"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سیزدهم، شماره ٤ زمستان ۱۳۹۰

تنوع ژنتیکی برای تحمل به سرمای زمستانی و خصوصیات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های جو
Genetic variation for winter survival and related characteristics in barley genotypes

سمیرا هامیان[۱]، محمد مقدم[۲]، سید ابوالقاسم محمدی[۳]، کاظم قاسمی گلعذانی[۴]، احمد حیدری[۵]، الناز فرج‌زاده[۶] و احمد یوسفی[۷]

چکیده

هامیان، س.، م. مقدم، س. ا. محمدی، ک. قاسمی گلعذانی، ا. حیدری، ا. فرج زاده و ا. یوسفی. ۱۳۹۰. تنوع ژنتیکی برای تحمل به سرمای زمستانی و خصوصیات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های جو. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۳): ۷۵۹-۷۴۳.**

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی برای تحمل به سرمای زمستانی، LT_{50} و میزان کربوهیدرات‌های محلول درژنوتیپ‌های جو،آزمایشی در دو شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای با استفاده از ٤٠ ژنوتیپ جو در ایستگاه تحقیقاتی و گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. ارزیابی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸٦ اجرا و درصد بقای زمستانی ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس چند متغیره برای صفات مورد اندازه‌گیری در گلخانه و آزمایشگاه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بر اساس تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نیز از نظر درصد زنده‌مانی در مزرعه بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما تفاوت بین سال‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ× سال معنی‌دار نبود. برای اندازه‌گیری درصد زنده‌مانی گیاهچه‌ها در آزمون‌های انجماد، یک آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار طراحی شد. ژنوتیپ‌های جو به عنوان عامل فرعی و پنج سطح دما (۸-، ۱۱-، ۱۳-، ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد) به عنوان عامل اصلی منظور شدند. علاوه بر محاسبهLT_{50} ژنوتیپ‌ها، درصد وزن خشک گیاهچه، میزان کربوهیدرات‌های محلول در شرایط قبل و بعد از عادت‌دهی و طول و عرض برگ نیز در شرایط کنترل شده اندازه‌گیری شد و تجزیه واریانس این داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر درصد زنده‌مانی در کلیه دماها، LT_{50}، درصد وزن خشک گیاهچه، عرض برگ و میزان کربوهیدرات‌های محلول در شرایط بعد از عادت-دهی، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. صفات درصد زنده‌مانی در مزرعه، LT_{50} و عرض برگ از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بودند. وراثت‌پذیری میزان کربوهیدرات‌های محلول در شرایط بعد از عادت‌دهی و درصد وزن خشک گیاهچه در حد متوسط بود. برای درصد زنده‌مانی در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد، بیشترین و درصد زنده‌مانی در دمای ۱۷- درجه سانتی‌گراد، کمترین میزان وراثت‌پذیری مشاهده شد. بیشترین مربع ضریب تغییرات ژنتیکی درصد زنده‌مانی مربوط به دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد بود و برای سایر صفات، مربع ضریب تغییرات ژنتیکی پایین بود. به طور کلی نتایج حاصل از ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نشان داد که ژنوتیپ ۳۸ (آتنیس) حساس به سرمای زمستانی بوده و تعداد قابل توجهی از ژنوتیپ‌ها برخوردار از ویژگی‌های مطلوب از نظر تحمل به سرما بودندکه از میان آن‌ها ژنوتیپ‌های ۳٦ (شولیر) و ۱۵(EC83-12) با توجه به مقادیر درصد بقای زمستانی در مزرعه و LT_{50} به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش سرما، درصد زنده‌مانی در مزرعه، عادت‌دهی به سرما، کربوهیدرات‌های محلول و LT_{50}

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۸

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: moghaddamv@yahoo.com)
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۴- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۵- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۶- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۷- کارشناس بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

مقدمه

اکثر گیاهان زراعی مانند غلات پاییزه (گندم، جو، یولاف و چاودار)، یونجه، خردل و انواع گیاهان علوفه‌ای و ریشه‌ای در بخشی از دوره رویش در معرض سرما قرار می‌گیرند. در میان غلات، چاودار متحمل‌ترین گونه به سرما و بعد از آن به ترتیب گندم، جو و یولاف قرار دارند (Sleper and Poehlman, 2006). حساسیت یا تحمل به یخزدگی، ویژگی اختصاصی هر گیاه به شمار می‌رود و تحت کنترل عوامل ژنتیکی و محیطی است. عواملی مانند مرحله رشدی گیاه، مدت و شدت یخزدگی، سرعت سرد شدن و دوباره گرم شدن و محل تشکیل یخ، بر میزان خسارت ناشی از دماهای پایین تاثیر می‌گذارند (Beck *et al.*, 2004). گیاهچه‌های غلات پاییزه را می‌توان با فرایند عادت‌دهی به شرایط تنش دمای پایین سازگار کرد (Xin and Browse, 2000). برای عادت‌دهی به سرما در محیط‌های کنترل شده، معمولا دماهای ۲ تا ۵ درجه سانتی‌گراد و طول روز ۱۲ ساعت مناسب است (Fowler and Limin, 2002). یوشیدا و همکاران (Yoshida *et al.*, 1997) گزارش کردند که بر اثر عادت دهی، مقادیر LT_{50} از ۷- درجه سانتی‌گراد به ۱۷-، ۲۰- و ۲۷- درجه سانتی‌گراد در سه رقم گندم کاهش یافت. با توجه به تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ایجاد شده در طی دوره تنش سرما، تنوع زیادی از نظر تحمل ارقام گیاهان زراعی وجود دارد (Limin and Fowler, 2000).

در روش‌های مستقیم ارزیابی تحمل سرما، گیاهان تحت تاثیر مستقیم یخبندان قرار می‌گیرند که شامل روش‌های مزرعه‌ای، مزرعه‌ای-آزمایشگاهی و آزمایشگاهی، بر مبنای محیطی که گیاهان در آن عادت‌دهی می‌شوند، می‌باشند. در روش‌های غیرمستقیم، گیاهان در معرض یخبندان قرار نمی‌گیرند، اما بر مبنای یک صفت یا مجموعه‌ای از صفات ارزیابی می‌شوند (Fowler *et al.*,1981; Murelli *et al.*, 1995; Tantau *et al.*, 2004). علی‌رغم استفاده از آزمون‌های انجماد و نشانگرهای مولکولی، بسیاری از برنامه‌های اصلاحی غلات پاییزه هنوز هم به مقدار زیادی به غربال مزرعه‌ای به عنوان ارزیابی نهایی توانایی زنده‌مانی گیاهان تکیه دارند. آزمایش‌های مزرعه‌ای ساده و ارزان هستند و نیاز به امکانات ویژه‌ای ندارند. با وجود این، فرصت برای گزینش در مزرعه فقط یک بار در سال بدست می‌آید و زمستان‌هایی که دماهای گزینش بحرانی را فراهم می‌کنند، معمولا با فراوانی کم اتفاق می‌افتند. عدم پوشش یکنواخت برف و سایر عوامل محیطی باعث افزایش خطای آزمایشی و کاهش کارآیی گزینش می‌شوند (Fowler and Limin, 2002). بنابراین، در روش‌های مزرعه‌ای معمولا نیاز هست که ارزیابی‌ها در طول چند سال انجام شوند (Prasil *et al.*, 2007). آزمون‌های انجماد در شرایط کنترل شده برخی از مشکلات مرتبط با آزمایش‌های مزرعه‌ای را جبران می‌کنند. مزیت آزمون‌های انجماد نسبت به آزمایش‌های مزرعه‌ای در گزینش سریع، کنترل بیشتر شرایط محیطی و امکان تکرار آزمایش است (Brule-Babel and Fowler, 1989). LT_{50} (Lethal Temperature)، یعنی دمای کشنده‌ای که در آن ۵۰ درصد از گیاهچه‌های مورد آزمایش از بین می‌روند، یک صفت مناسب برای ارزیابی آزمایشگاهی تحمل به سرما محسوب می‌شود (Hommo, 1994; Bridger *et al.*, 1996). اسکینر و گارلند-کمپل (Skinner and Garland-Campbell, 2008) در گندم رابطه خطی معنی‌داری بین LT_{50} و درصد زنده‌مانی در دمای ۵- درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ و ۲۰ هفته گزارش کردند. پراسیل و همکاران (Prasil *et al.*, 2007) عنوان کردند که LT_{50} علاوه بر ژنوتیپ، به شرایط قبل از عادت‌دهی گیاه در آزمایشات کنترل شده نیز وابسته است.ارزیابی تحمل به سرما از طریق یک معیار ممکن است از موفقیت بالایی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

برخوردار نباشد، بنابراین، استفاده از چند شاخص برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل با توانایی تولید بالا در شرایط دمایی سرد لازم است (MirmohammadiMeibodi and Tarkesh Esfahani, 2000).

