Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۱۹۲-۱۸۱)

تأثیر تنش شوری بر صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک جمعیت رگه‌های نوترکیب جو حاصل از تلاقی ایگری × آریگاشار

حمیدرضا نیکخواه[۱]، ولی‌اله محمدی[۲*]، محمدرضا نقوی[۳] و حسن سلطانلو[۴]
۱. دانشجوی دکتری دانشگاه تهران و مربی پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال بذر
۲ و ۳. دانشیار و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۴. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۵/۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۲/۱۳)

چکیده

به‌منظور بررسی صفات ریخت‌شناسی (مورفولوژیک) و فیزیولوژیک مؤثر در مقاومت به شوری و ارتباط آنها با عملکرد دانه و نیز شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری در جو، ۱۶۹ رگه (لاین) نوترکیب حاصل از تلاقی ایگری × آریگاشار، درقالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار به مدت دو سال (۱۳۹۰-۱۳۹۲) در ایستگاه بیرجند در دو شرایط تنش شوری آب و خاک (EC آب ۱۰ و خاک ۱۲ دسی زیمنس بر متر) و بدون تنش شوری مورد ارزیابی قرارگرفتند. صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدن، طول سنبله، طول دم‌گل‌آذین یا ساق‌گل (پدانکل)، ارتفاع گیاه، محتوای سبزینه (کلروفیل)، میزان Na^+ و K^+ و K^+/Na^+ برگ پرچم، طول و عرض و سطح برگ پرچم، شمار دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی (بیولوژیک)، عملکرد دانه، شاخص برداشت و شاخص‌های مقاومت به شوری اندازه‌گیری و محاسبه شدند. تجزیهٔ واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی در دو شرایط، اثرگذاری‌های معنی‌دار برای سال، ژن‌نمون (ژنوتیپ) و سال × ژن‌نمون در اغلب صفات نشان داد. در بین صفات اندازه‌گیری‌شده در شرایط تنش شوری، صفات عملکرد زیستی، شمار دانه، شاخص برداشت، میزان Na^+ و نسبت K^+/Na^+ ، وزن هزاردانه و در شرایط بدون تنش عملکرد زیستی، شاخص برداشت و سطح برگ پرچم بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان دادند. با توجه به میانگین عملکرد تحت تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری (SSI، TOL، MP، GMP، STI و Harm) رگه‌ها در چهار دسته شاملِ؛ توان‌بالقوهٔ (پتانسیل) عملکرد متوسط و مقاوم به شوری، توان‌بالقوهٔ عملکرد پایین و حساس به شوری، توان بالقوهٔ عملکرد بالا و حساس به شوری و توان بالقوهٔ عملکرد بالا و مقاوم به شوری گروه‌بندی شدند. شاخص‌های GMP و STI بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و با یکدیگر نشان دادند و به‌عنوان بهترین شاخص‌های متحمل به شوری در نظر گرفته‌شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، جو، حساسیت، شاخص تحمل، صفات فیزیولوژیک، عملکرد و نسبت K^+/Na^+.

* تلفن: ۰۹۱۲۱۹۶۱۶۷۴
E-mail: vmohammadi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با توجه به سرعت رشد جمعیت، انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به ۹ میلیارد نفر برسد (FAO, 2008). بنابراین تولید محصولات زراعی باید بین ۷۰-۱۱۰درصد نسبت به تولید کنونی افزایش یابد تا بتواند این جمعیت را تغذیه کند (Tester & Langridge, 2010; Tilman *et al*., 2011). افزون‌بر افزایش عملکرد، چالش دیگر کشاورزی در آینده مسائل ناشی از تغییر اقلیم است (Roy *et al*., 2011). تغییر اقلیم موجب فزونی تنش‌های غیرزنده مانند کمبود آب، بالا رفتن دمای محیط، سیلاب و شوری می‌شود که همهٔ اینها روی عملکرد گیاهان زراعی تأثیرگذار است. شوری به‌عنوان یکی از شدیدترین تنش‌ها در میان تنش‌های غیرزنده درنظر گرفته می‌شود (Tuteja, 2007). بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی سرتاسر جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند. این میزان اراضی شور بیش از ۶درصد کل اراضی جهان را شامل می‌شوند. شوری حدود ۲۰درصد از اراضی آبی با توان تولید بالای جهان (۴۵ میلیون هکتار) و ۲درصد از اراضی دیم جهان (۳۲ میلیون هکتار) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. انتظار می‌رود این مساحت در دهه‌های آتی به دلیل تغییر اقلیم و عملیات زراعی ضعیف به‌طور معنی‌داری سالیانه ۱۰درصد گسترش یابد (Bennett & Khush, 2003).

به‌نژادی گیاهان زراعی از مهم‌ترین راهکارها برای افزایش تولید محصولات زراعی در شرایط نامناسب است. شوری بالاتر از حد آستانه در آب خاک باعث دو نوع تنش در گیاه می‌شود، که اغلب به‌عنوان تنش اسمزی و یونی مورد اشاره قرار می‌گیرند و هر دو به‌طور معنی‌داری عملکرد گیاه را کاهش می‌دهند (Munns & Tester, 2008). اثرگذاری‌های تنش اسمزی بی‌درنگ پس از قرارگرفتن گیاه در معرض شرایط شور در محیط ریشه رخ می‌دهد. تنش اسمزی بسته شدن روزنه‌ای را القا می‌کند و رشد یاخته‌های گیاه و سوخت‌وساز (متابولیسم) تحت تأثیر قرار می‌دهد که در نتیجه سرعت رشد اندام هوائی، کل سطح برگ و عملکرد زیستی را کاهش می‌دهد. اثرگذاری‌های یونی تنش شوری در مراحل بعدی که گیاه در معرض سطوح نمک بالاتری قرار می گیرد پس از دو تا چهار هفته آشکار می‌شود (Rajendran *et al*., 2009; Munns & Tester, 2008). تنش یونی روی اثرگذاری‌های اسمزی اضافه می‌شود و تنش بیشتری بر گیاه وارد می‌شود (Munns *et al*., 2002). سمیت سوخت‌وسازی (متابولیکی) یون Na^+ به‌طور زیاد نتیجهٔ توانایی این یون برای رقابت با یون K^+ برای ارتباط مکان‌های ضروری برای اعمال یاخته‌ای است. نسبت‌های بالای Na^+/K^+ می‌تواند فرایندهای آنزیمی مختلف را در سیتوپلاسم تخریب کند (Tester & Davenport, 2003). تنش یونی با کاهش در محتوای سبزینه ارتباط دارد و از نورساخت (فتوسنتز) جلوگیری می‌کند و پیری برگ را القا و باعث مرگ برگ پیش از بلوغ می‌شود. تنش یونی بنابراین ظرفیت نورساختی و در نتیجه اجزای عملکرد، عملکرد زیستی و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Isla *et al*., 1998; Tester & Davenport, 2003).

ظرفیت گیاهان برای بالا نگه‌داشتن نسبت K^+/Na^+ به‌احتمال یکی از مشخصه‌های کلیدی گیاه متحمل به شوری است. چندین ژن و انتقال‌دهنده[1] که گیاهان برای بالا نگه‌داشتن نسبت K^+/Na^+ استفاده می‌کنند شناسایی و توصیف شده‌اند (Munns & Tester, 2008; Jamil *et al*., 2011).

