشان دادند که لاین‌های متحمل دارای نسبت ریشه به ساقه بالاتری هستند. آنها نسبت ریشه به ساقه را ویژگی مهمی‌در گزینش ارقام برای تحمل به تنش شوری معرفی نمودند.

جیان فی و همکاران (۱۳) تنوع زیادی را برای مقاومت به شوری و نسبت سدیم به پتاسیم در شوری ۰/۵ درصد گزارش نمودند. آنها تغییرات زیادی برای وزن خشک ساقه در شوری ۰/۸ درصد مشاهده کردند. هم‌چنین شوری‌های ۰/۵ و ۰/۸ درصد را بهترین میزان شوری برای سنجش تحمل گیاهچه‌ها به شوری معرفی نمودند.

لی و همکاران (۱۶) ارقام برنج ایندیکا و ژاپونیکا را از نظر تحمل به شوری با هم مقایسه نمودند. آنها مقدار جذب پتاسیم در ساقه گیاهچه‌هایی که تحت تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بودند را اندازه‌گیری نمودند. ارقام ایندیکا کاهش بیشتری را از نظر تمام خصوصیات رشد نسبت به ارقام ژاپونیکا نشان دادند. ارقام مقاوم ایندیکا مقدار سدیم را به نحو بهتری دفع نمودند آنها با جذب پتاسیم بیشتر نسبت سدیم به پتاسیم را در ساقه‌های خود پایین نگه داشتند. این محققین نشان دادند که تنها اندازه‌گیری سدیم یا پتاسیم نمی‌تواند در تفکیک ارقام متحمل و حساس مهم باشد.

زنگ و همکاران (۲۸)، با استفاده از صفات فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های برنج را ارزیابی نمودند. آنها ۱۲ ژنوتیپ برنج را در گلخانه و در گلدان‌های آبیاری شده با محلول یوشیدا ارزیابی نمودند. در این بررسی از دو سطح شوری ۴/۵ و ۸/۳

Archive of SID

www.SID.ir

دسی‌زیمنس بر متر کلرور سدیم استفاده شد. این محققین گزارش نمودند که سطح برگ درصد بالایی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند. آنها ارتباط معنی‌داری بین سطح برگ و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های حساس و متحمل گزارش نمودند. در بررسی آنها شاخص K/Na با افزایش شوری افزایش یافت در حالی‌که Na/Ca کاهش پیدا کرد. در نهایت شاخص Na/Ca برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل توصیه شد. زنگ (۲۷) در شرایط تنش شور ۰/۹ و ۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر و به کمک هم‌بستگی‌های کانونیک بین ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رشد گیاهچه نشان دادند که شاخص‌های K/Na و Na/Ca نقش مهمی‌را در واکنش گیاه به تنش شوری دارد.

حسین و همکاران (۱۲) در بررسی سازوکارهای تحمل به شوری برنج در شرایط شور نشان دادند که نسبت‌های K/Na، Ca/Mg و Ca/Na در ریشه و ساقه در مقایسه با شرایط نرمال کمتر است. آنها واکنش گیاه در جذب انتخابی یون‌های فوق را سازوکار اصلی تحمل به شوری در ارقام برنج معرفی نمودند.

شیرو و همکاران (۲۰)، ارتباط بین توزیع و تجمع سدیم و آسیب وارد شده ناشی از شوری را در برگ‌های گیاهچه‌های برنج بررسی نمودند. آنها نشان دادند که تجمع سدیم در برگ‌های مسن‌تر بیشتر است. مقدار کلروفیل در چهارمین برگ نسبت به برگ‌های دیگر کمتر بود. این مطالعه نشان داد که ارتباط بین آسیب ناشی از شوری و سن برگ قوی‌تر از ارتباط آن با غلظت سدیم در برگ‌هاست.

دیونیسوسیسی و توبیتا (۵) افزایش معنی‌داری را در نسبت سدیم به پتاسیم در لاین‌های حساس از شوری ۶ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نمودند. آنها نشان دادند که با افزایش تنش شوری سرعت انتقال کربن، هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل کاهش معنی‌داری را پیدا می‌کند.

فلاورز و یئو (۸) نشان دادند که در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر کلرور سدیم، واریانس غلظت سدیم انباشته شده در گیاهچه‌های ارقام مختلف ۶ برابر پتاسیم است. این محققین بقای گیاهچه‌های برنج را به مقدار سدیم جذب شده توسط گیاهچه‌ها مرتبط دانستند و مقدار سدیم انباشته شده را معیاری در جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری معرفی نمودند. یئووفلاورز (۲۳) نشان دادند که در تنش شوری، میزان سدیم در برگ‌های پیر بیشتر از برگ‌های جوان است.

کومار و همکاران (۱۴) با مطالعه عکس‌العمل ارقام برنج ایندیکا نشان دادند که در تنش شوری درصد جوانه‌زنی، رشد گیاه و مقدار رنگیزه کلروفیل کاهش پیدا می‌کند درحالی‌که سطوح پرولین و پراکسیداسیون چربی‌ها افزایش می‌یابد. آنها اختلاف معنی‌داری را بین ارقام ایندیکا برای صفات مذکور مشاهده نمودند. نتایج کومار و همکاران (۱۴) نشان داد که تحمل به شوری در رقم پانول به سطوح بالای پرولین و پراکسیداسیون چربی‌ها ارتباط دارد.

اگرچه مطالعات زیادی در زمینه تحمل به شوری گیاه برنج انجام شده است، اما در زمینه تحمل به شوری ارقام برنج ایرانی گزارش‌های کمی وجود دارد. لذا این پژوهش به‌منظور بررسی واکنش ژرم پلاسم برنج ایرانی در برابر تنش شوری، طبقه‌بندی ارقام برنج ایرانی از نظر تحمل به شوری و در نهایت بررسی چند سازوکار تحمل به شوری در ارقام متحمل ایران طراحی شد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ۴۵ رقم بومی، ۲۵ رقم اصلاح‌شده و ۵ رقم خارجی از برنامه‌های اصلاحی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در سال ۱۳۸۴ مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. ارقام مذکور در سه سطح شوری کلرید سدیم با هدایت الکتریکی ۱/۲ (شاهد)، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس برمتر مورد بررسی قرار گرفتند. این مرحله از آزمایش به روش گریگوریو و همکاران (۱۱) و در شرایط فایتوترون (۲۵°C در روز ، ۲۱°C در شب و رطوبت ۷۰ درصد) اجرا شد. ژنوتیپ‌ها در محلول غذایی یوشیدا (۲۵) کاشته شدند و تیمارهای شوری ۱۴ روز پس از کشت اعمال گردیدند. برای کشت از صفحه‌های یونیلیت، با ابعاد ۳۵×۲۰×۱ سانتی‌متر و سینی‌هایی به حجم ۴ لیتر استفاده گردید و

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱. نحوهٔ کدبندی ژنوتیپ‌ها در شرایط شوری

کد ژنوتیپی	مشاهده	تحمل
۱	رشد نرمال، بدون علائم برگی	بسیار متحمل
۳	رشد تقریباً نرمال، برگ‌ها در نوک سفید شده و تعداد کمی از برگ‌ها سفید و لوله‌ای	متحمل
۵	تأخیر در رشد، بسیاری از برگ‌ها لوله‌ای، تعدادی از برگ‌ها بلند	نسبتاً متحمل
۷	رشد متوقف، بسیاری از برگ‌ها خشک و تعدادی از گیاهان مرده	حساس
۹	همه گیاهان مرده و خشک	بسیار حساس

از هر رقم ۵ بذر کشت شد. محلول غذایی هر ۷ روز تعویض شد. pH محلول هفته‌ای ۳ بار کنترل و در ۵/۵ ثابت نگه داشته شد. سه هفته بعد از اعمال شوری، کد ژنوتیپی ارقام براساس دستورالعمل موسسه بین المللی تحقیقات برنج (۲۲) طبق جدول ۱ برای هر رقم مشخص شد. طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه و درصد سدیم و پتاسیم (به روش فلایم فتومتری) برای گیاهان در مرحله ۴ برگی تعیین شد. شاخص‌های زیر برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش شوری محاسبه گردیدند:

شاخص تحمل (Tolerance,TOL) روزیل وهامبلین(۱۸):

$$TOL = Y_P - Y_S \qquad [۱]$$

در این رابطه Y_P و Y_S به‌ترتیب عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش و تنش شوری می‌باشند.

شاخص میانگین تولید (Mean Productivity, MP) روزیل و هامبلین(۱۸):

$$MP = \frac{Y_P - Y_S}{۲} \qquad [۲]$$

شاخص حساسیت به تنش (Stress Sensitivity Index, SSI) فیشر و مورر(۱۸):

$$SSI = \frac{۱ - \frac{Y_S}{Y_P}}{SI} \qquad [۳]$$

$$SI = ۱ - \frac{\overline{Y_S}}{\overline{Y_P}} \qquad [۴]$$

در این رابطه $\overline{Y_S}$, $\overline{Y_P}$ به‌ترتیب میانگین عملکرد همه ارقام در شرایط بدون تنش و تنش است.