این پژوهش با هدف بررسی تنوع ژنتیکی تعدادی از ژنوتیپ‌های جو از نظر تحمل به سرما و خصوصیات مرتبط با آن و نیزشناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به سرما انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده شامل ۴۰ ژنوتیپ جو بود که بذر آن‌ها از بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد (جدول ۱). آزمایش مزرعه‌ای سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز اجرا گردید. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳۶۰ متر است و در ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد می‌باشد (Jafarzadeh *et al.*, 1998).خلاصه آمار ماهیانه ایستگاه هواشناسی خلعت‌پوشان در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در جدول ۲ ارائه شده است (Anonymous, 2007).بین دو سال آزمایش اختلاف چندانی از نظر حداقل دما وجود نداشت، با این استثنا که در ماه‌های آبان و بهمن دمای حداقل و در ماه بهمن میانگین دمای حداقل در سال۱۳۸۶ حدود ۶-۵ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر از سال ۱۳۸۵ بود. پوشش برف مداومی در مزرعه در دو سال آزمایش وجود نداشت و دو تا سه روز بعد از هر بارش، برف عمده‌ای در مزرعه مشاهده نشد. آزمایش مزرعه‌ای در هفته اول مهر ماه در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال اول و چهار تکرار در سال دوم اجرا گردید. هر واحد آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول ۵ متر و با فاصله خطوط ۲۵ سانتی متر بود و تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کشت به صورت هیرم‌کاری انجام شد. اولین آبیاری ۵ روز بعد از کشت صورت گرفت. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها و قبل از شروع سرما، بوته‌ها شمارش شدند. شمارش دوم در بهار و بعد از یخبندان‌های بهاری صورت گرفت. درصد بقای زمستانی با استفاده از رابطه یک برای هر رقم در هر تکرار محاسبه گردید:

(۱) ۱۰۰× (تعداد بوته‌ها در پاییز / تعداد بوته‌ها در بهار) = درصد بقای زمستانی

برای ارزیابی ژنوتیپ‌های جو در آزمایشگاه از نظر تحمل به سرما آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی طراحی شد، ولی به دلیل رخدادهای غیرمنتظره مانند قطعی برق در طی آزمایش فقط از داده‌های دو تکرار جهت انجام محاسبات استفاده شد. به علت محدودیت جا در اتاقک رشد، تکرارها با فاصله زمانی در گلخانه اجرا شدند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به عنوان عامل فرعی و پنج سطح دما (۸-، ۱۱-، ۱۳-، ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد) به عنوان عامل اصلی منظور شدند. بذرها پس از ضدعفونی کردن با مانکوزب دو در هزار، در گلدان‌های پلاستیکی مستطیلی به ابعاد ۴۰×۳۰ سانتی متر حاوی خاک زراعی و خاک برگ (به نسبت دو به یک) کشت شدند. در هر گلدان چهار ردیف و در هر ردیف ده بذر در عمق دوسانتی‌متری کاشته شد و آبیاری در مواقع لازم صورت گرفت. دمای گلخانه ۲۱ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. بعد از سه هفته (مرحله سه تا چهار برگی) گیاهچه‌های حاصل برای عادت‌دهی به دمای پایین به اتاقک رشد منتقل شدند و به مدت سه هفته در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در روز و دو درجه سانتی‌گراد در شب با طول روز ۱۴ ساعت (۲۵۰ میکرو انشتین در مترمربع در ثانیه) قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری طول و عرض برگ، بعد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های جو مورد استفاده در آزمایش‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی

Table 1. Characteristics of barley genotypes used in field and laboratory experiments

شماره ژنوتیپ No. of genotype	کد یا نام ژنوتیپ Code or name of the genotype	شجره Pedigree	شماره ژنوتیپ No. of genotype	کد یا نام ژنوتیپ Code or name of the genotype	شجره Pedigree
1	EC79-10	Walfajre/Miraj 1	21	A1C84-14	Astrix(C)/3/Mal/OWB753328-5H//Perga/Boyer
2	EC79-13	Kmk//Rbr/Wa2196-63/3/EBC(A)	22	A1C84-15	Monolit/Plaisant
3	EC79-18	Lignee 131//4341 N/Ortolan	23	A2C 84-5	CWB117-77-9-7/Teran78
4	EC80-7	YEA389.3/YEA475.4	24	A2C84-6	CWB117-77-9-7/Teran78
5	EC80-11	ALGER/(CI10117/CHOYO..	25	A2C84-8	Legia/3/ARIZONA5908/ATHS//L.640
6	EC80-13	CERES//WI2192/EMIR/3/KAROON	26	A2C84-11	Roho/Mazurka//Dyton
7	EC81-11	Coss/OWB 71080-44-lH	27	A2C84-12	Boyer(F356)126//Cem1413/Kt2085
8	EC81-13	Comp89-9Cr-79-07/Atem//(Alpha/HC1905//Robur)/3/	28	A2C84-14	Cyclone/Arar
9	EC82-5	Alger/(CI10117/Choyo..	29	A2C84-18	Mal/OWB753328-5H//11840-76/3/Radical
10	EC82-10	Arar/Productive	30	A2C84-17	Monolit/Plaisant
11	EC82-11	Np106/Minn14133-Gvaxduois//Gi10143	31	Makouee	Makouee
12	EC83-4	L.131/Gerbe//Ager-Ceres/3/(Scotia/Wa…)	32	CB74-2	CB74-2
13	EC83-5	Arar/L.1242	33	Rihane	Rihane
14	EC83-10	GkOmega	34	Kavir	Kavir
15	EC83-12	K-096M3	35	73M4-C	73M4-C
16	EC83-15	SCHUYLER//(M.RNB89.80/NB1905//L.527)	36	Schulyer	Schulyer
17	EC83-17	MAKOUEE//ZARJOW/80-5151	37	L.1242	L.1242
18	A1C84-7	Star/Dundy	38	Athenise	Athenise
19	A1C84-9	F2//Radical/Karat/3/Radical/4/Xemus	39	EM80-7	Rihane//Aths/Bc
20	A1C84-12	Kozir/330	40	EM80-9	LB.Iran/Una8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir

جدول ۲- خلاصه آمار ماهیانه ایستگاه هواشناسی خلعت‌پوشان در سال‌های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

Table 2. Summary of monthly meteorological data for Khalatpoushan weather station in 2006 and 2007 growing seasons

		2006 ۱۳۸۵		2007 ۱۳۸۶		2006 ۱۳۸۵	2007 ۱۳۸۶
Month	ماه	میانگین حداقل دما Mean of Min. temp. (°C)	میانگین حداکثر دما Mean of Max. temp. (°C)	میانگین حداقل دما Mean of Min. temp. (°C)	میانگین حداکثر دما Mean of Max. temp. (°C)	حداقل دما Min. temp.(°C)	حداقل دما Min. temp. (°C)
Oct.	مهر	6.4	22.8	5.0	21.3	2	1
Nov.	آبان	0.3	11.6	1.1	15.8	-11	-7
Dec.	آذر	-7.9	4.1	-6	3.5	-13	-18
Jan.	دی	-13.2	-2.4	-14.3	-2.8	-22	-21
Feb.	بهمن	-5.6	4.2	-10.4	0.7	-13	-19
Mar.	اسفند	-2.7	7.0	-2.5	9.0	-12	-13