توجه به شرایط محیطی یکی از عامل‌های مؤثر در انتخاب و معرفی ژن‌نمون‌های برتر است به‌طور مثال در مناطقی که زراعت تحت تأثیر تنش شوری قرار دارد و اثرگذاری‌های سوء بالا بودن یون‌ها و مسمومیت یونی، پیری زودرس گیاه را موجب و پر شدن دانه را مختل می‌سازد. توجه به طول دورهٔ دوام سطح برگ می‌تواند در پر شدن دانه مؤثر واقع شود. هرچند که مهم‌ترین معیار انتخاب ژن‌نمون‌ها، عملکرد دانه است (Johnson *et al*., 1992). با این‌حال تجارب نشان داده است که انتخاب براساس عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک مؤثر در تحمل به تنش، باعث می‌شود تا گیاهان با کارآیی بیشتر در جذب و مصرف آب، دوام دورهٔ نورساختی طولانی‌تر و استفاده بهینه‌تری از مواد تثبیت شده در نورساخت داشته باشند. بنابراین، انتخاب و غربال کردن ژن‌نمون‌های حاصل از برنامهٔ اصلاحی بهتر است

1 .Transporter

www.SID.ir

Archive of SID

براساس ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد دانه وکل مادهٔ خشک انجام پذیرد (Winter *et al*., 1988).

جو (*Hordeum vulgare* L.) چهارمین غلهٔ مهم جهان پس از گندم، ذرت و برنج (Schulte *et al*., 2009) و دومین غله پس از گندم در ایران از نظر تولید و مصرف است. در حدود دو سوم از کل جو جهان برای تغذیهٔ دام استفاده می‌شود. مابقی آن (یک سوم) برای استفاده در صنعت مالت و نوشابه‌سازی و تولید الکل به کار می‌رود. افزون‌براین، جو منبع انرژی در برنامهٔ (رژیم) غذایی انسان در قسمت‌هایی از جهان است. جو دارای سازگاری گستردهٔ بوم‌شناختی (اکولوژیکی) بوده و نسبت به دیگر گیاهان خانوادهٔ غلات تحمل بیشتری نسبت به خشکی، شوری و قلیائیت خاک دارد و با توجه به افزایش جمعیت و نیاز به منابع گوشتی و پروتیینی حیوانی، تولید جو که دارای پروتیین بالا و اسید آمینهٔ ضروری لایسین به میزان زیاد بوده و امروزه یکی از مهم‌ترین مواد تشکیل‌دهندهٔ جیرهٔ غذایی دامداری‌ها را تشکیل می‌دهد، دارای اهمیت ویژه‌ای است. دانشمندان باور دارند که با بروز پدیدهٔ گرمایش زمین و تغییر اقلیم، کشت و کار جو به علت سازگاری بسیار خوب آن به شرایط آب و هوایی سخت و خشن گسترش بیشتری خواهد یافت (Greenway and Munns, 1980; Munns & Tester, 2008; Nevo & Chen, 2010).

Shabala *et al*. (2010) نشان دادند که هم دفع[1] و هم نگهداری نمک[2] برای تحمل به شوری جو مهم است. در حقیقت جو مثال خوبی از گیاهان زراعی است که ویژگی‌های نمک رستی یا هالوفیتی (به‌ویژه در ظرفیت جو برای انتقال یون سدیم به واکوئل و بنابراین بالا نگه‌داشتن سطوح نسبت K^+/Na^+ در سیتوسول که باعث کاهش آسیب ناشی از سمیت یون سدیم به سلول می‌شود) و شیرین‌رستی یا گلایکوفیتی (وجود ظرفیت بهتر دفع یون سدیم در واریته‌های متحمل نسبت به واریته‌های حساس) را با هم ترکیب می‌کند، و بنابراین ممکن است یک گیاه زراعی مدل خوبی برای ارزیابی سازوکار شیرین‌رستی و نمک‌رستی باشد که بتواند برای چیرگی بر تنش شوری استفاده شود (Munns *et al*., 2002; Munns & Tester, 2008; Mian *et al*., 2011).

هدف از این تحقیق بررسی ارتباط بین صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک مختلف با عملکرد دانه و همچنین محاسبهٔ شاخص‌های تحمل به شوری در دو شرایط تنش شوری و بدون تنش در بین رگه‌های مورد بررسی جو بود تا بتوان بهترین و مؤثرترین صفات و شاخص‌های مرتبط با تحمل به شوری را انتخاب کرد، و از صفات و شاخص‌ها در برنامه‌های به‌نژادی جو در شرایط تنش شوری بهره برد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی صفات مهم ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک مختلف مقاومت به شوری و ارتباط آنها با یکدیگر و با عملکرد دانه و محاسبهٔ شاخص‌های تحمل و حساسیت به شوری در رگه‌های نوترکیب جو، این آزمایش با شمار ۱۶۹ رگهٔ نوترکیب (RILs) حاصل از تلاقی دو ژن‌نمون آریگاشار و ایگری که در نسل‌های F9 (سال اول) و F_{10} (سال دوم) بوده و بi وسیلهٔ روش خودگشنی متوالی تک بذر[3] تا نسل F_{10} در بخش تحقیقات غلات مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر تهیه شده است، آغاز شد. این رگه‌ها در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار به مدت دو سال (۹۰-۱۳۹۱ و ۹۱-۱۳۹۲) در ایستگاه بیرجند در دو شرایط تنش شوری آب و خاک (EC آب ۱۰ و خاک ۱۲ دسی زیمنس بر متر) و بدون تنش شوری ارزیابی شدند. هر ژن‌نمون در دو خط روی یک پشته به‌طول ۱ متر کشت شد. تهیهٔ زمین و عملیات کاشت براساس عرف اجرای آزمایش‌های غلات انجام شد. پس از رفع یخبندان آبیاری با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی انجام گرفت. میزان بذر مصرفی در هر کرت براساس ۳۵۰ دانه در هر مترمربع در شرایط بدون تنش و ۴۰۰ دانه در مترمربع در شرایط تنش، با توجه به وزن هزاردانه رقم‌ها انجام شد. در طول فصول زراعی رگه‌ها از لحاظ صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدن، طول سنبله، طول ساق‌گل، ارتفاع گیاه، محتوای سبزینه (SPAD)، درصد Na^+ و K^+ و K^+/Na^+ برگ پرچم، سطح

1. Salt exclusion
2. Salt inclusion
3. Single-seed descent=SSD

www.SID.ir

Archive of SID

برگ پرچم، شمار دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و شاخص‌های مقاومت به شوری ارزیابی شدند. برای اندازه‌گیری محتوای سبزینه (SPAD) از دستگاه سبزینه‌سنج دستی (SPAD 502, Minolta, Japan) استفاده شد و میزان یون‌های سدیم و پتاسیم به روش نورسنجی‌شعله‌ای (فلم فتومتری) اندازه‌گیری شدند.

