ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی و همبستگی بین آنها در لاین‌های چغندرقند

Evaluation of drought tolerance indices and their correlation in sugar beet lines

سعید صادق زاده حمایتی[۱] * و پرویز فصاحت[۱]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۰

س. صادق زاده حمایتی وپ. فصاحت. ۱۳۹۵. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی و همبستگی بین آنها در لاین‌های چغندرقند. **چغندرقند، ۳۲(۱): ۱۳- ۲۷.**
DOI:10.22092/jsb.2016.106650

چکیده

در بهار سال ۱۳۹۱، به منظور تعیین بهترین شاخص‌های کمی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های چغندرقند، آزمایشی به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی مطهری مؤسسه تحقیقات چغندرقند درکمال‌شهر کرج انجام گرفت. دو تیمار آبیاری شامل آبیاری نرمال پس از ۹۰-۸۰ میلی‌متر و آبیاری با اعمال تنش پس از ۲۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A در کرت‌های اصلی و ۳٦ ژنوتیپ چغندرقند در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هارمونیک (Harm)، تحمل (TOL)، بهره‌وری متوسط (MP)، پایداری عملکرد (YSI)، واکنش نسبت به خشکی (DRI)، تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، عملکرد (YI)، مقاومت به خشکی (DI)، تحمل به تنش تغییر یافته (MSTI)، میزان محصول محیط غیرتنش و تنش (SNPI)، تحمل به تنش‌های غیر- زیستی (ATI)، درصد حساسیت به تنش (SSPI)، و کاهش نسبی عملکرد (RDY) تعیین گردیدند. بر پایه دستورالعمل فرناندز، هشت ژنوتیپ ۳، ۳۵، ۳۲، ٥، ۳٤، ۱۳، ۲٦ و ۳٦ جزو گروه A (عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش) قرار گرفتند. مقایسه ۱٦ شاخص مختلف تحمل نیز نشان داد که هفت شاخص GMP، Harm و MSTI (بر مبنای K2STI)، SNPI، STI، YI و YS توانستند هشت ژنوتیپ متعلق به گروه A را به‌درستی تشخیص دهند. اگرچه، مطالعه ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد شکرخام در شرایط نرمال و تنش حاکی از برتری شاخص‌های SSPI، ATI، MP، TOL، GMP، STI، RDY، Harm، YI، SNPI و DI بود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، چغندرقند، ژنوتیپ، شاخص‌های تحمل به خشکی

۱ - استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران *نویسنده مسئول s_s_hemayati@yahoo.com

مقدمه

در چغندرقند، تنش خشکی باعث کاهش عملکرد به میزان ۱۰ تا ۳۰ درصد می‌شود (Pidgeon *et al*. 2001; Jones *et al.* 2003) که این میزان در مناطق خشک و نیمه‌خشک به خصوص در مکان‌هایی با میزان شدت بارش کم، افزایش می‌یابد (Sadeghian *et al*. 2000). تنها راه حل این مشکل، اصلاح واریته‌های مقاوم به خشکی و شناسایی ژرم‌پلاسم‌های دارای مقاومت به خشکی و عملکرد بالا می‌باشد. هرچند که پیدا کردن یک روش قابل اعتماد که به تواند انتخاب چغندرقند را بر اساس ترکیب هر دو صفت فوق امکان‌پذیر سازد پیچیده می‌باشد. اولین مانع، فقدان تنوع ژنتیکی برای صفت مقاومت به خشکی در میان ارقام چغندرقند بر اساس عملکرد و کیفیت می‌باشد (Kerr 2000; Bloch and Hoffmann 2005; Bloch *et al*. 2006). استفاده از ژنوتیپ‌های چغندرقند با پس زمینه ژنتیکی متنوع (Ober *et al*. 2004; Rajabi *et al.* 2009)، انواع مختلف جنس *Beta* (Sadeghian *et al.* 2000; Ober and Luterbacher 2002) و لاین‌های گرده‌افشان تمام‌خواهری (S1) می‌تواند تا حدودی این مشکل را برطرف کند (Ahmadi *et al.* 2011). دومین مشکل مربوط به تغییرات محیطی (نوع خاک و شرایط آب و هوایی) و تا حد زیادی اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط می‌باشد که عملکرد واریته‌های چغندرقند را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Pidgeon *et al*. 2006; Hoffman *et al.* 2009; Ober and Rajabi 2010). سرانجام، انتخاب چغندرقند بر مبنای پتانسیل عملکرد بالا اغلب تحمل آن به خشکی را مشخص نمی‌کند (Sadeghian *et al.* 2000; Ober *et al.* 2005).

مقاومت به خشکی به‌عنوان عملکرد نسبی یک ژنوتیپ در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر در شرایط تنش تعریف شده است (Hall 1993). گزینش ژنوتیپ‌هایی که هم به شرایط تنش و هم بدون‌تنش، سازگاری دارند هدف اصلی آزمایش‌های آزمون عملکرد است. حساسیت به تنش را نیز می‌توان به میزان کاهش عملکرد در شرایط تنش تعبیر کرد گرچه، این مقدار برای ژنوتیپ‌های مختلف با پتانسیل عملکرد متفاوت، می‌تواند گمراه‌کننده باشد (Ramirez and Kelly 1998).

شاخص‌های متعددی برای تعیین تحمل به تنش معرفی شده است. ولی در مجموع، شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و عدم‌تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند. زیرا این شاخص‌ها، قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و غیرتنش هستند و می‌توان از آن‌ها برای تخمین پایداری عملکرد استفاده کرد (Fischer and Maurer 1978). شاخص‌های متعددی شامل شاخص حساسیت به تنش (Stress susceptibility index= SSI) (Fischer and Maurer 1978)، میانگین هارمونیک (Harmonic mean =Harm)، شاخص تحمل (Tolerance index=TOL) و بهره‌وری متوسط (Mean productivity=MP) (Rosielle and Hamblin 1981)، شاخص پایداری عملکرد (Yield stability index=YSI) (Bouslama and Schapaugh 1984)، شاخص واکنش نسبت به خشکی (Drought response index=DRI) (Bidinger *et al.* 1987)، شاخص تحمل به تنش (Stress tolerance index =STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (Geometric mean productivity=GMP) (Fernandez 1992)، شاخص عملکرد (Yield index=YI)

(Gavuzzi *et al.* 1997)، شاخص مقاومت به خشکی (Drought resistance index=DI) (Lan 1998)، شاخص تحمل به تنش تغییریافته (Modified stress tolerance index=MSTI) (Farshadfar and Sutka 2002)، شاخص میزان محصول محیط غیرتنش و تنش (Stress non-stress production index=SNPI)، تحمل به تنش‌های غیرزیستی (Abiotic tolerance index=ATI) و درصد حساسیت به تنش (Stress susceptibility percentage index=SSPI) (Moosavi *et al.* 2008) و شاخص کاهش نسبی عملکرد (Relative decrease in yield=RDY) (İlker *et al.* 2011) برای تمایز ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی پیشنهاد شده است. فرناندز (Fernandez 1992) ژنوتیپ‌ها را بر اساس تظاهرشان در شرایط تنش و بدون تنش به چهار گروه دسته‌بندی کرد: گروه A شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد خوب در هر دو شرایط تنش و بدون‌تنش، گروه B شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد خوب در شرایط بدون‌تنش، گروه C شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد خوب در شرایط تنش و گروه D شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد ضعیف در هر دو شرایط تنش و بدون‌تنش.

بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز، شاخصی مناسب است که بتواند ژنوتیپ‌های متعلق به گروه A را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا سازد. البته، عموماً اعتقاد بر این است که مناسب‌ترین شاخص برای تحمل یا مقاومت نسبی بستگی به اهداف گزینش (گزینش برای پایداری بدون توجه به عملکرد بالا یا گزینش برای اهداف اقتصادی با توجه به عملکرد بالا و پایدار) و شرایط گزینش (گزینش برای استفاده در شرایط فاریاب یا دیم) دارد. شاخص‌هایی که در محیط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد هستند به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شده و نیاز به شاخص انتخاب مناسب را برآورده می‌سازند، چراکه این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند (Fernandez 1992). همبستگی مثبت بین دو شاخص گزینش، بدین مفهوم است که انتخاب برمبنای یک شاخص برای تحمل به تنش، می‌تواند با انتخاب مبنی بر شاخص دوم ارتباط داشته باشد. به‌عبارت دیگر، کارآیی دو شاخص مشابه است. حال اگر چندین شاخص همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته باشند در بعضی از موارد، می‌توان از یکی از آنها به‌جای بقیه استفاده کرد. اما اگر دو شاخص همبستگی منفی و معنی‌داری داشته باشند، این موضوع نشان می‌دهد که باز می‌توان از یکی از این دو شاخص، به‌جای دیگری استفاده کرد، اما در اینجا مقادیر بالای شاخص اول معادل مقادیر پایین شاخص دوم خواهد بود. در مطالعه‌ای توسط حسادی و همکاران (Hesadi *et al.* 2015)، شاخص‌های STI، K1STI، K2STI، MP، GMP، Harm و YI به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های بررسی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های چغندرقند انتخاب شدند.