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

از عادت‌دهی و قبل از انتقال به سردخانه، پنج بوته از هر ژنوتیپ انتخاب و از نوک برگ سوم تا پایین غلاف آن برای اندازه‌گیری طول برگ و پهن‌ترین قسمت آن برای اندازه‌گیری عرض برگ در نظر گرفته شد. در این مرحله از هر ژنوتیپ در هر تکرار یک گیاهچه انتخاب و وزن تر آن‌ها بلافاصله اندازه‌گیری شد. گیاهچه‌ها سپس در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده شدند و بعد از ۴۸ ساعت وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. از نسبت وزن خشک گیاهچه، به وزن تر گیاهچه، درصد وزن خشک گیاهچه محاسبه شد.افزون بر این، اندازه‌گیری قندهای محلول به روش آنترون (Yemm and Willis, 1954) روی نمونه‌های برگی قبل و پس از مرحله عادت‌دهی انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری درصد بقای گیاهچه‌ها بعد از اینکه بوته‌ها به مدت سه هفته در دمای ۴-۲ درجه سانتی‌گراد عادت‌دهی شدند، برای اعمال دماهای موردنظر به فریزر انتقال داده شدند. ابتدا نمونه‌ها به مدت ۱۸-۱۲ ساعت در دمای ثابت ۲- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس به تدریج دما تا ۸- درجه سانتی‌گراد کاهش داده شد. پس از رسیدن دما به ۸- درجه سانتی‌گراد و بعد از گذشت دو ساعت، نمونه‌های مربوطه از سردخانه خارج و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا هسته‌های یخی به تدریج ذوب شوند. این فرایند در مورد سایر دماها (۱۱-، ۱۳-، ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد) نیز تکرار شد. گلدان‌ها پس از گذشت ۱۲ ساعت به گلخانه منتقل شدند و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۱ روز قرار داده شدند. سپس یادداشت برداری برای تعیین تعداد بوته‌های زنده مانده صورت گرفت. درصد بقای گیاهچه برای هر ژنوتیپ در هر سطح دمایی با استفاده از رابطه دو تعیین شد:

(۲) ۱۰۰× (تعداد گیاهان قبل از انجماد / تعداد گیاهان زنده مانده بعد از انجماد) = درصد بقای گیاهچه

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور تثبیت خطای نوع اول، ابتدا تجزیه واریانس چند متغیره (MANOVA) برای داده‌های کلیه صفات انجام گرفت (Manly, 2004) و سپس با توجه به معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ از تجزیه واریانس تک متغیره استفاده شد. قبل از انجام این تجزیه‌ها فرض‌های یکنواختی واریانس‌ها، نرمال بودن خطاها و اثر افزایشی بلوک با تیمار با استفاده از نرم افزارهای SPSS13، STATISTICA و MSTATC مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه مرکب داده‌های مربوط به درصد زنده‌مانی ژنوتیپ‌های جو در مزرعه در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال انجام پذیرفت. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار صورت گرفت. تجزیه داده‌های درصد زنده‌مانی ژنوتیپ‌های جو در دماهای مختلف بعد از آزمون‌های انجماد ابتدا در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار انجام شد، ولی به دلیل عدم یکنواختی واریانس خطاها در بین دماها، تجزیه واریانس به صورت جداگانه برای هر دما در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی صورت گرفت. LT_{50} لاین‌های مورد مطالعه در هر تکراربا استفاده از گزینه تبدیل پروبیت در نرم افزار SPSS، با استفاده از داده‌های مربوط به درصد بوته‌های از بین رفته در دماهای ۸-، ۱۱-، ۱۳-، ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید و سپس داده‌های حاصل مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌هابا استفاده ازآزمون LSD انجام گرفت. واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی و وراثت پذیری (بین ژنوتیپ‌ها) در

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

واحد میانگین تیمارها بر مبنای امیدریاضی میانگین مربعات برای کلیه صفات محاسبه گردید. خطای استاندارد وراثت‌پذیری نیز از طریق جذر واریانس نسبت‌ها (Kempthorne, 1969) برآورد شد. برای گروه-بندی ژنوتیپ‌های جو بر اساس صفات LT_{50} و درصد زنده‌مانی در مزرعه، تجزیه کلاستر بر مبنای میانگین صفات با استفاده از داده‌های استاندارد شده و مقیاس توان دوم فاصله اقلیدسی به روش‌های مختلف با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. با توجه به زنجیره‌ای شدن کمتر روش Ward، از این روش جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد. برای تعیین بهترین نقطه برش دندروگرام، تجزیه تابع تشخیص و تجزیه واریانس چند متغیره انجام شد. به دلیل مشابه بودن نتایج برای گروه-بندی‌های مختلف، از رابطه $\sqrt{n/2}$ استفاده گردید. برای کلاسترهای حاصل میانگین و درصد انحراف از میانگین کل در مورد هر صفت محاسبه شد (Manly, 2004).

نتایج و بحث

ارزیابی مزرعه‌ای

در تجزیه واریانس مرکب درصد زنده‌مانی ژنوتیپ‌های جو در مزرعه، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد، اما اثر متقابل ژنوتیپ× سال غیرمعنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۲۲، ۳۲، ۹، ۲۹، ۲۳، ۱۱، ۲۶، ۲۷، ۳۶، ۱۶، ۲۰، ۳، ۲۱، ۱۳، ۳۰، ۳۵، ۳۷، ۱۸، ۵، ۳۱ دارای بیشترین میانگین درصد زنده‌مانی زمستانی و ژنوتیپ‌های ۲ و ۳۸ با ۲۰/۳۷ و ۲۰/۳۹ دارای کمترین میانگین درصد زنده‌مانی بودند. تفاوت‌های ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها و ارقام جو از نظر تحمل به سرما، توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Fowler, 2002; Mahfoozi *et al.*, 2005). ارزیابی مزرعه‌ای به علت سهولت انجام و وجود شرایط طبیعی، در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی غلات پاییزه صورت می‌گیرد (Fowler and Limin, 2002). در عین حال، با توجه به اختلاف سال‌ها از نظر طول مدت پوشش برف و دماهای زیر صفر، ژنوتیپ‌ها معمولا به مدت چند سال مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (Prasil *et al.*, 2007).

ارزیابی آزمایشگاهی

نتایج تجزیه واریانس چند متغیره نشان داد که حداقل از نظر یکی از صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های جو وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس چند متغیره برای صفات مرتبط با تحمل به سرما در ژنوتیپ‌های جو

Table 3. Multivariate analysis of variance for traits associated with cold tolerance in barley genotypes

S.O.V.	منابع تغییر	روش های چند متغیره Multivariate methods	مقدار آماره Statistics value	F
Genotype	ژنوتیپ	Pillai's Trace	3.911	1.234*
		Wilk'sLambda	0.001	1.546**
		Hotelling's Trace	17.707	1.978**
		Roy's Largest Root	7.874	7.677**

*,**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و**: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

بین ژنوتیپ‌های جو، در سطوح دمایی ۸-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- درجه سانتی‌گراد در سطح احتمال یک درصد و در ۱۷- درجه سانتی‌گراد در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد، به غیر از ژنوتیپ‌های ۸، ۱۱، ۱۵، ۱۹، ۲۶، ۲۷، ۳۸ و ۴۰، بقیه ژنوتیپ‌ها دارای صد درصد زنده‌مانی بودند. این ژنوتیپ‌ها اختلافات معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشتند. در دمای ۱۱- درجه سانتی‌گراد، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۱۳، ۱۴، ۱۸، ۲۰،

