مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۵، شماره ۴، سال ۱۳۸۸

ارزیابی ژنوتیپ‌های جو اسپانتانئوم (*Hordeum spontaneum*) از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی

Evaluation of Genotypes of Wild Barley (*Hordeum spontaneum*) Based on Drought Tolerance Indices

مهدی زهراوی

استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۴ **تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۷/۲**

چکیده

زهراوی، م. ۱۳۸۸. ارزیابی ژنوتیپ‌های جو اسپانتانئوم (*Hordeum spontaneum*) از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۵:** ۵۴۹ - ۵۳۳.

این تحقیق به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی جو اسپانتانئوم و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی انجام شد. نمونه‌های مورد مطالعه در دو شرایط واجد تنش و بدون تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی ارزیابی شدند. شاخص‌های STI، MP، GMP و HM بر اساس همبستگی با عملکرد دانه در شرایط واجد تنش و بدون تنش به عنوان بهترین شاخص‌ها تعیین شدند. با بررسی نمودارهای سه بعدی بر اساس شاخص‌های انتخابی، ژنوتیپ‌های 02TN555، 02TN374، 02TN494 و 02T434 در گروه A (عملکرد بالاتر در شرایط واجد تنش و فاقد تنش)، ژنوتیپ 02T220 در گروه B (عملکرد بالاتر در شرایط بدون تنش و عملکرد پائین‌تر در شرایط تنش) و مابقی ژنوتیپ‌ها در گروه C (عملکرد پائین در شرایط واجد تنش و بدون تنش) قرار گرفتند. با تجزیه کلاستر، ژنوتیپ‌ها به سه گروه مقاوم، نیمه حساس و حساس متمایز شدند.

واژه‌های کلیدی: جو وحشی اسپانتانئوم، خشکی، شاخص‌های تحمل به خشکی.

مقدمه

جو وحشی اسپانتانئوم (*Hordeum spontaneum*)، که به عنوان جد جو زراعی (*Hordeum vulgare*) شناخته شده، دارای خزانه ژنی غنی است. جو اسپانتانئوم از نظر تعداد کروموزوم مشابه جو زراعی است و هیچ مانع بیولوژیکی برای تلاقی بین این دو گونه وجود ندارد (Turpeinen *et al.*, 1999). تنوع ژنتیکی در جو زراعی به علت اصلاح آن به طور فزاینده‌ای محدود شده است. این امر باعث ایجاد مشکل در سازش این گیاه با شرایط نامساعد محیطی از قبیل تنش‌های زنده مانند

نویسنده مسئول: mzahravi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

بیماری‌ها و تنش‌های غیر زنده مانند خشکی و شوری شده است، از این رو جو اسپانتانئوم به منبع ژرم پلاسم مهمی برای انتقال ژن‌های جدید به جو زراعی تبدیل شده است (Peterson *et al.*, 1994).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید موفق در گیاهان زراعی است و ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود. توده‌های بومی جو و خویشاوندان وحشی آن برای تحمل به تنش‌های غیرزنده دارای تنوع ژنتیکی هستند (Mano and Takeda, 1998).

کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2005) با بررسی ۲۷ ژنوتیپ جو در شرایط دیم و فاریاب نشان دادند که خصوصیاتی از قبیل عملکرد بیولوژیک (بیوماس)، متوسط تعداد دانه در سنبله، عملکرد کاه و کلش و شاخص برداشت را می‌توان به عنوان شاخص‌هایی برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در شرایط دیم و فاریاب توصیه کرد. عیوضی و همکاران (Eivazi *et al.*, 2005) نشان دادند که صفت عملکرد دانه و اجزای آن، میزان آب نسبی و میزان اتلاف آب از برگ پرچم، نشت یونی و نسبت K^+/Na^+ در شرایط تنش خشکی و شوری کاهش و میزان سدیم، پرولین و قندهای محلول در برگ‌های جو افزایش می‌یابد.

در اغلب آزمایش‌ها برای گزینش مزرعه‌ای گیاهان زراعی فقط عملکرد دانه مدنظر قرار می‌گیرد در صورتی که برخی از پژوهشگران معتقدند برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار و برتر در مناطق خشک و نیمه خشک باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری ارقام در شرایط تنش خشکی مؤثرند شناخت و آن‌ها را علاوه بر عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد. از این رو وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و شرایط آبی به عنوان یک نقطه شروع برای شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک است (Nourmand Moayyed *et al.*, 2001؛ Ehdaei, 1993). عبدمیشانی و جعفری شبستری (Abdemishani and Jafari Shabestari 1986) نیز اظهار داشتند ارقام گندمی که در هر دو شرایط آبیاری مناسب و محدود عملکرد یکسانی داشته باشند و یا تفاوت عملکرد آن‌ها کم باشد دارای مقاومت نسبی به خشکی هستند.

فرناندز (Fernandez, 1992) گیاهان را از نظر واکنش به دو شرایط تنش و بدون تنش به چهار گروه تقسیم کرد. گروه A ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای برتری نسبی هستند، گروه B ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط بدون تنش عملکرد خوبی دارند، گروه C ژنوتیپ‌هایی که عملکرد آن‌ها در شرایط تنش بیشتر است و گروه D ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد ضعیفی دارند. به اعتقاد فرناندز معیار مناسب گزینش برای تحمل به تنش آن است که بتواند

Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها متمایز کند. وی بدین منظور شاخص تحمل تنش (STI) را معرفی کرد. فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI)، رزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) و فرناندز (Fernandez, 1992) و کریستین و همکاران (Kristin *et al.*, 1997) نیز شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را پیشنهاد کردند.

هدف از این پژوهش شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی جو اسپانتانئوم و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به صورت دو آزمایش جداگانه (تنش و بدون تنش) انجام شد. هر دو آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از ۳۶ ژنوتیپ *Hordeum spontaneum* از کلکسیون جو بانک ژن گیاهی ملی ایران که از نقاط مختلف کشور جمع‌آوری شده بودند.

بذر ژنوتیپ‌ها در خطوط یک متری با فاصله ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و فاصله حدود ۵ سانتی‌متر بین بوته‌های داخل هر ردیف در پائیز کاشته شدند. تنش خشکی به صورت عدم آبیاری اعمال شد و در تیمارهای خشکی فقط یک بار آبیاری برای سبز شدن بذر انجام شد. مجموع میزان بارندگی در طی فصل رشد، ۲۹۵/۲ میلی‌متر بود.