این مطالعه با هدف ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های چغندرقند به خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل و همچنین شناسایی بهترین شاخص تحمل به خشکی جهت ارزیابی میزان حساسیت و تحمل ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند انجام گردید تا به‌توان با تعیین ژنوتیپ‌های مناسب از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و تهیه ارقام متحمل به خشکی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر ژنوتیپ‌های چغندرقند، این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقاتی مطهری کرج انجام گرفت. با توجه به اهداف این آزمایش، با

استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، اثر دو سطح آبیاری (کرت های اصلی) بر روی ۳۶ ژنوتیپ چغندرقند (کرت‌های فرعی) در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. سطوح آبیاری عبارت بودند از: تیمار آبیاری بر اساس حدود ۲۷۰ میلی‌متر تبخیر در شرایط تنش و تیمار آبیاری براساس ۹۰-۸۰ میلی‌متر تبخیر کلاس A از تشتک تبخیر در شرایط بدون‌تنش بوده و تیمارهای کرت های فرعی سال ژنوتیپ ها که مشخصات آنها در جدول۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱ مشخصات ۳۶ ژنوتیپ چغندر قند مورد آزمایش

ردیف	شماره بذر	ژنوتیپ	ردیف	شماره بذر	ژنوتیپ	ردیف	شماره بذر	ژنوتیپ
۱	31655-90	O.T.110-12	۱۳	31667-90	O.T.110-29	۲۵	31679-90	O.T.110-11
۲	31656-90	O.T.110-23	۱٤	31668-90	O.T.110-30	۲٦	31680-90	O.T.110-17
۳	31657-90	O.T.110-25	۱٥	31669-90	O.T.110-35	۲۷	31681-90	O.T.110-28
٤	31658-90	O.T.110-07	۱٦	31670-90	O.T.110-37	۲۸	31682-90	O.T.110-34
٥	31659-90	O.T.110-09	۱۷	31671-90	O.T.110-38	۲۹	31683-90	O.T.110-52
٦	31660-90	O.T.110-13	۱۸	31672-90	O.T.110-40	۳۰	191	Sensitive Check
۷	31661-90	O.T.110-16	۱۹	31673-90	O.T.110-47	۳۱	30923	IR7 (Resistant check)
۸	31662-90	O.T.110-21	۲۰	31674-90	O.T.110-50	۳۲	30908	(436*231)*5RR-87-Hs.33
۹	31663-90	O.T.110-23	۲۱	31675-90	O.T.110-55	۳۳	31290	(7112*SB36)*5RR-87-HS.7
۱۰	31664-90	O.T.110-24	۲۲	31676-90	O.T.110-57	۳٤	31291	(7112*SB36)*5RR-87-HS.11
۱۱	31665-90	O.T.110-25	۲۳	31677-90	O.T.110-67	۳٥	31292	(7112*SB36)*5RR-87-HS.18
۱۲	31666-90	O.T.110-26	۲٤	31678-90	O.T.110-68	۳٦	7221	Forage Beet Bulk

شاخص‌های تحمل به خشکی

شاخص‌های کمی متعددی برای گزینش ژنوتیپ‌ها مبتنی بر نمودشان در محیط‌های تنش و بدون‌تنش پیشنهاد شده‌اند. بر اساس این شاخص‌ها، ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون‌تنش با هم مقایسه می‌شوند. از آن جا که تأثیر تنش بر عملکردریشه و عیارقند به اثبات رسیده است (داده‌ها در این مقاله ذکر نشده‌اند)، بنابراین از عملکردقند که برآیند این دو صفت می‌باشد به‌عنوان معیار استفاده گردید. با استفاده از عملکردقند در شرایط بدون‌تنش و تنش، شاخص‌های کمی تحمل به خشکی از روابط زیر محاسبه شد:

شاخص حساسیت به تنش (Fischer and Maurer 1978)

$$SI = 1 - (Y_S / Y_P) \qquad (۱)$$
$$SSI = \left(1 - Y_{s_i} / Y_{p_i}\right) / SI$$

شاخص میانگین هارمونیک (Rosielle and Hamblin 1981)

$$HM = \sqrt{\frac{2 \times Y_{p_i} \times Y_{s_i}}{Y_{p_i} + Y_{s_i}}} \qquad (۲)$$

شاخص تحمل (Rosielle and Hamblin 1981)

$$TOL = Y_{p_i} \quad Y_{s_i} \qquad (۳)$$

شاخص بهره‌وری متوسط (Rosielle and Hamblin 1981)

$$MP = \frac{Y_{s_i} + Y_{p_i}}{2} \qquad (۴)$$

شاخص پایداری عملکرد (Bouslama and Schapaugh 1984)

$$YSI = \frac{Y_{s_i}}{Y_{p_i}} \qquad (۵)$$

شاخص واکنش نسبت به خشکی (Bidinger *et al.* 1987)

$$DRI = (Y_A \quad Y_{ES}) / S_{ES} \qquad (۶)$$

شاخص تحمل تنش (Fernandez 1992)

$$STI = \frac{Y_{p_i} \times Y_{s_i}}{Y_P^2} \quad (۷)$$

شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (Fernandez 1992)

$$GMP = \sqrt{Y_{s_i}} \times \sqrt{Y_{p_i}} \quad (۸)$$

شاخص عملکرد (Gavuzzi *et al.* 1997)

$$YI = \frac{Y_{s_i}}{Y_S} \quad (۹)$$

شاخص مقاومت به خشکی (Lan 1998)

$$DI = \frac{Y_{s_i} \times \frac{Y_{s_i}}{Y_{p_i}}}{Y_S} \quad (۱۰)$$

شاخص تحمل به تنش تغییریافته (Farshadfar and Sutka 2002)

$$MSTI = k_i \times STI \quad (۱۱)$$
$$k_1 = Y_{p_i}^2 / Y_P^2 , k_2 = Y_{s_i}^2 / Y_S^2$$

شاخص میزان محصول محیط غیرتنش و تنش (Moosavi *et al.* 2008)

$$SNPI = \left[\left(Y_{p_i} + Y_{s_i}\right) / \left(Y_{p_i} \quad Y_{s_i}\right)\right]^{1/3} \times \left(Y_{p_i} \times Y_{s_i} \times Y_{s_i}\right)^{1/3} \quad (۱۲)$$

شاخص تحمل به تنش‌های غیرزیستی (Moosavi *et al.* 2008)

$$ATI = \frac{Y_{p_i} \quad Y_{s_i}}{Y_P / Y_S} \times \left(\sqrt{Y_{s_i}} \times \sqrt{Y_{p_i}}\right) \quad (۱۳)$$

شاخص درصد حساسیت به تنش (Moosavi *et al.* 2008)

$$SSPI = \frac{\left[Y_{p_i} \quad \left(Y_{p_i} / 2\right)\right]}{Y_P} \times 100 \quad (۱۴)$$

شاخص کاهش نسبی عملکرد (İlker *et al.* 2011)

$$RDY = 100 \quad (Y_{s_i} / 100 \times Y_{p_i}) \quad (۱۵)$$

در روابط فوق:

Y_{s_i} برابر است با ارزش میانگین عملکرد شکرخام ژنوتیپ *i*ام در شرایط تنش، Y_{p_i} برابر است با ارزش میانگین عملکرد شکرخام ژنوتیپ *i*ام در شرایط مطلوب، Y_S برابر است با میانگین عملکرد شکرخام کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تحت تنش، Y_P برابر است با میانگین عملکرد شکرخام کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط مطلوب، Y_A برابر است با عملکرد واقعی شکرخام در شرایط تنش، Y_{ES} برابر است با عملکرد شکرخام برآورد شده بر اساس رگرسیون در شرایط تنش، S_{ES} برابر است با اشتباه استاندارد شیب خط رگرسیون.

همبستگی این شاخص‌ها با عملکرد شکرسفید در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی با کمک نرم افزار SAS محاسبه و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار QRRO ترسیم شدند.

نتایج

شاخص‌های تحمل به خشکی

در شرایط نرمال، بیشترین عملکرد پتانسیل شکرخام (YP) پس از توده علوفه‌ای ۷۲۲۱ (۱۳/۳۹ تن در هکتار) به مواد ژنتیکی ۲۶، ۳۲، ۳۳، ۵، ۱ و ۳۵ با عملکرد شکرخام بیش از ۱۰ تن در هکتار تعلق داشت (جدول ۲). این درحالی بود که اوتایپ‌های ۱۸، ۱۵، ۱۹، ۱۴، ۲۱ و ۴ کمتر از پنج تن در هکتار عملکرد شکر خام تولید کردند. در شرایط تنش، بیشترین عملکرد شکر خام (YS، بیش از سه تن در هکتار) به اوتایپ‌های ۱۱، ۵ و ۲۶ و هیبریدهای ۳۵، ۳۲، ۳۴ و توده علوفه‌ای ۷۲۲۱ متعلق بود. کمترین عملکرد شکر خام در شرایط تنش نیز به اوتایپ‌های ۱۲، ۱۸، ۱۱، ۱۴، ۱۹، ۲۱، ۲۵، ۲۲، ۲۴ و ۴ مربوط بود (جدول ۲). نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳، ۷، ۳۵، ۱۵ و ۳۴ با عملکرد پتانسیل معادل ۱۰/۰۵–۴/۷۸ تن در هکتار (رتبه‌های ۳۲–۷) و عملکرد تحت تنش ۵/۰۲–۱/۷۷ تن در هکتار (رتبه‌های ۲۲–۱) واجد تحمل به تنش (SSI) بیشتری هستند. در عین حال، ژنوتیپ‌های ۲۵، ۶، ۱، ۲۴، ۱۱ و ۲۲ با عملکرد پتانسیل ۱۰/۳۲–