پس از گردآوری همهٔ اطلاعات در طی دو سال محاسبات آماری آزمایش انجام شد؛ تجزیهٔ واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری‌شده، محاسبهٔ آماره‌های توصیفی در دو شرایط و درصد تغییرات، محاسبهٔ ضریب‌های همبستگی و برآورد شاخص‌های حساسیت و تحمل به شوری رگه‌های مورد بررسی، که از مشخصه (پارامتر)های پیشنهادی توسط Fisher & Maurer (1978) و Fernandez (1992) استفاده شد (شاخص‌های محاسبه‌شده در این تحقیق به شرح زیر بوده است؛ شاخص حساسیت به شوری (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، شاخص تحمل به خشکی (STI) و میانگین هارمونیک (Harm) و کلاستربندی رگه‌ها براساس این شاخص‌ها انجام شد. برای تجزیهٔ داده‌ها و رسم نمودار از نرم‌افزارهای Excel، SAS و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی اثر سال، ژن‌نمون و اثر متقابل ژن‌نمون×سال، تجزیهٔ واریانس مرکب برای همهٔ صفات مورد بررسی در دو شرایط تنش و بدون تنش انجام شد. در شرایط بدون تنش تجزیهٔ واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر روی صفات روز تا سنبله‌دهی، محتوای سبزینه (SPAD)، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه معنی‌دار بود و همچنین بین ژن‌نمون‌ها (رگه‌ها) از نظر روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدن، طول سنبله، طول ساق‌گل، ارتفاع بوته، محتوای سبزینه، سطح برگ پرچم، شمار دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل ژن‌نمون × سال تنها در مورد شمار دانه در سنبله و عملکرد زیستی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج به‌دست آمده از تجزیهٔ مرکب صفات در شرایط تنش شوری نشان داد که اثر سال برای صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدن، طول سنبله، ارتفاع بوته و محتوای سبزینه معنی‌دار بود و بین ژن‌نمون‌ها از لحاظ همهٔ صفات مورد اندازه‌گیری به جز عملکرد زیستی، شاخص برداشت و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. معنی‌دار بودن اثر ژن‌نمون در صفات مختلف نشان‌دهندهٔ اختلاف ژنتیکی در بین رگه‌های مورد بررسی است. وجود تنوع ژنتیکی مؤثر در صفات مرتبط با تحمل به شوری برای انتخاب ژن‌نمون‌های متحمل به شوری با عملکرد بالا و درک بهتر سازوکارهای فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به تنش شوری در جو می‌تواند بسیار مفید باشد. اختلاف آماری معنی‌دار بین رگه‌ها بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالا بین مواد گیاهی مورد بررسی و به‌احتمال سازوکارهای متفاوت بین آنها در واکنش به تنش شوری است که می‌تواند در انتخاب رگه‌های مناسب و تولید جمعیت‌های برای مکان‌یابی ژنی ارزیابی شود. اثر ژن‌نمون × سال بر روی صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدن، طول سنبله، ارتفاع بوته، شمار دانه، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و میزان یون پتاسیم و سدیم اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر متقابل نیز بیانگر پاسخ متفاوت رگه‌ها در محیط‌های مختلف بود. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس صفات با نتایج Dadashi *et al.* (2008) و Sardoie nasab *et al.* (2013) همخوانی داشت.

درصد تغییرات (کاهش) صفات مورد بررسی در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط بدون تنش بیانگر آن بود که در بین صفات مورد بررسی بیشترین درصد افت به‌ترتیب مربوط به صفت عملکرد دانه (۲۸/۵درصد)، طول ساق‌گل (۲۷/۸درصد)، ارتفاع بوته (۲۳/۵درصد)، عملکرد زیستی (۱۹/۴درصد)، سطح برگ پرچم (۱۷/۲درصد) و شمار دانه در سنبله (۱۵/۵درصد)، و کمترین درصد تغییرات مربوط به محتوای سبزینه (۱/۵درصد) و روز تا سنبله‌دهی (۴/۴۷درصد) بود (جدول ۳). محاسبهٔ آماره‌های توصیفی نشان داد که در شرایط تنش شوری بیشترین میزان ضریب تغییرات مربوط به صفات نسبت یون پتاسیم به سدیم، میزان یون سدیم، شمار دانه در سنبله و سطح برگ پرچم است و در شرایط بدون تنش

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین میزان ضریب تغییرات مربوط به صفات عملکرد دانه، طول ساق‌گل، ارتفاع بوته و عملکرد زیستی است (جدول ۳). نتایج به‌دست‌آمده از تغییرات صفات مختلف در دو شرایط با نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های Esmaeeli *et al.* (1998)، Francois *et al.* (1999)، Altahir (1997)، Dadashi *et al.* (2008) و Grive (1993) همخوانی داشت. Ahmad (2002) در بررسی‌های خود بر روی مقاومت به شوری ژن‌نمون‌های جو دریافت که با افزایش مقادیر شوری بیشترین کاهش در عملکرد دانه ژن‌نمون‌ها مشاهده شد.

به‌منظور بررسی ارتباط صفات اندازه‌گیری‌شده با عملکرد دانه و مقایسهٔ آنها در شرایط تنش و بدون تنش ضرایب همبستگی بین صفات برآورد شدند. در شرایط بدون تنش عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات عملکرد زیستی ($r=۰/۷۷۷^{**}$) و شاخص برداشت ($r=۰/۶۹۸^{**}$) و همبستگی منفی و معنی‌دار با سطح برگ پرچم ($r=-۰/۳۲۳^{**}$) و ارتفاع گیاه ($r=-۰/۲۰۶^{*}$) داشت. ضریب‌های همبستگی بین دیگر صفات نشان داد که بین عملکرد زیستی با شمار روز تا رسیدن و روز تا سنبله‌دهی همبستگی مثبت و معنی‌دار، و بین شاخص برداشت با شمار روز تا سنبله‌دهی، ارتفاع گیاه، سطح برگ پرچم و وزن هزاردانه منفی و معنی‌دار و با شمار دانه در سنبله مثبت و معنی‌دار بود. همچنین همبستگی بین وزن هزاردانه با شمار دانه در سنبله منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴).

ضریب‌های همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در شرایط تنش شوری نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات عملکرد زیستی ($r=۰/۷۱۸^{**}$)، شمار دانه در سنبله ($r=۰/۵۰۵^{**}$)، شاخص برداشت ($r=۰/۵۰۴^{**}$)، نسبت یون پتاسیم به سدیم (K^+/Na^+) ($r=۰/۳۰۳^{**}$)، شمار روز تا سنبله‌دهی ($r=۰/۳۶۹^{**}$) و وزن هزاردانه ($r=۰/۲۵۲^{**}$) و همبستگی منفی و معنی‌دار با درصد یون سدیم (Na^+) ($r=-۰/۳۷۶^{**}$) داشت (جدول ۵). همان‌طور که ملاحظه شد، همبستگی عملکرد دانه با صفات یادشده مثبت و معنی‌دار بود که نشان‌دهندهٔ تأثیرپذیری عملکرد از این صفات بود. پس به‌منظور بهبود ژنتیکی عملکرد دانهٔ گیاه تحت تنش شوری، می‌توان از افزایش صفات عملکرد زیستی، شاخص برداشت و اجزای عملکرد مانند شمار دانه در سنبله و وزن دانه و افزایش نسبت یون پتاسیم به سدیم (K^+/Na^+) در گیاه جو بهره برد و گیاهان متحمل به شوری را انتخاب کرد. نتایج همبستگی بین دیگر صفات نشان داد که بین عملکرد زیستی با شمار روز تا سنبله‌دهی، شمار روز تا رسیدن، محتوای سبزینه، طول ساق‌گل، سطح برگ پرچم، شمار دانه و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. همبستگی بین شاخص برداشت با شمار روز تا سنبله‌دهی و روز تا رسیدن، ارتفاع گیاه و درصد یون سدیم (Na^+) منفی و معنی‌دار ولی با نسبت یون پتاسیم به سدیم (K^+/Na^+) و درصد یون پتاسیم (K^+) مثبت و معنی‌دار است. ضریب‌های بین دیگر صفات با یکدیگر در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ همبستگی صفات با نتایج Dadashi *et al.* (2008) و Sardoie nasab *et al.* (2013) همخوانی داشت. در بررسی‌ای که توسط Borzouie *et al.* (2011) انجام شد، داشتن مقادیر بالاتر K^+ و نسبت K^+/Na^+ و همچنین سبزینه و هدایت روزنه‌ای در گندم با برتری عملکرد همخوانی داشت. یکی از سازوکارهای تحمل شوری در غلات کنترل ورود وخروج سدیم است. در غلظت‌های بالای نمک، گیاهان با ورود و خروج یون‌ها، میزان Na^+ درون سیتوپلاسم را کاهش داده و با ثابت نگه‌داشتن غلظت پتاسیم، نسبت K^+/Na^+ را بالا نگه می‌دارند. این سازوکار به حدی در مقابله با اثرگذاری‌های سوء ناشی از تنش شوری مؤثر است که K^+/Na^+ (معیار تبعیض) در گیاهان از جمله غلات به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مهم برای جداسازی گونه‌های متحمل از حساس گزارش شده است (El-Hendawy1 *et al.*, 2009). Ahmad (2002) در بررسی‌های خود بر روی مقاومت به شوری ژن‌نمون‌های جو دریافت بین صفات مختلف رشدی و عملکرد، شمار و سطح برگ، توسعهٔ ریشه و شمار پنجه با عملکرد دانه تحت تنش شوری همبستگی مثبتی وجود دارد. در ژن‌نمون‌های مقاوم، افزایش شمار پنجه، اثرگذاری‌های سمیت یونی را کاهش و انتقال آنها به بخش‌های فعال فیزیولوژیکی گیاه تقلیل می‌یابد. همچنین در ژن‌نمون‌های مقاوم به شوری، نرخ نورساختی، عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

