مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد پنجم، شماره سوم، پاییز ۹۱
۱-۲۱
http://ejcp.gau.ac.ir

ارزیابی ژنتیکی لاین‌های جو از نظر مقاومت طوقه به یخزدگی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی

الناز فرج‌زاده[۱]، *محمد مقدم[۲]، سعید اهری‌زاد[۳]، کاظم قاسمی‌گلعذانی[۲]، سیدابوالقاسم محمدی[۲] و سمیرا هامیان[۱]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تبریز، [۲]استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تبریز، [۳]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۰۳

چکیده

به‌منظور ارزیابی ژنتیکی ٤٠ لاین جو از نظر مقاومت به یخزدگی براساس درصد بقای طوقه، یک آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کرت‌های خرد شده با ۲ تکرار اجرا شد. لاین‌های جو در کرت‌های فرعی و ۵ سطح دما (۸-، ۱۱-، ۱۳-، ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد) در کرت‌های اصلی منظور شدند. افزون بر این در مورد صفات فیزیولوژیکی، که بعد از عادت‌دهی و قبل از اعمال دماهای یخزدگی اندازه‌گیری شدند، تجزیه داده‌ها بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی صورت گرفت. درصد زنده‌مانی در دماهای ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد صفر بود. تجزیه واریانس داده‌ها بر پایه طرح کرت‌های خرد شده در دماهای ۸-، ۱۱- و ۱۳- درجه سانتی‌گراد نشان داد که اثر دما، لاین و برهم‌کنش دما در لاین بر درصد بقای طوقه معنی‌دار است. اختلاف معنی‌داری نیز بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر LT_{50}، درصد وزن خشک برگ، درصد وزن خشک طوقه، درصد آب برگ، درصد آب طوقه، درصد آب گیاهچه، اتلاف نسبی آب برگ و میزان پرولین در شرایط بعد از عادت‌دهی مشاهده شد. صفات LT_{50}، درصد وزن خشک برگ، درصد آب برگ، درصد آب گیاهچه و میزان پرولین بعد از عادت‌دهی از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بودند و میزان پرولین بعد از عادت‌دهی بیش‌ترین توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی را دارا بود. گروه‌بندی لاین‌ها براساس LT_{50} و درصد زنده‌مانی در دماهای ۸-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- درجه سانتی‌گراد، لاین ٣٦ (رقم Schulyer) را به‌عنوان لاین مقاوم‌تر به یخزدگی طوقه و لاین‌های ۹ (با شجره (CI10117/Choyo../ Alger)، ۳۱ (رقم ماکویی) و ۱۵ (با شجره K-096M3) را به‌عنوان لاین‌های مطلوب از نظر مقاومت به یخزدگی طوقه و نیز بیش‌تر صفات فیزیولوژیکی تعیین کرد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، جو، درصد زنده‌مانی طوقه، مقاومت به یخزدگی، LT_{50}

* مسئول مکاتبه: mmoghaddam@tabrizu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تنش سرما و خسارت‌های ناشی از آن مشکلی جهانی است و تلاش‌های زیادی برای بهبود مقاومت به یخزدگی در گیاهان زراعی صورت گرفته است (بک و همکاران، ۲۰۰٤). بیش‌تر روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی مقاومت غلات به سرما، روش‌های مستقیم است که با قرار گرفتن گیاهان یا گیاهچه‌ها در محیط‌های طبیعی و یا کنترل شده (مانند سردخانه و اتاق رشد) صورت می‌گیرد. در عین‌حال این روش‌ها هزینه بالا و خطای آزمایشی زیادی دارند و از این‌رو برخی پژوهش‌گران از روش‌های غیرمستقیم مانند بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی (اندازه‌گیری محتوای آب بافت، میزان اتلاف آب بافت، میزان پرولین، قندها و...) در مرحله عادت‌دهی و نیز نشان‌گرهای مولکولی استفاده می‌کنند (سالسکو و براون، ۲۰۰۱؛ فاولر و لیمین، ۲۰۰۲؛ پراسیل و همکاران، ۲۰۰۷). با وجود این، روش‌های غیرمستقیم معمولاً تنها برخی از فرآیندهای درگیر در کنترل اختلافات ژنوتیپی در تحمل به یخزدگی را توصیف می‌کنند و بنابراین، تنها بخشی از پتانسیل ژنتیکی موجود در یک برنامه اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرد (سالسکو و براون، ۲۰۰۱). در ارزیابی‌های مزرعه‌ای، هر چند که زنده‌مانی گیاهان زراعی در زمستان تحت‌تأثیر عوامل بسیاری است (سالسکو و بران، ۲۰۰۱)، ولی باز هم در بیش‌تر برنامه‌های اصلاحی به غربال نهایی ارقام در مزرعه اهمیت زیادی داده می‌شود (فاولر و لیمین، ۲۰۰۲). روش‌های آزمایشگاهی نیز به‌علت کنترل دما و تکرارپذیری، مورد توجه هستند. در این راستا شاخص مناسب آزمایشگاهی برای ارزیابی مقاومت به یخزدگی عبارت از LT_{50} است (فاولر و لیمین، ۲۰۰۲؛ پراسیل و همکاران، ۲۰۰۷).

قرار گرفتن در معرض دمای پایین باعث ایجاد تغییرات قابل اندازه‌گیری در صفات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی می‌شود که بیش‌تر با تحمل به سرما همبستگی دارند (فاولر و همکاران، ۱۹۹۹). بقای گیاهان در معرض دماهای پایین به ظرفیت و توانایی آن‌ها به خو گرفتن به سرما در پاسخ به محرک‌های محیطی وابسته است (کالبرر و همکاران، ۲۰۰٦). بیش‌ترین میزان تحمل به یخزدگی در گیاهان در پاسخ به دماهای کم (تقریباً تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد) القا می‌شود که این پدیده عادت‌دهی به سرما نام دارد (توماشو، ۱۹۹۸). تجمع ساکاروز و سایر قندهای ساده در طی عادت‌دهی به تثبیت غشاها در برابر یخزدگی کمک می‌کند. این فعالیت‌ها از توسعه خسارت‌های سلولی جلوگیری می‌کنند (ماهاجان و توتیجا، ۲۰۰۵). در بیش‌تر گیاهان تجمع پرولین آزاد در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی رخ می‌دهد (هیر و کرس، ۱۹۹۷). همبستگی معنی‌داری بین میزان پرولین در شرایط بعد