میانگین هندسی (Geometric Mean productivity, GMI) عملکرد در دو محیط(۶):

$$GMP = \sqrt{Y_P - Y_S} \qquad [۵]$$

شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index, STI) فرناندز(۶):

$$STI = \frac{Y_P}{\overline{Y_P}} \times \frac{Y_S}{\overline{Y_S}} \times \frac{Y_S}{\overline{Y_P}} = \frac{Y_P \times Y_S}{\left(\overline{Y_P}\right)^۲} \qquad [۶]$$

میانگین هم‌ساز (Harmonic Mean, HM) عملکرد در دو محیط(۲):

$$HM = \frac{۲ \times Y_P \times Y_S}{Y_P + Y_S} \qquad [۷]$$

تجزیه واریانس صفات مرتبط با گیاهچه و شاخص‌های محاسبه شده برای صفات مختلف در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس برمتر با استفاده از نرم افزار SAS (۱۹) در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی انجام شد. میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات، واریانس‌های ژنتیکی $\sigma_g^۲$ و فنوتیپی $\sigma_P^۲$ صفات مختلف طبق روابط زیر براورد گردیدند.

$$\sigma_g^۲ = \frac{MSg - MSgs}{rs} \qquad [۸]$$

$$\sigma_P^۲ = \sigma_g^۲ + \frac{\sigma_{gs}^۲}{s} + \frac{\sigma_e^۲}{rs} \qquad [۹]$$

MS_g و MS_{gs} به‌ترتیب میانگین مربعات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × شوری، r و s تعداد تکرار و سطوح شوری هستند. در نهایت وراثت‌پذیری هر کدام از صفات از نسبت واریانس ژنتیکی

Archive of SID

www.SID.ir

به فنوتیپی محاسبه شد. هم‌چنین از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی و شناسایی ارقام متحمل و حساس استفاده شد.

نتایج و بحث

اختلاف دو سطح شوری و تفاوت بین ارقام برای کلیه صفات معنی‌دار بود. این نتیجه بیانگر وجود تنوع ژنتیکی برای صفات ارزیابی شده در مرحله گیاهچه در شرایط تنش شوری در ارقام ایرانی است. با افزایش تنش شوری از سطح ۱/۲ (شاهد) به ۸ دسی‌زیمنس بر متر طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، زیست توده و درصد پتاسیم کاهش پیدا کرد، درحالی‌که درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت (جداول۲ و ۳). مقادیر وراثت‌پذیری برای کد ژنوتیپی (۶۷/۲۴)، طول ریشه(۷۴/۸۹) و طول ساقه (۹۴/۲۸)، وزن خشک ریشه(۸۲/۳۵) و وزن خشک ساقه(۷۲/۷۲)، زیست توده(۷۲/۸۱)، درصد سدیم(۶۰/۲۰) و پتاسیم(۴۱/۱۵) جذب شده و نسبت سدیم به پتاسیم(۵۳/۷۳) بالا بود. ازآنجایی‌که با بالا رفتن طول ساقه و زیست توده، کد ژنوتیپی ارقام کاهش پیدا نمود و با توجه به وراثت‌پذیری بالای آنها، می‌توان از آن در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. واکنش متفاوت ارقام در سطوح متفاوت شوری موجب شد که اثر متقابل رقم × شوری نیز برای کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار گردد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

تجزیه خوشه‌ای و کد ژنوتیپی در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر ارقام متحمل و حساس را تفکیک نمود (جدول ۴). ارقام متحمل دارای زیست توده بالایی بودند، اما از بین آنها ارقام رشتی، علی کاظمی، و میرطارم زیست توده کمتری داشتند، به‌نظر می‌رسد که این ارقام از سازوکار دیگری جهت مقابله با شوری استفاده کرده باشند. علی‌رغم این‌که ارقام بینام، موسی طارم، حسن سرایی آتشگاه، دم زرد، حسن سرایی و صدری زیست توده بالایی داشتند. از نظر کد ژنوتیپی واکنش حدواسطی به تنش نشان دادند. نتایج حاصل دلیلی بر این مدعاست که رشد گیاه نوعی سازوکار تنظیم و تحمل به تنش است. یئو و فلاورز (۲۳) بیان کردند که وقتی سرعت رشد و در نتیجه زیست توده بیشتر باشد، سلول‌های بیشتری ساخته شده و واکوئل‌های بیشتری جهت تجمع نمک وجود خواهند داشت. اختلاف بین ارقام مورد بررسی در زمانی است که تجمع نمک در واکوئل‌ها بیشتر از ظرفیت آنها جهت ذخیره‌سازی باشد. نمک‌های جذب شده از ریشه در سیتوپلاسم ایجاد سمیت کرده و با کاهش فشار تورژسانس، گسترش سلول و رشد متوقف می‌شود. شوری از رشد طولی ساقه و برگ ممانعت می‌کند، به همین دلیل اولین علائم شوری کاهش گسترش برگ‌ها و نهایتاً مرگ بافت است. کاهش وزن خشک ساقه و ریشه می‌تواند در اثر خسارت کلر به اندام‌های هوایی و خسارت سدیم به ریشه ارقام حساس باشد(۹).

ارقام متحمل و نسبتاً متحمل (جدول ۵) طول ریشه بیشتری داشتند. به‌نظر می‌رسد این ارقام سطح بیشتری از ریشه برای جذب آب داشته باشند. مقایسه میانگین‌ها برای نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد که از بین ارقام متحمل (جدول ۵) غریب،شاه پسند مازندران، طارم محلی، اهلمی طارم و رشتی اختلاف معنی‌داری با رقم شاهد متحمل ندارند. هم‌چنین ارقامی‌که واکنش حدواسطی داشتند دارای نسبت سدیم به پتاسیم پایینی بودند.

اکثر ارقام متحمل و نسبتاً متحمل دارای طول ساقه بالایی بودند، اما برخی از این ارقام مانند شاه‌پسند طول ریشه بالا و برخی مانند اهلمی طارم طول ریشه کوتاهی داشتند. ریشه و ساقه واکنش‌های متفاوتی را در مواجهه با تنش شوری از خود نشان می‌دهند.

تنوع بین ارقام مورد بررسی برای طول ریشه، وزن خشک ریشه و ساقه و زیست توده در شرایط بدون تنش بیشتر از شرایط تنش بود، در حالی‌که برای درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم تنوع در شرایط تنش بیشتر بود. از آنجا که شرایط بهتری برای رشد در شرایط بدون تنش و تنش کم فراهم است، صفات وابسته به رشد و فتوسنتز (زیست توده) تنوع بیشتری را در این شرایط نشان می‌دهند. درصد پتاسیم در ۴ دسی‌زیمنس بر متر بالاترین تنوع را داشت، ولی در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر تنوع (۱۸) کمتری نسبت به شرایط بدون تنش برای آن مشاهده شد. تنوع بین ارقام از نظر نسبت سدیم به پتاسیم در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر بود. تنوع بالاتر وزن

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲. میانگین و دامنه صفات گیاهچه در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و شرایط نرمال

صفت و شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	میانگین	دامنه	صفت و شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	میانگین	دامنه
طول ریشه (سانتیمتر)			زیست توده (گرم)		
نرمال	۹/۶۰۲±۰/۱۷۸	(سیه رود آذربایجان شرقی)۶/۱۷-(بجار)۱۲/۹۳	نرمال	۰/۹۲۳±۰/۰۲۶	(IR29)۰/۴۵۹-(شاه پسند)۱/۳۸۵
۴	۷/۹۹۸±۰/۱۴۰	(طارم معمولی لرستان)۴/۶۷-(IR28)۱۰/۵	۴	۰/۵۹۱±۰/۰۱۷	(IR29)۰/۲۶۷-(شاه پسند مازندران)۱/۰۸
۸	۶/۷۲۴±۰/۱۴۷	(سیه رود آذربایجان شرقی)۴/۲۳-(آمل ۳)۹/۵	۸	۰/۴۷۴±۰/۰۱۳	(لاین ۲۲۹)۰/۲۸۷-(پوکالی)۰/۹۴۹
طول ساقه (سانتی‌متر)			درصد سدیم		
نرمال	۴۱/۲۶±۰/۷۷۳	(درفک)۲۸/۰۷-(شاه پسند مازندران)۵۳/۰۷	نرمال	۰/۱۸۹±۰/۰۰۶	(IR29)۰/۱۱-(طارم منطقه)۰/۴۶
۴	۲۹/۹۴±۰/۸۶۲	(نعمت)۱۵/۳۳-(غریب)۴۴/۵	۴	۲/۶۹۲±۰/۰۶۲	(طارم امیری)۱/۷۳-(چمپا بودار)۴/۷۵
۸	۲۵/۵۷±۰/۶۸۵	(زاینده رود)۱۴/۶۰-(رشتی) ۳۶	۸	۳/۵۰۳±۰/۰۵۸	(پوکالی)۲/۵۵-(IR28)۵/۳۷
وزن خشک ریشه (گرم)			درصد پتاسیم		
نرمال	۰/۰۹۸±۰/۰۲۰	(سیه رود آذربایجان شرقی)۰/۰۶۲-(شاه پسند)۰/۱۴۶	نرمال	۴/۵۶۰±۰/۰۳۸	(فجر)۳/۸۸-(غریب)۵/۴۵
۴	۰/۰۵۹±۰/۰۰۱	(سیه رود آذربایجان شرقی)۰/۰۳۳-(پوکالی)۰/۰۹۷	۴	۳/۶۲۵±۰/۰۴۲	(رشتی سرد)۲/۸۶-(شاه پسند مازندران)۴/۴۴
۸	۰/۰۴۵±۰/۰۰۱	(فجر)۰/۰۲۶-(شاه پسند)۰/۰۷۷	۸	۳/۴۶۳±۰/۰۳۱	(پویا)۲/۹۷-(غریب)۳/۹۶
وزن خشک ساقه (گرم)			نسبت سدیم به پتاسیم		
نرمال	۰/۸۲۵±۰/۰۲۳	(لاین ۷۲۶۵)۰/۴۹۵-(دشت)۱/۲۴۳	نرمال	۰/۰۴۲±۰/۰۰۱	(شاه پسند)۰/۰۲-(IR28)۰/۰۹
۴	۰/۵۳۳±۰/۰۱۵	(غریب سیاه ریحانی)۰/۳۵۵-(شاه پسند مازندران)۱/۰۰۲	۴	۰/۷۴۵±۰/۰۱۵	(غریب)۰/۴۹-(سپیدرود)۱/۲
۸	۰/۴۲۳±۰/۰۱۳	(طارم پاکوتاه)۰/۲۳۷-(پوکالی)۰/۶۴۷	۸	۱/۰۱۶±۰/۰۱۸	(موسی طارم)۰/۶۷-(خزر)۱/۵۲