پس از رسیدن کامل بوته‌ها و اندازه‌گیری عملکرد دانه در هر واحد آزمایشی، عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش (Y_s) و بدون تنش (Y_p) اندازه‌گیری شد و پس از تعیین میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش ($\overline{Y}_s$) و بدون تنش ($\overline{Y}_p$)، شاخص‌های تحمل به خشکی با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

۱- شاخص تحمل تنش (STI):

$$STI == \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\overline{Y}_p)^2}$$

۲- شاخص حساسیت به تنش (SSI):

$$SSI = \frac{1-\left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{SI}$$

که در آن

$$SI = 1-\left(\frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p}\right)$$

۳- شاخص تحمل:

$$TOL = Y_p - Y_s$$

۴- بهره‌وری متوسط (MP):

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$$

۵- میانگین هندسی بهره‌وری:

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

۶- میانگین هارمونیک:

$$HM = \frac{2(Y_p.Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

Archive of SID

www.SID.ir

برای محاسبه شاخص‌های تحمل از نرم افزار Exel استفاده شد و محاسبه ضرایب همبستگی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه کلاستر (به روش UPGMA)، با نرم‌افزار SPSS انجام شد. نمودارهای سه بعدی نیز با استفاده از نرم‌افزار SAS ترسیم شد.

نتایج و بحث

ژنوتیپ‌های جو اسپانتانئوم و منشاء آن‌ها در جدول ۱ و میزان بارندگی و پراکنش آن در ماه‌های مختلف سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

مقادیر شاخصهای تحمل به خشکی در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار شدت تنش براساس رابطه فیشر ۰/۲۸ برآورد شد. ژنوتیپ‌های 02TN975، 02TN630، 02TN1089، 02TN470 و 02TN534 به ترتیب با ۰/۱۸، ۰/۴۴، ۰/۸۰، ۰/۸۳ و ۰/۹۷ دارای کمترین مقدار شاخص TOL (مطلوب)، ژنوتیپ‌های 02T555، 02TN434، 02T374 و 02TN494 به ترتیب با ۱۲۳/۴۳، ۹۴/۶۶، ۹۳/۰۱ و ۸۱/۶۵ دارای بیشترین مقدار شاخص MP، ژنوتیپ‌های 02T555، 02TN374، 02T434 و 02TN494 به ترتیب با ۱۲۲/۷۳، ۸۹/۰۸، ۸۶/۸۳ و ۸۱/۶۴ دارای بیشترین مقدار شاخص GMP، ژنوتیپ‌های 02T975، 02TN630، 02T534، 02TN470، 02T1089 و 02TN1035 به ترتیب با ۰/۰۳، ۰/۰۴، ۰/۱۱، ۰/۱۲، ۰/۱۵ و ۰/۲۲ دارای کمترین مقدار شاخص SSI (مطلوب)، ژنوتیپ‌های 02T555، 02TN374، 02T434 و 02TN494 به ترتیب با ۶/۰۲، ۳/۱۷، ۳/۰۱ و ۲/۶۵ دارای بیشترین مقدار شاخص STI و ژنوتیپ‌های 02T555، 02TN374، 02T494 و 02TN434 به ترتیب با ۱۲۲/۰۴، ۸۵/۳۱، ۸۱/۲۷ و ۷۹/۶۴ دارای بیشترین مقدار شاخص HM بودند. با توجه به وضعیت مناسب ژنوتیپ 02TN555 از نظر اکثر شاخص‌های تحمل به خشکی و همچنین عملکرد برتر آن نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش، می‌توان آن را به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ در این آزمایش معرفی کرد.

عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در شرایط تنش خشکی دارای کنترل ژنتیکی پیچیده‌ای است و مکان‌های ژنی متعدد مربوط به صفات کمی (QTLs) مسؤل آن هستند (Baum *et al.*, 2003). به عنوان مثال محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2008) برای وزن هزار دانه جو، پانزده QTLs و برای عملکرد دانه، هفت QTLs را مشخص کردند. بنا به ماهیت پیچیده تحمل به خشکی و تأثیر عوامل مختلف در آن، قضاوت پیرامون ژنوتیپ‌ها از نظر یک صفت مشکل بوده و گاهی با نتایج متناقض همراه است، بنابراین با استفاده از ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط آبی و دیم و شاخص‌های کمی تحمل به خشکی، می‌توان شاخص‌های مناسب را تعیین کرد (Farshadfar *et al.*, 2001). مقادیر

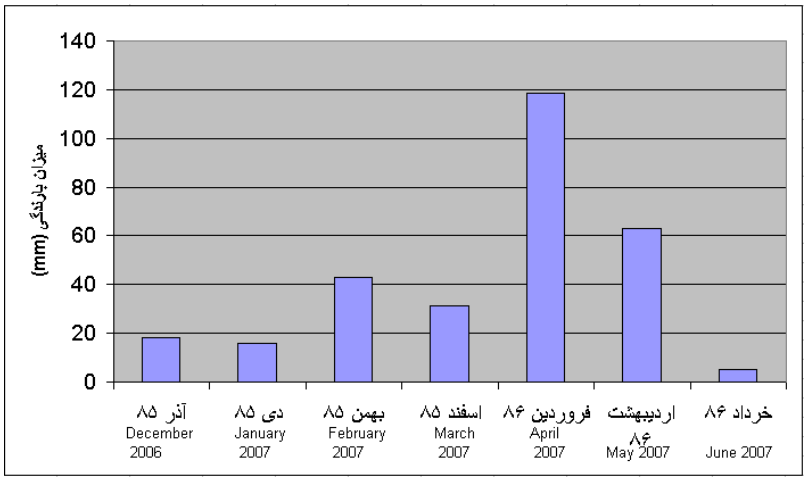
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* استفاده شده در بررسی تحمل به خشکی

Table 1. Genotypes of *Hordeum spontaneum* used in the evaluation for drought tolerance