Archive of SID

www.SID.ir

از عادت‌دهی و مقاومت به یخ‌زدگی در گندم گزارش شده است (دورفلینگ و همکاران، ۱۹۹۰). به اعتقاد برخی از پژوهش‌گران در طی عادت‌دهی به سرما وزن خشک طوقه و اندام‌های هوایی افزایش یافته و درصد آب طوقه کاهش نشان می‌دهد. تجمع ماده خشک اشاره به تولید انرژی در طی دوره عادت‌دهی دارد (فاولر و کارلز، ۱۹۷۹). پراسیل و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند که بیش‌تر تغییرات در محتوای آب برگ‌های بالغ به‌علت کاهش آب نیست، بلکه به‌علت تجمع زیاد ماده خشک می‌باشد. تحمل به یخ‌زدگی طوقه نیز یکی از مهم‌ترین صفات برای ارزیابی سازگاری زمستانی محسوب می‌شود. در پژوهشی رابطه بین شاخص بقای مزرعه‌ای و LT_{50} طوقه در گندم و جو عادت‌دهی شده به سرما بررسی شده و همبستگی بالایی بین آن‌ها گزارش شده است (بریجر و همکاران، ۱۹۹٦). گزینش برای تحمل به یخ‌زدگی طوقه در نهایت باعث گزینش ارقام، ژرم‌پلاسم‌ها و جمعیت‌هایی با سازگاری زمستانی بالا می‌شود (مارشال و کولب، ۱۹۸۲؛ لیوینگستون و همکاران، ۲۰۰٤). به‌طورکلی تحمل به یخ‌زدگی به مجموعه پیچیده‌ای از صفات وابسته است که از فعالیت بسیاری از ژن‌ها ناشی می‌شود. در نتیجه تعدادی از دانشمندان استفاده از چند روش را برای تعیین تحمل به یخ‌زدگی گیاهان توصیه می‌کنند (فاولر و لیمین، ۲۰۰۲؛ پراسیل و همکاران، ۲۰۰۷).

گنج‌خانلو (۲۰۰۸) ٤۰ ژنوتیپ جو را در دماهای ٦-، ۱۰-، ۱٤-، ۱٦- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد ارزیابی کرد و چند ژنوتیپ، به‌ویژه رقم Schulyer، را که از بالاترین درصد زنده‌مانی طوقه و کم‌ترین مقدار LT_{50} برخوردار بودند، شناسایی کردند. این پژوهش به‌منظور تکمیل آزمایش قبلی با همان ژنوتیپ‌ها ولی در دماهای متفاوت (۸-، ۱۱-، ۱۳-، ۱۵- و ۱۷-) در راستای شناسایی لاین‌های متحمل به یخ‌زدگی در جو و تعیین ارتباط برخی از صفات فیزیولوژیکی، از جمله میزان پرولین قبل و بعد از عادت‌دهی، با درصد بقای طوقه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده شامل ٤۰ لاین جو بود که بذرهای آن‌ها از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات لاین‌های جو مورد استفاده در آزمایش.

شماره لاین	کد یا نام لاین	شجره
۱	EC79-10	Walfajre/Miraj 1
۲	EC79-13	Kmk//Rbr/Wa2196-63/3/EBC(A)
۳	EC79-18	Lignee 131//4341 N/Ortolan
٤	EC80-7	YEA389.3/YEA475.4
٥	EC80-11	Alger//(CI10117/CHOYO..
٦	EC80-13	Ceres//WI2192/Emir/3/Karoon
۷	EC81-11	Coss/OWB 71080-44-1H
۸	EC81-13	Comp 89-9Cr-7907/Atem//(Alpha/HC1905//Robur)/3/...
۹	EC82-5	Alger//(CI10117/Choyo..
۱۰	EC82-10	Arar/Productive
۱۱	EC82-11	Np106/Minn14133-Gvaxduois//Gi10143
۱۲	EC83-4	L.131/Gerbe//Ager-Ceres/3/(Scotia/Wa...)
۱۳	EC83-5	Arar/L.1242
۱٤	EC83-10	GkOmega
۱٥	EC83-12	K-096M3
۱٦	EC83-15	Schuyler//(M.RNB89.80/NB1905//L.527)
۱۷	EC83-17	Makouee//Zarjow/80-5151
۱۸	A1C84-7	Star/Dundy
۱۹	A1C84-9	F2//Radical/Karat/3/Radical/4/Xemus
۲۰	A1C84-12	Kozir/330
۲۱	A1C84-14	Astrix(C)/3/Mal/OWB753328-5H//Perga/Boyer
۲۲	A1C84-15	Monolit/Plaisant
۲۳	A2C 84-5	CWB117-77-9-7/Teran78
۲٤	A2C84-6	CWB117-77-9-7/Teran78
۲٥	A2C84-8	Legia/3/Arizona5908/ATHS//L.640
۲٦	A2C84-11	Roho/Mazurka//Dyton
۲۷	A2C84-12	Boyer(F356)126//Cem1413/Kl2085
۲۸	A2C84-14	Cyclone/Arar
۲۹	A2C84-18	Mal/OWB753328-5H//11840-76/3/Radical
۳۰	A2C84-17	Monolit/Plaisant
۳۱	ماکویی	ماکویی
۳۲	CB74-2	CB74-2
۳۳	ریحان	ریحان
۳٤	کویر	کویر
۳٥	73M4-C	73M4-30
۳٦	Schulyer	Schulyer
۳۷	L.1242	L.1242
۳۸	Aths	Aths
۳۹	EM80-7	Rihane//Aths/Bc
٤۰	EM80-9	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir

www.SID.ir

لاین‌های جو در قالب طرح کرت‌های خرد شده در ۲ تکرار در گلخانه و اتاقک رشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز ارزیابی شدند. به‌علت نبود فضای کافی در اتاقک رشد، تکرارها با فاصله زمانی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی در اتاقک رشد منظور شدند. دما به‌عنوان عامل اصلی با ۵ سطح ۸-، ۱۱-، ۱۳-، ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد و لاین به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. به این منظور، گلدان‌های پلاستیکی با خاک زراعی و خاک برگ به نسبت ۲ به ۱ پر شدند. در هر گلدان ٤ لاین و از هر لاین به‌منظور به‌دست آوردن اطمینان از سبز شدن کامل ۱۵ بذر ضدعفونی شده توسط مانکوزب به نسبت دو در هزار، در عمق ۱ سانتی‌متری با فاصله ۲ سانتی‌متر روی ردیف و ٤ سانتی‌متر بین ردیف‌ها کاشته شدند. تعداد ۱۰ گلدان برای هر سطح دمایی در هر تکرار منظور شد. بعد از یک هفته گلدان‌ها تنک شدند. آبیاری به‌صورت منظم و در مواقع لزوم انجام گرفت. دمای گلخانه روی ۲۱ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. گلدان‌ها تا مرحله ٤-۳ برگی در گلخانه نگهداری و سپس به اتاقک رشد منتقل شدند و به‌مدت ۳ هفته در دمای روز ٤ و دمای شب ۲ درجه سانتی‌گراد با ١٤ ساعت روشنایی (شدت نور ۲۵۰ میکرومول/ مترمربع/ ثانیه) و ۱۰ ساعت تاریکی عادت‌دهی شدند. بعد از عادت‌دهی از هر لاین یک گیاهچه انتخاب و قسمت برگ، طوقه و ریشه جدا گردید و وزن تر برگ‌ها و طوقه‌ها بلافاصله تعیین شد. سپس وزن خشک آن‌ها بعد از ٤٨ ساعت قرار گرفتن در آونی با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. بعد از آن درصد وزن خشک برگ و طوقه محاسبه شد. افزون بر این، وزن تر و خشک گیاهچه از مجموع وزن تر و خشک طوقه و برگ به‌دست آمد. در نهایت درصد آب برگ، طوقه و گیاهچه براساس وزن تر بافت از رابطه زیر محاسبه شد.