۵/۰۱ تن در هکتار (رتبه‌های ۳۰-۶) و عملکرد تحت تنش ۱/۹۶-۰/۷۸ تن در هکتار (رتبه‌های ۳۵-۲۰) از تحمل کمتری نسبت به تنش برخوردار هستند (جدول ۲). ژنوتیپ‌های ۳، ۳۲، ۳۵، ۵، ۲۶، ۳۶، ۳۴ و ۱۳ با احراز شاخص میانگین هارمونیک (Harm) ۲/۵۷-۲/۲۴ به‌عنوان ژنوتیپ متحمل و ژنوتیپ‌های ۱۹، ۲۲، ۲۵، ۲۱، ۲۴ و ۴ (Harm=۱/۳۸-۰/۹۸) به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس طبقه‌بندی شدند (جدول ۲). شاخص تحمل (TOL) نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳، ۳۲، ۱، ۳۳، ۲۶ و ۳۶ بیشترین تحمل نسبی را نسبت به خشکی (TOL>۷/۴۳) را داشتند و اوتایپ‌های ۴، ۲۱، ۱۵، ۱۴، ۱۹ و ۷ به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس (TOL<۳/۵۰) با عملکرد پتانسیل ۵/۹۲-۱/۹۱ و عملکرد تحت تنش ۲/۵۰-۰/۶۳ تن در هکتار هستند (جدول ۲). شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، ژنوتیپ‌های ۳۶، ۲۶، ۳۲، ۳، ۵، ۳۵ و ۳۳ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل (MP=۷/۰۳-۸/۲۹) و ژنوتیپ‌های ۱۹، ۲۴، ۱۴، ۲۱ و ۴ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی (MP=۱/۲۷-۲/۹۱) دسته‌بندی کرد (جدول ۲). شاخص پایداری عملکرد (YSI)، ژنوتیپ‌های ۳، ۷ و ۳۵ (YSI=۰/۴۰-۰/۵۲) را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و در مقابل ژنوتیپ‌های ۶، ۱، ۲۴، ۱۱ و ۲۲ (YSI=۰/۱۳-۰/۲۰) را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی معرفی کرد. شاخص خشکی نسبی (DRI)، ژنوتیپ‌های ۳، ۷ و ۳۵ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل (DRI=۱/۴۲-۱/۸۴) و ژنوتیپ‌های ۲۴، ۱۱ و ۲۲ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس (DRI=۰/۴۵-۰/۵۵) شناسایی کرد. بر اساس شاخص تحمل تنش (STI)، ژنوتیپ‌های ۱۱، ۳۲، ۳۶، ۳۵، ۲۶ و ۵ بیشترین تحمل را داشتند و با عملکرد پتانسیل معادل ۱۳/۳۹-۹/۶۱ تن در هکتار و عملکرد تحت تنش ۵/۰۲-۳/۱۸ تن در هکتار جزو ژنوتیپ‌های متحمل دسته‌بندی شدند. این درحالی بود که اوتایپ‌های ۱۴، ۱۹، ۲۵، ۲۱، ۲۴ و ۴ با دامنه عملکرد پتانسیل ۵/۰۲-۱/۹۱ تن در هکتار و عملکرد تحت تنش ۰/۲۶۱-۰/۶۳ تن در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس طبقه‌بندی شدند و سایر ژنوتیپ‌ها جزو نسبتاً متحمل و نسبتاً حساس بودند.

جدول ۲ رتبه‌های شاخص‌های مختلف تحمل (R)، میانگین رتبه‌ها ($\overline{R}$) و اختلاف استاندارد آنها (SDR) برای ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند

ژنوتیپ	Yp ($t.ha^{-1}$)	R	Ys ($t.ha^{-1}$)	R	SSI	R	DRI	R	Harm	R	TOL ($t.ha^{-1}$)	R	MP ($t.ha^{-1}$)	R	YSI	R	STI	R	GMP ($t.ha^{-1}$)	R
۱	۱۰/۳۲	۶	۱/۹۶	۲۰	۱/۱۳	۳۳	۵/۹۲	۳	۱/۸۱	۱۷	۸/۳۶	۴	۶/۱۴	۱۰	۰/۱۹	۳۳	۰/۳۳	۱۵	۴/۴۹	۱۵
۲	۷/۸۷	۲۰	۲/۶۹	۱۱	۰/۹۲	۹	−۲/۶۱	۲۸	۲/۰	۱۱	۵/۱۸	۲۲	۵/۲۸	۱۵	۰/۳۴	۹	۰/۳۵	۱۴	۴/۶۰	۱۴
۳	۹/۶۱	۹	۵/۰۲	۱	۰/۶۷	۱	−۱۳/۱۴	۳۶	۲/۵۷	۱	۴/۵۸	۲۵	۷/۳۲	۴	۰/۵۲	۱	۰/۸۰	۱	۶/۹۵	۱
۴	۱/۹۱	۳۶	۰/۶۳	۳۶	۰/۹۳	۱۰	−۱/۰۴	۲۴	۰/۹۸	۳۶	۱/۲۷	۳۶	۱/۲۷	۳۶	۰/۳۳	۱۰	۰/۰۲	۳۶	۱/۱۰	۳۶