دانه و عملکرد زیستی افزایش می‌یابد. درحالی‌که در ژن‌نمون‌های حساس به تنش، این صفات با افزایش شوری، کاهش می‌یابد (Belkhodja *et al*., 1994).

مطالعات در زمینهٔ زراعت غلات در شرایط تنش شوری نشان می‌دهد که کاهش نورساخت، رشد و عملکرد به‌طور مستقیم به غلظت بالای یون سدیم و کلر در یاخته‌های گیاه مرتبط است (Garthwaite *et al*., 2005; El-Hendawy *et al*., 2009 & Tavakkoli *et al*., 2011). در آزمایشی که توسط Nguyen (2012) روی ۲۴ ژن‌نمون جو در شرایط تنش شوری در محیط آبکشتی (هیدروپونیک) در سطوح مختلف شوری (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ Mm NaCl) انجام شد، همبستگی منفی قوی بین میزان یون‌های سدیم با عملکرد زیستی مشاهده‌شد، که سازوکار بیرون‌دهی یون ممکن است در تحمل به شوری در مجموعهٔ ژن‌نمون‌های جو دخالت داشته‌باشد و این خروج یون از اندام هوایی یک مشخصهٔ غالب برای تحمل به شوری در غلات است (Garthwaite *et al*., 2005; Horie *et al*., 2009 & Shabala *et al*., 2011).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس مرکب صفات بررسی‌شده در رگه‌های نوترکیب جو در شرایط بدون تنش شوری

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات صفات										
		روز تا سنبله‌دهی	روز تا رسیدن	طول سنبله	طول ساق‌گل	ارتفاع گیاه	محتوای سبزینه	سطح برگ پرچم	شمار دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت	عملکرد دانه
سال	۱	۱۰۰۹/۳*	۱۱۹/۳ns	۵/۱۸ns	۷۶۲/۲ns	۷۳۰۶/۳ns	۳۸۰۱/۷*	۶۲/۲ ns	۱۵۰۳/۶ns	۱۶۳۳/۴**	۱۲۸۰۹۵۱۶/۳**	۵۴۴/۰ns	۲۶۲۸۸۸۸/۱*
تکرار (سال)	۲	۴۴/۰	۱۰۶/۲	۱/۵۴	۳۰۲/۲	۱۵۹۱/۴	۵۲/۶	۳۲/۴	۲۷۵/۳	۸/۳	۱۲۱۷۸۲/۳	۹۰/۷	۵۸۱۷۱/۱
بلوک (سال× تکرار)	۴۸	۳۰/۳	۹/۸	۱/۰۸	۲۳/۰	۱۷۳/۸	۳۹/۹	۹/۹	۴۹/۱	۲۶/۲	۴۷۹۸۸/۵	۷۴/۵	۷۸۳۴/۲
ژن‌نمون	۱۶۸	۵۱/۱**	۵/۸**	۶/۵۶**	۲۹/۴**	۱۴۷/۰**	۳۰/۹*	۴۱/۶**	۸۷۲/۵**	۳۳۳/۴**	۵۷۹۵۸/۹**	۸۸/۳**	۱۷۶۵۸/۲**
ژن‌نمون × سال	۱۶۸	۲۱/۶ ns	۲/۹ ns	۰/۵۶ns	۱۷/۶ ns	۴۱/۱ ns	۲۲/۳ ns	۲۱/۶ ns	۶۴/۷**	۱۸/۰ ns	۳۱۴۸۴/۳**	۳۹/۲ ns	۵۳۷۰/۰ns
اشتباه آزمایشی	۶۷۵	۱۸/۹	۲/۷۲	۰/۴۷	۱۷/۸	۳۶/۴	۲۱/۴	۱۷/۵	۴۱/۹	۱۶/۳	۱۹۸۳۳/۴	۳۵/۴	۴۳۴۹/۷
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۰۹	۱/۱۴	۱۰/۲۴	۱۳/۷۷	۶/۷۰	۹/۳۳	۲۸/۰۰	۱۴/۶۴	۸/۴۷	۱۵/۷۹	۱۵/۲۷	۱۹/۰۰

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس مرکب صفات بررسی‌شده در رگه‌های نوترکیب جو در شرایط تنش شوری

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات صفات												
		روز تا سنبله‌دهی	روز تا رسیدن	طول سنبله	طول ساق‌گل	ارتفاع گیاه	محتوای سبزینه	سطح برگ پرچم	شمار دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت	عملکرد دانه	درصد K^+	درصد Na^+	K^+/Na^+
سال	۱	۲۲۳۰۵/۴**	۵۹۲۳/۱**	۶۵۶/۱**	۵۳۱/۵ns	۲۸۰۴۳/۴**	۴۷۵۵/۲*	۳۲/۲ns	۱۶۶/۶ns	۱۲۳۰/۴ns	۱۹۵۹۰۳۰/۹ns	۱۸۳۹/۱ns	۱۶۰۸۹/۹ns	۵/۱۱ns	۴/۳۴ns	۱۴/۵۲ns
تکرار (سال)	۲	۱۸/۹ns	۲۲/۱ns	۱/۸ns	۳۰/۵ns	۴۰۹/۰**	۱۷۷/۰**	۲۴/۴ns	۳۵۳/۸**	۳۳۱/۴**	۱۱۶۶۰۳/۶**	۲۰۰/۲**	۱۰۵۵۱/۰ns	۲/۲۰ns	۱/۸۲ns	۷/۵۸ns
بلوک(سال×تکرار)	۴۸	۱۱/۸	۱۹/۱	۱/۰	۳۶/۳	۱۸۰/۰	۲۵/۲	۱۷/۹	۱۳۳/۲	۶۵/۵	۵۶۴۷۱/۲	۶۳/۳	۹۰۷۶/۴	۱/۳۳	۰/۸۹	۴/۴۹
ژن‌نمون	۱۶۸	۴۵/۵**	۱۸/۸**	۶/۷**	۲۶/۸**	۱۲۴/۱**	۳۱/۳**	۲۶/۹*	۶۲۸/۲**	۲۴۳/۴**	۵۳۷۷۸/۹ns	۷۷/۴ns	۸۲۵۸/۱ns	۰/۸۴*	۱/۸۸**	۱۰/۵۲*
ژن‌نمون × سال	۱۶۸	۱۳/۸**	۱۰/۰**	۱/۲**	۱۲/۳ ns	۶۰/۸**	۲۰/۲ ns	۱۷/۶ ns	۱۰۷/۲**	۴۲/۹**	۴۶۴۱۷/۵**	۷۰/۸**	۱۰۷۵۶/۴**	۰/۵۳*	۰/۹*	۶/۲۸ ns
اشتباه آزمایشی	۶۷۵	۶/۸	۵/۶	۰/۹	۱۳/۰	۴۲/۳	۱۷/۵	۱۳/۰	۷۳/۱	۲۹/۰	۲۰۷۳۲/۱	۳۲/۸	۳۹۹۴/۷	۰/۳۳	۰/۵۲	۴/۲۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۳۴	۱/۶۲	۱۳/۲۴	۱۶/۲۴	۹/۴۴	۷/۶۰	۲۸/۷۰	۲۲/۳۳	۱۳/۰۳	۲۰/۰۱	۱۶/۴۸	۲۵/۴۴	۲۳/۹۰	۲۸/۶۰	۲۹/۳۳