نمونه ژنتیکی Accession	منشاء Origin	نمونه ژنتیکی Accession	منشاء Origin	نمونه ژنتیکی Accession	منشاء Origin
02TN220	Lorestan	02TN 494	Tehran	02TN 1006	Kermanshah
02TN 221	Lorestan	02TN 495	Fars	02TN 1007	Kermanshah
02TN 310	Tehran	02TN 534	Fars	02TN 1009	Kermanshah
02TN 312	Tehran	02TN 555	Fars	02TN 1035	Kermanshah
02TN 314	Tehran	02TN 630	Kermanshah	02TN 1040	Kermanshah
02TN 331	Tehran	02TN 758	Khuzestan	02TN 1044	Kermanshah
02TN 374	Tehran	02TN 759	Khuzestan	02TN 1050	Kermanshah
02TN 423	Ilam	02TN 927	Khorasan	02TN 1068	Kermanshah
02TN 425	Ilam	02TN 932	Khorasan	02TN 1087	Lorestan
02TN 434	West Azarbaijan	02TN 969	Ilam	02TN 1088	Lorestan
02TN 451	West Azarbaijan	02TN 971	Ilam	02TN 1089	Lorestan
02TN 456	West Azarbaijan	02TN 975	Ilam	02TN 1090	Lorestan



شکل ۱- میزان بارندگی در طی فصل زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در کرج

Fig. 1. Precipitation during growing season of 2006-2007 in Karaj

همبستگی شاخص‌ها با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۳ ارائه شده است. عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارای بیشترین میزان همبستگی با شاخص‌های STI، MP، GMP و HM بود و بر اساس نظر فرناندز (Fernandez, 1992) می‌توان آن‌ها را به عنوان شاخص‌های مناسب تعیین کرد.

کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2006) MP، GMP و STI را مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال ژنوتیپ‌های جو معرفی کردند. روحی و سیسه مرده (Roohi and Siosemardeh, 2005) با بررسی

www.SID.ir

جدول ۲- مقدار عددی شاخص‌های تحمل به خشکی برای ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum*

Table 2. Estimates of drought tolerance indices for the genotypes of *Hordeum spontaneum* genotypes

NO.	Accession	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	SSI	STI	HM
1	02TN1006	59.63	40.55	19.07	50.09	49.17	1.16	0.97	48.27
2	02TN1007	60.46	50.90	9.56	55.68	55.47	0.58	1.23	55.27
3	02TN1009	61.30	40.75	20.55	51.03	49.98	1.22	1.00	48.96
4	02TN1035	41.60	39.07	2.53	40.34	40.32	0.22	0.65	40.30
5	02TN1040	44.37	32.08	12.28	38.22	37.73	1.01	0.57	37.24
6	02TN1044	29.14	25.53	3.61	27.33	27.27	0.45	0.30	27.21
7	02TN1050	27.93	18.56	9.37	23.24	22.76	1.22	0.21	22.30
8	02TN1068	48.73	24.30	24.43	36.51	34.41	1.82	0.47	32.43
9	02TN1087	41.06	18.40	22.66	29.73	27.48	2.01	0.30	25.41
10	02TN1088	43.44	35.20	8.24	39.32	39.10	0.69	0.61	38.89
11	02TN1089	19.10	18.30	0.80	18.70	18.69	0.15	0.14	18.69
12	02TN220	79.88	31.90	47.98	55.89	50.48	2.18	1.02	45.60
13	02TN221	48.21	23.84	24.37	36.02	33.90	1.84	0.46	31.90
14	02TN310	28.62	14.25	14.37	21.43	20.19	1.83	0.16	19.03
15	02TN312	62.07	50.77	11.30	56.42	56.14	0.66	1.26	55.85
16	02TN314	51.90	35.79	16.11	43.85	43.10	1.13	0.74	42.37
17	02TN331	55.84	47.34	8.50	51.59	51.41	0.55	1.06	51.24
18	02TN374	119.78	66.24	53.53	93.01	89.08	1.63	3.17	85.31
19	02TN423	40.23	33.11	7.12	36.67	36.49	0.64	0.53	36.32
20	02TN425	32.12	29.87	2.26	31.00	30.97	0.26	0.38	30.95
21	02TN434	132.37	56.95	75.43	94.66	86.83	2.07	3.01	79.64
22	02TN451	28.42	26.18	2.24	27.30	27.28	0.29	0.30	27.25
23	02TN456	27.58	20.88	6.70	24.23	24.00	0.88	0.23	23.77
24	02TN470	26.14	25.31	0.83	25.72	25.72	0.12	0.26	25.72
25	02TN494	87.21	76.09	11.12	81.65	81.46	0.46	2.65	81.27
26	02TN495	54.30	48.03	6.27	51.16	51.07	0.42	1.04	50.97
27	02TN534	30.96	29.99	0.97	30.48	30.47	0.11	0.37	30.47
28	02TN555	136.50	110.35	26.15	123.43	122.73	0.70	6.02	122.04
29	02TN630	39.75	39.30	0.44	39.53	39.52	0.04	0.62	39.52
30	02TN758	22.79	17.82	4.97	20.31	20.15	0.79	0.16	20.00
31	02TN759	34.32	30.37	3.94	32.35	32.29	0.42	0.42	32.23
32	02TN927	54.60	41.71	12.88	48.15	47.72	0.86	0.91	47.29
33	02TN932	61.71	46.58	15.13	54.15	53.62	0.89	1.15	53.09
34	02TN969	27.47	22.30	5.14	24.87	24.74	0.68	0.24	24.60
35	02TN971	18.18	13.80	4.38	15.99	15.84	0.88	0.10	15.69
36	02TN975	23.75	23.57	0.18	23.66	23.66	0.03	0.22	23.66

Ysو Yp به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و TOL، MP، GMP، SSI، STI و HM به ترتیب شاخص تحمل، بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل تنش و میانگین هارمونیک

Y_p: Yeild in non-stress condition
Y_s: Yield in drought stress condition
Tol: Tolerance
MP: Mean productivity
GMP: Geometric mean productivity
SSI: Stress susceptibility index
STI: Stress tolerance index
HM: Harmonic mean

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- ضرایب همبستگی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 3. Correlation coefficients between grain yield of *Hordeum spontaneum* genotypes with drought tolerance indices in stress and non-stress conditions

	TOL	MP	GMP	SSI	STI	HM
Y_p	0.797**	0.987**	0.963**	0.400*	0.920**	0.945**
Y_S	0.383**	0.949**	0.967**	-0.043	0.941**	0.980**

Ysو Yp به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و TOL، MP، GMP، SSI، STI و HM به ترتیب شاخص تحمل، بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل تنش و میانگین هارمونیک.