۵	۱۰/۹۸	۵	۳/۵۹	۴	۰/۹۴	۱۲	−۲/۴۲	۲۷	۲/۳۳	۴	۷/۳۹	۷	۷/۲۹	۵	۰/۳۳	۱۲	۰/۶۵	۶	۶/۲۸	۶
۶	۷/۴۵	۲۱	۱/۵۲	۲۵	۱/۱۱	۳۲	۳/۴۶	۶	۱/۵۹	۲۵	۵/۹۳	۱۶	۴/۴۹	۲۱	۰/۲۰	۳۲	۰/۱۹	۲۳	۳/۳۷	۲۳
۷	۵/۹۲	۲۷	۲/۵۰	۱۳	۰/۸۱	۲	−۴/۹۲	۳۴	۱/۸۸	۱۶	۳/۴۱	۳۱	۴/۲۱	۲۵	۰/۴۲	۲	۰/۲۵	۱۹	۳/۸۵	۱۹
۸	۸/۸۰	۱۲	۲/۴۹	۱۴	۱/۰	۱۸	۰/۱۸	۱۸	۱/۹۷	۱۳	۶/۳۱	۱۱	۵/۶۵	۱۳	۰/۲۸	۱۸	۰/۳۶	۱۲	۴/۶۸	۱۲
۹	۶/۱۸	۲۶	۱/۷۶	۲۳	۱/۰	۱۵	−۰/۱۵	۲۰	۱/۶۵	۲۲	۴/۴۲	۲۷	۳/۹۷	۲۷	۰/۲۸	۱۵	۰/۱۸	۲۴	۳/۳۰	۲۴
۱۰	۸/۴۱	۱۴	۲/۸۹	۹	۰/۹۲	۸	−۲/۸۳	۳۰	۲/۰۷	۱۰	۵/۵۲	۱۹	۵/۶۵	۱۲	۰/۳۴	۸	۰/۴۰	۱۰	۴/۹۳	۱۰
۱۱	۸/۷۳	۱۳	۱/۳۰	۲۹	۱/۱۹	۳۵	۶/۹۸	۲	۱/۵۱	۲۷	۷/۴۳	۶	۵/۰۲	۱۸	۰/۱۵	۳۵	۰/۱۹	۲۲	۳/۳۷	۲۲
۱۲	۵/۸۶	۲۸	۱/۴۰	۲۷	۱/۰۶	۲۵	۱/۳۸	۱۴	۱/۵۰	۲۸	۴/۴۵	۲۶	۳/۶۳	۲۸	۰/۲۴	۲۵	۰/۱۴	۲۸	۲/۸۷	۲۸
۱۳	۹/۶۳	۸	۳/۳۸	۶	۰/۹۱	۶	−۳/۵۵	۳۱	۲/۲۴	۸	۶/۲۵	۱۲	۶/۵۱	۸	۰/۳۵	۶	۰/۵۴	۸	۵/۷۱	۸
۱۴	۴/۴۴	۳۴	۱/۲۶	۳۰	۱/۰	۱۷	−۰/۲۹	۲۳	۱/۴۰	۳۰	۳/۱۸	۳۳	۲/۸۵	۳۴	۰/۲۸	۱۷	۰/۰۹	۳۱	۲/۳۷	۳۱
۱۵	۴/۷۸	۳۲	۱/۷۷	۲۲	۰/۸۸	۴	−۲/۶۶	۲۹	۱/۶۱	۲۳	۳/۰۱	۳۴	۳/۲۷	۲۹	۰/۳۷	۴	۰/۱۴	۲۷	۲/۹۱	۲۷
۱۶	۸/۰	۱۸	۱/۹۷	۱۸	۱/۰۵	۲۴	۱/۸۱	۱۲	۱/۷۸	۱۹	۶/۰۴	۱۴	۴/۹۹	۱۹	۰/۲۵	۲۴	۰/۲۶	۱۸	۳/۹۷	۱۸
۱۷	۶/۹۹	۲۲	۱/۵۲	۲۶	۱/۰۹	۳۰	۲/۶۶	۸	۱/۵۸	۲۶	۵/۴۷	۲۰	۴/۲۶	۲۳	۰/۲۲	۳۰	۰/۱۸	۲۶	۳/۲۶	۲۶
۱۸	۴/۹۳	۳۱	۱/۳۹	۲۸	۱/۰	۱۹	−۰/۱۹	۲۱	۱/۴۷	۲۹	۳/۵۴	۳۰	۳/۱۶	۳۰	۰/۲۸	۱۹	۰/۱۱	۳۰	۲/۶۲	۳۰
۱۹	۴/۶۱	۳۳	۱/۲۰	۳۱	۱/۰۳	۲۲	۰/۳۶	۱۶	۱/۳۸	۳۱	۳/۴۱	۳۲	۲/۹۱	۳۲	۰/۲۶	۳۲	۰/۰۹	۳۲	۲/۳۵	۳۲
۲۰	۶/۵۲	۲۵	۱/۸۸	۲۱	۰/۹۹	۱۴	−۰/۲۶	۲۲	۱/۷۱	۲۱	۴/۶۴	۲۴	۴/۲۰	۲۶	۰/۲۹	۱۴	۰/۲۰	۲۱	۳/۵۰	۲۱
۲۱	۳/۵۰	۳۴	۱/۱۵	۳۲	۰/۹۴	۱۱	−۱/۲۹	۲۶	۱/۳۲	۳۴	۲/۳۴	۳۵	۲/۳۳	۳۵	۰/۳۳	۱۱	۰/۰۷	۳۴	۲/۰۱	۳۴
۲۲	۸/۰	۱۹	۱/۰۲	۳۴	۱/۲۲	۳۶	۷/۳۴	۱	۱/۳۴	۳۲	۶/۹۸	۹	۴/۵۱	۲۰	۰/۱۳	۳۶	۰/۱۳	۲۹	۲/۸۵	۲۹
۲۳	۶/۹۴	۲۳	۱/۵۶	۲۴	۱/۰۸	۲۹	۲/۳۴	۱۰	۱/۶۰	۲۴	۵/۳۸	۲۱	۴/۲۵	۲۴	۰/۲۲	۲۹	۰/۱۸	۲۵	۳/۲۹	۲۵
۲۴	۵/۰۱	۳۰	۰/۷۸	۳۵	۱/۱۸	۳۴	۳/۵۱	۵	۱/۱۶	۳۵	۴/۲۳	۲۸	۲/۸۹	۳۳	۰/۱۶	۳۴	۰/۰۶	۳۵	۱/۹۸	۳۵
۲۵	۵/۰۲	۲۹	۱/۰۸	۳۳	۱/۱۰	۳۱	۱/۷۸	۱۳	۱/۳۳	۳۳	۳/۹۴	۲۹	۳/۰۵	۳۱	۰/۲۲	۳۱	۰/۰۹	۳۳	۲/۳۳	۳۳
۲۶	۱۲/۲۴	۲	۳/۳۲	۷	۱/۰۲	۲۱	۱/۳۶	۱۵	۲/۲۹	۵	۸/۹۲	۲	۷/۷۸	۲	۰/۲۷	۲۱	۰/۶۷	۵	۶/۳۸	۵
۲۷	۸/۳۵	۱۶	۱/۹۷	۱۷	۱/۰۷	۲۸	۲/۴۲	۹	۱/۷۸	۱۸	۶/۳۹	۱۰	۵/۱۶	۱۷	۰/۲۴	۲۸	۰/۲۷	۱۷	۴/۰۵	۱۷
۲۸	۸/۱۹	۱۷	۲/۳۰	۱۶	۱/۰۱	۲۰	۰/۲۲	۱۷	۱/۸۹	۱۵	۵/۸۹	۱۷	۵/۲۴	۱۶	۰/۲۸	۲۰	۰/۳۱	۱۶	۴/۳۴	۱۶
۲۹	۶/۹۳	۲۴	۱/۹۷	۱۹	۱/۰	۱۶	−۰/۰۷	۱۹	۱/۷۵	۲۰	۴/۹۶	۲۳	۴/۴۵	۲۲	۰/۲۸	۱۶	۰/۲۳	۲۰	۳/۶۹	۲۰
۳۰	۸/۳۹	۱۵	۲/۶۱	۱۲	۰/۹۶	۱۳	−۱/۲۴	۲۵	۱/۹۹	۱۲	۵/۷۸	۱۸	۵/۵۰	۱۴	۰/۳۱	۱۳	۰/۳۶	۱۳	۴/۶۸	۱۳
۳۱	۹/۵۰	۱۱	۲/۴۲	۱۵	۱/۰۴	۲۳	۱/۸۱	۱۱	۱/۹۶	۱۴	۷/۰۸	۸	۵/۹۶	۱۱	۰/۲۵	۲۳	۰/۳۸	۱۱	۴/۷۹	۱۱
۳۲	۱۱/۴۰	۳	۳/۹۷	۳	۰/۹۱	۷	−۳/۸۹	۳۳	۲/۴۳	۲	۷/۴۳	۵	۷/۶۸	۳	۰/۳۵	۷	۰/۷۵	۲	۶/۷۲	۲
۳۳	۱۱/۳۵	۴	۲/۷۰	۱۰	۱/۰۶	۲۶	۳/۴۱	۷	۲/۰۹	۹	۸/۶۵	۳	۷/۰۳	۷	۰/۲۴	۲۶	۰/۵۱	۹	۵/۵۴	۹
۳۴	۹/۶۰	۱۰	۳/۴۱	۵	۰/۹۰	۵	−۳/۷۸	۳۲	۲/۲۴	۷	۶/۱۹	۱۳	۶/۵۱	۹	۰/۳۶	۵	۰/۵۴	۷	۵/۷۲	۷
۳۵	۱۰/۰۵	۷	۴/۰۶	۲	۰/۸۳	۳	−۶/۷۸	۳۵	۲/۴۰	۳	۵/۹۹	۱۵	۷/۰۵	۶	۰/۴۰	۳	۰/۶۸	۴	۶/۳۹	۴
۳۶	۱۳/۳۹	۱	۳/۱۸	۸	۱/۰۷	۲۷	۴/۱۹	۴	۲/۲۷	۶	۱۰/۲۱	۱	۸/۲۹	۱	۰/۲۴	۲۷	۰/۷۰	۳	۶/۵۳	۳