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

شاخص‌های تحمل به شوری رگه‌ها

در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی، عملکرد دانه و ثبات عملکرد در شرایط مختلف محیطی به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب برای تحمل به تنش منظور می‌شود. زیاد بودن عملکرد در شرایط تنش می‌تواند ناشی از تحمل زیاد به تنش و یا ظرفیت تولید بالا و یا هر دو سازوکار باشد. تحمل به شوری منعکس‌کنندهٔ توانایی ژن‌نمون‌ها برای رشد و عملکرد خوب در محیط‌های شور است که به‌طور کلی به‌صورت تولید نسبی مادهٔ خشک و عملکرد نسبی در شرایط شور وغیرشور اندازه‌گیری می‌شود (Munns *et al*., 2002). گیاهانی که به‌طور نسبی کاهش رشد و کاهش عملکرد زیستی (بیوماس) کمتری در شرایط تنش شوری نشان می‌دهند، متحمل به شوری در نظر گرفته می‌شوند (Flowers, 2004).

برای تعیین تحمل رگه‌های تحت بررسی به تنش شوری، از عملکرد ژن‌نمون‌ها در محیط تنش (Y_S) و

www.SID.ir

Archive of SID

محیط بدون تنش (Y_P) استفاده شد و میزان شاخص‌های مقاومت و تحمل به شوری براساس این دو مشخصه تعیین شد.

بنابر نظر Fernandez (1992) مناسب‌ترین معیار برای تنش باید بتواند ژن‌نمون‌های گروه اول (ژن‌نمون‌هایی که در هر دو محیط عملکرد مطلوب دارند) را از دیگر گروه‌ها جدا سازد. با توجه به اینکه بهترین شاخص‌ها آنهایی هستند که دارای همبستگی بالا با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش شوری و معمول (نرمال) باشند و بتوانند گروه A (ژن‌نمون‌هایی که در هر دو محیط عملکرد مطلوب دارند) را از دیگر گروه‌ها تمیز دهند، لذا با مراجعه به جدول ۶ همبستگی شاخص ها با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری (Ys) و معمول (Yp)، دو شاخص GMP و STI که بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و با یکدیگر نشان دادند، به‌عنوان بهترین شاخص‌های متحمل به شوری در این آزمایش در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۳. آماره‌های توصیفی و درصد تغییرات صفات اندازه‌گیری‌شده در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری

صفات	شرایط تنش شوری				شرایط بدون تنش				درصد
	بیشینه	کمینه	میانگین	ضریب تغییرات	بیشینه	کمینه	میانگین	ضریب تغییرات	تغییرات
روز تا سنبله‌دهی	۱۱۴/۳	۹۷/۲	۱۰۶/۳	۳/۶	۱۱۹/۲	۱۰۲/۲	۱۱۱/۵	۳/۱۲	۴/۷
روز تا رسیدن	۱۵۲/۸	۱۴۰/۰	۱۴۶/۱	۱/۵۷	۱۶۲/۹	۱۵۴/۹	۱۵۹/۰	۰/۱۱	۸/۲۰
طول سنبله (cm)	۹/۶	۴/۲	۶/۶	۱۹/۱۷	۱۰/۱	۴/۲	۷/۱	۱۸/۹۰	۷/۰۴
طول ساق‌گل (cm)	۲۹/۶	۱۴/۴	۲۲/۲	۱۲/۶۴	۳۶/۵	۲۱/۲	۲۹/۹	۹/۷۱	۲۷/۸
ارتفاع بوته (cm)	۸۲/۲	۵۱/۱	۶۸/۹	۸/۴۰	۱۰۴/۲	۷۱/۶	۹۰/۱	۷/۰۹	۲۳/۵
محتوای سبزینهٔ	۶۲/۲	۴۰/۵	۵۲/۶	۵/۶۶	۶۰/۱	۴۳/۶	۵۳/۴	۵/۹	۱/۵
سطح برگ پرچم (cm^2)	۲۳/۲	۵/۳	۱۲/۵	۳۰/۹۴	۳۱/۹	۵/۲	۱۵/۱	۳۱/۵۵	۱۷/۲
وزن هزار دانه (g)	۵۹/۹	۲۶/۱	۴۱/۳	۱۹/۳۶	۷۰/۲	۲۸/۷	۴۷/۷	۲۰/۰	۱۳/۴۱
شمار دانه در سنبله	۶۴/۵	۱۶/۳	۳۸/۳	۳۳/۷۷	۷۱/۹	۱۸/۵	۴۵/۳	۳۴/۱۴	۱۵/۵
عملکرد زیستی (g/m^2)	۱۱۴۷/۰	۴۱۴/۲	۷۱۹/۵	۱۷/۲۴	۱۲۴۳/۴	۶۱۹/۲	۸۹۲/۱	۱۴/۲۰	۱۹/۴
شاخص برداشت (درصد)	۴۶/۸	۲۰/۳	۳۴/۷	۱۳/۳۴	۵۳/۸	۲۲/۵	۳۹/۰	۱۲/۷۶	۱۱/۸
عملکرد دانه (g/m^2)	۴۴۹/۴	۱۴۲/۱	۲۴۸/۴	۱۹/۲	۶۳۰/۹	۱۷۶/۳	۳۴۷/۰	۲۰/۷	۲۸/۵
میزان K^+	۴/۴۹	۰/۹	۲/۴	۲۲/۰۴					
میزان Na^+	۳/۲۰	۰/۰۱	۱/۲۳	۴۳/۷۸					
K^+/Na^+	۱۰/۹	۰/۵۱	۲/۸۰	۵۱/۰۲					

جدول ۴. ضریب‌های همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در شرایط بدون تنش (n=۱۶۹)

صفات	DMA	SPL	PDL	PLH	SPAD	Area-FL	TKW	Grn.n	BY	HI	YLD
DHE	۰/۵۱۴**	۰/۰۲۷	-۰/۱۷۶*	۰/۲۲۲**	۰/۱۵۵*	۰/۱۱۸	۰/۰۹۰	-۰/۱۵۵*	۰/۲۲۵**	-۰/۲۵۸**	۰/۰۸۱
DMA		۰/۱۰۱	-۰/۰۴۰	۰/۱۴۴	۰/۱۴۷	۰/۰۵۵	۰/۰۷۲	۰/۰۲۶	۰/۳۳۱**	-۰/۱۴۷	۰/۱۲۱
SPL			-۰/۲۵۰**	۰/۴۵۶**	-۰/۲۷۰**	۰/۰۱۵	۰/۳۰۵**	۰/۳۲۳**	۰/۰۴۳	-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۵
PDL				۰/۴۳۲**	۰/۲۰۲**	۰/۲۱۱**	۰/۱۳۳	-۰/۰۷۲	-۰/۰۹۰	-۰/۰۳۷	-۰/۱۱۲
PLH					-۰/۱۴۰	۰/۳۷۲**	۰/۲۶۴**	-۰/۱۶۲*	۰/۱۱۶	-۰/۳۹۲**	-۰/۲۰۶*
SPAD						-۰/۰۳۶	۰/۱۵۱*	-۰/۱۷۱*	۰/۰۸۵	-۰/۰۹۳	۰/۰۱۲
Area-FL							۰/۲۲۸**	۰/۰۳۶	۰/۰۱۴	-۰/۳۸۲**	-۰/۳۲۳**
TKW								-۰/۸۵۳**	۰/۱۳۱	-۰/۲۳۱**	-۰/۰۶۳
Grn.n									-۰/۰۸۱	۰/۲۳۳**	۰/۱۱۶
BY										۰/۱۱۷	۰/۷۷۷**
HI											۰/۶۹۸**