درصد آب بافت = [(وزن تر - وزن خشک) / وزن تر] × ۱۰۰

میزان اتلاف نسبی آب برگ در شرایط بعد از عادت‌دهی از فرمول زیر به‌دست آمد (یانگ و همکاران، ۱۹۹۱):

$$RWL = [(W_1 - W_2) / W_3 (T_2 - T_1)] \times 100$$

که در آن، RWL: میزان اتلاف نسبی آب برگ، W_1: وزن تر برگ، W_2: وزن برگ بعد از قرار گرفتن در هوای آزاد به‌مدت ٤٨ ساعت، W_3: وزن خشک برگ و $T_2 - T_1$ عبارت از فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری است.

Archive of SID

www.SID.ir

برای اندازه‌گیری میزان پرولین، نمونه‌گیری قبل و بعد از عادت‌دهی صورت گرفت و غلظت پرولین در بافت‌های برگی کاملاً گسترش‌یافته در شرایط منجمد (۸۰- درجه سانتی‌گراد) به روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد.

به‌منظور ارزیابی درصد زنده‌مانی طوقه، بعد از این‌که بوته‌ها عادت‌دهی شدند، همه ریشه‌های آن‌ها از ۲ سانتی‌متری پایین طوقه و برگ‌ها از ۱ سانتی‌متری بالای طوقه طوری قطع شدند تا بازیافت گیاهان با تولید ریشه و ساقه جدید میسر شود. سپس هر ۱۰ طوقه مربوط به یک لاین دسته‌بندی شد و شماره لاین توسط برچسب‌هایی به آن متصل شد. نمونه‌ها در ظرف‌های آلومینیومی که روی هر یک شماره گلدان و دمای مربوطه نوشته شده بود، قرار گرفتند؛ نمونه‌ها در دور ظروف طوری قرار داده شدند که طوقه‌ها به دیواره آن بچسبند. وسط ظرف‌ها با ماسه مرطوب پر شد. تمامی ظروف هر دما در سینی جداگانه گذاشته شد. سپس همه نمونه‌ها در سردخانه در دمای ثابت ۲- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد از ۱۸-۱۲ ساعت به‌تدریج دما کاهش داده شد و از ۸- درجه سانتی‌گراد هر ۲ ساعت یک‌بار، با مشاهده دمای موردنظر، سینی شامل نمونه‌های آن دما از سرد خانه خارج و طوقه‌ها در یخچال معمولی با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا ذوب شوند. روز بعد بوته‌های مربوط به هر دما در یک خط در داخل گلدان کاشته شدند و برای هر دما از یک لاین ۱۰ بوته منظور شد. بوته‌های کشت شده به‌مدت ۲۱ روز در گلخانه‌ای با دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد یادداشت‌برداری برای تعیین تعداد بوته‌های زنده و غیرزنده صورت گرفت و درصد زنده‌مانی طوقه از رابطه زیر محاسبه شد:

۱۰۰ × (تعداد گیاهچه‌ها قبل از انجماد/ تعداد گیاهچه‌ها بعد از انجماد) = درصد زنده‌مانی طوقه

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، نظر به این‌که صفات فیزیولوژیکی بعد از عادت‌دهی و میزان پرولین قبل و بعد از عادت‌دهی اندازه‌گیری شدند، تجزیه واریانس داده‌ها بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ تکرار انجام پذیرفت، ولی برای آزمون انجماد از طرح اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ تکرار استفاده شد. با توجه به این‌که بیش‌تر داده‌های مربوط به درصد زنده‌مانی در دماهای ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد صفر بودند و سبب غیرنرمال شدن و غیریکنواختی واریانس‌های خطا شدند، داده‌های مربوط به این دو دما در تجزیه واریانس منظور نگردید. LT50 لاین‌های مورد مطالعه با استفاده از داده‌های مربوط به درصد زنده‌مانی در همه دماها و تبدیل پروبیت

Archive of SID

www.SID.ir

محاسبه شد (دوسپک‌اف، ۱۹۸٤). بنابراین، تجزیه واریانس این صفت نیز در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی صورت گرفت. مقایسه میانگین لاین‌ها از طریق آزمون LSD انجام شد. در مواردی که برخی از فرض‌های تجزیه واریانس صادق نبودند، داده‌ها قبل از تجزیه، مورد تبدیل مناسب قرار گرفتند. واریانس‌های ژنتیکی و محیطی، توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی و وراثت‌پذیری (بین لاین‌ها) در واحد میانگین تیمارها بر مبنای امید ریاضی میانگین مربعات به‌شرح زیر برآورد شدند.

$$V_G = (MS_L - MS_E)/r$$

$$V_E = MS_E$$

$$CV_G^{۲} = (V_G / \overline{Y}^{۲}) \times ۱۰۰$$

$$h^{۲} = V_G / V_{ph}$$

$$V_{Ph} = V_G + V_E/r$$

که در آن‌ها، V_G: عبارت از برآورد واریانس ژنتیکی، MS_L: میانگین مربعات لاین‌ها، MS_E: میانگین مربعات خطا، r: تعداد تکرار، V_E: برآورد واریانس خطا، CV_G: ضریب تغییرات ژنتیکی، $\overline{Y}$: میانگین کل، $h^{۲}$: وراثت‌پذیری بین لاین‌ها و V_{Ph}: برآورد واریانس فنوتیپی در واحد میانگین تیمارها است.

خطای استاندارد وراثت‌پذیری نیز از فرمول جذر واریانس نسبت‌ها (کمپتورن، ۱۹٦۹) برآورد شد.