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

۲۳، ۲۴، ۲۸، ۲۹، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷ و ۳۹ دارای صد درصد زنده‌مانی بودند. کمترین درصد زنده‌مانی در این دما مربوط به ژنوتیپ ۳۸ با درصد زنده‌مانی ۲۰ درصد بود. ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۲۱ نیز با ۷۵ درصد زنده‌مانی اختلاف معنی‌داری با اکثر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشتند. در دمای ۱۳- درجه سانتی‌گراد، ژنوتیپ‌های ۵، ۱۸، ۲۸، ۲۹، ۳۴ و ۳۹ از درصد زنده‌مانی صد درصد و ژنوتیپ‌های ۱، ۸، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۳۰، ۳۵، ۳۶ و ۳۷ از درصد زنده‌مانی ۹۰ درصد و بالاتر برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های ۳۸، ۱۷، ۴۰ و ۷ از کمترین درصد زنده‌مانی در این دما (به ترتیب با صفر، ۲۰، ۳۵ و ۴۰ درصد زنده‌مانی) برخوردار بودند. در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد، ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۸ دارای درصد زنده‌مانی صد درصد و ژنوتیپ‌های ۳۶، ۱۵، ۲۸، ۱، ۹، ۲۹، ۳۱، ۳۲، ۳۹، ۲۰، ۳۰ و ۱۶ از درصد زنده‌مانی ۷۰ درصد و بالاتر برخوردار بودند. در دمای ۱۷- درجه سانتی‌گراد ژنوتیپ‌های ۱۵ و ۳۶ به ترتیب دارای ۹۰ و ۸۰ درصد زنده‌مانی بودند و بقیه ژنوتیپ‌ها بر اثر کاهش دما تحمل خود را از دست دادند. بنابراین، می‌توان این ژنوتیپ‌ها را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به سرما در نظر گرفت. ژنوتیپ ۳۸ کمترین درصد زنده‌مانی را در متوسط دماهای انجماد داشت. این ژنوتیپ در ارزیابی مزرعه‌ای نیز از درصد بقای بسیار پایین (۲۰/۳۹ درصد) برخوردار بود. ژنوتیپ‌های ۳۶، ۱۵، ۵، ۲۹، ۱۸، ۹، ۲۸، ۱، ۳۹، ۲۵، ۳۲، ۳۱، ۲، ۲۰، ۳۰، ۳۴، ۲۲، ۲۴ و ۲۷ دارای درصد زنده‌مانی بالایی در متوسط دماهای انجماد بودند (جدول ۴). ژنوتیپ‌های۳۶، ۱۵، ۵، ۲۹، ۱۸، ۹، ۳۲،۳۱، ۲۰، ۳۰، ۲۲ و ۲۷ از درصد زنده‌مانی بالایی در مزرعه نیز برخوردار بودند. حیدری (Heidari, 2008) نیز با ارزیابی همین ژنوتیپ‌ها در دماهای متفاوت (۶-، ۱۰-، ۱۴-، ۱۶- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد) ژنوتیپ‌های ۵، ۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۴، ۲۸، ۲۹، ۳۱ و ۳۶ را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر توسط آزمون‌های انجماد معرفی کرد و ژنوتیپ‌های ۱۵، ۲۲، ۲۸، ۲۹ و ۳۶ را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر توسط آزمون‌های انجماد و ارزیابی مزرعه‌ای گزارش نمود. گنج‌خانلو (Ghanjkhanlu, 2008) با بررسی همان مواد گیاهی، ژنوتیپ‌های ۵، ۱۱، ۱۶، ۱۸، ۲۲، ۲۸، ۳۶ و ۳۷ را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر در آزمون انجماد طوقه در دماهای ۶- و ۱۰- درجه سانتی‌گراد معرفی نمود. ژنوتیپ‌های ۱۴، ۳۱ و ۴۰ بر اثر کاهش دما از ۱۳- به ۱۵- درجه سانتی‌گراد و ژنوتیپ‌های ۱۷، ۱۹، ۲۲ و ۳۳ از ۱۵- به ۱۷- درجه سانتی‌گراد افزایش درصد زنده‌مانی در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد را نشان دادند که علت آن را می‌توان به خطای آزمایشی نسبت داد، زیرا این افزایش قابل توجیه نمی‌باشد. فاولر (Fowler, 2002) دریافت که بین میزان شاخص زنده‌مانی مزرعه‌ای در غرب کانادا و درصد زنده‌مانی ژنوتیپ‌های عادت‌دهی شده تحت آزمون‌های انجماد در آزمایشگاه، رابطه نزدیکی وجود دارد. بر پایه این روابط، میزان تحمل تعدادی از غلات زمستانی به سرما برآورد شد. ارقام چاودار بیشترین میزان تحمل به دمای پایین را نشان دادند و گندم معمولی، تریتیکاله، گندم دوروم، جو و یولاف در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

نتایج تجزیه واریانس LT_{50} ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (داده‌ها ارائه نشده‌اند). ضریب تغییرات خطای این صفت ۶/۶۴ درصد بود که نشانگر پایین بودن میزان خطای آزمایش مربوطه است.LT_{50} ژنوتیپ‌های ۱۵، ۳۶، ۹، ۵، ۲۹، ۱۸، ۱ و ۲۸ کمتر و ۳۸، ۷، ۴ و ۸ بیشتر از بقیه ژنوتیپ‌ها بود. ژنوتیپ‌های دارای LT_{50} پایین، از میزان تحمل بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های دارای LT_{50} بالا برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های ۱۵، ۳۶، ۹، ۵، ۲۹ و ۱۸ از درصد زنده‌مانی بالاتری در مزرعه نیز برخوردار بودند. حیدری (Heidari, 2008) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های مذکور، LT_{50} کمتری برای ژنوتیپ‌های

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

جدول ۴- درصد زنده‌مانی ژنوتیپ‌های جو در مزرعه و در دماهای مختلف در شرایط کنترل شده

Table 4. Survival percentage of barley genotypes in the field and at different temperatures in the controlled conditions

شماره ژنوتیپ No. of genotype	نام ژنوتیپ Name of genotype	درصد زنده‌مانی در مزرعه (متوسط دو سال) Field survival percentage (average of two years)	-8°C		-11°C	-13°C	-15°C	-17°C	
			داده‌های اصلی Original data	داده‌های تبدیل شده Transformed data				داده‌های اصلی Original data	داده‌های تبدیل شده Transformed data
1	EC79-10	59.01	100	2	100	95	85	25	0.04
2	EC79-13	20.37	100	2	100	75	60	35	0.03
3	EC79-18	79.10	100	2	95	70	25	10	0.09
4	EC80-7	68.36	100	2	100	60	20	0	1.00
5	EC80-11	71.52	100	2	100	100	100	45	0.02
6	EC80-13	53.41	100	2	95	80	65	0	1.00
7	EC81-11	50.57	100	2	90	40	10	0	1.00
8	EC81-13	35.89	95	1.98	95	95	0	0	1.00
9	EC82-5	88.38	100	2	95	90	85	60	0.02
10	EC82-10	55.76	100	2	95	80	30	0	1.00
11	EC82-11	85.34	95	1.98	95	95	50	10	0.09
12	EC83-4	54.46	100	2	80	65	55	0	1.00
13	EC83-5	78.53	100	2	100	90	5	0	1.00
14	EC83-10	67.35	100	2	100	55	65	0	1.00
15	EC83-12	91.96	95	1.98	95	95	90	90	0.01
16	EC83-15	80.78	100	2	75	75	70	0	1.00
17	EC83-17	56.74	100	2	95	20	15	40	0.02
18	A1C84-7	75.27	100	2	100	100	100	35	0.03
19	A1C84-9	61.17	85	1.93	85	70	15	30	0.03
20	A1C84-12	79.85	100	2	100	90	75	5	0.17
21	A1C84-14	78.71	100	2	75	60	55	50	0.02
22	A1C84-15	91.62	100	2	95	90	20	45	0.02
23	A2C 84-5	85.34	100	2	100	90	35	0	1.00
24	A2C84-6	61.29	100	2	100	95	50	5	0.17
25	A2C84-8	32.05	100	2	95	90	50	45	0.02
26	A2C84-11	83.34	95	1.98	95	95	45	0	1.00
27	A2C84-12	83.34	90	1.95	85	85	65	25	0.04
28	A2C84-14	61.01	100	2	100	100	90	25	0.04
29	A2C84-18	85.63	100	2	100	100	85	60	0.02
30	A2C84-17	77.97	100	2	95	90	75	0	1.00
31	Makouee	70.81	100	2	100	75	85	15	0.06
32	CB74-2	89.39	100	2	100	85	85	10	0.09
33	Rihane	59.34	100	2	100	80	10	15	0.06
34	Kavir	40.17	100	2	100	100	40	20	0.05
35	73M4-C	77.37	100	2	100	90	10	0	1.00
36	Schulyer	82.36	100	2	100	95	95	80	0.01
37	L.1242	76.45	100	2	100	95	40	10	0.09
38	Athenise	20.39	85	1.93	20	0	0	0	1.00
39	EM80-7	69.96	100	2	100	100	85	0	1.00
40	EM80-9	37.31	95	1.98	80	35	50	10	0.09
$LSD_{5\%}$		25.28		0.010	21.52	40.36	47.51		0.81
$LSD_{1\%}$		33.83		0.013	28.79	54	63.57		1.08