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳. میانگین و دامنه شاخص‌های تحمل و حساسیت برای صفات گیاهچه در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر

صفت	۴ دسی‌زیمنس بر متر		صفت	۸ دسی‌زیمنس بر متر	
شاخص	میانگین	دامنه	شاخص	میانگین	دامنه
کد ژنوتیپی			کد ژنوتیپی		
MP	۸/۸۰۴±۰/۱۴۲	(سیه رود آذربایجان شرقی)۵/۹۵–(فجر)۱۱/۳	MP	۸/۱۸۶±۰/۱۳۹	(دم سفید)۵/۷۹۰–(آمل ۳)۱۰/۶۷
TOL	۱/۶۱۸±۰/۱۴۹	(لاین ۲۲۹ و حسن سرایی پیچیده غلاف) ۰–(کادوس)۴/۷	TOL	۲/۸۵۰±۰/۱۶۷	(سیه رود آذربایجان شرقی)۱/۰۷+(لاین ۲)۷/۸۳
SSI	۰/۹۲۴±۰/۰۸	(لاین ۲۲۹ و حسن سرایی پیچیده غلاف)۰/۱۴– (دیلمانی)۲/۵۳	SSI	۰/۹۶۴±۰/۰۴۹	(سیه رود آذربایجان شرقی)۰/۵۸+(لاین ۲)۲/۱۵
STI	۰/۸۴۴±۰/۰۲۶	(طارم معمولی لرستان وسیه رود)۰/۳۹–(فجر)۱/۳۵	STI	۰/۷۱۴±۰/۰۲۴	(دم سفید)۰/۳۵–(آمل ۳)۱/۲۱
GMP	۰/۸۷۵±۰/۱۴۱	(طارم معمولی لرستان)۵/۹۱–(فجر)۱۱/۱۹	GMP	۸/۰۲۷±۰/۱۳۸	(غریب)۵/۵۹–(آمل ۳)۱۰/۵۷
HM	۰/۸۶۷±۰/۱۴	(طارم معمولی لرستان)۵/۷۲–(فجر)۱۱/۰۸	HM	۷/۵۷±۰/۱۳۹	(دم سفید)۵/۵۶–(آمل ۳)۱۰/۴۹
زیست توده			زیست توده		
MP	۰/۷۵۴±۰/۰۹۱	(دم سرخ)۰/۴۹–(شاه پسند مازندران)۱/۱۵	MP	۰/۶۹۶±۰/۰۱۷	(IR29)۰/۴۳–(بینام) ۱
TOL	۰/۳۲۹±۰/۰۱۸	(IR29)۰/۱۲–(طارم معمولی لرستان)۰/۷۲	TOL	۰/۴۵۵±۰/۰۱۹	(لاین ۷، SHZ2)۰/۲–(شاه پسند)۰/۸۵
SSI	۰/۹۷۰±۰/۰۳۵	(شاه پسند مازندران)۰/۳۲–(غریب سیاه ریحانی)۱/۷۳	SSI	۰/۹۷۹±۰/۰۲۲	(حسن سرایی آتشگاه)۰/۴۶–(طارم امیری)۱/۳۵
STI	۰/۶۶۸±۰/۰۳۴	(SHZ2)۰/۲۷–(شاه پسند مازندران)۱/۵۵	STI	۰/۵۲۴±۰/۰۲۵	(IR29)۰/۱۸–(پوکالی و بینام)۱/۰۷
GMP	۰/۷۳۶±۰/۰۱۸	(SHZ2)۰/۴۸–(شاه پسند مازندران)۱/۱۵	GMP	۰/۶۵۴±۰/۰۱۶	(IR29)۰/۳۹–(پوکالی و بینام)۰/۹۵
HM	۰/۷۱۴±۰/۰۱۸	(SHZ2)۰/۴۷–(شاه پسند مازندران)۱/۱۵	HM	۰/۶۱۵±۰/۰۱۵	(IR29)۰/۳۶–(پوکالی و بینام)۰/۹۱
نسبت سدیم به پتاسیم			نسبت سدیم به پتاسیم		
MP	۰/۳۹۴±۰/۰۰۸	(غریب)۰/۲۶–(سپید رود)۰/۶۲	MP	۰/۵۲۸±۰/۰۰۹	(موسی طارم)۰/۳۵–(خزر)۰/۷۸
TOL	۰/۹۴۴±۰/۰۴۸	(گیل ۳)۰/۰۸–(قصرالدشتی)۲/۳۳	TOL	−۰/۹۷۴±۰/۰۱۷	(خزر)۱/۴۸+(موسی طارم)۰/۶۲–
SSI	۱/۰۵۹±۰/۰۳۷	(IR28)۰/۵۴–(دشت)۲/۵۳	SSI	۱/۰۶۱±۰/۰۳۳	(SHZ2)۰/۵۱–(دشت)۲/۰۹
STI	۱۸/۳۷۱±۰/۹۰۳	(طارم منطقه)۷/۵۷–(IR29)۵۸/۰۳	STI	۲۴/۹۹۶±۱/۲۶۹	(پوکالی وطارم محلی)۱۲/۰۵–(IR29)۸۰/۸۶
GMP	۰/۱۷۴±۰/۰۰۴	(طارم منطقه)۰/۱۱–(IR29)۰/۳۲	GMP	۰/۲۰۳±۰/۰۰۴	(پوکالی و طارم محلی)۰/۱۴–(IR29)۰/۳۷
HM	۰/۰۷۸±۰/۰۰۲	(طارم منطقه ودشت)۰/۰۴–(IR29)۰/۱۸	HM	۰/۰۸±۰/۰۰۲	(طارم منطقه ودشت)۰/۰۴–(IR29)۰/۱۸

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. طبقه‌بندی ارقام براساس تجزیه خوشه‌ای و کد ژنوتیپی