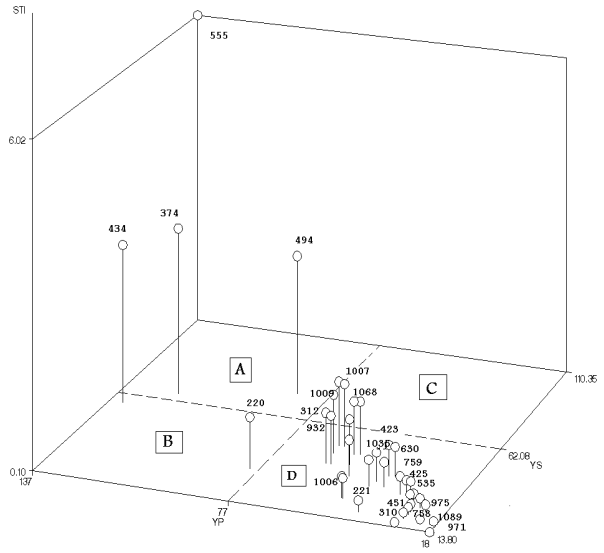
Y_p: Yeild in non-stress condition
Y_s: Yield in drought stress condition
Tol: Tolerance
MP: Mean productivity
GMP: Geometric mean productivity
SSI: Stress susceptibility index
STI: Stress tolerance index
HM: Harmonic mean

تبادلات گازی و ثبات وزن دانه در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های جو را بر اساس شاخص SSI به سه گروه حساس، متوسط و متحمل به خشکی گروه‌بندی کردند. نورمند مؤید و همکاران (Nourmand Moayyed *et al.*, 2001) دو شاخص STI و GMP را به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم نان معرفی کردند. فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2001)، STI، GMP، MP و HM را مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال لاین‌های نخود برای تحمل به خشکی تعیین کردند. ضابط و همکاران (Zabet *et al.*, 2003.) اظهار داشتند که براساس شاخص‌های STI، GMP و MP می‌توان ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی را در ماش شناسایی کرد. کارگر و همکاران (Kargar *et al.*, 2004) و همچنین زینالی و همکاران (Zeinali *et al.*, 2004) دو شاخص STI و GMP و زارع و همکاران (Zare, 2004) شاخص‌های HM، STI، GMP و MP را با توجه به همبستگی آن‌ها با عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش به عنوان بهترین شاخص‌ها در جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل سویا پیشنهاد کردند.

به منظور تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی از نمودار سه بعدی نیز استفاده شد (شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵). بر اساس تعریف فرناندز (Fernandez, 1992) بهترین ژنوتیپ‌ها باید در منطقه A قرار بگیرند. با بررسی نمودارهای سه بعدی مشاهده می‌شود که بر اساس هر چهار شاخص STI، MP، GMP و HM ژنوتیپ‌های 02TN555، 02TN374 و 02T494 در گروه A قرار گرفتند و به عبارت دیگر این ژنوتیپ‌ها، دارای عملکرد بالاتری در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند. ژنوتیپ 02TN434 در مرز دو ناحیه قرار داشت و با توجه به دارا بودن مقادیر بالاتر شاخص‌های انتخابی نسبت به بقیه

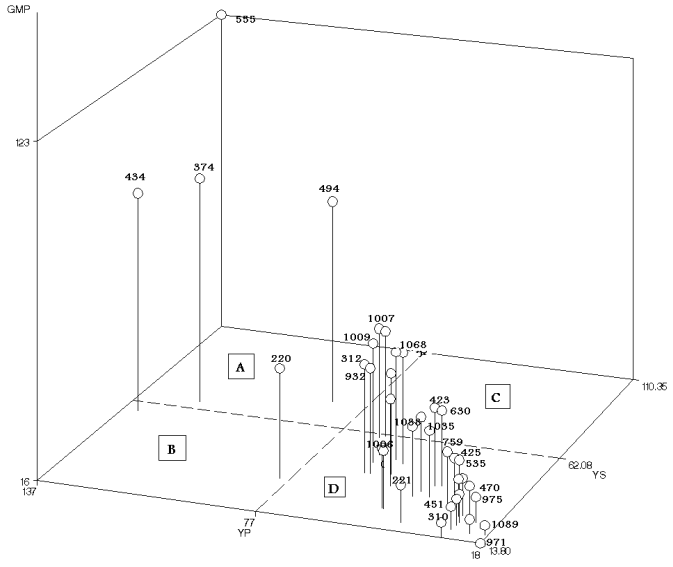
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- تفکیک ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* براساس عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (Y_S)، عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی (Y_P) و شاخص STI

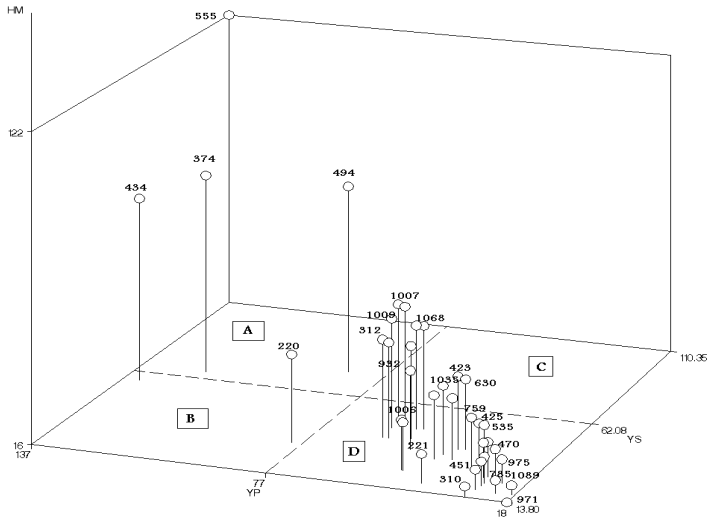
Fig. 2. Discrimination of genotypes of *Hordeum spontaneum* based on grain yield in drought stress (Y_S) and non-stress (Y_P) conditions and STI