برای گروه‌بندی لاین‌های جو براساس صفات مورد مطالعه، تجزیه کلاستر بر مبنای داده‌های استاندارد شده، مقیاس توان دوم فاصله اقلیدسی و با استفاده از روش Ward انجام شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS13، STATISTICA و MSTATC صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس درصد زنده‌مانی طوقه‌های ٤۰ لاین جو در سه دمای ۸-، ۱۱- و ۱۳- درجه سانتی‌گراد نشان داد که F مربوط به دما، لاین و برهم‌کنش دما و لاین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). معنی‌دار شدن برهم‌کنش بیان‌گر آن است که اختلاف لاین‌ها در دماهای مختلف یکسان نبوده است. از این‌رو، مقایسه میانگین لاین‌ها از نظر درصد زنده‌مانی طوقه با توجه به رفتار متفاوت لاین‌ها در دماهای مختلف، در هر دما به‌صورت جداگانه صورت گرفت (جدول ۳). با کاهش دما درصد زنده‌مانی در تمام لاین‌ها کاهش یافت. به‌طورکلی با توجه به مجموع

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج در دماهای انجماد (۸-، ۱۱-، ۱۳-، ۱۵- و ۱۷- درجه سانتی‌گراد)، لاین‌های ۱، ۹، ۱٤، ۱۵، ۱۸، ۳۱ و ۳٦ درصد زنده‌مانی بالایی را نسبت به سایر لاین‌ها داشتند. گنج‌خانلو (۲۰۰۸) با ارزیابی لاین‌های مشابه، در آزمون انجماد طوقه در دو دمای ٦- و ۱۰- درجه سانتی‌گراد لاین شماره ۳٦ را به‌عنوان لاین‌های مقاوم‌تر معرفی کردند. به‌نظر می‌رسد که لاین زمستانی و ٦ ردیفه شماره ۳٦ (رقم Schulyer) و در مرتبه بعدی لاین شماره ۱۵ از ثبات بیش‌تری نسبت به سایر لاین‌ها از نظر مقاومت به یخزدگی برخوردار هستند. نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات فیزیولوژیکی، میزان پرولین و LT_{50} طوقه براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی نشان داد که بین لاین‌های جو از نظر LT_{50} طوقه، درصد وزن خشک برگ، درصد آب برگ، درصد آب گیاهچه و میزان پرولین بعد از عادت‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد و از نظر درصد وزن خشک طوقه، درصد آب طوقه و درصد اتلاف نسبی آب برگ در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد که نشان‌گر وجود تنوع در لاین‌های جو از نظر صفات مورد اشاره است. بین لاین‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری برای وزن تر طوقه، وزن تر برگ، میزان پرولین قبل از عادت‌دهی و اختلاف میزان پرولین قبل و بعد از عادت‌دهی مشاهده نشد (جدول ٤). با توجه به این‌که اختلاف میزان پرولین از تفاضل دو سری داده قبل و بعد از عادت‌دهی به‌دست آمده است، بزرگی ضریب تغییرات این صفت نسبت به‌میزان پرولین قبل و بعد از عادت‌دهی به‌علت تجمیع خطاهای دو متغیر قابل توجیه است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مربوط به درصد زنده‌مانی طوقه در لاین‌های جو در آزمون انجماد.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۱	٦۳۳/۷۵^{ns}
دما	۲	۱۳۵۱۵۸/۷۵**
خطای اصلی	۲	۹۵۳/۷۵
لاین	۳۹	۱۰۸٤/۵۲**
دما × لاین	۷۸	٤٤۹/۷۸**
خطای فرعی	۱۱۷	۱٦۷/۵۹
ضریب تغییرات (درصد)		۳٤/٦۳

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار.

Archive of SID

www.SID.ir

از نظر LT_{50} طوقه لاین‌های ۱۵، ۳۱ و ۳۶ میانگین LT_{50} کم‌تری را نسبت به سایر لاین‌ها دارا بودند (جدول ۵). گنج‌خانلو (۲۰۰۸) با ارزیابی همان لاین‌ها، ژنوتیپ‌های شماره ۳۶، ۱۵، ۱۸، ۹ و ۳۱ را دارای مقاومت بیش‌تر به انجماد طوقه معرفی کرد. گانشان و همکاران (۲۰۰۹) میزان LT_{50} را برای گندم زمستانه نوراستار، ۲۳- درجه سانتی‌گراد و برای گندم بهاره مانیتو، ۱۳/۳- درجه سانتی‌گراد عنوان کردند. میرزایی‌اصل و همکاران (۲۰۰۲)، اسکینر و همکاران (۲۰۰۵) و اسکینر و گارلند- کمپبل (۲۰۰۸) محدوده LT_{50} را برای گندم به‌ترتیب ۸/۲- تا ۱۶/۷-، ۹/۵- تا ۱۵/۷- و ۹/۵- تا ۱۹/۵- درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. در حالی‌که متوسط میزان LT_{50} در این آزمایش ۹/۶۶- درجه سانتی‌گراد بود. گنج‌خانلو (۲۰۰۸) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های جو در دماهای مختلف (۶-، ۱۰-، ۱۴-، ۱۶- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد) متوسط LT_{50} طوقه را ۱۰/۱۴- درجه سانتی‌گراد گزارش کرد. علت این تفاوت را می‌توان به مقاوم‌تر بودن گندم به سرما در مقایسه با جو نسبت داد (گوستا و اوکونر، ۱۹۸۷). به‌طورکلی به‌نظر می‌رسد که بعد از لاین ۳۶ (رقم Schulyer)، لاین‌های ۱۵ و ۳۱ (رقم ماکویی) از نظر LT_{50} طوقه و درصد زنده‌مانی طوقه در دماهای انجماد مختلف از مقاومت خوبی به یخ‌زدگی نسبت به سایر لاین‌ها برخوردار بودند.