رقم	تجزیه خوشه‌ای*	واکنش کد ژنوتیپی		رقم	تجزیه خوشه‌ای*	واکنش کد ژنوتیپی	
		۴ دسی‌زیمنس برمتر	۸ دسی‌زیمنس برمتر			۴ دسی‌زیمنس برمتر	۸ دسی‌زیمنس برمتر
بینام	متحمل ۱، ۲ و ۳*	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	ساحل	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	حساس
حسن سرایی آتشگاه	متحمل ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	شفق	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	حساس
قصرالدشتی	متحمل ۱، ۲ و ۳	متحمل	متحمل	فجر	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
اهلمی طارم	متحمل ۱، ۲ و ۳	متحمل	متحمل	آمل ۱	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
رشتی	متحمل ۱، ۲ و ۳	متحمل	متحمل	آمل ۲	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	حساس
طارم محلی	متحمل ۱، ۲ و ۳	متحمل	متحمل	آمل ۳	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
پوکالی	متحمل ۱، ۲ و ۳	بسیار متحمل	بسیار متحمل	محمدی چپر سر	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
موسی طارم	متحمل ۱، ۲ و ۳	متحمل	نسبتاً متحمل	ندا	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
دم زرد	متحمل ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	دشت	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
غریب	متحمل ۱، ۲ و ۳	بسیار متحمل	متحمل	ابجی بوجی	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
شاه پسند مازندران	متحمل ۱، ۲ و ۳	متحمل	متحمل	لاین ۷۱۶۵	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
علی کاظمی	متحمل ۱ و ۳، حدواسط	متحمل	متحمل	لاین ۵ چپرسر	حدواسط ۱، ۲ و ۳	متحمل	متحمل
هاشمی	متحمل ۱ و ۳، حدواسط	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	طارم معمولی لرستان	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
گرده	متحمل ۱ و ۳، حدواسط	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	هراز	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
حسنی	متحمل ۱ و ۳، حدواسط	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	دم سیاه	حدواسط ۱، ۲ و ۳	متحمل	نسبتاً متحمل
شاه پسند	متحمل ۱ و ۳، حدواسط	متحمل	متحمل	طارم پاکوتاه	حدواسط ۱، ۲ و ۳	متحمل	متحمل
طار م منطقه	متحمل ۱ و ۳، حدواسط	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	تابش	حدواسط ۱، ۲ و ۳	متحمل	نسبتاً متحمل
دم سفید	متحمل ۱ و ۳، حدواسط	متحمل	متحمل	لاین ۲	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
صدری	متحمل ۲ و ۳، حدواسط	متحمل	نسبتاً متحمل	دیلمانی	حدواسط ۱، ۲ و ۳	متحمل	متحمل
حسن سرایی	متحمل ۲ و ۳، حدواسط	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	گیل ۳	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
زیره	متحمل ۲ و ۳، حدواسط	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	گیل ۱	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	حساس
سالاری	متحمل ۲، حدواسط ۱ و	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	چمپابودار	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
دم سرخ	متحمل ۲، حدواسط ۱ و	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	پویا	حدواسط ۱، ۲ و ۳	متحمل	نسبتاً متحمل
زاینده رود	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	قشنگه	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
نوگران	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	کادوس	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
سازندگی	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	میر طارم	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
نعمت	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	متحمل	عنبر بوایلام	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
گرده لنجان	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	طارم امیری	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
LD	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	عنبربو	حدواسط ۲ و ۳،	نسبتاً متحمل	حساس
سیه رود آذربایجان	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	درفک	حدواسط ۲ و ۳،	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
SHZ2	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	حسن سرایی پیچیده	حدواسط ۲ و ۳، متحمل	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
لاین ۲۲۹	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	رشتی سرد	حدواسط ۲ و ۳، متحمل	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
اوندا	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	بجار	حدواسط ۲و متحمل ۱	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل
لاین ۷۱۶۲	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	خزر	حساس ۱،۲ و ۳	حساس	بسیار حساس
لاین ۷	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	IR29	حساس ۱،۲ و ۳	نسبتاً متحمل	حساس
غریب سیاه ریحانی	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	IR29	حساس ۱،۲ و ۳	نسبتاً متحمل	حساس
سنگ طارم	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل	سپیدرود	حساس ۱،۲ و ۳	متحمل	حساس
مهر	حدواسط ۱، ۲ و ۳	نسبتاً متحمل	نسبتاً متحمل				

* ۱، ۲ و ۳: به‌ترتیب بر نتیجه تجزیه خوشه‌ای براساس واکنش در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمی‌نس و هر دو سطح شوری دلالت دارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. میانگین صفات در گروه‌های تشکیل شده از تجزیه خوشه‌ای در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و هر دو سطح شوری

صفت	۴ دسی‌زیمنس بر متر			۸ دسی‌زیمنس بر متر			متوسط		
	متحمل	حدواسط	حساس	متحمل	حدواسط	حساس	متحمل	حدواسط	حساس
کد ژنوتیپی	۳/۵۳ c	۴/۴۳ b	۵/۶۷ a	۳/۸۸ c	۴/۸۲ b	۷/۵ a	۳/۶۳ c	۴/۶۲ b	۶/۴۴ a
وزن خشک ریشه	۰/۰۸ a	۰/۰۵ c	۰/۰۶ b	۰/۰۵ a	۰/۰۴ b	۰/۰۳ b	۰/۰۷ a	۰/۰۵ b	۰/۰۵ b
وزن خشک ساقه	۰/۷۱ a	۰/۴۸ b	۰/۴۴ b	۰/۵۷ a	۰/۳۹ b	۰/۳۱ c	۰/۶۳ a	۰/۴۳ b	۰/۳۹ b
زیست توده	۰/۷۵ a	۰/۵۳ b	۰/۴۷ b	۰/۶۴ a	۰/۴۳ b	۰/۳۸ b	۰/۷۰ a	۰/۴۸ b	۰/۴۴ b
طول ریشه	۷/۷۹ a	۸/۰۱ a	۸/۵۳a	۶/۴۸ a	۶/۷۷ a	۶/۹۸ a	۷/۳۰ a	۷/۳۳ a	۷/۸۴ a
طول ساقه	۳۶/۲۴ a	۲۸/۵۳ b	۲۱/۷۶c	۳۱/۴۳ a	۲۴/۴۴ b	۱۷/۶۵ b	۳۳/۸۲ a	۲۶/۳۹ b	۲۱/۲ c
درصد سدیم	۲/۴۲ b	۲/۶۳ b	۴/۰۸a	۳/۱ c	۴/۰۸ a	۴/۰۹ a	۲/۷۹ c	۳/۰۶ b	۳/۲ a
درصد پتاسیم	۳/۶ b	۳/۵۹ b	۳/۹۵a	۳/۹۵ a	۳/۹۵ a	۳/۴۰ b	۳/۹۵ a	۳/۵۳ b	۳/۵۷ a
نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۶۸ b	۰/۷۳ b	۱/۰۲a	۰/۸۷ c	۱/۰۳ b	۱/۴۳ a	۰/۷۹ c	۰/۸۸ b	۱/۲ a

برای هر صفت میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده‌اند و تفاوت هر دو میانگین که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند معنی‌دار نیست.

خشک ساقه نسبت به ریشه در شرایط تنش (هم‌چنین طول ساقه نسبت به طول ریشه) نشان داد که گیاه در تنش‌های پایین‌تر، از سازوکارهای مرتبط با ریشه مانند استفاده از موانعی مانند غشای سلول‌های سطح ریشه یا غشای سلول‌های پارانشیمی‌بین ریشه و ساقه (ناحیه طوقه) برای جلوگیری از ورود سدیم استفاده می‌کند، ولی اختلاف بین ارقام متحمل و حساس نسبت به تنش شوری از نظر اندام‌های هوایی در تنش‌های بالاتر ظاهر می‌شود.

اکثر ارقام متحمل و نسبتاً متحمل به تنش شوری در مرحله گیاهچه (غریب، شاه پسند مازندران، طارم محلی، اهلمی طارم و پوکالی) از ارقام پابلند و دارای زیست توده زیاد و نسبت سدیم به پتاسیم پایینی بودند. غلظت یون سدیم در اندام‌های هوایی ارقام متحمل و نسبتاً متحمل (جدول ۵) به مراتب کمتر از ارقام حساس IR29، IR28، خزر و سپیدرود بود. علاوه بر این، ارقامی چون موسی طارم، دم زرد، شاه پسند مازندران، علی کاظمی و اهلمی طارم با داشتن زیست توده بالا توانستند با رقیق سازی یون سدیم در اندام‌های خود واکنش بهتری به شوری داشته باشند. اصفهانی (۱) و یئو و فلاورز (۲۳) معتقدند که ارقامی که مقدار کمتری یون سدیم و با غلظت کمتر در اندام‌های هوایی خود انباشته می‌کنند، از سازوکار رقیق سازی نمک و تجمع آن در واکوئل‌ها برخوردارند و موفق می‌شوند که از اثرات سوء نمک تا حدودی مصون بمانند. یکی از دلایل تحمل بیشتر ارقام پابلند مانند پوکالی نیز همین مکانسیم است (۱). اصفهانی (۱) گزارش نمود که ارقام پابلند، برگ‌های ضخیم و باریک‌تر و نسبت سطح برگ کمتری دارند. برگ‌های ضخیم‌تر دارای بافت پارانشیمی‌بیشتر و تعداد واکوئل بیشتری هستند و در نتیجه بهتر می‌توانند نمک‌ها را در واکوئل ذخیره کنند. یئو و فلاورز (۲۳) گزارش نمودند که ارقام متحمل، نمک را جذب، اما آن را در واکوئل‌های سلول‌های برگ انباشته می‌کنند و در نتیجه از صدمات نمک اضافی مصون می‌مانند. این امر در نتیجه فعالیت ناقل‌های آنتی پورتر سدیم – پروتون در سطح تونوپلاست می‌باشد.