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

DHE: روز تا سنبله‌دهی، DMA: روز تا رسیدن، SPL: طول سنبله، PDL: طول ساق‌گل، PLH: ارتفاع گیاه، SPAD: محتوای سبزینه، Area-FL: سطح برگ پرچم، TKW: وزن هزاردانه، Grn.n: شمار دانه در سنبله، BY: عملکرد زیستی، HI: شاخص برداشت و YLD: عملکرد دانه.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. ضریب‌های همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در شرایط تنش شوری (n=۱۶۹)

صفات	DMA	SPL	PDL	PLH	SPAD	Area-FL	K^+ درصد	Na^+ درصد	K^+/Na^+	TKW	Grn.n	BY	HI	YLD
DHE	۰/۵۶۵**	۰/۱۵۲*	-۰/۲۳۶**	۰/۰۲۰	۰/۰۶۹	۰/۳۶۱**	-۰/۱۹۰*	-۰/۱۵۵*	۰/۰۵۳	۰/۱۳۲	-۰/۱۱۷	۰/۵۴۴**	-۰/۴۱۵**	۰/۳۶۹**
DMA		۰/۰۹۰	-۰/۰۶۰	۰/۰۲۱	۰/۱۸۹*	۰/۳۱۷**	-۰/۰۶۰	-۰/۱۰۵	۰/۰۲۹	۰/۰۶۴	۰/۰۲۴	۰/۳۵۲**	-۰/۳۰۷**	۰/۱۵۹*
SPL			-۰/۱۴۴	۰/۵۵۱**	-۰/۱۰۹	۰/۰۰۲	-۰/۱۹۸**	-۰/۱۱۲	۰/۰۵۱	-۰/۲۶۷**	۰/۲۵۳**	۰/۰۷۹	۰/۰۱۳	۰/۰۸۱
PDL				۰/۲۹۸**	۰/۱۴۴	۰/۰۳۲	۰/۱۷۳*	۰/۰۲۴	۰/۰۱۳	۰/۱۹۵*	۰/۰۲۱	۰/۲۳۹**	-۰/۰۳۹	۰/۱۰۲
PLH					۰/۰۰۲	۰/۰۵۵	-۰/۲۷۷**	۰/۰۰۲	-۰/۱۱۱	۰/۳۵۳**	-۰/۲۵۰**	۰/۲۲۴**	-۰/۲۸۵**	۰/۰۱۴
SPAD						۰/۲۸۶**	-۰/۰۱۶	-۰/۰۴۲	-۰/۰۴۴	۰/۱۲۰	۰/۰۴۸	۰/۳۱۰**	-۰/۱۵۶*	۰/۱۳۶
Area-FL							-۰/۱۲۳	-۰/۰۹۶	-۰/۱۰۶	۰/۲۱۱**	۰/۰۱۴	۰/۲۴۱**	-۰/۲۱۸**	۰/۰۶۹
K^+ درصد								۰/۳۲۸**	۰/۱۵۳*	۰/۲۳۴**	۰/۱۷۱*	۰/۲۳۲**	۰/۱۸۵*	۰/۰۲۹
Na^+ درصد									-۰/۵۱۹**	-۰/۳۲۹**	-۰/۲۶۵**	-۰/۱۸۹*	-۰/۳۰۵**	-۰/۳۷۶**
K^+/Na^+										۰/۱۳۹	۰/۱۱۱	۰/۰۹۲	۰/۳۰۲**	۰/۳۰۳**
TKW											-۰/۷۲۲**	۰/۲۳۹**	۰/۰۶۷	۰/۲۵۲**
Grn.n												۰/۲۴۲**	۰/۳۷۵**	۰/۵۰۵**
BY													-۰/۲۴۳**	۰/۷۱۸**
HI														۰/۵۰۴**

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

شاخص STI توسط Fernandez (1992)، Wayssimall (2001) Amiri *et al.* و Dolatpanah *et al.* (2013) به‌عنوان بهترین شاخص برای گزینش ژن‌نمون‌های مقاوم به تنش معرفی شده است. ضریب همبستگی ساده بین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). بنابراین یکی از صفات مهم در ارزیابی رگه‌های جو برای مقاومت به شوری، توان‌بالقوهٔ عملکرد است، هرچندکه تحت تأثیر محیط قرارداشته و توارث‌پذیری پایینی دارد. عملکرد دانه در شرایط تنش با شاخص‌های Harm، GMP، STI و MP مثبت و معنی‌دار و با شاخص SSI و TOL منفی و معنی‌دار است. بنابراین هرچه میزان شاخص‌های Harm، GMP، STI و MP بیشتر باشد و بر عکس هر چه میزان شاخص‌های SSI و TOL کمتر باشد، رگهٔ مربوطه مقاوم‌تر است.

جدول ۶. ضریب‌های همبستگی سادهٔ عملکرد دانهٔ رگه‌های جو در شرایط بدون تنش و تنش شوری با شاخص‌ها

شاخص	Ys	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HRM
Yp	۰/۳۵۴**	۰/۷۷۲**	۰/۴۸۶**	۰/۷۹۹**	۰/۸۹۲**	۰/۷۹۴**	۰/۶۸۰**
Ys		-۰/۳۲۲**	-۰/۶۱۹**	۰/۸۳۳**	۰/۷۳۹**	۰/۸۴۷**	۰/۹۲۰**
TOL			۰/۹۱۳**	۰/۲۴۳**	۰/۴۰۱**	۰/۲۲۸**	۰/۰۶۳
SSI				-۰/۰۹۸	۰/۰۵۱	-۰/۱۱۸	-۰/۲۶۹**
STI					۰/۹۷۹**	۰/۹۹۴**	۰/۹۷۷**
MP						۰/۹۸۲**	۰/۹۳۵**
GMP							۰/۹۸۵**

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

مقدار شاخص‌های حساسیت و تحمل به شوری برای همهٔ رگه‌ها محاسبه شد، ولی از آنجایی که شمار رگه‌های مورد بررسی زیاد بوده و ارائهٔ جدول مربوط شاخص‌های همهٔ رگه‌ها امکان نداشت بنابراین ۱۶۹ رگه با استفاده از عملکرد تحت تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص‌های محاسبه‌شده (SSI، TOL، MP، GMP، STI و Harm) تجزیهٔ خوشه‌ای (کلاستربندی) با استفاده از روش وارد (ward) یا روش کمینهٔ واریانس انجام شد که براساس تجزیهٔ خوشه‌ای رگه‌های مورد بررسی چهار گروه (کلاستر) به‌دست آمد