مقایسه میانگین مربوط به صفات فیزیولوژیکی نشان داد که به‌طورکلی لاین‌های ۱۵، ۹ و ۳۱ (رقم ماکویی) و ۳ در مجموع دارای صفات مطلوب بودند (جدول ۶)، زیرا از نظر درصد وزن خشک طوقه و درصد وزن خشک برگ دارای میانگین بالا و از نظر درصد آب طوقه، درصد آب برگ، درصد آب گیاهچه و میزان اتلاف نسبی آب برگ دارای میانگین پایینی بودند. محتوای آب طوقه و برگ با عادت دادن به سرما کاهش می‌یابد. میرزایی‌اصل و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی ژنوتیپ‌های گندم گزارش کردند که در شرایط عادت‌دهی، ژنوتیپ‌های مقاوم به سرما از محتوای آب طوقه و برگ کم‌تر و ژنوتیپ‌های حساس از محتوای آب طوقه و برگ بیش‌تری برخوردار هستند. بافت‌های با محتوای آب کم در گندم در مقایسه با بافت‌های دارای محتوای آب زیاد مقاومت بیش‌تری به سرما تحت دماهای عادت‌دهی مشابه دارند. مقایسه لاین‌های برخوردار از LT_{50} پایین و لاین‌های دارای بیش‌ترین میزان پرولین در شرایط بعد از عادت‌دهی نشان داد که وجه مشترک کمی بین آن‌ها وجود دارد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که میزان پرولین در این گیاه، بسیار حساس به شرایط آزمایش بوده و با تغییر شرایط، واکنش گیاهان از نظر تولید پرولین تغییر می‌یابد. مازوکوتلی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در

Archive of SID

www.SID.ir

ژنوتیپ‌های جو و گندم محتوای کل اسید آمینه طی عادت‌دهی و در آزمون‌های انجماد تغییر پیدا می‌کند، ولی تجمع پرولین نقشی در پاسخ به سرما ندارد. بررسی سه ژنوتیپ حساس، نیمه‌مقاوم و مقاوم گندم (جوادیان و همکاران، ۲۰۱۰) نشان داد که در ۳ هفته اول عادت‌دهی میزان پرولین در دو ژنوتیپ حساس و نیمه‌مقاوم به سرعت و به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. این تجمع در ژنوتیپ مقاوم تا هفته چهارم نیز ادامه داشت. همچنین تجمع پرولین در ژنوتیپ‌های زمستانه گندم بیش‌تر از ژنوتیپ‌های بهاره بود. مقدار LT_{50} این ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب ٦-، ١٥- و ٢٦- درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد.

وراثت‌پذیری صفات مختلف به همراه خطای استاندارد آن‌ها در جدول ۷ درج شده است. LT_{50}، درصد وزن خشک برگ، درصد آب برگ، درصد آب گیاهچه و میزان پرولین بعد از عادت‌دهی از وراثت‌پذیری بالا برخوردار بودند. این وراثت‌پذیری‌ها معنی‌دار نیز بودند زیرا مقادیر آن‌ها از ۲ برابر خطای استاندارد خود بیش‌تر شدند. در حالی‌که وزن خشک طوقه، درصد آب طوقه و درصد اتلاف آب برگ دارای وراثت‌پذیری پایین و غیرمعنی‌داری بودند. پایین بودن میزان وراثت‌پذیری، نشانگر نقش بیش‌تر محیط در کنترل این صفات و همچنین تنوع ژنتیکی کم در بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورد اندازه‌گیری است. گنج‌خانلو (۲۰۰۸) نیز با بررسی همان لاین‌ها وراثت‌پذیری بالا (۰/۹۷) برای LT_{50} طوقه گزارش کرد. در عین‌حال در مطالعه وی سایر صفات (به‌جز وراثت‌پذیری ۰/۷ برای وزن‌تر طوقه) از وراثت‌پذیری پایین برخوردارشدند. متفاوت بودن میزان وراثت‌پذیری برخی صفات در دو آزمایش نشان‌دهنده تأثیر بیش‌تر محیط روی صفات ارزیابی شده می‌باشد. برول‌بابل و فاولر (۱۹۸۸) وراثت‌پذیری LT_{50} را تا ۰/۸۸ نیز گزارش کردند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- میانگین درصد زندمانی طوقه در لاین‌های جو در دماهای ۸-، ۱۱- و ۱۳- درجه سانتی گراد.

شماره لاین	نام لاین	دمای ۸- درجه سانتی گراد	دمای ۱۱- درجه سانتی گراد	دمای ۱۳- درجه سانتی گراد	شماره لاین	نام لاین	دمای ۸- درجه سانتی گراد	دمای ۱۱- درجه سانتی گراد	دمای ۱۳- درجه سانتی گراد
۱	EC79-10	۹۵	۳۰	۰	۲۱	A1C84-14	۱۰۰	۲۰	۵
۲	EC79-13	۷۰	۱۰	۰	۲۲	A1C84-15	۱۰۰	۱۰	۱۰
۳	EC79-18	۷۵	۴۰	۰	۲۳	A2C 84-5	۹۰	۲۵	۰
۴	EC80-7	۱۰۰	۱۵	۵	۲۴	A2C84-6	۹۵	۱۰	۰
۵	EC80-11	۱۰۰	۳۰	۰	۲۵	A2C84-8	۱۰۰	۱۵	۵
۶	EC80-13	۷۰	۴۵	۰	۲۶	A2C84-11	۱۰۰	۱۵	۱۵
۷	EC81-11	۶۵	۵	۰	۲۷	A2C84-12	۹۰	۱۰	۰
۸	EC81-13	۲۰	۵	۰	۲۸	A2C84-14	۹۰	۳۵	۰
۹	EC82-5	۱۰۰	۳۵	۰	۲۹	A2C84-18	۶۵	۵	۰
۱۰	EC82-10	۸۰	۵	۰	۳۰	A2C84-17	۸۰	۳۵	۱۵
۱۱	EC82-11	۹۵	۲۵	۰	۳۱	مانکی	۱۰۰	۵۵	۰
۱۲	EC83-4	۷۵	۲۰	۰	۳۲	CB74-2	۸۵	۳۰	۰
۱۳	EC83-5	۱۰۰	۳۵	۰	۳۳	ریحان	۵۵	۲۰	۰
۱۴	EC83-10	۹۵	۴۵	۵	۳۴	کویر	۶۵	۳۵	۰
۱۵	EC83-12	۹۰	۶۵	۲۵	۳۵	73M4-C	۱۰۰	۳۵	۱۰
۱۶	EC83-15	۱۰۰	۳۰	۰	۳۶	Schulyer	۱۰۰	۷۵	۶۵
۱۷	EC83-17	۱۰۰	۱۰	۰	۳۷	L.1242	۱۰۰	۰	۰
۱۸	A1C84-7	۹۰	۵۰	۰	۳۸	Aths	۵	۰	۰
۱۹	A1C84-9	۸۵	۵	۱۵	۳۹	EM80-7	۱۰۰	۲۰	۰
۲۰	A1C84-12	۹۰	۲۰	۱۰	۴۰	EM80-9	۲۵	۰	۰
	LSD ۵ درصد	۲۵/۰۳	۲۵/۰۳	۲۵/۰۳					
	LSD ۱ درصد	۳۲/۸۷	۳۲/۸۷	۳۲/۸۷					