علی‌رغم این‌که تنوع برای جذب پتاسیم در ارقام برنج نسبتاً پایین بود، اما غلظت یون پتاسیم در ارقام متحمل بیشتر از ارقام حساس بود. به‌عنوان مثال غلظت یون پتاسیم در ارقام پوکالی، غریب، طارم محلی، رشتی و شاه پسند مازندران بیشتر از ارقام حساس IR29، خزر و سپیدرود بود. به‌نظر می‌رسد سازوکار تحمل در ارقام غریب، طارم محلی، اهلمی طارم، شاه پسند مازندران ، قشنگه و رشتی ظرفیت جذب پتاسیم بالا و جلوگیری از خسارت‌های ناشی از جذب یون سدیم باشد. پتاسیم یکی از عناصری است که در شرایط تنش شوری در گیاهان متحمل

Archive of SID

www.SID.ir

انباشته می‌شود. پتاسیم به‌عنوان یک عنصر پرمصرف در گیاهان عالی، در هموستازی آنزیم‌ها، تنظیم آماس سلولی، توازن بار الکتریکی سلول، حرکات برگ و ساخته شدن پروتئین نقش دارد (۲۰ و ۲۳). پتاسیم یک تنظیم کننده اسمزی می‌باشد و در صورت فراهم بودن در خاک توسط ریشه‌ها جذب شده و باعث کاهش پتانسیل اسمزی (پتانسیل آب) محیط داخل سلول می‌شود، و در نتیجه تلفات آب از گیاه کاهش می‌یابد. یکی از اثرات شوری می‌تواند از دست رفتن وظایف یون پتاسیم در برگ‌های گیاه باشد (۱۰). تنوع در جذب سدیم بیشتر از پتاسیم بود و این نشان می‌دهد که احتمالاً در ارقام ایرانی سازوکار جلوگیری از جذب سدیم، نسبت به جذب پتاسیم بیشتر برای خنثی سازی اثر سدیم، ارجح‌تر باشد و بیشتر ارقام ترجیح می‌دهند که یون سدیم را جذب نکنند، تا این‌که پس از جذب اثر آن را با پتاسیم خنثی نمایند. سازوکارهایی که سعی در خنثی نمودن اثر یون سدیم جذب شده دارند، بخش عمده‌ای از انرژی مورد نیاز گیاه برای فتوسنتز و رشد را مصرف می‌کنند، در نتیجه موجب کاهش عملکرد و زیست توده خواهند شد.

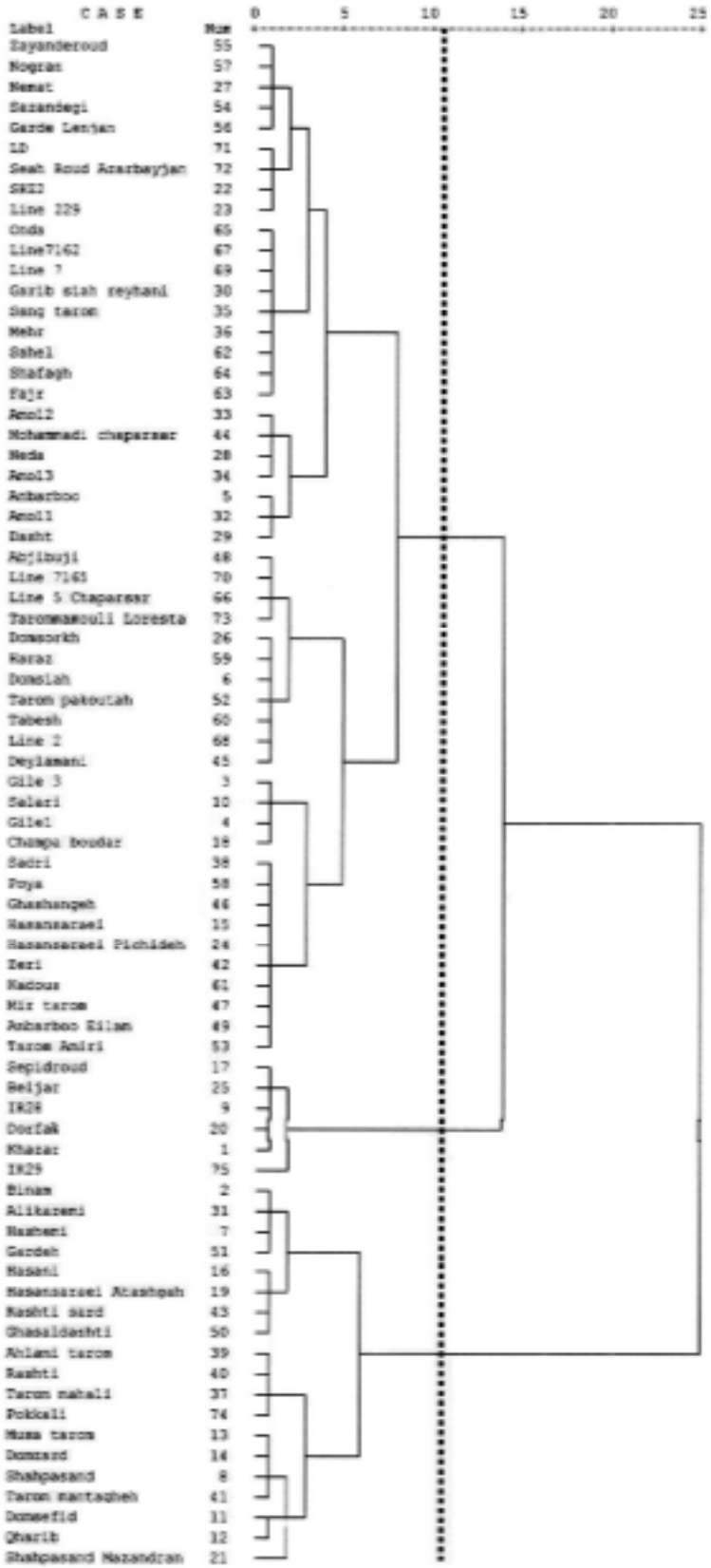
تفاوت بین ارقام برای شاخص تحمل به تنش، میانگین هندسی، شاخص حساسیت به تنش و میانگین تولید از نظر کد ژنوتیپی، زیست توده و نسبت سدیم به پتاسیم معنی‌دار بود. تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای میانگین هم‌ساز همه صفات جز کد ژنوتیپی در ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود. میانگین و دامنه شاخص‌های حساسیت و تحمل برای زیست توده، کد ژنوتیپی و نسبت سدیم به پتاسیم در جدول ۳ آمده است. ارقام متحمل پایین‌ترین شاخص تحمل، میانگین تولید، حساسیت به تنش، میانگین هندسی، تحمل به تنش و میانگین هم‌ساز را برای کد ژنوتیپی در شرایط ۴ و ۸ دسی‌زیمنس برمتر داشتند، در حالی‌که شاخص‌های مذکور برای ارقام حساس (جدول ۵) بالا بود. رقم خزر در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر شاخص تحمل بیشتری از شاهدهای حساس IR28 و IR29 داشت. مقدار بالای شاخص تحمل برای کد ژنوتیپی، حساسیت بیشتر به تنش را نشان می‌دهد. به‌نظر می‌رسد، با انتخاب بر مبنای این شاخص در شرایط تنش بتوان به ارقامی‌دست یافت که تحمل بیشتر به تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای داشته باشند. ارقام متحمل از نظر شاخص میانگین تولید، میانگین هندسی، شاخص تحمل به تنش و میانگین هم‌ساز زیست توده بالاتری نسبت به سایر ارقام داشتند، درحالی‌که ارقام حساس از نظر شاخص‌های مذکور پایین بودند. علی‌رغم این‌که ارقام حساسی مانند IR28، IR29، خزر و سپیدرود دارای کد ژنوتیپی بالایی بودند، شاخص تحمل برای زیست توده در آنها پایین‌تر از ارقام متحمل پوکالی، علی کاظمی، غریب، شاه پسند مازندران و رشتی بود و این از مشکلات شاخص تحمل است. از بین ارقام متحمل، اهلمی طارم، طارم پاکوتاه و حسن سرایی آتشگاه شاخص تحمل زیست توده پایینی داشتند. در بین شاخص‌های محاسبه شده در پتانسیل‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس برمتر، شاخص‌های تحمل به تنش، میانگین هندسی، میانگین تولید و میانگین هم‌ساز برای زیست توده طبقه‌بندی منطبق‌تری از ژنوتیپ‌ها را با گروه‌بندی کد ژنوتیپی نشان دادند، درحالی‌که شاخص تحمل و حساسیت به تنش نتوانستند، طبقه‌بندی مناسبی که با کد ژنوتیپی مطابقت داشته باشد ارائه دهند. از بین شاخص‌های مذکور، شاخص تحمل به تنش بهتر از سایر شاخص‌ها بین ارقام تمایز ایجاد کرد.

شاخص‌های تحمل و حساسیت برای نسبت سدیم به پتاسیم در شرایط ۴ دسی‌زیمنس برمتر نتوانستند ارقام حساس و متحمل را از هم متمایز کنند، درحالی‌که در شرایط ۸ دسی‌زیمنس برمتر، ارقام حساس و متحمل به وضوح از هم متمایز شدند. در شرایط ۸ دسی‌زیمنس برمتر ارقام خزر، IR28، سپیدرود و IR29، شاخص‌های میانگین تولید، تحمل، تحمل به تنش و میانگین هندسی برای نسبت سدیم به پتاسیم بالا بود، درحالی‌که ارقام متحمل از نظر شاخص‌های مذکور مقادیر پایین‌تری را داشتند، بنابراین هرچه تنش شوری بالاتر باشد، شاخص‌های مذکور بهتر می‌توانند تمایز بین ارقام را آشکار سازند.

نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس صفات گیاهچه‌ای در شوری ۴ دسی‌زیمنس برمتر و میانگین صفات در دو سطح شوری در جداول ۴ و ۵ آمده است. نمودار خوشه‌ای در شرایط ۴ دسی‌زیمنس برمتر (شکل ۱) نشان داد که کلیه ارقام

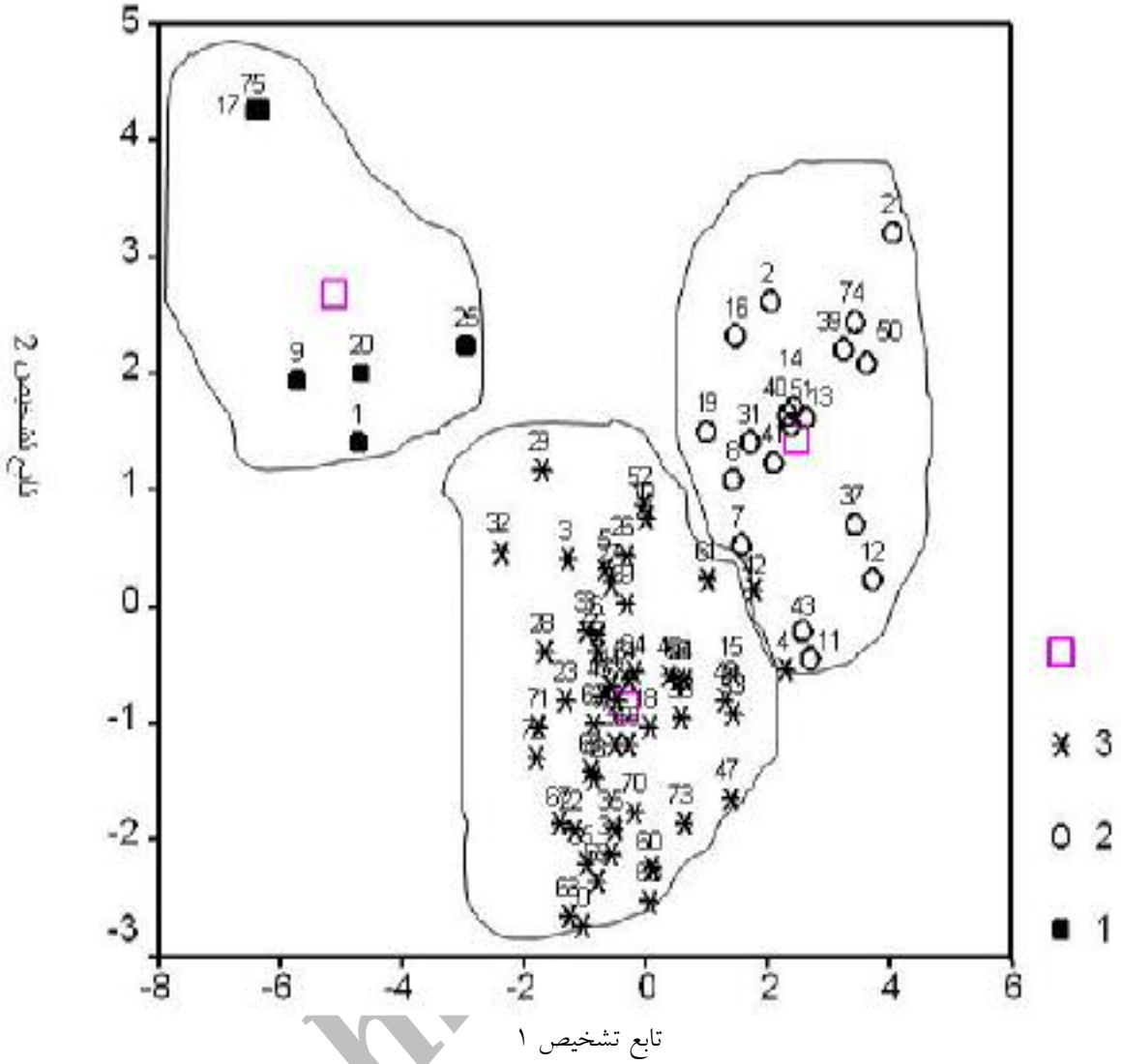
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. دندروگرام تجزیه خوشه‌ای ارقام برنج به روش Ward در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر براساس صفات گیاهچه‌ای

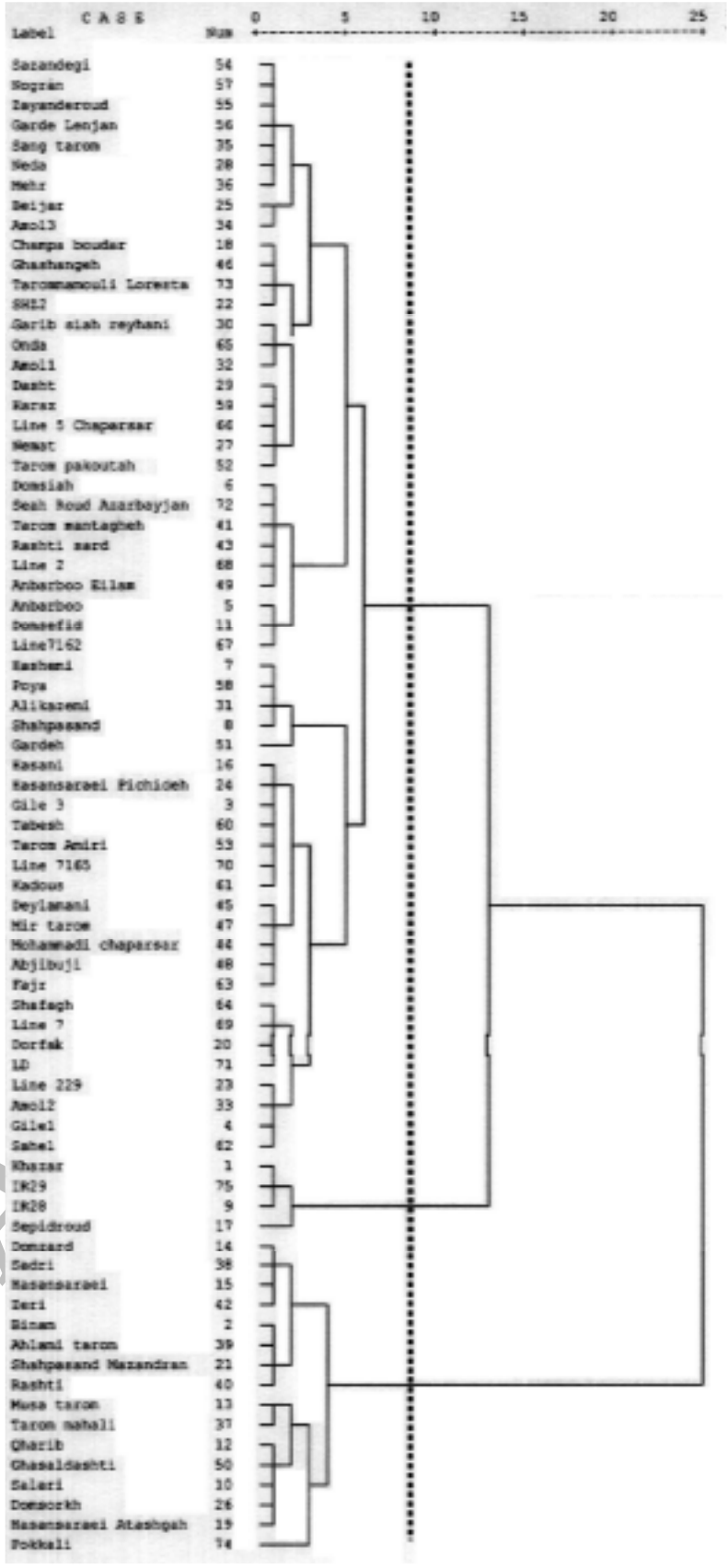
www.SID.ir



شکل۲. نمودار تابع تشخیص در نقطه برش انتخاب شده در دندروگرام مربوط به شوری ۴ دسی زیمنس بر متر براساس صفات گیاهچه‌ای. نام ژنوتیپ‌ها بر حسب شماره در شکل ۱ آمده است.