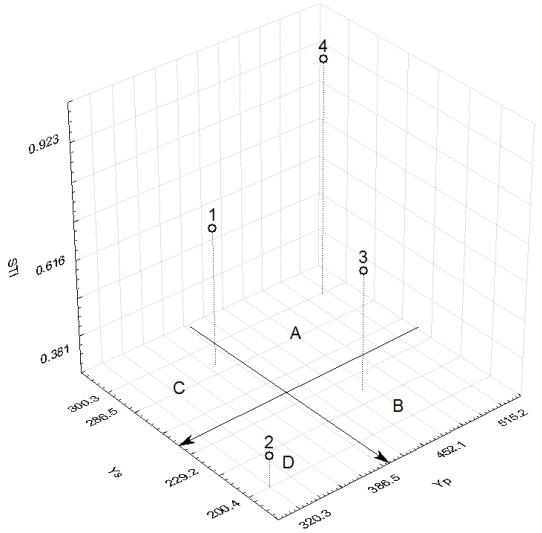
www.SID.ir

Archive of SID

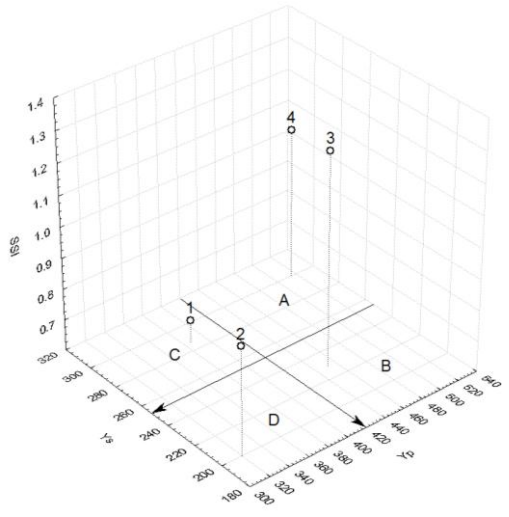
(شکل۳). میانگین عملکرد تحت تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص‌های محاسبه‌شده (SSI، TOL، MP، GMP، STI و Harm) مربوط به چهار گروه در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به میانگین عملکردها و شاخص‌های به‌دست‌آمده، کلاستر اول به‌عنوان گروه با توان بالقوهٔ عملکرد متوسط، مقاوم به شوری با پایداری بالا شناخته شدند. این گروه شامل ۵۸ رگه بود. رگه‌های مربوط به این گروه دارای عملکرد دانهٔ متوسط در شرایط بدون تنش و عملکرد دانهٔ بالا در شرایط تنش بوده و از نظر شاخص‌های MP، GMP، STI و Harm مقادیر به‌نسبت بالایی داشتند و از نظر شاخص‌های SSI و TOL کمترین میزان را دارا بودند (جدول ۷، شکل‌های ۱ و ۲). کلاستر دوم به‌عنوان گروه با توان بالقوهٔ عملکرد پایین و حساس به شوری نام‌گذاری شد. این گروه شامل ۴۳ رگه بوده که دارای عملکرد پایین هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش شوری بوده و مقادیر شاخص‌های TOL و SSI آنها به‌نسبت بالا بوده ولی شاخص‌های MP، GMP، STI و Harm پایین است (جدول ۷، شکل‌های ۱ و ۲). کلاستر سوم با ۳۸ رگه به‌عنوان کلاستر پرتوان‌بالقوه ولی حساس به شوری شناخته‌شد. این گروه از رگه‌ها دارای توان‌بالقوهٔ عملکرد بالا در شرایط معمول ولی عملکرد پایین در شرایط تنش بودند. در این گروه مقادیر شاخص‌های TOL و SSI بالا و شاخص‌های MP، GMP، STI و Harm به‌نسبت پایین بود (جدول ۷، شکل‌های ۱ و ۲). کلاستر چهار به‌عنوان گروه با توان‌بالقوهٔ عملکرد بالا و مقاوم به شوری با پایداری کم نامگذاری شد، زیرا عملکرد دانه در دو شرایط و شاخص‌های MP، GMP، STI و Harm بیشترین میزان را داشته، ولی از سویی هم مقادیر شاخص‌های TOL و SSI آنها به‌طور نسبی بالا است. در این گروه شمار ۴۰ رگه قرار گرفت (جدول ۷، شکل‌های ۱ و ۲).

جدول ۷. میانگین شاخص‌های حساسیت و تحمل به شوری برای گروه‌های مختلف حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای

گروه	Yp	Ys	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HRM
۱	۳۸۶/۵	۲۸۶/۵	۹۹/۹	۰/۶۷۳	۰/۶۶۲	۳۳۶/۵	۳۳۲/۲	۳۲۷/۹
۲	۳۲۰/۳	۲۰۰/۴	۱۱۹/۹	۰/۹۴۷	۰/۳۸۱	۲۶۰/۴	۲۵۱/۴	۲۴۲/۹
۳	۴۵۲/۱	۲۲۹/۲	۲۲۲/۹	۱/۲۸۴	۰/۶۱۶	۳۴۰/۷	۳۲۰/۴	۳۰۱/۷
۴	۵۱۵/۲	۳۰۰/۳	۲۱۵/۰	۱/۰۸۴	۰/۹۲۳	۴۰۷/۲	۳۹۲/۵	۳۷۷/۹



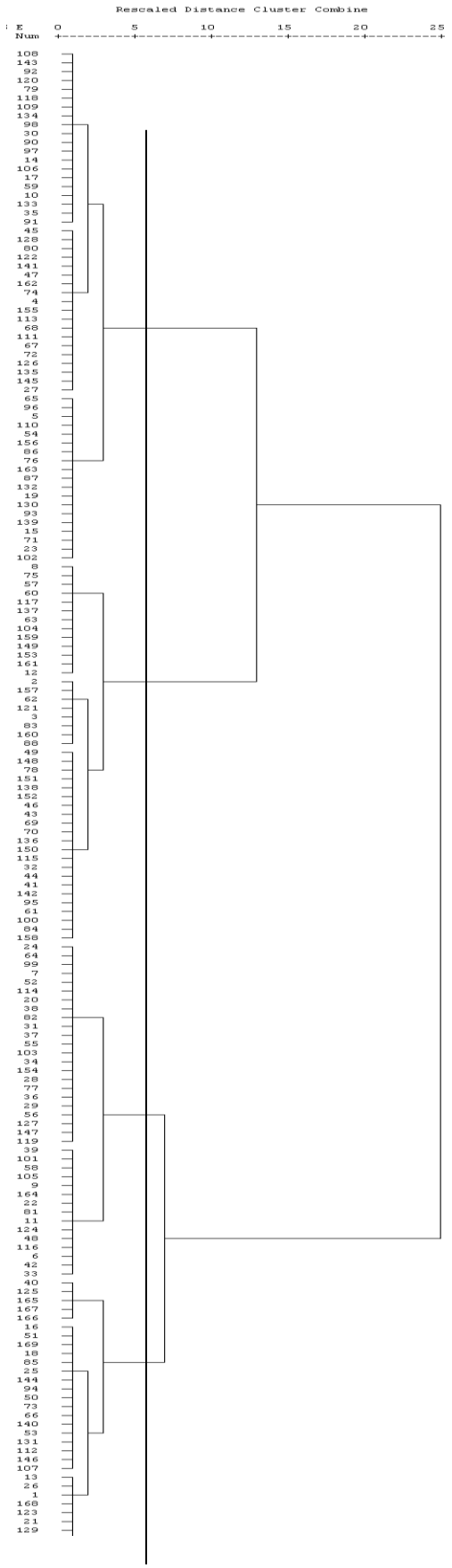
شکل ۱. نمودار سه‌بعدی گروه‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای براساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش شوری و شاخص تحمل تنش



شکل ۲. نمودار سه‌بعدی گروه‌های حاصل از تجزیهٔ خوشه‌ای براساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش شوری و شاخص حساسیت به تنش

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. نمودار شجره‌ای گروه‌بندی رگه‌های نوترکیب جو براساس عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