در دماهای ۸- درجه و ۱۷- درجه سانتی گراد به ترتیب از تبدیل لگاریتمی و معکوس استفاده شد

At temperatures -8°C and-17°C, logarithmic and inverse transformations were used, respectively

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

۵، ۱۵، ۱۸، ۲۸، ۲۹ و ۳۶ گزارش کرد. گنج خانلو (Ghanjkhanlu, 2008) این ژنوتیپ‌ها را از نظر تحمل به انجماد طوقه مطالعه کرد و ژنوتیپ‌های ۵، ۹، ۱۵، ۱۸، ۲۸، ۲۹ و ۳۶ را به عنوان ژنوتیپ‌های دارای تحمل بیشتر معرفی نمود. افزون بر این، نتایج این آزمایش و آزمایش‌های حیدری (Heidari, 2008) و گنج‌خانلو (Ghanjkhanlu, 2008) در مورد ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی نشان دهنده ثبات قابل قبول و قابل اعتماد بودن LT_{50} به عنوان معیار ارزیابی تحمل به سرما در جو است. هومو (Hommo, 1994) و بریدگر و همکاران (Bridger *et al.*, 1996) نیز LT_{50} را یک معیار مناسب برای ارزیابی تحمل به سرما عنوان کردند. برای LT_{50} وراثت‌پذیری بالایی نیز گزارش شده است (در اکثر موارد بیش از ۰/۵) (Brule-Babel and Fowler, 1988). محفوظی و همکاران (Mahfoozi *et al.*, 2005) با ارزیابی تحمل به سرما درژنوتیپ‌های جو و گندم،کمترین و بیشترین میزان LT_{50} را برای جو به ترتیب ۱۵- و ۱۲- درجه سانتی‌گراد و برای گندم ۲۵- و ۱۴- درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. به طور کلی، به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های جو شناسایی شده در این پژوهش با شماره‌های ۱۵، ۳۶، ۹، ۵، ۲۹، ۱۸، ۱ و ۲۸ با برخورداری از دامنه LT_{50} ۱۷/۶۹- تا ۱۶/۳۹- از تحمل بسیار خوبی نسبت به سرما برخوردار بودند و از آن‌ها می‌توان درتولید ارقام متحمل به سرما در جو استفاده کرد. اسکینر و گارلند-کمپل (Skinner and Garland-Campbell, 2008) میزان LT_{50} گندم را از ۹/۵- تا ۱۹/۵- درجه سانتی‌گراد، فاولر و همکاران (Fowler *et al.*, 1981) از ۱۱/۹۶- تا ۱۹/۶- درجه سانتی‌گراد و گانشان و همکاران (Ganeshan*et al.*, 2009) از ۲۳- تا ۱۳/۳- درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. در آزمایش بریدگر و همکاران (Bridger *et al.*, 1996) تفاوت یک درجه سانتی‌گراد، برابر با ۷/۱ درصد تفاوت در زنده‌مانی مزرعه‌ای جو و ۴/۶ درصد در زنده‌مانی مزرعه‌ای گندم بود. در آزمایش حاضر، تفاوت یک درجه سانتی‌گراد، برابر با ۶/۹۵ درصد تفاوت در زنده‌مانی مزرعه‌ای جو بود. در عین حال ضریب تبیین مربوطه پایین به دست آمد (R^2=۰/۲۶) که علت آن را می‌توان به تغییرات شرایط آب و هوایی در مزرعه نسبت داد.

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه نشان داد که بین ژنوتیپ‌های جو از نظر درصد وزن خشک گیاهچه، عرض برگ و میزان کربوهیدرات‌های محلول در شرایط بعد از عادت‌دهی، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (داده‌ها ارائه نشده‌اند). هر چند که برخی از ژنوتیپ‌های برخوردار از وزن خشک بیشتر گیاهچه، دارای LT_{50} پایین‌تری بودند، ولی ارتباط تنگاتنگی بین این صفت و LT_{50} وجود نداشت و تعدادی از ژنوتیپ‌های مطلوب از نظراین صفت، دارای LT_{50} پایینی نبودند (جدول ۵). بنابراین با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان گفت که گزینش برای وزن خشک گیاهچه نمی‌تواند به طور کامل منجر به شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به سرما گردد. در عین حال، فاولر و کارلز (Fowler and Carles, 1979) در آزمایشی روی ارقام بهاره و زمستانه چاودار، گندم، جو و یولاف گزارش کردند که در طول عادت‌دهی به دماهای پایین، وزن خشک طوقه و برگ افزایش می‌یابد و درصد آب طوقه کاهش پیدا می‌کند. هونر و همکاران (Huner *et al.*, 1981) عنوان کردند که برگ‌های گیاهان عادت‌دهی شده به سرما، ۳۳ درصد آب کمتری در مقایسه با گیاهان عادت‌دهی نشده داشتند. نظامی و همکاران (Nezami *et al.*, 2010) در تریتیکاله گزارش کردند که وزن خشک گیاهچه در ۴-، ۸- و ۱۲- درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای صفر درجه سانتی‌گراد، کاهش می‌یابد. برول بابل و فاولر (Brule-Babel and Fowler, 1989) با بررسی رابطه بین بقای مزرعه‌ای و محتوای آب بافت در طول

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

جدول ۵- میانگین LT_{50}، درصد وزن خشک گیاهچه، عرض برگ و کربوهیدرات های محلول ژنوتیپ‌های جو در شرایط بعدازعادت‌دهی

Table 5. Means of LT_{50}, percentage of seedling dry weight, leaf width and soluble carbohydrates content after hardening in barley genotypes

شماره ژنوتیپ NO. of genotype	LT_{50}	درصد وزن خشک گیاهچه Percentage of seedling dry weight(g)		عرض برگ Leaf width (cm)	کربوهیدرات‌های محلول در شرایط بعد از عادت‌دهی Water-soluble carbohydrates after hardening ($mg.g^{-1}$ leaf DW)	
		داده‌های اصلی Original data	داده‌های تبدیل شده Transformed data		داده‌های اصلی Original data	داده‌های تبدیل شده Transformed data
1	-16.52	12.59	1.10	0.87	22.06	4.66
2	-15.43	12.43	1.09	0.84	23.76	4.87
3	-14.68	17.26	1.21	0.81	22.81	4.77
4	-13.67	11.43	1.06	0.90	36.58	5.69
5	-16.96	12.59	1.10	0.89	16.51	4.06
6	-15.05	12.66	1.10	0.87	24.48	4.85
7	-13.06	13.20	1.12	0.90	42.3	6.22
8	-13.80	11.50	1.06	0.78	27.56	5.10
9	-17.10	19.93	1.27	0.88	30.86	5.55
10	-14.21	16.81	1.21	0.97	25.09	5.00
11	-15.17	12.54	1.10	0.93	37.52	5.81
12	-14.48	11.62	1.06	0.94	24.62	4.81
13	-13.95	11.73	1.07	0.90	20.81	4.53
14	-14.80	12.68	1.10	0.93	53.34	6.71
15	-17.69	21.48	1.30	0.76	28.22	5.31
16	-14.98	10.94	1.03	0.83	22.92	4.71
17	-14.61	14.74	1.17	0.93	20.84	4.40
18	-16.86	12.69	1.10	0.91	54.02	7.09
19	-14.78	11.21	1.05	0.90	18.37	4.28
20	-15.80	15.38	1.18	0.87	29.7	5.43
21	-15.58	13.76	1.14	0.80	21.45	4.55
22	-15.91	13.61	1.13	0.82	71.44	7.78
23	-14.63	12.71	1.09	0.89	23.48	4.84
24	-15.25	12.38	1.09	0.82	27.11	5.16
25	-15.94	12.25	1.09	0.92	23.42	4.82
26	-14.72	11.67	1.06	0.85	45.27	6.50
27	-15.48	12.85	1.10	0.77	24.98	5.00
28	-16.39	13.58	1.13	0.79	75.66	8.22
29	-16.94	10.83	1.03	0.93	22.37	4.66
30	-15.50	11.87	1.07	0.93	23.45	4.83
31	-15.87	19.54	1.26	0.90	23.23	4.81
32	-15.97	14.01	1.15	0.89	19.79	4.39
33	-14.61	14.91	1.16	0.66	41.52	6.20
34	-15.73	13.04	1.11	0.87	19.79	4.44
35	-14.11	14.78	1.17	0.78	22.54	4.74
36	-17.49	15.12	1.17	0.77	36.50	5.80
37	-15.26	11.45	1.06	0.84	30.00	5.38
38	-9.81	11.84	1.07	0.60	30.36	5.50
39	-15.66	12.99	1.11	0.84	27.98	5.09
40	-13.95	15.43	1.17	0.65	38.80	5.95
$LSD_{10\%}$						
$LSD_{5\%}$	2.04		0.11	0.12		1.8
$LSD_{1\%}$	2.73		0.15	0.16		2.4