جدول ٤- تجزیه واریانس LT50 طوقه، صفات فیزیولوژیکی و میزان پرولین در لاین‌های جو.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		LT50	وزن تر طوقه	درصد وزن خشک طوقه	درصد آب طوقه	درصد وزن خشک برگ	درصد آب برگ	درصد آب گیاهچه	میزان تلاف آب نسبی برگ	میزان پرولین قبل از عادت‌دهی	میزان پرولین بعد از عادت‌دهی	اختلاف میزان پرولین قبل و بعد از عادت‌دهی
تکرار	۱	۱/۹۹۷^{ns}	۰/۱۱٤۰**	۵۰٤/٤۵**	۵۰٤/٤۵**	۰/۰۰٤۰۰**	۲٤۳/۹٤**	۰/۰۵۳۰**	۲۹/۰۸*	۰/۳٤۱**	۰/۰۰٤۰**	۰/۰۰۳۰^{ns}
لاین	۳۹	۰/۳۶۸**	۰/۰۰۱۷^{ns}	۱۳۷۰*	۱۳۷۰*	۰/۰۰۲۳**	۱۵/۵۹**	۰/۰۰۲۰**	۹/۳۵*	۰/۰۳۸^{ns}	۰/۰۰۲۰**	۰/۰۰۲۷^{ns}
خطا	۳۹	۰/۰٤۶	۰/۰۰۱۰	۱۳/٤۸	۱۳/٤۸	۰/۰۰۰۲۰	۱۲/۸۸	۰/۰۰۱۶	۸/٤۰	۰/۰۳۸	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۲۶
غیر افزایشی	۱	۰/۰۳۰^{ns}	۰/۰۰۵۰^{ns}	۲۲۶/۳۵**	۲۲۶/۳۵**	۰/۰۰٤۰۰**	٤۱۳/۰۸**	۰/۰٤۱۰**	۱۵۶/۵۶**	۰/۰٤۶^{ns}	۰/۱۹۰**	۰/۰۰۱۰^{ns}
باقی‌مانده	۳۸	۰/۰٤۶	۰/۰۰۱۰	۷/۸۸	۷/۸۸	۰/۰۰۰۱۰	۲/۳۵	۰/۰۰۰۵	٤/۵۰	۰/۰۳۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲۶
ضریب تغییرات (درصد)[1]		۹/۲۶	۲٤/۱۶	۲۵/۵۳	٤/۲۹	۲۶/۶۱	٤/۱۵	۳/۵۵	۲۱/۷٤	۶٤/۵۷	۵۹/۵۵	۱۰۹/۷۹

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns}غیرمعنی‌دار.

۱. ضریب تغییرات (درصد) مربوط به داده‌های اصلی (داده‌های تبدیل نشده) است.

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین LT_{50} و میزان پرولین لاین های جو مورد بررسی از نظر LT_{50}و میزان پرولین.

نام لاین	LT50		میزان پرولین قبل از	میزان پرولین بعد از	شماره لاین	نام لاین	LT50		میزان پرولین قبل از	میزان پرولین بعد از
	داده‌های اصلی	داده‌های تبدیل شده	عادت‌دهی	عادت‌دهی			داده‌های اصلی	داده‌های تبدیل شده	عادت‌دهی	عادت‌دهی
EC79-10	-۱۰/٤۲۹	۱/۸۸۹	۰/۰۲۰	۰/۰٤۰	۲۱	A1C84-14	-۱۰/٤۸۲	۱/۸۷۵	۰/۰٤۷	۰/۱۰۲
EC79-13	-۸/۷۲۸	۲/۲۹۳	۰/۰۲٤	۰/۰۳۱	۲۲	A1C84-15	-۱۰/۳۵۰	۱/۹۱۰	۰/۰۲۷	۰/۰۳۹
EC79-18	-۹/۹٦٤	۲/۰۰۸	۰/۰۲۵	۰/۰٤۳	۲۳	A2C 84-5	-۱۰/۱۰۱	۱/۹۷۳	۰/۰۷۲	۰/۰٦۱
EC80-7	-۱۰/۳۵۹	۱/۹۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰٤۱	۲٤	A2C84-6	-۹/۸۹۳	۲/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۳۸
EC80-11	-۱۰/٦۰٦	۱/۸٤۲	۰/۰۳۰	۰/۰۷٤	۲۵	A2C84-8	-۱۰/۲۳۰	۱/۹٤۱	۰/۰۲۹	۰/۰٤۸
EC80-13	-۹/۹۱۸	۲/۰۱٤	۰/۰۱۸	۰/۰۲۵	۲٦	A2C84-11	-۱۰/۵۷۸	۱/۸٤۹	۰/۰۱۷	۰/۰۲۵
EC81-11	-۸/۱۳۸	۲/٤۲۱	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۲۷	A2C84-12	-۹/۲۹۹	۲/۰٦۸	۰/۰۲۱	۰/۰٤۱
EC81-13	-٦/٤۰۸	۲/۷۵۵	۰/۰۱۵	۰/۰۲۱	۲۸	A2C84-14	-۱۰/۳۲۹	۱/۹۰۱	۰/۰۲٤	۰/۰۹۳
EC82-5	-۱۰/۷۲٤	۱/۸۰۹	۰/۰۲٦	۰/۰۳۸	۲۹	A2C84-18	-۸/۱۳۸	۲/٤۲۱	۰/۰۳۱	۰/۰٤٤
EC82-10	-۹/۱۹۲	۲/۱۹۲	۰/۰۳۱	۰/۰٤٤	۳۰	A2C84-17	-۱۰/۱۵۷	۱/۹۵۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۸
EC82-11	-۱۰/۲۸٤	۱/۹۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۳۵	۳۱	ماکویی	-۱۱/۱۸۳	۱/٦۷۸	۰/۰۲۱	۰/۰۳۳
EC83-4	-۹/٤٤۸	۲/۱۳۳	۰/۰۲۵	۰/۰۵۰	۳۲	CB74-2	-۱۰/۰۵۲	۱/۹۷٦	۰/۰٤۲	۰/۰۱۱
EC83-5	-۱۰/٦۲۷	۱/۸۱۰	۰/۰۲۳	۰/۰۵۱	۳۳	ریحان	-۷/۷٤۰	۲/٤۲۷	۰/۰۲۸	۰/۰٤۹
EC83-10	-۱۰/۸۷۹	۱/۷۵۷	۰/۰۲۲	۰/۰۳۷	۳٤	کویر	-۸/۵٤٤	۲/۲۹۷	۰/۰۲٦	۰/۰٤۹
EC83-12	-۱۱/٦۵۹	۱/۵۲۸	۰/۰۲٦	۰/۰٦۳	۳۵	73M4-C	-۱۰/۸۶۱	۱/۷٤٦	۰/۰۲۱	۰/۰٤۸
EC83-15	-۱۰/٦۰۱	۱/۸٤۲	۰/۰۲٦	۰/۰٤۰	۳٦	Schulyer	-۱۳/۳۸۳	۰/۷٤۲	۰/۰۲۸	۰/۰۵۱
EC83-17	-۱۰/۰۸۸	۱/۹۷٦	۰/۰٤٤	۰/۰۵٦	۳۷	L.1242	-۹/۸۱۷	۲/۰٤۵	۰/۰۱۸	۰/۰۳۳
A1C84-7	-۱۰/۷۱۸	۱/۸۰۵	۰/۰٤۰	۰/۰۹۸	۳۸	Aths	-۲/۸٤۵	۳/۳۳۹	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰
A1C84-9	-۹/۷۰۱	۲/۰۷۲	۰/۰۱۹	۰/۰٦٦	۳۹	EM80-7	-۱۰/۳٦۵	۱/۹۰۲	۰/۰۳٤	۰/۰٦۹
A1C84-12	-۱۰/۳۳۲	۱/۹۰٦	۰/۰۷۰	۰/۱۷۸	٤۰	EM80-9	-۲/۹۵۸	۳/۳۱۸	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰
			۰/۰۲۸	۰/۰۵۲						میانگین کل
		۰/۳۳۲		۰/۰۳۸						LSD ۵ درصد
		۰/۵۲۱		۰/۰۵٤						LSD ۱ درصد