شکل ۳- تفکیک ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* براساس عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (Y_S)، عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی (Y_P) و شاخص GMP

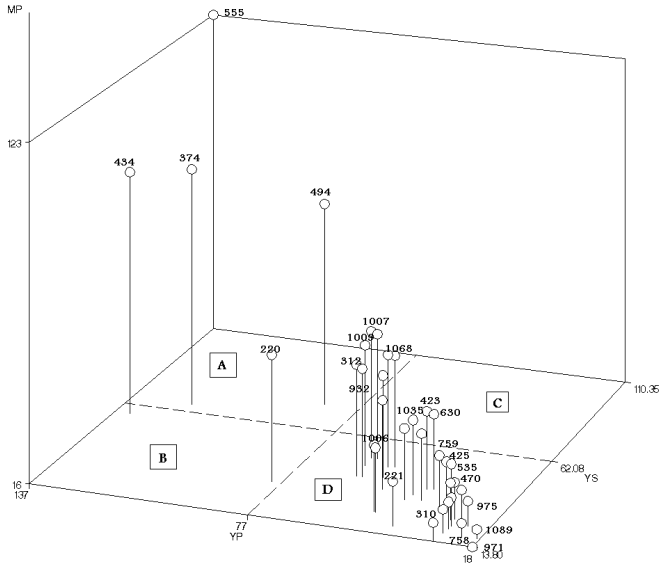
Fig. 3. Discrimination of genotypes of *Hordeum spontaneum* based on grain yield in drought stress (Y_S) and non-stress (Y_P) conditions and GMP

www.SID.ir



شکل ۴- تفکیک ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* براساس عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (Y_S)، عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی (Y_P) و شاخص HM

Fig. 4. Discrimination of genotypes of *Hordeum spontaneum* based on grain yield in drought stress (Y_S) and non-stress (Y_P) conditions and HM



شکل ۵- تفکیک ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* براساس عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (Y_S)، عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی (Y_P) و شاخص MP

Fig. 5. Discrimination of genotypes of *Hordeum spontaneum* based on grain yield in drought stress (Y_S) and non-stress (Y_P) conditions and MP

ژنوتیپ‌ها می‌توان آن را نیز در زمره ژنوتیپ‌های ناحیه A لحاظ کرد. ژنوتیپ 02T220 در گروه B قرار گرفت، به بیان دیگر این ژنوتیپ دارای عملکرد بالاتر در شرایط

www.SID.ir

بدون تنش و عملکرد پائین‌تر در شرایط تنش بود. سایر ژنوتیپ‌ها در گروه D قرار گرفتند، به عبارتی این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش عملکرد پائین‌تری دارشتند. هیچ ژنوتیپی در گروه C قرار نگرفت، یعنی ژنوتیپی که عملکرد پائین‌تر (نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها) در شرایط بدون تنش، اما عملکرد بالاتر در شرایط تنش داشته باشد شناسایی نشد. مجموع این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مطلوب در شرایط بدون تنش مشتمل بر دو گروه هستند، گروه اول (02TN555، 02TN374، 02TN494 و 02T434) آن‌هایی هستند که با قرار گرفتن در شرایط واجد تنش علیرغم کاهش عملکرد ناشی از اثر تنش، کماکان تظاهر بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارند که این موضوع نشاندهنده پتانسیل بالای عملکرد در آن‌ها است. گروه دوم شامل ژنوتیپی (02T220) است که نتوانسته عملکرد بالای خود را در شرایط تنش نیز حفظ کند و از این رو در زمره ژنوتیپ‌های حساس در شرایط واجد تنش قرار گرفت. این ژنوتیپ (02T220) دارای سازگاری خصوصی با محیط‌های آبی بوده و فقط برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی خاص مناطق بدون تنش قابل توصیه است. سایر ژنوتیپ‌ها چه در شرایط تنش و چه در شرایط بدون تنش، عملکرد مطلوبی نداشتند و برای برنامه‌های اصلاحی که بدین منظور صورت می‌گیرد قابل توصیه نیستند. از این گروه می‌توان در برنامه‌های تعیین مکان‌های ژنی صفات کمّی (QTLs) استفاده کرد.

با استفاده از نمودار سه بعدی فقط می‌توان ژنوتیپ‌ها را براساس سه متغیر متمایز کرد، اما برای تعیین خصوصیات ژنوتیپ‌ها و تفکیک آن‌ها بر اساس تمام شاخص‌های مقاومت به خشکی، لازم بود تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شود (جدول ۴). با انجام این تجزیه، دو مؤلفه اول با مقادیر ویژه بالاتر از یک، ۹۷/۷۹٪ از کل تغییرات مربوط به شاخص‌ها را در بر داشتند. مؤلفه اول ۷۸/۴۹٪ از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و در آن ضرایب مربوط به شاخص‌های STI، MP، GMP و HM بزرگ‌تر بود. از آن‌جا که مقادیر بزرگ‌تر این شاخص‌ها مطلوب است و همچنین نظر به مثبت و قابل توجه بودن ضرایب مربوط به عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_P) و تنش (Y_S) در این مؤلفه، می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌هایی که دارای مقدار عددی بزرگ‌تری برای این مؤلفه هستند دارای عملکرد بیشتری بوده و به عبارت دیگر این مؤلفه قادر به جداسازی ژنوتیپ‌های مقاومت‌تر است. مؤلفه دوم ۱۹/۳٪ از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و در آن ضرایب مربوط به شاخص‌های STI، MP، GMP و HM منفی و ضرایب شاخص‌های SSI و TOL نسبت به مؤلفه اول بزرگ‌تر بود همچنین ضرایب مربوط به عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_P) و واجد تنش (Y_S) منفی (در مورد Y_S) و یا کوچک (در مورد Y_P) بود. درنتیجه ژنوتیپ‌هایی که دارای مقدار عددی بزرگ‌تری

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل به خشکی برای ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum*

Table 4. Eigen values and vectors of drought tolerance indices for *Hordeum spontaneum* genotypes