ادامه جدول ۲

SDR	R	$\bar{R}$	R	RDY	R	SSPI	R	ATI	R	SNPI	R	MSTI2	R	MSTI1	R	RDI	R	DI	R	YI	ژنوتیپ
۹/۸۶	۱۵	۱۹/۲۱	۱۵	۲۰/۲۰	۶	۶۶/۳۹	۷	۰/۶۷	۱۷	۶/۴۵	۱۷	۰/۵۲	۱۰	۰/۵۹	۳۳	۰/۶۷	۲۵	۰/۱۷	۲۰	۰/۸۸	۱
۵/۴۲	۱۴	۱۴/۴۷	۱۴	۲۱/۲۰	۲۰	۵۰/۶۵	۱۷	۰/۴۸	۱۱	۱۲/۹۴	۱۱	۰/۵۲	۱۵	۰/۳۶	۹	۱/۲۰	۹	۰/۴۲	۱۱	۱/۲۲	۲
۱۱/۷۲	۲	۷/۷۹	۱	۴۸/۲۶	۹	۶۱/۸۱	۱۱	۰/۵۸	۱	۸۵/۹۶	۱	۴/۱۲	۵	۱/۲۲	۱	۱/۸۴	۱	۱/۱۹	۱	۲/۲۷	۳
۱۴/۵۲	۳۵	۲۵/۵۸	۳۶	۱/۲۱	۳۶	۱۲/۲۷	۳۶	۰/۰۶	۳۶	۰/۱۷	۳۶	۰/۰	۳۶	۰/۰	۱۰	۱/۱۷	۳۳	۰/۱۰	۳۶	۰/۲۹	۴
۱۰/۳۷	۴	۱۱/۲۱	۶	۳۹/۴۳	۵	۷۰/۶۴	۵	۰/۸۰	۴	۳۱/۰	۴	۱/۷۲	۴	۱/۳۰	۱۲	۱/۱۵	۶	۰/۵۳	۴	۱/۶۲	۵
۶/۴۷	۲۵	۲۳/۱۶	۲۳	۱۱/۳۳	۲۱	۴۷/۹۳	۲۰	۰/۴۲	۲۵	۲/۸۹	۲۵	۰/۰۹	۲۱	۰/۱۷	۳۲	۰/۷۲	۳۱	۰/۱۴	۲۵	۰/۶۹	۶
۹/۴۰	۱۷	۱۵/۶۳	۱۹	۱۴/۸۱	۲۷	۳۸/۰۷	۲۷	۰/۳۱	۱۵	۱۰/۱۶	۱۶	۰/۳۱	۲۶	۰/۱۴	۲	۱/۴۹	۷	۰/۴۸	۱۳	۱/۱۳	۷
۴/۷۴	۱۱	۱۵/۸۹	۱۲	۲۱/۹۲	۱۲	۵۶/۶۳	۱۲	۰/۵۷	۱۳	۱۰/۸۵	۱۳	۰/۴۶	۱۳	۰/۴۷	۱۸	۰/۹۹	۱۳	۰/۳۲	۱۴	۱/۱۳	۸
۵/۴۶	۲۲	۲۰/۲۶	۲۴	۱۰/۸۶	۲۶	۳۹/۷۶	۲۶	۰/۳۳	۲۲	۳/۸۰	۲۲	۰/۱۱	۲۷	۰/۱۱	۱۵	۱/۰	۲۰	۰/۲۳	۲۳	۰/۷۹	۹
۶/۷۴	۱۰	۱۳/۱۶	۱۰	۲۴/۲۸	۱۴	۵۴/۱۱	۱۳	۰/۵۳	۹	۱۵/۹۳	۱۰	۰/۶۸	۱۲	۰/۴۷	۸	۱/۲۱	۸	۰/۴۵	۹	۱/۳۱	۱۰
۹/۱۰	۲۳	۲۳/۷۹	۲۲	۱۱/۳۸	۱۳	۵۶/۱۶	۱۸	۰/۴۸	۲۷	۲/۲۲	۲۷	۰/۰۷	۱۹	۰/۲۴	۳۵	۰/۵۲	۳۴	۰/۰۹	۲۹	۰/۵۹	۱۱
۷/۰۷	۲۸	۲۳/۷۹	۲۸	۸/۲۲	۲۸	۳۷/۶۸	۲۸	۰/۳۰	۲۸	۲/۰۹	۲۸	۰/۰۵	۲۸	۰/۰۸	۲۵	۰/۸۴	۲۸	۰/۱۵	۲۷	۰/۶۳	۱۲
۹/۰۹	۸	۱۱/۵۸	۸	۳۲/۵۹	۸	۶۱/۹۷	۸	۰/۶۵	۷	۲۵/۵۱	۸	۱/۲۳	۸	۰/۸۳	۶	۱/۲۳	۵	۰/۵۴	۶	۱/۵۳	۱۳
۱۰/۴۸	۳۱	۲۴/۲۱	۳۱	۵/۵۹	۳۴	۲۸/۵۶	۳۴	۰/۲۰	۳۰	۱/۴۰	۳۰	۰/۰۳	۳۳	۰/۰۳	۱۷	۱/۰	۲۶	۰/۱۶	۳۰	۰/۵۷	۱۴
۱۰/۶۴	۲۴	۱۹/۱۱	۲۷	۸/۴۶	۳۲	۳۰/۷۳	۳۱	۰/۲۳	۲۳	۳/۶۲	۲۳	۰/۰۹	۲۹	۰/۰۵	۴	۱/۳۰	۱۴	۰/۳۰	۲۲	۰/۸۰	۱۵
۲/۸۹	۱۹	۱۹/۳۲	۱۸	۱۵/۷۴	۱۸	۵۱/۴۹	۱۹	۰/۴۸	۱۹	۵/۶۸	۱۹	۰/۲۱	۱۸	۰/۲۸	۲۴	۰/۸۶	۲۱	۰/۲۲	۱۸	۰/۸۹	۱۶
۶/۳۹	۲۷	۲۳/۳۲	۲۶	۱۰/۶۳	۲۲	۴۴/۹۹	۲۳	۰/۳۸	۲۶	۲/۷۹	۲۶	۰/۰۸	۲۵	۰/۱۴	۳۰	۰/۷۶	۲۹	۰/۱۵	۲۶	۰/۶۹	۱۷
۸/۳۸	۳۰	۲۳/۵۸	۳۰	۶/۸۵	۳۱	۳۱/۷۰	۲۹	۰/۲۴	۲۹	۱/۸۹	۲۹	۰/۰۴	۳۰	۰/۰۵	۱۹	۰/۹۹	۲۳	۰/۱۸	۲۸	۰/۶۳	۱۸
۱۰/۴	۳۲	۲۵/۱۱	۳۲	۵/۵۳	۳۳	۲۹/۶۶	۳۲	۰/۲۱	۳۱	۱/۲۶	۳۲	۰/۰۳	۳۲	۰/۰۳	۲۲	۰/۹۱	۳۰	۰/۱۴	۳۱	۰/۵۴	۱۹
۴/۳۰	۲۱	۱۹/۴۲	۲۱	۱۲/۲۸	۲۵	۴۱/۹۵	۲۵	۰/۳۶	۲۱	۴/۶۵	۲۱	۰/۱۵	۲۲	۰/۱۴	۱۴	۱/۰۱	۱۹	۰/۲۵	۲۱	۰/۵۸	۲۰
۱۲/۹۳	۳۳	۲۴/۳۷	۳۴	۴/۰۳	۳۵	۲۲/۵۰	۳۵	۰/۱۴	۳۳	۱/۰۲	۳۴	۰/۰۲	۳۵	۰/۰۱	۱۱	۱/۱۶	۲۴	۰/۱۷	۳۲	۰/۵۲	۲۱
۱۰/۰۴	۲۹	۲۶/۲۶	۲۹	۸/۱۴	۱۹	۵۱/۴۷	۲۱	۰/۴۰	۳۲	۱/۱۹	۳۱	۰/۰۳	۲۴	۰/۱۴	۳۶	۰/۴۵	۳۵	۰/۰۶	۳۴	۰/۴۶	۲۲
۵/۶۴	۲۶	۲۲/۵۳	۲۵	۱۰/۸۲	۲۳	۴۴/۶۳	۲۴	۰/۳۸	۲۴	۲/۹۶	۲۴	۰/۰۹	۲۳	۰/۱۴	۲۹	۰/۷۹	۲۷	۰/۱۶	۲۴	۰/۷۱	۲۳
۱۲/۳۱	۳۶	۲۷/۸۹	۳۵	۳/۹۱	۳۰	۳۲/۲۱	۳۳	۰/۲۱	۳۵	۰/۴۶	۳۵	۰/۰۱	۳۴	۰/۰۳	۳۴	۰/۵۵	۳۶	۰/۰۵	۳۵	۰/۳۵	۲۴
۱۰/۱۷	۳۴	۲۶/۷۹	۳۳	۵/۴۲	۲۹	۳۲/۲۸	۳۰	۰/۲۳	۳۴	۱/۰۱	۳۳	۰/۰۲	۳۱	۰/۰۴	۳۱	۰/۷۶	۳۲	۰/۱۱	۳۳	۰/۴۹	۲۵
۱۱/۵۶	۵	۱۲/۴۷	۵	۴۰/۶۷	۲	۷۸/۷۵	۲	۰/۹۳	۵	۲۶/۲۱	۵	۱/۵۲	۲	۱/۶۷	۲۱	۰/۹۵	۱۰	۰/۴۱	۷	۱/۵۰	۲۶
۵/۰۸	۱۸	۱۹/۵۸	۱۷	۱۶/۴۳	۱۶	۵۳/۷۴	۱۵	۰/۵۱	۱۸	۵/۸۰	۱۸	۰/۲۲	۱۷	۰/۳۱	۲۸	۰/۸۳	۲۲	۰/۲۱	۱۷	۰/۸۹	۲۷
۲/۱۷	۱۶	۱۷/۳۷	۱۶	۱۸/۸۱	۱۷	۵۲/۶۹	۱۶	۰/۵۱	۱۶	۸/۵۴	۱۵	۰/۳۴	۱۶	۰/۳۵	۲۰	۰/۹۹	۱۵	۰/۲۹	۱۶	۱/۰۴	۲۸
۲/۷۷	۲۰	۱۸/۸۹	۲۰	۱۳/۶۳	۲۴	۴۴/۵۶	۲۲	۰/۴۰	۲۰	۵/۳۴	۲۰	۰/۱۸	۲۰	۰/۱۸	۱۶	۱/۰/	۱۸	۰/۲۵	۱۹	۰/۸۹	۲۹
۴/۳۷	۱۲	۱۵/۰	۱۳	۲۱/۸۷	۱۵	۵۳/۹۸	۱۴	۰/۵۳	۱۲	۱۲/۰۵	۱۲	۰/۵۰	۱۴	۰/۴۲	۱۳	۱/۰۹	۱۱	۰/۳۷	۱۲	۱/۱۸	۳۰
۶/۳۲	۱۳	۱۶/۶۸	۱۱	۲۲/۹۹	۱۱	۶۱/۱۲	۱۰	۰/۶۳	۱۴	۱۰/۴۱	۱۴	۰/۴۶	۱۱	۰/۵۷	۲۳	۰/۹۰	۱۷	۰/۲۸	۱۵	۱/۰۹	۳۱
۱۲/۶۷	۱	۹/۸۴	۲	۴۵/۲۲	۳	۷۳/۳۴	۳	۰/۸۴	۳	۴۱/۲۱	۲	۲/۴۱	۳	۱/۶۱	۷	۱/۲۲	۳	۰/۶۲	۳	۱/۷۹	۳۲
۱۰/۲۰	۹	۱۴/۹۵	۹	۳۰/۶۸	۴	۷۳/۰۲	۴	۰/۸۱	۱۰	۱۴/۹۷	۹	۰/۷۶	۷	۱/۰۸	۲۶	۰/۸۴	۱۶	۰/۲۹	۱۰	۱/۲۲	۳۳
۹/۳۹	۷	۱۱/۳۲	۷	۳۲/۷۵	۱۰	۶۱/۷۸	۹	۰/۶۵	۶	۲۶/۰۷	۷	۱/۲۹	۹	۰/۸۳	۵	۱/۲۵	۴	۰/۵۵	۵	۱/۵۴	۳۴
۱۱/۴۴	۳	۹/۳۷	۴	۴۰/۷۷	۷	۶۴/۶۶	۶	۰/۶۹	۲	۴۳/۲۶	۳	۲/۲۷	۶	۱/۱۳	۳	۱/۴۲	۲	۰/۷۴	۲	۱/۸۳	۳۵
۱۳/۱۶	۶	۱۳/۱۱	۳	۴۲/۵۸	۱	۸۶/۱۴	۱	۱/۰۴	۸	۲۴/۴۲	۶	۱/۴۶	۱	۲/۰۹	۲۷	۰/۸۳	۱۲	۰/۳۴	۸	۱/۴۴	۳۶

Yp: عملکرد پتانسیل در شرایط نرمال، Ys: عملکرد شکر خام در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، DRI: شاخص واکنش نسبت به خشکی، Harm: میانگین هارمونیک، TOL: تحمل، MP: بهره‌وری متوسط، YSI: شاخص پایداری عملکرد، STI: شاخص‌های تحمل به تنش، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، YI: شاخص عملکرد، DI: شاخص مقاومت به خشکی، RDI: شاخص خشکی نسبی، MSTI1: شاخص تحمل به تنش تغییریافته۱، MSTI2: شاخص تحمل به تنش تغییریافته۲، SNPI: شاخص‌های میزان محصول محیط غیر تنش و تنش، ATI: تحمل به تنش‌های غیرزیستی، SSPI: درصد حساسیت به تنش، RDY: شاخص کاهش نسبی عملکرد، $\bar{R}$: میانگین رتبه ها، SDR: اختلاف استاندارد.