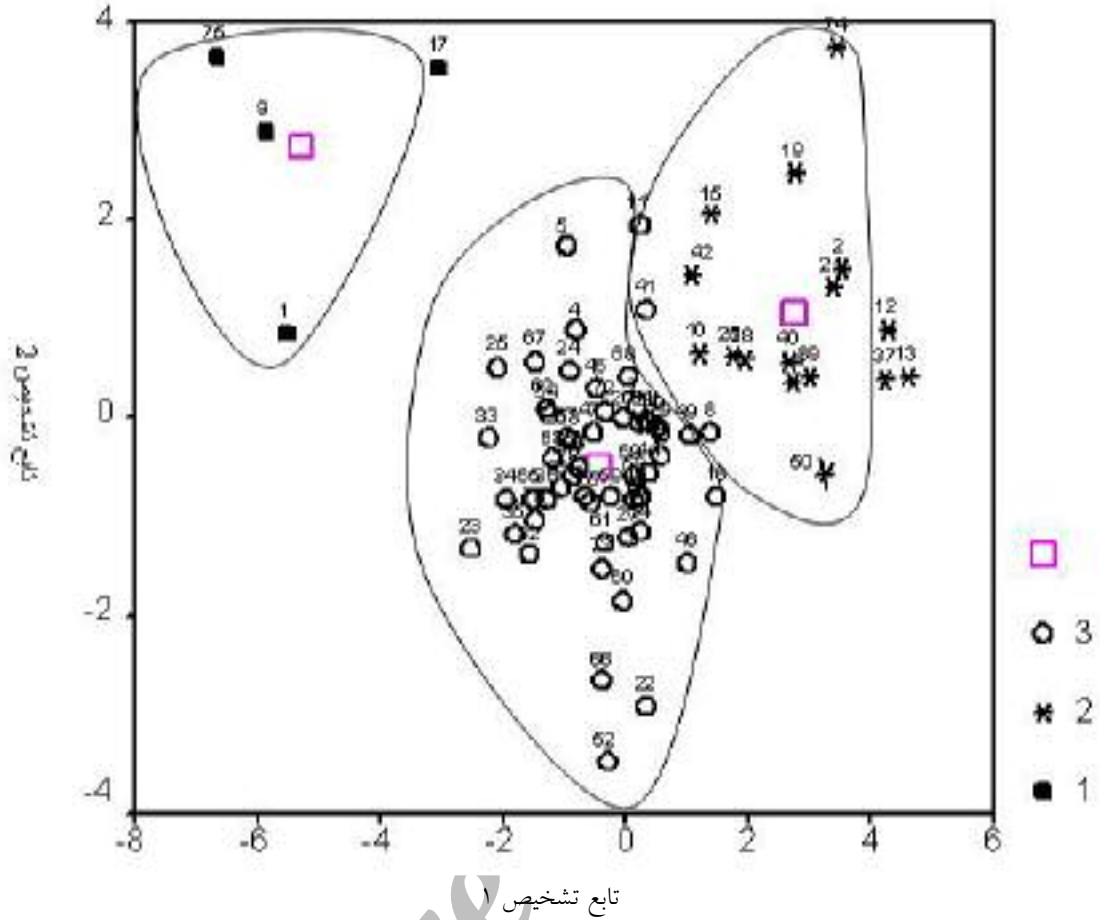
در سه گروه مجزا قرار می‌گیرند. تجزیه تابع تشخیص با استفاده از این سه گروه (شکل ۲) نشان داد که تابع اول ۷۰/۲ درصد و تابع دوم ۲۹/۸ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کنند (به‌ترتیب با کای اسکوئر **۱۷۴/۷۰۵ و **۶۶/۵۵۰). تجزیه‌های خوشه‌ای و تابع تشخیص با استفاده از صفات گیاهچه‌ای در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز ارقام مورد بررسی را در سه گروه قرار داد شکل‌های (۳ و ۴). در این حالت تابع اول ۹۷/۸ درصد و تابع دوم ۲/۲ درصد از تغییرات را توجیه کردند (به‌ترتیب با کای اسکوئر **۱۴۲/۰۹۱ و **۴۱/۸۷۰). تجزیه‌های خوشه‌ای و تابع تشخیص براساس میانگین صفات در ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر ارقام را در سه گروه قرار داد شکل‌های (۵ و ۶) و دو تابع اول به‌ترتیب ۸۱/۵ و ۱۸/۵ درصد از تغییرات را توجیه نمودند (به‌ترتیب با کای اسکوئر **۱۳۱/۵۳۵ و **۶۴/۶۵۴). در کلیه حالات مورد بررسی، ژنوتیپ‌های گروه اول دارای کد ژنوتیپی، درصد

www.SID.ir



شکل۳. دندروگرام تجزیه خوشه ای ارقام برنج به روش Ward در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر براساس صفات گیاهچه‌ای

www.SID.ir



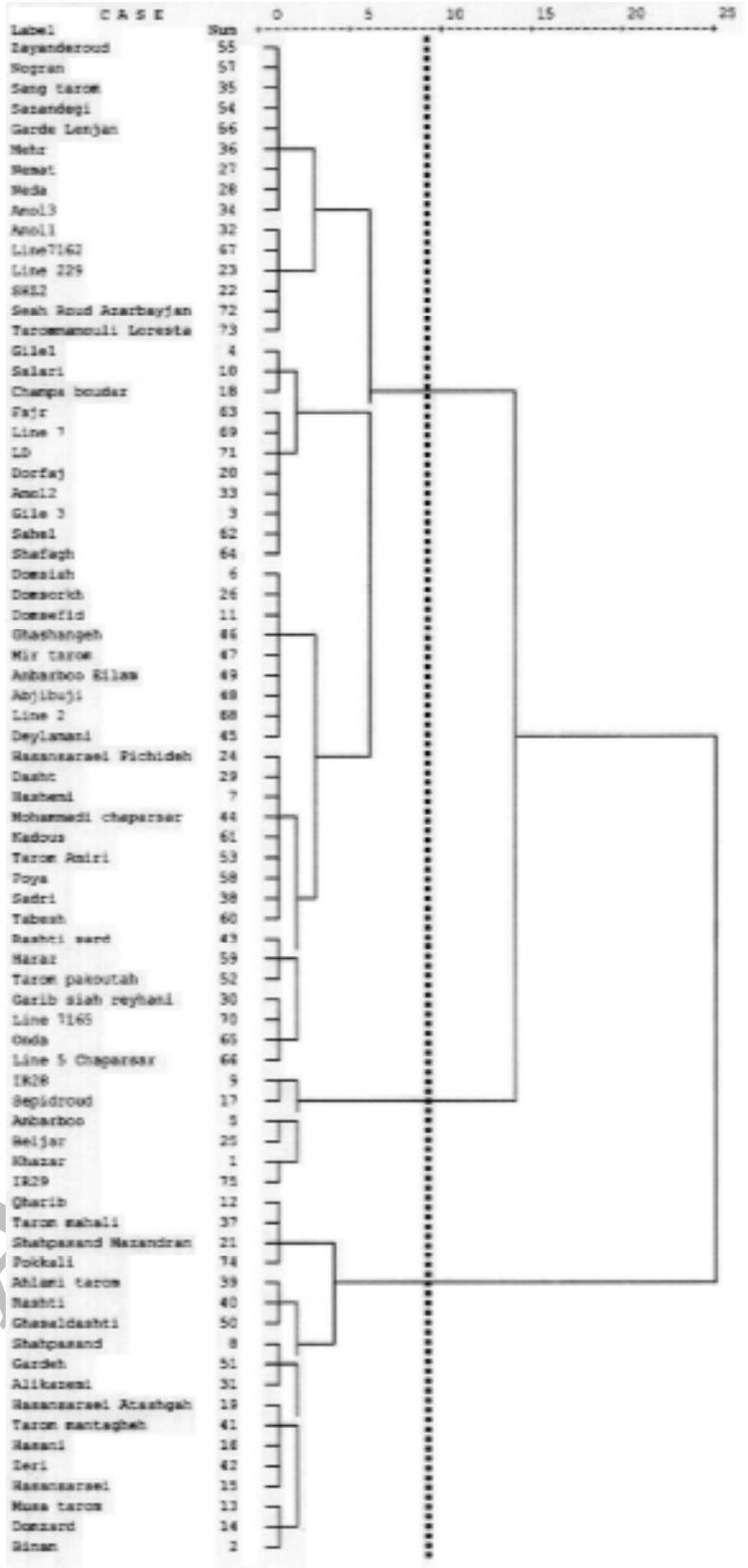
شکل۴. نمودار تابع تشخیص در نقطه برش انتخاب شده
در دندروگرام مربوط به شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر براساس صفات گیاهچه‌ای.
نام ژنوتیپ‌ها بر حسب شماره در شکل ۱ آمده است.

سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم پایین‌تری بودند. از طرف دیگر میانگین وزن خشک ریشه، ساقه و زیست توده و طول ساقه در این گروه بالاتر بود. ارقام گروه اول به‌علت کاهش کد ژنوتیپی، درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم پایین و وزن خشک ریشه، ساقه، زیست توده و طول ساقه بالا و در نتیجه واکنش بهتر نسبت به تنش شوری متحمل نامیده شدند. گروه دوم ارقام دارای کد ژنوتیپی، درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم بالا و وزن خشک ریشه، ساقه و زیست توده و طول ساقه پایین‌تری بودند و حساس نام‌گذاری شدند. گروه سوم از نظر صفات مورد بررسی حدواسط دو گروه مذکور بودند و واکنش متعادلی را نشان دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که می‌توان از ارقام برنج متحمل ایرانی برای کشت در شمال کشور استفاده نمود به‌ویژه مناطقی که از سیستم کشت مستقیم برای کشت استفاده می‌کنند چون در این سیستم، تحمل گیاهچه‌ها به شوری ضروری می‌باشد، هم‌چنین می‌توان از ارقام متحمل و حساس جهت تلاقی، برنامه‌های اصلاحی و تهیه جمعیت‌های مناسب استفاده نمود.