مؤلفه Component	مقادیر ویژه Eigen values	سهم تجمعی Cumulative proportion	شاخص‌های تحمل به خشکی Drought tolerance indices							
			Y_P	Y_S	MP	GMP	SSI	STI	HM	TOL
1	6.23	0.7849	0.35	0.37	0.40	0.40	0.12	0.39	0.39	0.28
2	1.54	0.9779	0.10	-0.30	-0.1	-0.10	0.74	-0.13	-0.15	0.54
3	0.12	0.993	-0.22	0.22	-0.05	0.03	0.65	0.21	0.10	-0.66
4	0.06	0.9999	0.11	0.26	0.17	0.19	0.10	-0.89	0.21	-0.11

Ysو Yp به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و TOL، MP، GMP، SSI، STI و HM به ترتیب شاخص تحمل، بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل تنش و میانگین هارمونیک

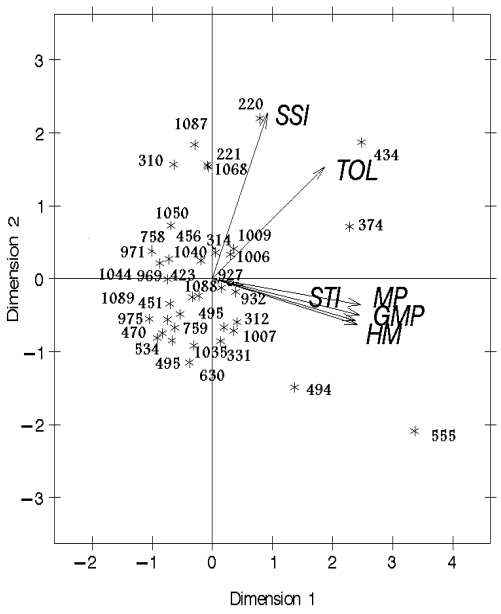
Y_p: Yeild in non-stress condition
Y_s: Yield in drought stress condition
Tol: Tolerance
MP: Mean productivtu
GMP: Geometric mean productivity
SSI: Stress susceptibility index
STI: Stress tolerance index
HM: Harmonic mean

برای این مؤلفه هستند دارای عملکرد کم‌تری بوده و به عبارت دیگر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها حساس‌تر هستند. بنابراین اولین مؤلفه را می‌توان به عنوان مؤلفه مقاومت و دومین مؤلفه را مؤلفه حساسیت تفسیر کرد. کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2006) نیز در بررسی ژنوتیپ‌های جو زراعی دو مؤلفه را که مجموعا ۹۹/۱۷٪ از تغییرات را توجیه می‌کرد عنوان کردند که با توجه به رابطه مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد مطالعه، مقادیر بالاتر مؤلفه اول (تحمل به خشکی) و مقادیر پائین‌تر مؤلفه دوم (حساسیت به تنش) مطلوب بود.

از آن‌جا که دو مولفه، تغییراتی متفاوتی را دربر می‌گیرند می‌توان آن‌ها را به صورت دو محور عمود برهم ترسیم کرد و پراکنش ژنوتیپ‌ها را براساس مشخصه آن‌ها نسبت به دو مؤلفه نشان داد. از طرف دیگر می‌توان وزنی را که هر شاخص در مؤلفه اول و دوم دارد به ضریب همبستگی تبدیل کرد و نهایتا برای هر شاخص بر روی نمودار دیگری که محور افقی آن را مؤلفه اول و محور عمودی آن را مؤلفه دوم تشکیل می‌دهد، خطوطی را ترسیم کرد، بطوری که زاویه کمتر از ۹۰ درجه بین خطوط نشان‌دهنده همبستگی مثبت و زاویه بیشتر از ۹۰ درجه بیانگر همبستگی منفی است. حال چنانچه دو نمودار حاصل از نظر مقیاس هم ارز شوند و بریکدیگر منطبق شوند، اطلاعات حاصل از هر یک را بر اساس PC1 و PC2 می‌توان یک جا