ژنوتیپ‌های ۳، ۳۲، ۳۶، ۳۵، ۲۶ و ۵ حائز بیشترین شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (۶/۹۵-۶/۲۸ تن در هکتار) شده و به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی طبقه‌بندی شدند (با عملکرد پتانسیل ۱۳/۳۹-۹/۶۱ و عملکرد تحت تنش ۵/۰۲-۳/۱۸ تن در هکتار). در این میان، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۹، ۲۵، ۲۱، ۲۴ و ۴ با به‌دست آوردن شاخص GMP معادل ۲/۳۷-۱/۱۰ تن در هکتار و به‌ترتیب ۵/۰۲-۱/۹۱ تن در هکتار عملکرد نرمال و ۱/۲۶-۰/۶۳ تن در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس معرفی شدند. شاخص عملکرد (YI)، ژنوتیپ‌های ۳، ۳۵ و ۳۲ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل (*YI*=۲/۲۷-۱/۷۹) و ژنوتیپ‌های ۲۵، ۲۲، ۲۴ و ۴ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس (۰/۴۹-YI=۰/۲۹) معرفی کرد. بر اساس شاخص مقاومت به خشکی (DI)، ژنوتیپ‌های ۳، ۳۵ و ۳۲ به‌عنوان منابع مقاوم و ژنوتیپ‌های ۲۵، ۴، ۱۱، ۲۲ و ۲۴ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس طبقه‌بندی کرد. شاخص تحمل به تنش تغییریافته (MSTI) بر مبنای عملکرد نرمال (K1STI) و عملکرد تحت تنش (K2STI) به‌ترتیب ژنوتیپ‌های ۳۶، ۲۶ و ۳۲ و ژنوتیپ‌های ۳، ۳۲ و ۳۵ را به‌عنوان منابع مقاوم به خشکی شناسایی کرد (جدول ۲). شاخص K1STI، ژنوتیپ‌های ۲۵، ۱۹، ۱۴، ۲۴، ۲۱ و ۴ و شاخص K2STI نیز ژنوتیپ‌های ۱۸، ۱۴، ۲۲، ۱۹، ۲۵، ۲۱، ۲۴ و ۴ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس معرفی کردند. شاخص میزان محصول محیط غیرتنش و تنش (SNPI) ژنوتیپ‌های ۳، ۳۵ و ۳۲ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم و ژنوتیپ‌های ۲۱، ۲۵، ۲۴ و ۴ را به‌عنوان حساس‌ترین مواد ژنتیکی در قبال تنش خشکی تشخیص داد. شاخص تحمل به تنش‌های غیرزیستی (ATI)، ژنوتیپ‌های ۵، ۳۳، ۳۲، ۲۶ و ۳۶ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ‌های ۴، ۲۱، ۱۴، ۲۴ و ۱۹ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس دسته‌بندی کرد. شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI)، ژنوتیپ‌های ۳۶، ۲۶، ۳۲، ۳۳ و ۵ را واجد بیشترین تحمل نسبی و ژنوتیپ‌های ۱۹، ۱۴، ۲۱ و ۴ را دارنده کمترین تحمل نسبی نسبت به خشکی معرفی کرد. محاسبه شاخص کاهش نسبی عملکرد (RDY) نشان داد که ژنوتیپ‌های ۴، ۲۴، ۲۱ و ۲۵ دارای بیشترین مقدار کاهش نسبی در عملکرد و ژنوتیپ‌های ۵، ۲۶، ۳۵، ۳۶، ۳۲ و ۳ دارای کمترین کاهش نسبی در عملکرد بودند. مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها با درنظر گرفتن کلیه شاخص‌ها شامل ژنوتیپ‌های ۳، ۳۵ و ۳۲ بوده و در عین حال حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شامل ۱۹، ۲۱، ۲۵، ۴ و ۲۴ شدند.

همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی

عملکرد شکرخام در شرایط نرمال بیشترین همبستگی مثبت را با شاخص‌های SSPI (r=1.000**)، ATI (r=0.987**)، MP (r=0.981**)، TOL (r=0.937**)، GMP (r=0.914**)، STI و RDY (r=0.875**)، K1STI (r=0.874**)، Harm (r=0.846**)، YI و YS (r=0.755**)، K2STI (r=0.623**)، SNPI (r=0.584**) و DI (r=0.503**) داشت. شاخص میانگین رتبه‌بندی (r=-0.876**)، همبستگی منفی با عملکرد نرمال داشت (جدول ۳). عملکرد تحت شرایط تنش بیشترین همبستگی مثبت را با شاخص‌های YI (r=1.000**)، Harm (r=0.977**)، STI و RDY (r=0.959**)، GMP (r=0.955**)، DI (r=0.935**)، K2STI (r=0.912**)، SNPI (r=0.910**)، MP (r=0.869**)، K1STI (r=0.818**)، ATI (r=0.774**)، SSPI (r=0.755**)، YSI و RDI (r=0.662**) و TOL (r=0.480**) نشان داد (جدول ۳). این درحالی بود که عملکرد در شرایط تنش با میانگین رتبه‌ها (r=-0.951**) و شاخص‌های SSI (r=-0.662**) و DRI (r=-0.655**) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت.

جدول ۳ ضرایب همبستگی بین عملکرد شکرخام در شرایط نرمال و تنش با شاخص‌های مختلف تحمل

	Yp	Ys	SSI	DRI	Harm	TOL	MP	YSI	STI	GMP	YI	DI	RDI	K1STI	K2STI	SNPI	ATI	SSPI	RDY
Ys	۰/۷۵۵	–																	
SSI	−۰/۰۳۵	−۰/۶۶۲	–																
DRI	۰/۰	−۰/۶۵۵	۰/۹۷۰	–															
Harm	۰/۸۴۶	۰/۹۷۷	−۰/۵۳۹	−۰/۵۱۵	–														
TOL	۰/۹۳۷	۰/۴۸۰	۰/۳۰۵	۰/۳۴۹	۰/۶۱۳	–													
MP	۰/۹۸۱	۰/۸۶۹	−۰/۲۲۵	−۰/۱۹۶	۰/۹۳۰	۰/۸۵۱	–												
YSI	۰/۰۳۵	۰/۶۶۲	−۱/۰	−۰/۹۷۰	۰/۵۳۹	−۰/۳۰۵	۰/۲۲۵	–											
STI	۰/۸۷۵	۰/۹۵۹	−۰/۴۷۱	−۰/۴۵۶	۰/۹۵۹	۰/۶۶۱	۰/۹۴۷	۰/۴۷۱	–										
GMP	۰/۹۱۴	۰/۹۵۵	−۰/۴۲۶	−۰/۴۰۴	۰/۹۸۵	۰/۷۱۶	۰/۹۷۵	۰/۴۲۶	۰/۹۸۴	–									
YI	۰/۷۵۵	۱/۰	−۰/۶۶۲	−۰/۶۵۵	−۰/۹۷۷	۰/۴۸۰	۰/۸۶۹	۰/۶۶۲	۰/۹۵۹	۰/۹۵۵	–								
DI	۰/۵۰۳	۰/۹۳۵	−۰/۸۲۸	−۰/۸۴۶	۰/۸۴۵	۰/۱۷۶	۰/۶۵۹	۰/۸۲۸	۰/۸۲۵	۰/۷۹۴	۰/۹۳۵	–							
RDI	۰/۰۳۵	۰/۶۶۲	−۱/۰	−۰/۹۷۰	۰/۵۳۹	−۰/۳۰۵	۰/۲۲۵	۱/۰	۰/۴۷۱	۰/۴۲۶	۰/۶۶۲	۰/۸۲۸	–						
K1STI	۰/۸۷۴	۰/۸۱۸	−۰/۲۸۰	−۰/۲۴۰	۰/۸۳۴	۰/۷۳۶	۰/۹۰۴	۰/۲۸۰	۰/۹۳۹	۰/۸۹۸	۰/۸۱۸	۰/۶۳۴	/۲۸۰	–					
K2STI	۰/۶۲۳	۰/۹۱۲	−۰/۶۳۶	−۰/۶۷۳	۰/۸۲۴	۰/۳۴۹	۰/۷۴۳	۰/۶۳۶	۰/۸۹۵	۰/۸۳۰	۰/۹۱۲	۰/۹۳۰	۰/۶۳۶	۰/۷۹۴	–				
SNPI	۰/۵۸۴	۰/۹۱۰	−۰/۶۷۵	−۰/۷۱۵	۰/۸۱۵	۰/۲۹۸	۰/۷۱۳	۰/۶۷۵	۰/۸۶۷	۰/۸۱۰	۰/۹۱۰	۰/۹۵۴	۰/۶۷۵	۰/۷۳۶	۰/۹۹۳	–			
ATI	۰/۹۸۷	۰/۷۷۴	−۰/۰۹۱	−۰/۰۴۲	۰/۸۵۸	۰/۹۱۱	۰/۹۷۷	۰/۰۹۱	۰/۹	۰/۹۲۴	۰/۷۷۴	۰/۵۱۴	۰/۰۹۱	۰/۹۲۲	۰/۶۳۸	۰/۵۹۰	–		
SSPI	۱/۰	۰/۷۵۵	−۰/۰۳۵	۰/۰	۰/۸۴۶	۰/۹۳۷	۰/۹۸۱	۰/۰۳۵	۰/۸۷۵	۰/۹۱۴	۰/۷۵۵	۰/۵۰۳	۰/۰۳۵	۰/۸۷۴	۰/۶۲۳	۰/۵۸۴	۰/۹۸۷	–	
RDY	۰/۸۷۵	۰/۹۵۹	−۰/۴۷۱	−۰/۴۵۶	۰/۹۵۹	۰/۶۶۱	۰/۹۴۷	۰/۴۷۱	ERR	۰/۹۸۴	۰/۹۵۹	۰/۸۲۵	۰/۴۷۱	۰/۹۳۹	۰/۸۹۵	۰/۸۶۷	۰/۹	۰/۸۷۵	–
Mean	−۰/۸۷۶	−۰/۹۵۱	۰/۴۸۷	۰/۴۴۱	−۰/۹۸۳	−۰/۶۶۸	−۰/۹۴۶	−۰/۴۸۷	−۰/۹۵۹	−۰/۹۸۴	−۰/۹۵۱	−۰/۷۹۳	−۰/۴۸۷	−۰/۸۵۳	−۰/۷۸۵	−۰/۷۷۰	−۰/۸۹۵	−۰/۸۷۶	−۰/۹۵۹
SDR	۰/۰۶۳	۰/۰۷۶	−۰/۱۳۲	−۰/۰۴۱	−۰/۰۱۱	۰/۰۴۴	۰/۰۷۰	۰/۱۳۲	۰/۱۳۶	۰/۰۴۹	۰/۰۷۶	۰/۱۶۱	۰/۱۳۲	۰/۲۳۴	۰/۲۵۳	۰/۲۴۱	۰/۰۶۴	۰/۰۶۳	۰/۱۳۶

د پتانسیل در شرایط نرمال، Ys: عملکرد شکر خام در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، DRI: شاخص واکنش نسبت به خشکی، Harm: میانگین هارمونیک، TOL: تحمل، MP: بهره‌وری متوسط، YSI: شاخص پایداری عملکرد، STI: شاخص‌های تحمل به تنش، GMP: میانگین وری، YI: شاخص عملکرد، DI: شاخص مقاومت به خشکی، RDI: شاخص خشکی نسبی، MSTI1: شاخص تحمل به تنش تغییریافته۱، MSTI2: شاخص تحمل به تنش تغییریافته۲، SNPI: شاخص‌های میزان محصول محیط غیر تنش و تنش، ATI: تحمل به تنش‌های غیرزیستی، SSPI: یت به تنش، RDY: شاخص کاهش نسبی عملکرد، $\bar{R}$: میانگین رتبه ها، SDR: اختلاف استاندارد.