عملکرد دانه هدف اصلی در انتخاب گیاهان متحمل به شوری به‌شمار می‌رود و با توجه به شاخص‌های استفاده‌شده در جدا کردن رگه‌های با توان‌بالقوهٔ عملکرد بالا و متحمل به شوری، می‌توان با شناسایی آنها گام مؤثری درجهت بهبود رگه‌های متحمل به شوری برداشت. از آنجایی که انتخاب براساس عملکرد به دلیل وراثت‌پذیری پایین آن، به‌ویژه در شرایط تنش در کشتزار، ناکافی است، بنابراین می‌توان صفاتی را که دارای همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری هستند در برنامه‌های به‌نژادی در اولویت قرار داد. صفاتی مانند عملکرد زیستی، شمار دانه در سنبله، شاخص برداشت و نسبت یون پتاسیم به سدیم (K^+/Na^+) مهمترین عامل در بالا بردن عملکرد رگه‌های متحمل به شوری هستند. همچنین می‌توان در تحقیقات آینده با بررسی و مقایسهٔ الگوی بیان ژن‌های پاسخ‌دهنده به تنش شوری در متحمل‌ترین و حساس‌ترین رگه‌های ارزیابی شده، ژن‌های دخیل در تحمل به شوری در رگه‌های جو و پایه‌های فیزیولوژیکی واکنش آنها به تنش را مورد شناسایی قرار داد و با بررسی‌های نقشه‌یابی ژن به منابع تحمل در این رگه‌ها دست یافت.

سپاسگزاری

از مسئولان مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، بخش تحقیقات غلات و همکاران مرکز تحقیقات بیرجند به خاطر کمک و فراهم آوردن امکانات لازم برای انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Al Tahir, O.A. (1997). Effects of water quality and frequency of irrigation growth and yield of barley. *Agron J*, 48, 74-75.
2. Bennett, J. & Khush, G.S. (2003). Enhancing salt tolerance in crops. Through molecular breeding: A new strategy. *Journal of Crop Production*, 7, 11-65.
3. Borzouie, A., Kaffi, M., Khazaie, H. & Mossavi Shalmani, A. (2011). Effects of water salinity of irrigation on root traits in two wheat varieties (susceptible and resistance) and its relationship with grain yield under greenhouse conditions. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology*, 8, 95-106. (in Farsi)
4. Dadashi, M.R., Majidi Hervan, I., Soltani, A. & Noorinia, A.A. (2008). Evalution of different genotypes of barley to salinity stress. *Journal of Agricultural Science*, 1, 181-191. (in Farsi)
5. Dolatpanah, T., Roustaee, M., Ahakpaz, F. & Mohebalipoor, N. (2013). Effect of drought stress on grain yield and yield components of winter and facultative barley genotypes in Maragheh region. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29-1 (2), 257-275. (in Farsi)
6. El-Hendawy, S.E., Ruan, Y., Hu, Y. & Schmidhalter, U. (2009). A comparison of screening criteria for salt tolerance in wheat under field and controlled environmental conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195, 356-367.
7. FAO. (2008). *FAO Land and Plant Nutrition Management Service*. http://wwwfaoorg/ag/agl/agll/spush
8. Fernandez, G.C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: proceeding of the *International Symposium on Adaptation of Vegetables and other food Crops in Temperature and Water Stress*, 13-16 Aug., 1992, Taiwan, pp. 257-270.
9. Flowers, T.J. (2004). Improving crop salt tolerance. *J Exp Bot*, 55, 307-319.
10. Greenway, H. & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annu Rev Plant Phys*, 31, 149-190.
11. Francois, L.E. (1999). Time of salt stress affects growth and yield components of irrigation wheat. *Agron J*, 86, 100-107.
12. Garthwaite, A.J., von Bothmer, R. & Colmer, T.D. (2005). Salt tolerance in wild Hordeum species is associated with restricted entry of Na^+ and Cl^- into the shoots. *J Exp Bot*, 56, 2365-2378.
13. Grive, G. E. (1993). Leaf and spiklet primordial protein synthesis in barley roots. *Plant Physiol*, 183, 517-524.
14. Horie, T., Hauser, F. & Schroeder, J.I. (2009). HKT transporter-mediated salinity resistance mechanisms in Arabidopsis and monocot crop plants. *Trends Plant Sci*, 14, 660-668.
15. Isla, R., Aragues, R. & Royo, A. (1998). Validity of various physiological traits as screening criteria for salt tolerance in barley. *Field Crops Research*, 58, 97-107.
16. Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M. & Foolad, M.R. (2011). Gene expression profiling of plants under salt stress. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30, 435-458.

www.SID.ir

Archive of SID

17. Maas, E.V. (1986). Salt tolerance of plants. *Appl Agr Res*, 1, 12-26.
18. Mian, A., Senadheera, P. & Maathuis, F.J. (2011). Improving crop salt tolerance: Anion and cation transporters as genetic engineering targets. *Global Science Books, Plant Stress*, 5, 64-72.
19. Munns, R., Husain, S., Rivelli, A.R., James, R.A., Condon, A.G., Lindsay, M.P., Lagudah, E.S., Schachtman D.P. & Hare, R.A. (2002). Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil*, 247, 93-105.
20. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol*, 59, 651-681.
21. Nevo E. & Chen, G. (2010). Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant Cell Environment*, 33, 670-685.
22. Nguyen, V.L. (2012). *Identification of traits and QTLs contributing to salt tolerance in barley (Hordeum vulgare L.)*. Ph. D. dissertation, University of Wageningen, Netherland.
23. Rajendran, K., Tester, M. & Roy, S.J. (2009). Quantifying the three main components of salinity tolerance in cereals. *Plant Cell and Environment*, 32, 237-249.
24. Roy, S.J., Tucker E.J. & Tester, M. (2011). Genetic analysis of abiotic stress tolerance in crops. *Current Opinion in Plant Biology*, 14, 232-239.
25. Sardoie Nasab, S., Mohammadinezhad, Gh., Zebarjadi, A., Nakhoda, B., Amini, A. & Majidi Hervan, I.(2013). Response of bread wheat lines to salinity stress. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29-1(1), 81-102. (in Farsi)
26. Saisho, D. & Takeda, K. (2011). Barley: emergence as a new research material of crop science. *Plant Cell Physiol*., 52, 724-727.
27. Schulte, D., Close, T.J. Graner, A., Langridge, P., Matsumoto, T., Muehlbauer, G., Sato, K., Schulman, A.H., Waugh, R., Wise, R.P. & Stein, N. (2009). The international barley sequencing consortium-at the threshold of efficient access to the barley genome. *Plant Physiology*, 149, 142-147.
28. Shabala, S., Cuin, T.A., Pang, J., Percey, W., Chen, Z., Conn, S., Eing, C. & Wegner, L.H. (2010). Xylem ionic relations and salinity tolerance in barley. *Plant J*, 61, 839-853.
29. Tavakkoli, E., Fatehi, F., Coventry, S., Rengasamy, P. & McDonald, G.K. (2011). Additive effects of Na^+ and Cl^- ions on barley growth under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, 62, 2189-2203.
30. Tester M. & Davenport, R. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91, 503-527.
31. Tester, M. & Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*, 327, 818-822.
32. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. & Befort, B.L. (2011). B.L.Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 20260-20264.
33. Tuteja, N. (2007). Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods Enzymol*, 428, 419-438.
34. Wayssimall Amiri, I., Haghparast, R., Aghaee, M., Farshadfar, E. & Rajabi, R. (2012). Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using physiological characteristics and drought tolerance indices. *Seed and Plant Improvement Journal*, 26-1(1), 43-60. (in Farsi)

www.SID.ir