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

عادت‌دهی به سرما در محیط‌های کنترل شده، عنوان کردند که برای موثر بودن صفت محتوای آب بافت جهت غربال گیاهان متحمل به سرما، اندازه‌گیری‌ها باید روی گیاهان با عادت‌دهی کامل انجام گیرد و شرایط عادت‌دهی به دقت کنترل شود. درآزمایش حاضر رابطه خوبی بین عرض برگ و تحمل به سرما از نظر درصد زنده مانی در مزرعه و LT_{50} مشاهده نشد، زیرا در میان ژنوتیپ‌های برخوردار از کمترین عرض برگ، ژنوتیپ‌های شماره ۳۸ (حساس) و ۱۵ (متحمل‌تر از بقیه در ارزیابی مزرعه‌ای و LT_{50}) قرار داشتند. لیمین و فاولر (Limin and Fowler, 2000) گزارش کردند که تحمل دمای پایین در گندم با برگ‌های کوتاه و باریک، اندازه سلولی کوچک و عادت رشدی خوابیده مرتبط می‌باشد. آن‌ها عنوان کردند که عرض برگ در مقایسه با طول برگ، به علت اینکه به وسیله تعداد سلول‌های کمتری تعیین می‌شود، کمتر تغییر می‌کند. آن‌ها همچنین بیان داشتند که صفاتی مانند طول برگ معیار خوبی از تحمل دمای پایین در ۴ درجه سانتی‌گراد بود، اما اندازه سلولی معیار مهم‌تری به شمار می‌رود و با سازوکارهای تحمل دمای پایین در ارتباط می‌باشد. گیاهان با اندازه سلولی کوچک دارای محتوای آب پایینی هستند و از پسابیدگی ناشی از یخ‌زدگی کمتر خسارت می‌بینند. در آزمایش هنسله و همکاران (Hensleigh *et al.*, 1992) در جو، طول برگ همبستگی منفی معنی‌داری با زنده‌مانی زمستانی گیاهان در مزرعه داشت، ولی همبستگی عرض برگ با این صفت معنی‌دار نبود.

مقایسه ژنوتیپ‌های برخوردار از LT_{50} پایین و ژنوتیپ‌های دارای بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول نشان داد که وجه مشترک (همبستگی) کمی بین آن‌ها وجود داشت. حیدری (Heidari, 2008) نیز با بررسی همان ژنوتیپ‌ها گزارش کرد که ژنوتیپ‌های دارای کربوهیدرات‌های محلول بیشتر، درصد زنده‌مانی بالایی ندارند. در عین حال یوشیدا و همکاران (Yoshida *et al.*, 1998) با بررسی مقادیر LT_{50} و میزان کربوهیدرات‌های محلول در طوقه و برگ‌های گندم، گزارش کردند که در طول مرحله اول عادت‌دهی (دو درجه سانتی‌گراد به مدت سه هفته) تجمع مونوساکاریدها و دی‌ساکاریدها در همه ارقام مورد مطالعه مشابه بود، ولی در طول مرحله دوم عادت‌دهی (۳- درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ روز) در ارقام متحمل به دماهای یخ‌زدگی، مونوساکارید و دی‌ساکارید بیشتری تجمع یافتند. لیوینگستون و پریماکومار (Livingston and Premakumar, 2002) در بررسی غلظت کربوهیدرات‌های محلول در بافت طوقه دو رقم یولاف که واکنش متفاوتی در مرحله دوم عادت‌دهی داشتند مشاهده کردند که در مرحله اول عادت‌دهی، محلول آپوپلاستی دو درصد از کل کربوهیدرات‌های طوقه را در بردارد. بعد از یک روز قرارگیری در مرحله دوم عادت‌دهی، محتوای کربوهیدرات‌های آپوپلاست به ۱۵ درصد از کل کربوهیدرات‌های طوقه افزایش یافت. در مجموع با توجه به نتایج این آزمایش و مقایسه آن با نتایج آزمایش‌های فوق‌الذکر به نظر می‌رسد که در دماهای عادت‌دهی بالای صفر (۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد) رابطه مناسبی بین میزان قندهای محلول و تحمل به سرما وجود ندارد و بهتر است عادت‌دهی به سرما در این خصوص در یک مرحله دیگر در دماهای پایین‌تر از صفر (۳- تا ۵- درجه سانتی‌گراد) نیز صورت گیرد.

توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی برای درصد زنده‌مانی در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد بالاترین و برای درصد زنده‌مانی در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد پایین‌ترین مقدار در بین صفات مورد مطالعه بود. برای سایر صفات توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی پایین بود که نشان دهنده تنوع پایین جمعیت مورد بررسی برای این صفات است. صفات درصد زنده‌مانی در مزرعه، LT_{50} و عرض برگ از وراثت‌پذیری بالاتری برخوردار بودند (جدول ۶). وراثت‌پذیری میزان قندهای محلول

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

جدول ۶- واریانس‌های ژنتیکی و محیطی (V_G، V_E)، توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی (GCV^2) و وراثت‌پذیری (h^2)(بین ژنوتیپ‌ها) برای صفات گیاهی مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های جو

Table 6. Genetic and environmental variances (V_G , V_E), squared genetic coefficient of variation (GCV^2), and heritability (h^2) (between genotypes) for measured plant characteristics in barley genotypes

	درصد زنده مانی در مزرعه Field survival (%)	درصد وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (%)	عرض برگ Leaf width	قندهای محلول بعد از عادت‌دهی Soluble carbohydrates after hardening	LT_{50}	درصد زنده‌مانی Survival(%)				
						-8°C	-11°C	-13°C	-15°C	-17°C
V_G	287.80	4.85	4.6×10^{-3}	146.15	1.44	14.93	135.06	328.71	682.56	338.71
V_E	563.53	2.53	0.0038	67.97	1.02	0.03	113.33	398.84	552.69	476.42
$(GCV)^2$	6.42	2.62	0.64	15.41	0.62	0.15	1.55	5.17	25.00	84.67
$h^2\pm SE$	0.78± (0.061)	0.65± (0.059)	0.707± (0.079)	0.68± (0.055)	0.738± (0.072)	0.998± (4×10^{-4})	0.704± (0.079)	0.622± (0.095)	0.711± (0.078)	0.415± (0.102)

Table values are original data (not transformed)