Archive of SID

www.SID.ir

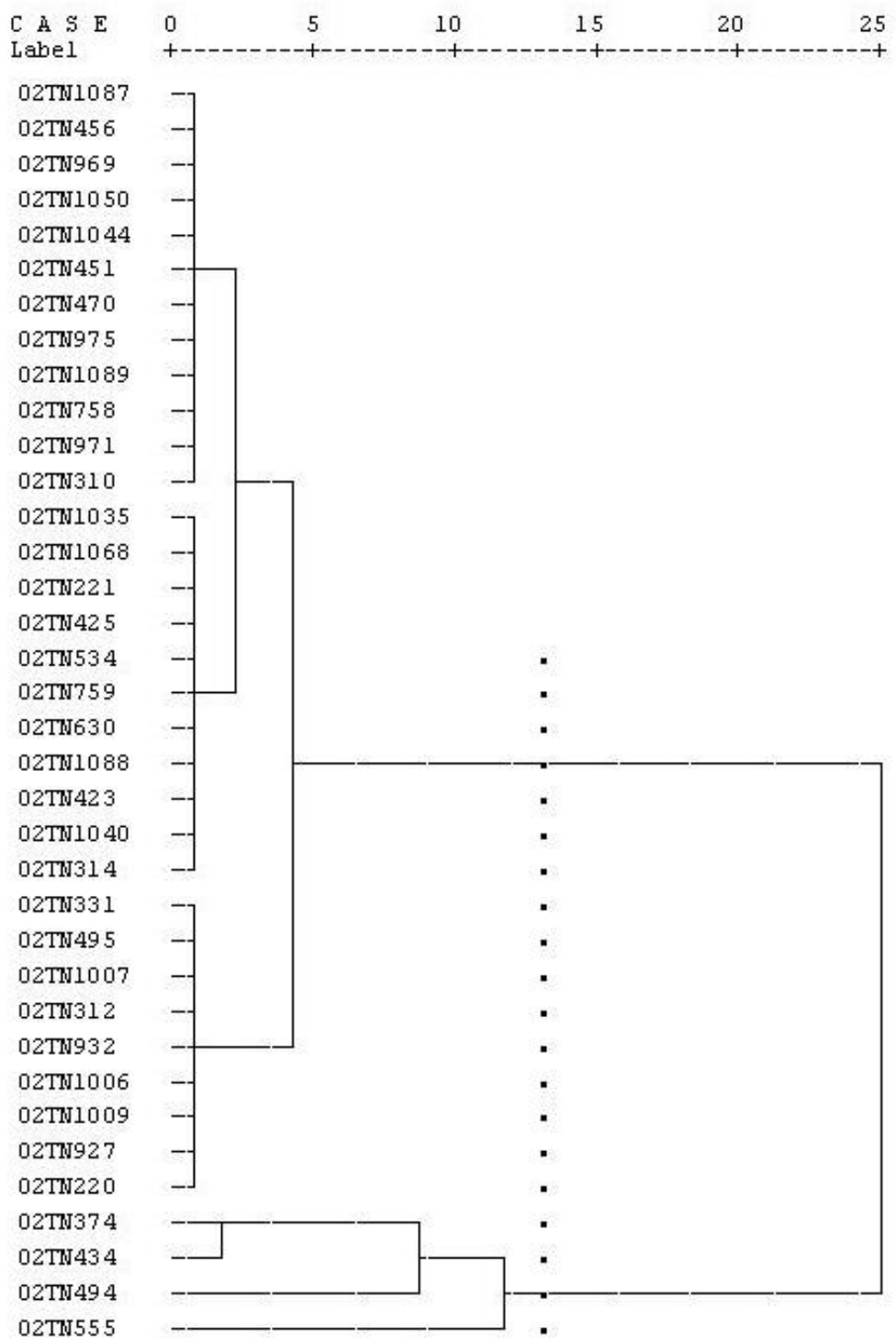


شکل ۶- پراکنش ژنوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* براساس دو مؤلفه اصلی و بردارهای مربوط به شاخص‌های تحمل به خشکی

Fig. 6. Distribution of *Hordeum spontaneum* genotypes based on two principal components and vectors of drought tolerance indices

به صورت بای پلات (شکل ۶) نمایش داد (Nourmand Moayyed *et al.*, 2001). با توجه به این که مقادیر بالای مولفه اول و مقادیر پائین مؤلفه دوم مطلوب است، بنابراین ناحیه مربوط به عملکرد بالا و مقاومت به خشکی، قسمت پائین و راست نمودار است که شامل ژنوتیپ‌های 02TN555 و 02T494 است. نقطه مقابل این ناحیه شامل لاین‌هایی با عملکرد پائین و حساسیت بالا به خشکی است. با توجه به این که ژنوتیپ‌های 02TN555 و 02T494 جزو ژنوتیپ‌های انتخابی از طریق بهترین شاخص‌ها یعنی STI، MP ، GMP و HM بوده و از طرفی در ناحیه مطلوب بای پلات قرار گرفته‌اند به عنوان بهترین ژنوتیپ با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی شناخته می‌شوند. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های 02TN1068، 02TN1087، 02TN220 و 02TN221 به طور توأم مقادیر عددی بالاتری از نظر مؤلفه دوم (حساسیت) و همچنین فاصله نزدیک‌تری نسبت به بردار SSI دارند (سایر ژنوتیپ‌ها فاقد این خصوصیات هستند یعنی یا فاصله دورتری از بردار SSI ، یا مقدارعددی کمتری از نظر مؤلفه دوم دارند). بنابراین نتایج می‌توان ژنوتیپ‌های مذکور را به عنوان حساس‌ترین نمونه‌ها نسبت به خشکی معرفی کرد. زاویه بین بردارهای مربوط به شاخص‌های انتخابی (STI، MP ، GMP و

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های STI، MP ، GMP و HM برای ژنوتیپ‌های *H. spontaneum*

Fig. 7. Dendrogram developed by cluster analysis based on STI, MP, GMP and HM indices for genotypes of *H. spontaneum*

www.SID.ir

HM) نیز حاده است که نشان‌دهنده همبستگی بالای بین این شاخص‌ها است.

با انجام تجزیه کلاستر براساس شاخص‌های تحمل به خشکی، ژنوتیپ‌ها به دو گروه اصلی تفکیک شدند (شکل۷). گروه اول ژنوتیپ‌های 02TN374، 02TN434، 02TN494 و 02TN555 را شامل شد که با توجه به نتایج نمودار سه بعدی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بردارها گروه ژنوتیپ‌های مقاوم را تشکیل می‌دهند و مابقی ژنوتیپ‌ها در گروه دوم قرار گرفتند. گروه دوم خود به دو زیر گروه تقسیم شد. زیر گروه (الف) ژنوتیپ‌های 02TN220، 02TN927، 02TN1009، 02TN1006، 02TN932، 02TN312، 02TN1007، 02TN495و 02TN331 و زیر گروه (ب) سایر ژنوتیپ‌ها را در برگرفت. با بررسی میانگین گروه‌ها (جدول ۵) مشاهده می‌شود که گروه اول از نظر تمامی معیارها بر دو گروه دیگر برتری دارد و زیر گروه (الف) از گروه دوم نیز نسبت به زیر گروه (ب) مقادیر بالاتری را دارا است، بنابراین با توجه به این نتایج می‌توان گروه اول را به عنوان گروه ژنوتیپ‌های متحمل و گروه دوم را به عنوان گروه ژنوتیپ‌های حساس تعیین کرد که خود شامل زیر گروه نیمه حساس (الف) و زیر گروه حساس‌تر (ب) است.

جدول ۵- مقادیر میانگین شاخص‌های تحمل به خشکی بر اساس گروه‌های حاصل از تجزیه کلاستر
Table 5. Mean values of drought tolerance indices based on the groups differentiated in cluster analysis

گروه Group	میانگین Mean					
	Y_S	Y_P	MP	GMP	HM	STI
1	77.41	118.97	98.19	95.02	92.07	3.71
2	44.28	61.09	52.68	51.67	50.73	1.07
3	25.99	33.73	29.86	29.40	28.95	0.37

For abbreviations see Table 2.