بحث

بر اساس توالی زمانی شاخص حساسیت به تنش (SSI) برای اندازه‌گیری پایداری عملکرد و درک ماهیت نوسانات عملکرد پتانسیل و واقعی در محیط‌های متغیر ارایه شده است. می‌توان با تعیین مقدار SSI در سال‌های مختلف برای ژنوتیپ‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها در مطالعات به‌نژادی تحمل به تنش استفاده کرد (Clarke *et al.*1992). مطالعات انجام‌شده در گندم بهاره (Guttieri *et al.* 2001) نشان داده است که اگر مقدار عددی این شاخص به بیش از واحد افزایش یابد، نشانگر حساسیت بالای ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی است. بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۲۲، ۱۱، ۲۴، ۱، ۶، ۲۵، ۱۷، ۲۳، ۲۷، ۳۶، ۳۳، ۱۲، ۱۶، ۳۱، ۱۹، ۲۶ و ۲۸ با شاخص حساسیت به تنش معادل ۱/۲۲–۱/۰۱ جزو ژنوتیپ‌های حساس به خشکی محسوب می‌شوند. این درحالی است که، پایدارترین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط نرمال و تنش (YSI) شامل ژنوتیپ‌های ۳، ۷ و ۳۵ با پایداری معادل ۰/۵۲–۰/۴۰ بودند. بقیه ژنوتیپ‌ها با پایداری کمتر از ۰/۴۰ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. علاوه بر شاخص YSI، جهت ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط نرمال و تنش، از شاخص عملکرد (YI) نیز استفاده می‌شود. بر این اساس نیز ژنوتیپ‌های ۳، ۳۵، ۳۲، ۵، ۳۴، ۱۳، ۲۶، ۳۶، ۱۰، ۳۳، ۲، ۳۰، ۷، ۸، ۳۱ و ۲۸ با پایداری بیش از واحد (۲/۲۷–۱/۰۴) جزو ژنوتیپ‌های مقاوم دسته‌بندی شدند. شاخص میزان محصول محیط غیر تنش و تنش (SNPI) برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل و پایداری نسبی همراه با عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش، ژنوتیپ‌های ۳، ۳۵ و ۳۲ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم در قبال تنش خشکی تشخیص داد. برای درک بهتر تغییرات عملکرد و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با تحمل نسبی بیشتر (عملکرد پایدار در شرایط تنش و نرمال) جهت غربال ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در شرایط نرمال و تنش، درصد حساسیت به تنش (SSPI) پیشنهاد شده است. این شاخص نیز ژنوتیپ‌های ۳۶، ۲۶، ۳۲، ۳۳ و ۵ را واجد بیشترین تحمل نسبی نسبت به خشکی معرفی کرد. شاخص تحمل تنش (STI) به‌عنوان ابزاری مناسب برای تعیین ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و پتانسیل تحمل تنش بالا معرفی شده است (Fernandez 1992). بنابراین، ژنوتیپ‌های ۳، ۳۲، ۳۶، ۳۵، ۲۶ و ۵ با مقادیر ۰/۸۰–۰/۶۵=STI به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و پتانسیل تحمل تنش بالا محسوب می‌شوند. جهت بهبود کارآیی شاخص STI بر اساس وزن‌دهی به آن، شاخص تحمل به تنش تغییریافته (MSTI) (Farshadfar and Sutka 2002) ارائه شده است. بنابراین، k1STI و k2STI قادر است به‌ترتیب در شرایط نرمال و تنش ژنوتیپ‌ها را گزینش کند. گزینش بر پایه k1STI، ژنوتیپ‌های ۳۶، ۲۶ و ۳۲ و شاخص k2STI، ژنوتیپ‌های ۳، ۳۲ و ۳۵ را به‌عنوان مواد ژنتیکی متحمل در دو شرایط نرمال و تنش معرفی کرد. علاوه بر شاخص STI، شاخص متحمل به خشکی (DI) نیز به‌عنوان شاخصی که قادر به تشخیص ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط نرمال و تنش است، معرفی شده است. بر همین اساس، ژنوتیپ‌های ۳، ۳۵ و ۳۲ به‌عنوان منابع مقاوم معرفی شدند. روزیل و همبلین (Rosielle and Hamblin 1981) شاخص تحمل به تنش (TOL) را جهت تعیین اختلاف بین عملکرد در شرایط نرمال و تنش، و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) را به‌عنوان میانگین عملکرد در هر دو شرایط معرفی کرد. کمترین اختلاف عملکرد (ΔY) به ژنوتیپ‌های ۳۶، ۲۶، ۳۳ و ۱ تعلق داشت. بر مبنای شاخص بهره وری متوسط (MP) نیز ژنوتیپ‌های ۳۶، ۲۶، ۳۲، ۳، ۵، ۳۵ و ۳۳ با میانگین عملکرد شکر خام معادل ۸/۲۹–۷/۰۳ تن در هکتار در هر دو شرایط نرمال و تنش، جزو ژنوتیپ‌های مقاوم انتخاب شدند. شاخص کاهش نسبی عملکرد

(RDY) نشانگر میزان کاهش نسبی محصول در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال بوده و پایین بودن این شاخص، مؤید مقاومت نسبی بیشتر ژنوتیپ نسبت به تنش است. بر اساس این شاخص، ژنوتیپ‌های ۳، ۳۲، ۳۶، ۳۵ و ۲۶ توانستند بیش از ۴۰ درصد عملکرد در شرایط نرمال را تحت شرایط تنش حفظ کنند و این در حالی بود که ژنوتیپ‌های ۱۵، ۱۲، ۲۲، ۱۸، ۱۴، ۱۹، ۲۵، ۲۱، ۲۴ و ۴ در شرایط تنش، کمتر از ۱۰ درصد عملکرد شکر خام در شرایط نرمال را داشتند. شاخص تحمل به تنش‌های غیرزیستی (ATI) برای انتخاب ژنوتیپ‌های گروه C با تأکید بیشتر بر عملکرد پتانسیل نسبت به SSI و TOL برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با تحمل نسبی (عملکرد پایدار در شرایط تنش و نرمال)، ژنوتیپ‌های ۴، ۲۱، ۱۴، ۲۴ و ۱۹ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متعلق به گروه C دسته‌بندی کرد. ازآنجایی‌که، مقادیر مثبت شاخص واکنش نسبت به خشکی (DRI) نشان‌دهنده تحمل به تنش است، در این مطالعه، ژنوتیپ‌های ۲۲، ۱۱، ۱، ۳۶، ۲۴، ۶، ۳۳، ۱۷، ۲۷، ۲۳، ۳۱، ۱۶، ۲۵، ۱۲، ۲۶، ۱۹، ۲۸ و ۸ در زُمره ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی قرار گرفتند.

به‌واسطه مغایرت‌های موجود در ژنوتیپ‌های گزینش‌شده بر اساس شاخص‌های مختلف، استفاده از روش رتبه‌بندی می‌تواند با درنظر گرفتن مجموعه رتبه‌های به‌دست آمده برای یک ژنوتیپ در هریک از شاخص‌ها، ژنوتیپ برتر را که حائز پایین‌ترین رتبه و کمترین اختلاف استاندارد است، گزینش کند (Farshadfar *et al.* 2012). ژنوتیپ‌های ۳، ۳۵ و ۳۲ با میانگین رتبه ۶/۱۶-۵/۰۵ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند.

بر پایه نظریه فرناندز (Fernandez 1992) مبنی بر تقسیم‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس تظاهرشان در شرایط تنش و بدون تنش، در این مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف به‌شکل جدول ۴ دسته‌بندی شدند.