سپاسگزاری

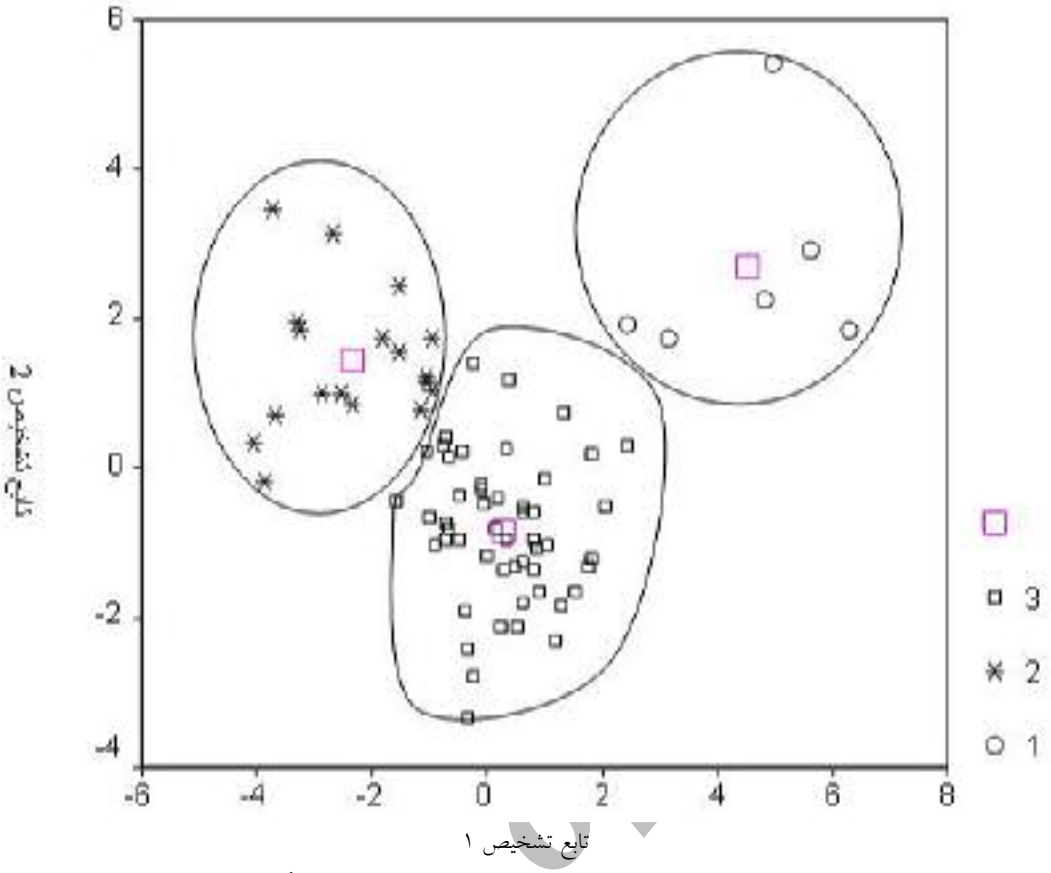
بخشی از هزینه‌های اجرای این پژوهش از طریق پروژه

Archive
www.SID.ir



شکل۵. دندروگرام تجزیه خوشه ای ارقام برنج به روش Ward در میانگین شوری‌های ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر براساس صفات گیاهچه‌ای

www.SID.ir



شکل۶. نمودار تابع تشخیص در نقطه برش انتخاب شده در دندروگرام مربوط به میانگین شوری‌های ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر براساس صفات گیاهچه‌ای. نام ژنوتیپ‌ها بر حسب شماره در شکل ۱ آمده است.

بین‌المللی چالش جهانی آب و غذا تأمین گردیده است. بدین‌وسیله از مؤسسه تحقیقات برنج کشور و مؤسسه بین المللی تحقیقات برنج به منظور تأمین مالی طرح تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. اصفهانی، م. ۱۳۷۸ . بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و مولکولی ارقام مختلف برنج نسبت به شوری و پسابیدگی. پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۲. دهداری، ا. ۱۳۸۳. تجزیه ژنتیکی تحمل به شوری در تلاقی‌های گندم نان. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان.

3. Akbar, M., I. E. Gunawardena and F.N. Ponnamperuma. 1986. Breeding for soil stresses. P. 263. *In*: Progress in Rainfed Lowland Rice. IRRI, Philippines.
4. Ali, Y. and A. R. Awan. 2004. Influence of salinity at seedling stage and on yield and yield yield components of different rice lines. Inter. J. Bio and Biotech. 1(2):175-179.
5. Dionisio-sese, M. L. S. Tobita. 2000. Effect of salinity on sodium content and photosynthetic responces of rice seedlings in salt tolerance. J. Plant Physiol. 157:54-58.
6. Fernandes, G. C. I. 1998. Effective selection criteria for assessing plant strees tolerance. *In*: Kuo, C. G. (ed.), Adaptation of food crops to temperature and water. Proc. Int. Symp. For Water Stress, Asian Veget. Res. Develop. Center, Taiwan.

Archive of SID
www.SID.ir

7. Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responces. Aust. J. Agric. Res. 29:897-912.
8. Flowers, T.J. and A.R.Yeo. 1981. Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*Oryza sativa* L.) varieties. New Phytol. 88: 363-373
9. Flowers, T.J. and A.R. Yeo. 1988. Salinity and rice: A Physiological approach to breeding for resistance. Proc. Inter. Cong. Plant Physiol. New Delhi, India,
10. Flowers, T.J., P. F. Troke and A. R. Yeo. 1977. The mechanisms of salt tolerance in halophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. 28: 183-221.
11. Gregorio, G. B., D. Senadhira and R. Mendoza. 1997. Screening rice for salinity tolerance. IRRI. Dis. Paper No.22. Philipines, Los Banos.
12. Hussain, N., A. Ali, G. Sarwar, F. Mujeeb and M. Tahir. 2003. Mechanism of salt tolerance in rice. Pedosphere. 13(3):233-238
13. JianFei, W., C. HongYou, Y. QingLi, Y. MingZhe, Z. GuoAn and Z. HongSheng. 2004. Effect of salt concentration and temperature on the screening of salt-tolerance on rice. Chinese J. Rice Sci. 18(5)449-454
14. Kumar, V., V. Shiram, N. Jawali and M. G. Shitole. 2007. Differential response of indica rice genotypes to NaCl stress in relation to physiological and biochemical parameters. Arch. of Agron. Soil Sci. 53 (2): 581-592.
15. Lee, S. Y., J. K Ahn, S. Y. Lee, S. Y., Ahn and J. H. Kwon. 2003. Evaluation and classification of selected rice varieties for salinity tolerance at seedling stage. Korean J. Sci. 48: 339-344.
16. Lee, K. S., W. Y. Choi, J. C. Ko, T. S. Kim and G. B. Gregorio. 2003. Salinity toleranc of japonica and ondica rice (*Oryza sativa* L.) at seedling stage. Planta 216(6): 1043-1046.
17. Moradi, F. 2002. Physiological characterization of rice cultivars for salinity tolerance during vegetative and reproductive stages. PhD Thesis. Philipines, Los Banos.
18. Rosiel, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.
19. SAS Inistitue.1994. SAS/STAT User's Guide. Version 6. 4th ed. SAS Inst., Cary, NC.
20. Shiro, M., Y. Katsuya, K. Michio, T. Mitsutaka and M. Hiroshi. 2002. Relationship between the distribution of Na and the damages caused by salinity in the leaves of rice seedling grown under a saline condition. Plant Prod. Sci. 5: 269-274.
21. Sujatha, K., N. A. Ansari and T. N. Rao. 2004. Laboratory studies on screening for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. J. Res. ANGRAU. 32(2): 27-33.
22. Standard Evaluation System for Rice. 1996. 4 th ed., INGER Genetics Resourse Centre, IRRI. Manila, Philippines.
23. Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1984. Mechanism of salinity resistance in rice and their role as physiological criteria in plant breeding. PP. 151-170. *In*: Salinity Tolerance in Plants John. Willey, Pub., New York.
24. Yeo, A.R., M.E. Yeo, S.E. Flowers and T.J. Flowers. 1990. Screening of rice genotypes for physiological characters contributing to salinity resistance and their relationship to overall performance. Theor. Appl. Genet. 79:377-384
25. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI, Los Babos, Philippines.
26. Zhang-Yaozhong, I. H. Somantri, S. Tobita, T. Nagamine, T. Senboku and Y. H. Zhang. 1996. Variation of salt tolerance at germination in cultivated rice (*Oryza sative* L.) varieties. Korean J. Sci. 26:230-239.
27. Zeng, L. 2005. Exploration of relationships between physiological parameters and growth performance of rice (*Oryza sativa* L.) seedling under salinity stress using multivariate analysis. Plant and Soil 268(1):51-59.
28. Zeng, L., J. A. Poss, C. Wilson, A. S. E. Drez., G. B. Gregorio and C. M. Grieve. 2003. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. Euphytica 129(3):281-292.

Archive of SID

www.SID.ir