با توجه به این که ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی شده در این تحقیق دارای منشاء متفاوتی نیز هستند (02TN555 از فارس، 02TN434 از آذربایجان غربی ،02TN374 و 02TN494 از تهران) به احتمال زیاد از نظر ژنتیکی متفاوت هستند. کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2006) نیز نتیجه گرفتند که بین ژنوتیپ‌های متحمل جو تنوع ژنتیکی زیادی وجود دارد و با انجام تلاقی‌های مرکب می‌توان ژنوتیپ‌هایی با میزان تحمل بیشتری تولید کرد که تعداد بیشتری از ژن‌های تحمل به خشکی را دارا باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

آسیب پذیری ژنتیکی گیاهان به وسیله تنش‌های محیطی (زیستی و غیرزیستی) افزایش می‌یابد، بنابراین جمع‌آوری و نگهداری و ارزیابی گونه‌های وحشی خویشاوند که دارای سازگاری و سیعی بوده و حامل منابع بزرگی از ژن‌های مفید با عکس‌العمل مطلوب برای تنش‌های محیطی و غیر زیستی باشند، توسط به نژادگران در سراسر دنیا در حال پیگیری است(Khush and Brar 1992). در این تحقیق چهار ژنوتیپ 02TN374، 02TN434، 02TN494 و 02TN555 جو *Hordeum spontaneum* متحمل به خشکی شناسایی شد. حاجی کریستودلو (Hadjichristodouloui, 1995) اظهار داشت با قرار دادن ژن‌های مفید (مربوط به تحمل خشکی) از گونه وحشی *Hordeum spontaneum* در داخل زمینه ژنتیکی گونه زراعی می‌توان از آن‌ها به طور مستقیم به عنوان رقم استفاده کرد و یا این که می‌توان آن‌ها را به عنوان والدین در برنامه‌های اصلاحی در تلاقی‌ها مورد استفاده قرار داد. با توجه به تنوع ژنتیکی نمونه‌های انتخابی، استفاده از این ژنوتیپ‌ها در تلاقی با گونه زراعی و یا تلاقی آن‌ها با یکدیگر، منابع متنوعی از ژن‌های تحمل به خشکی را در اختیار می‌گذارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای دکتر مسیح فروتن به خاطر انجام برخی از محاسبات آماری و کمک در رسم نمودارهای سه بعدی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abdemishani, S., and Jafari Shabestari, J. 1986. Evaluation of wheat varieties for drought resistance. Iranian Journal of Agricultural Sciences 19: 1- 2 (in Farsi).

Baum, M., Grando, S., Bakes, G., Jahoor, A., and Ceccarelli, S. 2003. QTLs for agronomic traits in the Mediterranean environments in recombinant inbred lines of cross Arta×*Hordeum spontaneum*. Theoretical and Applied Genetics 107: 1215-1225.

Ehdaei., B. 1993. Selection for drought tolerance in wheat. Key-note papers of the 1st. Iranian Crop Science Congress. College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran. pp. 43-62 (in Farsi).

Eivazi, A., Abdollahi, S., Hosseini Salekdeh, G., Majidi Heravan, E., and Mohammadi, S.A. 2005. Effects of drought and salinity stresses on some

Archive of SID

www.SID.ir

agronomic and physiologic traits in barley (*Hordeum vulgare*) cultivars. Seed and Plant 21: 441-456 (in Farsi).

Farshadfar, F., Zamani, M., Motallebi, M., and Imamjomeh, A. 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32: 65-77 (in Farsi).

Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C.G. (ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publications. Tainan, Taiwan.

Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912 (in Farsi).

Hadjichristodouloui, A. 1995. Evaluation of barley landraces and selections from natural outcrosses of *H. vulgare* ssp. *spontaneum* with ssp. *vulgare* for breeding in semi-arid areas. Genetic Research and Crop Evolution 42: 83-89.

Karami, E., Ghannadha, M.R., Naghavi, M.R., and Mardi, M. 2005. An evaluation of drought resistance in barley. Iranian Journal of Agricultural Sciences 36: 547-560 (in Farsi).

Karami, E., Ghannadha, M.R., Naghavi, M.R., and Mardi, M. 2006. Identification of drought tolerant genotypes in barley. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37-1: 371-380 (in Farsi).

Kargar, S. M., Ghannadha, M. R., Bozorgi-pour, R., Khaje Ahmad Attari, A. A., and Babaei, H. R. 2004. An investigation of drought tolerance indices in some soybean genotypes under restricted irrigation conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences 35: 129-142 (in Farsi).

Khush, G. S. and Brar, D. S. 1992. Overcoming the barriers in hybridization. pp. 47-61. In: Khallo, G., and Chowdhury , G. B. (eds.). Distant Hybridization of Crop Plants. Springer Verlag, Heidelberg, Germany.

Kristin, A. S., Serna, R. A. , Perez, F. I. , Enriquez, B. C. , Gallegos, J. A. A., Vallejo, P. R., Wassimi, N., and Kelley, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 27: 43-50.

Archive of SID

www.SID.ir

Mano, Y., and Takeda, K. 1998. Genetic resources of salt tolerance in wild Hordeum species. Euphytica 103:137-141.

Mohammadi, M., Taleei, A., Zeinali, H., Naghavi, M.R., and Baum, M. 2008. Mapping QTLs controlling drought tolerance in a barley doubled haploid population. Seed and Plant 24: 1-16 (in Farsi).

Nourmand Moayyed, F., Rostami, M.A., and Ghannadha, M.R. 2001. Evaluation of drought resistance indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Agricultural Sciences 32: 795-805 (in Farsi).

Peterson, L., Ostergard, H., and Giese, H. 1994. Genetic diversity among wild and cultivated barley as revealed by RFLP. Theoretical and Applied Genetics 89: 676-681.

Roohi, I., and Siosemardeh, A. 2005. Study on gas exchange and grain weight stability in different barley (*Hordeum vulgare*) genotypes under drought stress conditions. Seed and Plant 21: 191-212 (in Farsi).

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

Turpeinen, T., Kulmala, J., and Nevo, E. 1999. Genome size variation in *Hordeum spontaneum* populations. Genome 42: 1094-1099.

Zabet, M., Hosseinzadeh, A.H., Ahmadi, A., and Khialparast, F. 2003. Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*Vinga radiata*). Iranian Journal of Agricultural Sciences 34:. 889-898 (in Farsi).

Zare, M., Zeynaly Khanghah H. and Daneshian, J. 2004. An evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. Iranian Journal of Agricultural Sciences 35: 859-867 (in Farsi).

Zeinali Khanghah, H., Izanloo, A. Hoseinzadeh, A.H., and Majnoon Hoseini, N. 2004. Determination of the suitable drought resistance indices in commercial soybean varieties. Iranian Journal of Agricultural Sciences 35: 875-885 (in Farsi).

Archive of SID

www.SID.ir