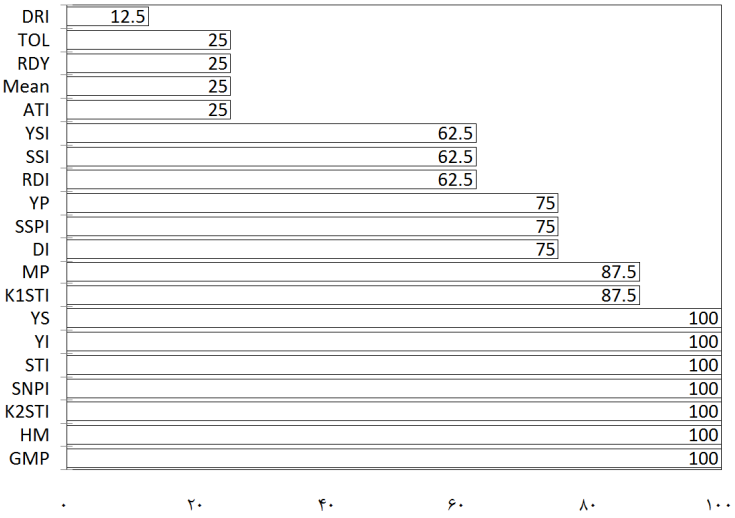
جدول ٤ دسته‌بندی ژنوتیپ‌های موردمطالعه بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez 1992)

گروه	عملکرد		ژنوتیپ
	نرمال	تنش	
A	H	H	۳، ۳۵، ۳۲، ۵، ۳۴، ۱۳، ۲۶، ۳۶
B	H	L	۳۳، ۱۰، ۲، ۳۰، ۸، ۲۸، ۱۶، ۲۷، ۶، ۲۲، ۱۱، ۱، ۳۱
C	L	H	-
D	L	L	۷، ۲۹، ۲۰، ۲۷، ۲۳، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۵، ۲۴، ۱۴، ۲۱، ۴

بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز، شاخصی مناسب است که بتواند ژنوتیپ‌های متعلق به گروه A را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا سازد. میزان توفیق شاخص‌های مختلف در تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A و قرار دادن آن‌ها در زُمره ژنوتیپ‌های مقاوم در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنان‌که دیده می‌شود، شاخص‌های مختلف از حیث جداسازی ژنوتیپ‌های متعلـق بـه گروه A به شش دسته تقسیم می‌شوند (شکل ۱): ۱) هفت شاخص GMP، Harm، K2STI، SNPI، STI، YI و YS توانستند هشت ژنوتیپ متعلق به گروه A را به‌درستی تشخیص دهند، ۲) دو شاخص K1STI و MP به‌استثنای ژنوتیپ ۱۳، بقیه ژنوتیپ‌ها را در گروه مقاوم دسته‌بندی کردند و ۸۷/۵ درصد در این امر توفیق داشتند، ۳) سه شاخص DI، SSPI و YP با شناسایی شش ژنوتیپ از هشت ژنوتیپ متعلق به گروه A معادل ۷۵ درصد در شناسایی منابع مقاوم موفقیت

داشتند، ۴) شاخص‌های RDI، SSI و YSI نیز با شناسایی پنج ژنوتیپ از هشت ژنوتیپ متعلق به گروه A معادل ۶۲/۵ درصد در این امر موفق بودند، ۵) شاخص‌های ATI، RDY، TOL و میانگین رتبه‌ها تنها توانستند دو ژنوتیپ متعلق به گروه A را تمیز دهند و بنابراین، تنها ۲۵ درصد توفیق داشتند، ۶) در نهایت، شاخص DRI تنها قادر به تشخیص یک ژنوتیپ مقاوم بوده و ۱۲/۵ درصد در شناسایی منابع متحمل به خشکی کارآیی داشت.

البته، عموماً اعتقاد بر این است که مناسب‌ترین شاخص برای تحمل یا متحمل بودن نسبی بستگی به اهداف گزینش (گزینش برای پایداری بدون توجه به عملکرد بالا یا گزینش برای اهداف اقتصادی با توجه به عملکرد بالا و پایدار) و شرایط گزینش (گزینش برای استفاده در شرایط فاریاب یا دیم) دارد. با توجه به این واقعیت که شاخص‌هایی که در محیط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد هستند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شده و نیاز به انتخاب شاخص مناسب را برآورده می‌سازند (Fischer and Maurer 1978) و این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند (Fernandez 1992; Ober *et al.* 2005)؛ در مطالعه حاضر، به‌ترتیب شاخص‌های SSPI، ATI، MP، TOL، GMP، STI، RDY، K1STI، Harm، YI، K2STI، SNPI و DI به‌عنوان شاخص‌های مناسب انتخاب شدند.



شکل ۱ درصد موفقیت شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در تشخیص ژنوتیپ‌های متعلق به گروه A

نتیجه‌گیری

شدت تنش خشکی در این مطالعه، معادل SI =۰/۷۲ برآورد شد که نشان می‌دهد کرت‌های تحت‌تنش، در معرض شدت تنش بالایی قرار داشتند. اعمال چنین تنشی موجب شد تا میانگین عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید به‌ترتیب کاهشی معادل ۵۹، ۷۲ و ۷۶ درصد را تجربه کنند. علاوه‌بر این، تنش خشکی موجب شد تا عیار قند ناخالص و خالص به‌ترتیب معادل ۳۲/۶ و ۴۲/۶ درصد کاهش و میزان سدیم محتوی ریشه و قند ملاس به‌ترتیب معادل ۲۳/۲ و ۱۲/۹ درصد افزایش یابد. بر پایه نظریه فرناندز (Fernandez 1992)، هشت ژنوتیپ ۳، ۳۵، ۳۲، ۵، ۳۴، ۱۳، ۲۶ و ۳۶ جزو گروه A (عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش) قرار گرفتند. مقایسه شانزده

شاخص مختلف تحمل نشان داد که هفت شاخص GMP، Harm، K2STI، SNPI، STI، YI و YS توانستند هشت ژنوتیپ متعلق به گروه A را به‌درستی تشخیص دهند.

شاخص‌های SSPI، ATI، MP، TOL، GMP، STI، RDY، K1STI، Harm، YI، K2STI، SNPI و DI نیز در محیط تنش و بدون‌تنش همبستگی بالایی با عملکرد داشتند.

منابع مورد استفاده:

References:

Ahmadi M, Majidi Heravan E, Sadeghian SY, Mesbah M, Darvish MF. Drought tolerance variability in S1 pollinator lines developed from a sugar beet open population. Euphytica. 2011; 178: 339–349.

Bidinger FR, Mahalakshmi V, Rao GDP. Assessment of drought resistance in pearl millet, factors affecting yields under stress. Australian Journal of Agricultural Research. 1987; 38: 37-48.

Bloch D, Hoffmann C. Seasonal development of genotypic differences in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and their interaction with water supply. Journal of Agronomy and Crop Science. 2005; 191: 263–272.

Bloch D, Hoffmann CM, Marlander B. Impact of water supply on growth, photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet in relation to genotypic variability. European Journal of Agronomy. 2006; 24: 218–225.

Bouslama M, Schapaugh WT. Stress tolerance in soybean. Part 1. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science. 1984; 24: 933-937.

Clarke JM, DePauw RM, Townley Smith, TF. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Science. 1992; 32: 423-428.

Farshadfar E, Sutka J. Screening drought tolerance criteria in maize. Acta Agronomica Hungarica. 2002; 50(4): 411–416.

Farshadfar E, Moradi Z, Elyasi P, Jamshidi B, Chaghakabodi R. Effective selection criteria for screening drought tolerant landraces of bread wheat (*Triticumaestivum* L.). Annals of Biological Research. 2012; 3(5): 2507-2516.

Fernandez GCJ. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of a Symposium, 1992 Aug 13-18; Taiwan, 1992. p. 257-270.

Fischer RA, Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research.1978; 29: 897-912.

Gavuzzi P, Rizza F, Palumbo M, Campanile RG, Ricciardi GL, Borghi B. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science.1997; 77: 523-531.

Guttieri MJ, Stark JC, Brien K, Souza E. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science. 2001; 41: 327-335.

Hall AE. Is dehydration tolerance relevant to genotypic differences in leaf senescence and crop adaptation to dry environments?. In: Close TJ, Bray EA, editors. Plant Responses to cellular Dehydration during environmental stress, 1993; pp. 1-10.

Hesadi P, Fathollah Taleghani D, Shiranirad A, Daneshian J, Jaliliyan A. Selection for drought tolerance in sugar beet genotypes (*Beta vulgaris* L.). Biological Forum – An International Journal. 2015; 7(1): 1189-1204.

Hoffman CM, Huijbregts T, Swaaji NV, Jansen R. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. European Journal of Agronomy. 2011; 30: 17–26.

İlker E, Tatar Ö, AykutTonk F, Tosun M. Determination of tolerance level of some wheat genotypes to post-anthesis drought. Turkish Journal of Field Crops. 2011; 16(1): 59-63.

Jones PD, Lister DH, Jaggard KW, Pidgeon JD. Future climate change impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Climate Change. 2003; 58: 93–108.

Kerr S. Variety interactions with sowing, soils and harvest. Brit Sugar Beet Review. 2000; 68: 18–22.

Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica. 1998; 7: 85–87.

Moosavi SS, YazdiSamadi B, Naghavi MR, Zali AA, Dashti H, Pourshahbazi A. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert. 2008; 12: 165-178.

Ober ES, Luterbacher MC. Genotypic variation for drought tolerance in Beta vulgaris. Annals of Botany. 2002; 89: 917–924.

Ober E, Rajabi A. Abiotic stress in sugar beet. Sugar Tech. 2010; 12: 294–298.

Ober ES, Clark CJA, Le Bloa M, Royal A, Jaggard KW, Pidgeon JD. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. Field Crops Research. 2004; 90: 213–234.

Ober ES, Le Bloa M, Clark CJA, Royal A, Jaggard KW, Pidgeon JD. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. Field Crops Research. 2005; 91: 231–249.

Pidgeon JD, Werker AR, Jaggard KW, Richter GM, Lister DH, Jones PD. Climatic impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe 1961–1995. Agricultural and Forest Meteorologyis. 2001; 109: 27–37.

Pidgeon JD, Ober ES, Qi A, Clark CJA, Royal A, Jagard KW. Using multi-environment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. Field Crops Research. 2006; 95: 268–279.

Rajabi A, Griffiths H, Ober ES. Carbon isotope discrimination in sugar beet: stability across environments and potential surrogate measures. Field Crops Research. 2009; 112: 172–181.

Ramirez P, Kelly J. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica.1998; 99: 127-136.

Rosielle AA, Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 1981; 21: 943–946.

Sadeghian SY, Fazli H, Mohammadian R, Taleghani DF, Mesbah M. Genetic variation for drought stress in sugar beet. Journal of Sugar Beet Research. 2000; 37: 55–77.