www.SID.ir

جدول ٦- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی لاین‌های مورد مطالعه جو.

شماره لاین	نام لاین	درصد وزن خشک طوقه	درصد آب طوقه	وزن تر برگ (گرم)	درصد آب برگ	میزان اتلاف آب نسبی برگ	درصد وزن خشک برگ		درصد آب گیاهچه	
							تبدیل شده داده‌های	اصلی داده‌های	تبدیل شده داده‌های	اصلی داده‌های
١	EC79-10	١٨/١٧٩	٨١/٨٢١	٠/٨٢٠	٨٨/٧٣٥	١٤/٣٥٤	٠/٠٩٣	١١/٢٦٥	١/٢٠٨	٨٧/٤٠٦
٢	EC79-13	١٢/٣١٢	٨٧/٦٨٨	١/٠٧٥	٨٧/٥٥٧	١٤/١٩٩	٠/٠٨١	١٢/٤٤٢	١/٢١١	٨٧/٥٦٩
٣	EC79-18	١٨/٨٨٩	٨١/١١١	٠/٨٤٥	٨٣/٠٤٨	١١/٦١٠	٠/٠٦٦	١٦/٩٥٢	١/١٤٨	٨٢/٧٤٥
٤	EC80-7	١٠/٨٧٣	٨٩/١٢٧	١/٢٧٠	٨٨/٤٤٩	١٢/٦٤٩	٠/٠٨٧	١١/٥٥٠	١/٢٢٦	٨٨/٥٧٠
٥	EC80-11	١٢/٥٧٥	٨٧/٤٢٥	١/٠١٥	٨٧/٣٤٣	١٢/٧٥٦	٠/٠٧٩	١٢/٦٥٧	١/٢٠٨	٨٧/٤٠٩
٦	EC80-13	١٣/٣٤٩	٨٦/٦٥١	١/٤٦٠	٨٧/٤٧١	١٤/١٢١	٠/٠٨١	١٢/٥٢٩	١/٢٠٨	٨٧/٣٤٤
٧	EC81-11	١٧/٩٣٢	٨٢/٠٦٨	٠/٩٤٥	٨٧/٨١٦	١٢/٠١٨	٠/٠٨٢	١٢/١٨٤	١/١٩٩	٨٦/٨٠٤
٨	EC81-13	١٢/٣٧٥	٨٧/٦٢٥	١/٠٩٥	٨٨/٦٥٧	١٢/٠٦٣	٠/٠٨٨	١١/٣٤٣	١/٢٢٥	٨٨/٤٩٨
٩	EC82-5	١٢/٥٨٣	٨٧/٤١٨	٠/٧٤٥	٧٨/٥٣٨	١١/٥٠١	٠/٠٥٧	٢١/٤٦٢	١/١١٥	٨٠/٠٧٢
١٠	EC82-10	١٣/٨٢٠	٨٦/١٧٩	٠/٨٤٥	٨٢/٥٦٦	١٣/٠٨٧	٠/٠٦٤	١٧/٤٣٤	١/١٥٢	٨٣/١٨٥
١١	EC82-11	١٢/٨٣٩	٨٧/١٦١	٠/٨٧٠	٨٧/٥٦٢	١٢/٧٦٣	٠/٠٨١	١٢/٤٣٨	١/٢٠٩	٨٧/٤٥٦
١٢	EC83-4	١٠/٩١٧	٨٩/٠٨٣	٠/٨٩٥	٨٨/٢٦١	١٤/١١٣	٠/٠٨٦	١١/٧٣٩	١/٢٢٣	٨٨/٣٨٢
١٣	EC83-5	١٢/٣٣٣	٨٧/٦٦٧	١/١٩٠	٨٨/٤٠٦	١٣/٣٢١	٠/٠٨٦	١١/٥٩٣	١/٢٢١	٨٨/٢٦٨
١٤	EC83-10	١٣/٥٥٠	٨٦/٤٥٠	١/١١٠	٨٧/٦١١	١٤/٥٧٧	٠/٠٨٢	١٢/٣٨٩	١/٢٠٨	٨٧/٣٢١
١٥	EC83-12	١٩/٣١٢	٨٠/٦٨٨	٠/٧٧٠	٧٨/١٨٧	١١/١٨٠	٠/٠٥٣	٢١/٨١٣	١/٠٩٥	٧٨/٥١٧
١٦	EC83-15	١٧/٧٣٨	٨٢/٢٦٢	١/٢٢٥	٨٩/٨٣٢	١٢/٤٧٦	٠/١٠٣	١٠/١٦٨	١/٢٣٤	٨٩/٠٦٤
١٧	EC83-17	١٦/٥٠٣	٨٣/٤٩٧	٠/٩٣٠	٨٥/٥٦٤	١٢/٢٣٨	٠/٠٧٠	١٤/٤٣٦	١/١٧٧	٨٥/٢٦٢
١٨	A1C84-7	١٠/٨٣٣	٨٩/١٦٧	١/٢٢٠	٨٧/٠٦٨	١٣/٤٠٥	٠/٠٧٨	١٢/٩٣٢	١/٢٠٧	٨٧/٣٠٦
١٩	A1C84-9	٩/٦٦٧	٩٠/٣٣٣	٠/٩٢٠	٨٨/٤٨٠	١٢/٢٠٧	٠/٠٨٨	١١/٥١٩	١/٢٢٩	٨٨/٧٩٢
٢٠	A1C84-12	١٣/٢٨٩	٨٦/٧١٠	١/١٣٥	٨٤/١٩١	١١/٦٤٤	٠/٠٦٥	١٥/٨٠٩	١/١٦٩	٨٤/٦١٥
٢١	A1C84-14	١٤/٨٧٢	٨٥/١٢٨	٠/٨٥٥	٨٦/٣٧٩	١٤/١١٥	٠/٠٧٤	١٣/٦٢١	١/١٩١	٨٦/٢٤٣
٢٢	A1C84-15	١١/٨٧٥	٨٨/١٢٥	١/٤٢٠	٨٦/١١٢	١٥/٨٦٥	٠/٠٧٣	١٣/٨٨٧	١/١٩٣	٨٦/٣٨٨
٢٣	A2C 84-5	١١/٨٧٥	٨٨/١٢٥	١/٢٩٠	٨٧/٢٢٣	٢٤/٠١٠	٠/٠٨٣	١٢/٧٧٦	١/٢٠٨	٨٧/٢٩٤
٢٤	A2C84-6	١٢/٩١٧	٨٧/٠٨٣	٠/٨٣٥	٨٧/٧٨٠	١٥/٠١١	٠/٠٨٢	١٢/٢١٩	١/٢١٢	٨٧/٦٢٥
٢٥	A2C84-8	١٧/٥٣٥	٨٢/٤٦٥	٠/٣٩٥	٨٨/٥٥٣	١٣/٥٨٢	٠/٠٨٨	١١/٤٤٧	١/٢١٤	٨٧/٧٤٥
٢٦	A2C84-11	١٤/٩٩٩	٨٥/٠٠٠	١/١٦٥	٨٨/٤٤٩	١٢/٥٣٦	٠/٠٨٧	١١/٥٥٠	١/٢٢٣	٨٨/٣٣١
٢٧	A2C84-12	١٤/٩٩٩	٨٥/٠٠٠	٠/٩٩٥	٨٧/٤٦١	١٣/٤٥٦	٠/٠٨١	١٢/٥٣٩	١/٢٠٥	٨٧/١٤٩
٢٨	A2C84-14	١١/٤١٨	٨٨/٥٨٢	٠/٩١٥	٨٦/٠٤٨	١٤/٩٨٣	٠/٠٧٣	١٣/٩٥١	١/١٩٤	٨٦/٤١٧
٢٩	A2C84-18	١٦/٥٩٧	٨٣/٤٠٣	٠/٩٦٠	٨٩/٧٨٧	١٠/٩٤٩	٠/٠٩٨	١٠/٢١٣	١/٢٣٦	٨٩/١٦٩