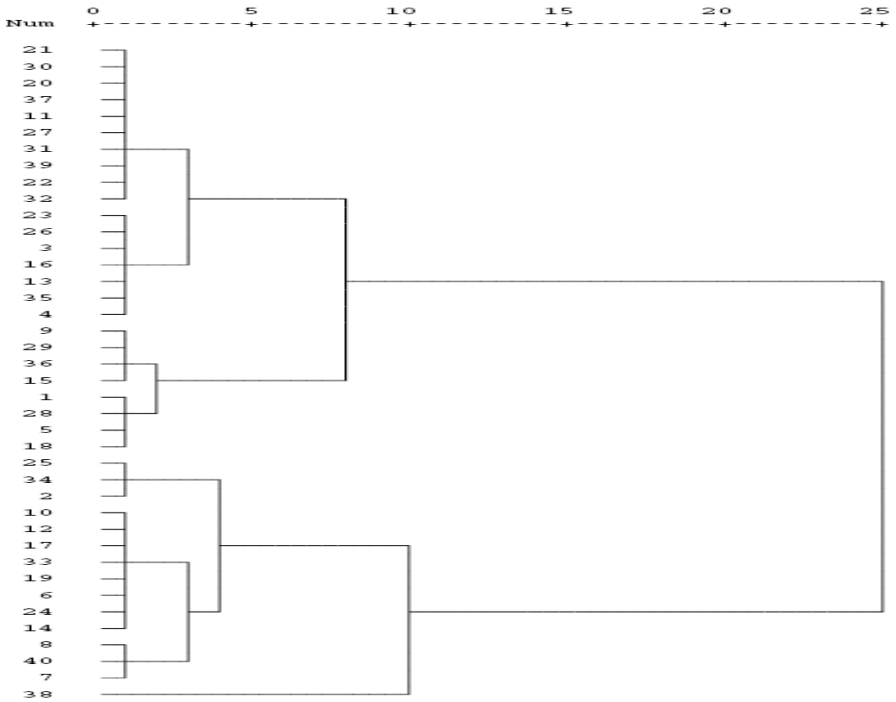
مقادیر جدول از داده‌های اصلی (تبدیل نشده) به دست آمده‌اند

جدول ۷- میانگین کلاسترها و انحراف آن‌ها از میانگین کل برای LT_{50} و درصد زنده‌مانی در مزرعه در ژنوتیپ‌های جو

Table 7. Means of clusters and their deviation from the grand mean for LT_{50} and survival percentage in the field for the barley genotypes

		LT_{50}	Field survival percentage درصد زنده‌مانی در مزرعه
کلاستر ۱ Cluster 1 Genotypes: 21, 30, 20, 37, 11, 27, 31, 39, 22, 32, 23, 26, 3, 16, 13, 35, 4	میانگین کلاستر Cluster Mean	-15.11	79.78
	انحراف از میانگین کل Deviation from total mean	0.10	12.84
	درصد انحراف از میانگین کل Percentage of deviation from total mean	0.63	19.18
کلاستر ۲ Cluster 2 Genotypes: 9, 29, 36, 15, 1, 28, 5, 18	میانگین کلاستر Cluster Mean	-16.99	76.89
	انحراف از میانگین کل Deviation from total mean	-1.78	9.95
	درصد انحراف از میانگین کل Percentage of deviation from total mean	-11.72	14.87
کلاستر ۳ Cluster 3 Genotypes: 25, 34, 2, 10, 12, 17, 33, 19, 6, 24, 14, 8, 40, 7	میانگین کلاستر Cluster Mean	-14.69	48.99
	انحراف از میانگین کل Deviation from total mean	0.52	-17.95
	درصد انحراف از میانگین کل Percentage of deviation from total mean	3.40	-26.82
گروه ۴ Group 4 Genotype: 38	میانگین گروه Group Mean	-9.81	20.39
	انحراف از میانگین کل Deviation from total mean	5.40	-46.56
	درصد انحراف از میانگین کل Percentage of deviation from total mean	35.50	-69.55
میانگین کل Total Mean		-15.20	-69.55

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]



شکل ۱- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو بر اساس مقادیر استاندارد شدهLT_{50} و درصد زنده‌مانی در مزرعه با استفاده از روش Ward و توان دوم فاصله اقلیدسی

Fig. 1.Grouping barley genotypes based on standardized values of LT_{50} and field survival percentage by Ward's algorithm and squared Euclidean distance

در شرایط بعد از عادت‌دهی و درصد وزن خشک گیاهچه در حد متوسط بود. پایین بودن میزان وراثت‌پذیری نشان دهنده نقش بیشتر محیط در کنترل این صفات و همچنین تنوع ژنتیکی کم در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورد اندازه‌گیری است. در بین دماها، درصد زنده‌مانی در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد بیشترین و در دمای ۱۷- درجه سانتی‌گراد کمترین میزان وراثت‌پذیری را دارا بودند. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد میزان واریانس ژنتیکی نسبت به واریانس محیطی بیشتر بوده است. در دمای ۱۷- درجه سانتی‌گراد کاهش بیش از حد دما باعث از بین رفتن بیشتر ژنوتیپ‌ها گردیده و این موضوع موجب کاهش تنوع ژنتیکی شد. افزایش وراثت‌پذیری از دمای ۱۳- به ۱۵- درجه سانتی‌گراد می تواند تحت تاثیر تفاوت‌های ژنتیکی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس باشد. ژنوتیپ‌های متحمل با وجود کاهش دما تحمل خود را حفظ کرده و باعث افزایش واریانس ژنتیکی و در نتیجه افزایش وراثت‌پذیری شدند. کلیه وراثت‌پذیری‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار بودند زیرا مقادیر آن‌ها از دو برابر خطای استاندارد خود بیشتر بودند.

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های جو با استفاده از میانگین LT_{50} و درصد زنده‌مانی در مزرعه به روش Ward و توان دوم فاصله اقلیدسی (جدول ۷)، ژنوتیپ‌های گروه اول (۲۱، ۳۰، ۲۰، ۳۷، ۱۱، ۲۷، ۳۱، ۳۹، ۲۲، ۳۲، ۲۳، ۲۶، ۳، ۱۶، ۱۳، ۳۵ و ۴) از نظر درصد زنده‌مانی در مزرعه بیشترین درصد انحراف مثبت از میانگین کل را داشتند و ژنوتیپ‌های گروه دوم (۹، ۲۹، ۳۶، ۱۵، ۱، ۲۸، ۵ و ۱۸) از لحاظ

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

LT_{50} دارای بیشترین درصد انحراف منفی از میانگین کل بودند. برای صفت LT_{50} انحراف منفی از میانگین کل ویژگی مطلوبی به شمار می‌رود. بنابراین ژنوتیپ‌های این دو گروه را می‌توان به عنوان ژنوتیپ‌های با تحمل مناسب در نظر گرفت. ژنوتیپ‌های گروه سوم (۲۵، ۳۴، ۲، ۱۰، ۱۲، ۱۷، ۳۳، ۱۹، ۶، ۲۴، ۱۴، ۸، ۴۰ و ۷) بعد از ژنوتیپ‌های گروه اول و دوم قرار گرفتند. ژنوتیپ گروه چهارم (ژنوتیپ شماره ۳۸) از لحاظ LT_{50} بیشترین درصد انحراف مثبت از میانگین کل و از نظر درصد زنده‌مانی در مزرعه دارای بیشترین درصد انحراف منفی از میانگین کل بود. این ژنوتیپ از تحمل کمتری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود و می‌توان آن را به عنوان ژنوتیپ حساس در نظر گرفت.

منابع مورد استفاده

References

Anonymous. 2009. Results of the survey sampling project of wheat and barley in the 2008-2009 growing season. Bureau of Statistics and Information Technology, Deputy for Planning, Economy, and International Affairs, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Iran. (In Persian).

Beck, E.H., R. Heim and J. Hansen. 2004. Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. J. Biosci. 29: 449-459.

Behnia, M. R. 1994. Cold season cereals. Wheat, barley, oat, and rye. University of Tehran Press.(In Persian).

Bridger, G. M., D. E. Falk, B. D. McKersie and D. L. Smith. 1996. Crown freezing tolerance and field winter survival of winter cereals in Eastern Canada. Crop Sci. 35: 150-157.

Brule-Babel, A. L. and D. B. Fowler. 1988. Genetic control of cold hardiness and vernalization requirement in wheat. Crop Sci. 28: 879-884.

Brule-Babel, A. L. and D. B. Fowler. 1989. Use of controlled environment for winter cereal cold hardiness evaluation: Controlled freeze test and tissue water content as prediction test. Can. J. Plant Sci. 69: 355-366.

Fowler, D. B. 2002. Winter cereal production. Crop Development Center, University of Saskatchewan, Saskatchewan, Canada. Available at www.usask.ca/agriculture/cropsci/winter_cereals/.

Fowler, D. B. and R. J. Carles. 1979. Growth, development and cold tolerance of fall-acclimated cereal grains. Crop Sci. 19: 915-922.

Fowler, D. B., L. V. Gusta and N. J. Tyler. 1981. Selection for winter-hardiness in wheat. III. Screening methods. Crop Sci. 21: 896-901.

Fowler, D. B. and A. E. Limin. 2002. Mitigation of cold stress. Crop Development Center, University of Saskatchewan, Saskatchewan, Canada. pp: 24.

Ganeshan, S., T. Denesik, D. B. Fowler and R. N. Chibbar. 2009. Quantitative expression analysis of selected low temperature-induced genes in autumn-seeded wheat (*Triticum aestivum* L.) reflects changes in soil temperature. Environ. Exp. Bot. 66: 46-53.

Ganjkhanloo, E. 2008. Evaluation of barley lines for cold tolerance based on some physiological and

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

morphological characters and their association with microsatellite markers. MSc thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian).

Heidari, A. 2008. Analysis of cold tolerance in barley lines based on seedling survival percentage and its relationship with biochemical characteristics and EST-SSR markers. MSc thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian).

Hensleigh, P. F., T. K. Blake and L. E. Welty. 1992. Natural selection on winter barley composite cross XXVI affects winter survival and associated traits. Crop Sci. 32: 57-62.

Hommo, L. M.1994. Hardening of some winter wheat (*Triticum aestivum* L.), rye (*Secale cereale* L.), triticale (x *Triticosecale* Wittmack) and winter barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars during autumn and the final winter survival in Finland. Plant Breed.112: 285-293.

Huner, N. P. A., J. P. Palta, P. H. Li and J. V. Carter. 1981. Anatomical changes in leaves of Puma rye in response to growth at cold-hardening temperatures. Bot. Gaz. 142: 55-62.

Jafarzadeh, A. A., Sh. Oustan and M. R. Neyshabouri. 1998. Final report of Karkaj Research Station land and soils (26 ha) detailed survey. Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian).

Kempthorne, O. 1969. An introduction to genetic statistics. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

Limin, A. E.and D. B. Fowler. 2000. Morphological and cytological characters associated with low-temperature tolerance in wheat. Can. J. Plant Sci. 80: 687-692.

Livingston, D. P. and R. Premakumar. 2002. Apoplastic carbohydrates do not account for differences in freezing tolerance of two winter-oat cultivars that have been second phase cold-hardened**.** Cereal Res. Commun. 30: 3-4.

Mahfoozi, S., M. Roustaii and Y. Ansari Maleki. 2005. Determination of low-temperature tolerance in some bread wheat, durum wheat and barley genotypes. Seed and Plant 21: 467-483. (In Persian with English abstract).

Manly, B. F. J. 2004. Multivariate statistical methods: A primer (3th Ed). Chapman & Hall, CRC Press.

Mirmohammadi Meybodi, S. A. M. and S. Tarkesh Esfahani. 2000. Physiological and breeding aspects of cold and freezing stresses in crop plants. Gholbon Publications, Isfahan, Iran. (In Persian).

Murelli, C., F. Rizza, F. M. Albini, A. Dulio, V. Terzi and L. Cattivelli. 1995. Metabolic changes associated with cold-acclimation in contrasting cultivars of barley. Physiol. Plantarum, 94: 87-93.

Nezami, A., M. R. Soleimani, M. Ziaee, M. Ghodsi and M. Bannayan Aval. 2010. Evaluation of freezing tolerance of hexaploid triticale genotypes under controlled conditions. Not. Sci. Biol. 2: 114-120.

Prasil, I. T., P. Prasilova and P. Marik. 2007. Comparative study of direct and indirect evaluations of frost tolerance in barley. Field Crops Res. 102: 1-8.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

Skinner, D. Z. and K. A. Garland-Campbell. 2008. The relationship of LT_{50} to prolonged freezing survival in winter wheat. Can. J. Plant Sci. 88: 885-889.

Sleper, D. A. and J. M. Poehlman. 2006. Breeding Field Crops (5th Ed). Van Nostrand Reinhold Company, New York. pp: 424.

Tantau, H., C. H. Balko, B. Brettschneider, G. Melz and K. Dorffling. 2004. Improved frost tolerance and winter survival in winter barley (*Hordeum vulgare* L.) by in vitro selection of proline over-accumulating lines. Euphytica, 139: 19-32.

Xin, Z. and J. Browse. 2000. Cold comfort farm: The acclimation of plants to freezing temperatures. Plant Cell Environ. 23: 893-902.

Yemm, E. W. and A. J. Willis. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J. 57: 508-514.

Yoshida, M., J. Abe, M. Moriyama and T. Kuwabara. 1998. Carbohydrate levels among winter wheat cultivars varying in freezing tolerance and snow mold resistance during autumn and winter. Physiol. Plantarum, 103: 8-16.

Yoshida, M., J. Abe, M. Moriyama, S. Shimokawa and Y. Nakamura. 1997. Seasonal changes in the physical state of crown water associated with freezing tolerance in winter wheat. Physiol. Plant. 99: 363-370.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]

Genetic variation for winter survival and related characteristics in barley genotypes

Hamian, S.[1], M. Moghaddam[2], S. A. Mohammadi[3], K. Ghasemi Golezani[4], A. Heidari[5], E. Faraj Zadeh[6] and A Yousefi[7]

ABSTRACT

Hamian, S., M. Moghaddam, S. A. Mohammadi, K. Ghasemi Golezani, A Heidari, E. Faraj Zade and A. Yousefi. 2012. Genetic variation for winter survival and related characteristics in barley genotypes**. Iranian Journal of Crop Sciences. 13(4): 743-759. (In Persian).**

An investigation was carried out in order to study the genetic variation of barley genotypes in terms of winter survival, LT_{50} and leaf soluble carbohydrates under field and greenhouse conditions using 40 barley genotypes in the research station and greenhouse of Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. The field evaluation was performed in the form of randomized complete block design in two years and percentage of winter survival was estimated. Multivariate analysis of variance indicated significant differences among genotypes for the traits measured in greenhouse and laboratory. Combined analysis of variance showed significant differences among genotypes for percentage of winter survival, but the effects of year and genotype × year interaction were significant for this character. The greenhouse experiment for percentage of plant survival was carried out in the form of split plot design on the basis of randomized complete blocks with two replications. Barley genotypes were assigned in subplots and five freezing temperatures (-8, -11, -13, -15 and -17°C) were assigned in main plots. Other traits measured in the greenhouse, such as LT_{50}, percentage of seedling dry weight, soluble carbohydrates content before and after hardening and leaf length and width were analyzes based on randomized complete block design. Significant differences were observed among barley genotypes in terms of survival percentage at temperatures -8, -11, -13, -15 and -17°C, LT_{50}, percentage of seedlings dry weight, leaf width and the soluble carbohydrates content after hardening. The heritability of field survival percentage, LT_{50} and leaf width were high. The heritability of soluble carbohydrates content after hardening and the percentage of seedling dry weight were moderate. The highest and lowest heritability were observed at temperatures -8°C and -17°C, respectively. Percentage of survival at temperature -15°C had the largest squared genetic coefficient of variation and other traits had low squared genetic coefficient of variation. It can be concluded that genotype #38 (Athenise) was susceptible to cold stress and considerable number of genotypes had desirable characteristics for cold tolerance from which genotypes #36 (Schulyer) and #15 (EC83-12) can be recognized as more cold tolerant genotypes with regard to percentage of winter survival and LT_{50}.

Key words: Cold acclimation, Cold stress, Field survival percentage, Leaf soluble carbohydrates and LT_{50}.

Received: February, 2011 Accepted: June, 2011

1- Fromer M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Professor., University of Tabriz, Tabriz, Iran (Corresponding author) (Email: moghaddamv@yahoo.com)
3- Professor., University of Tabriz, Tabriz, Iran
4- Professor., University of Tabriz, Tabriz, Iran
5- Fromer M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
6- Fromer M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
7- Expert. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.4.11.1]