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ٦- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی لاین‌های مورد مطالعه جو.

شماره لاین	نام لاین	درصد وزن خشک طوقه	درصد آب طوقه	وزن تر برگ (گرم)	درصد آب برگ	میزان اتلاف آب نسبی برگ	درصد وزن خشک برگ		درصد آب گیاهچه	
							داده‌های تبدیل شده	داده‌های اصلی	داده‌های تبدیل شده	داده‌های اصلی
۳۰	A2C84-17	١٤/٧٢٤	٨٥/٢٧٦	٠/٧٣٠	٨٨/٩٤٠	١٣/٥٤٩	٠/٠٩٠	١١/٠٥٨	١/٢١٩	٨٨/١٣٤
۳۱	ماکویی	١٤/٣٣٣	٨٥/٦٦٧	٠/٥٧٥	٧٩/٣٤٨	١٠/٧٧٢	٠/٠٥٧	٢٠/٦٥٢	١/١١٩	٨٠/٤٦٢
۳۲	CB74-2	١٥/٣٣٣	٨٤/٦٦٧	٠/٩٣٠	٨٦/١٧١	١٤/١٣٦	٠/٠٧٢	١٣/٨٢٩	١/١٨٧	٨٥/٩٩٢
۳۳	ریحان	١٧/٩١٢	٨٢/٠٨٨	٠/٩٦٠	٨٥/٧١٥	١٢/٠٣٩	٠/٠٧٤	١٤/٢٨٥	١/١٧٧	٨٥/٠٩٠
۳٤	کویر	١٦/١٢١	٨٣/٨٧٩	٠/٨٦٠	٨٧/٤٠٤	١٤/٢٧٢	٠/٠٧٩	١٢/٥٩٦	١/٢٠٢	٨٦/٩٦٠
۳٥	73M4-C	١٨/٧٥٠	٨١/٢٥٠	٠/٧٠٠	٨٦/٢٤٦	١٢/٢٠٨	٠/٠٧٤	١٣/٧٥٤	١/١٧٦	٨٥/٢٢٢
۳٦	Schulyer	١٦/٢٥٠	٨٣/٧٥٠	٠/٧٧٠	٨٥/٠٣٤	١٢/٣١٢	٠/٠٦٨	١٤/٩٦٦	١/١٧٣	٨٤/٨٨٣
۳۷	L.1242	١١/٢٨٦	٨٨/٧١٤	١/١٩٥	٨٨/٥٣٤	١٤/٣٧٤	٠/٠٨٧	١١/٤٦٦	١/٢٢٥	٨٨/٥٤٦
۳۸	Aths	١٥/٧٩٣	٨٤/٢٠٧	١/٤٩٠	٨٨/٦٢٣	١٤/٤١٩	٠/٠٨٨	١١/٣٧٧	١/٢١٩	٨٨/١٥٦
۳۹	EM80-7	١٢/٢٢٢	٨٧/٧٧٨	١/٠٠٠	٨٦/٨٠٤	١٤/١٠٢	٠/٠٧٨	١٣/١٩٥	١/٢٠٣	٨٧/٠١٠
٤٠	EM80-9	١٥/٥٢٦	٨٤/٤٧٤	٠/٨٤٥	٨٤/٦١٥	١٠/٤٧١	٠/٠٦٩	١٥/٣٨٥	١/١٧٠	٨٤/٥٧٢
LSD ٥ درصد		٤/٧٣٢	٤/٧٣٢	٠/٤١٣	٢/٥٨٤	٣/٥٧٨	٠/٠١٧		٠/٠٣٨	
LSD ١ درصد		٦/٨١٧	٦/٨١٧	٠/٥٩٥	٣/٧٢٣	٥/١٥٣	٠/٠٢٤		٠/٠٥٤	

بیش‌ترین توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی را میزان پرولین بعد از عادت‌دهی دارا بود (جدول ۷). هر چند که بیش‌ترین توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی مربوط به‌میزان پرولین بعد از عادت‌دهی بود، ولی وراثت‌پذیری آن کم‌تر از وراثت‌پذیری LT_{50} به‌دست آمد. این موضوع نشان می‌دهد که پرولین بیش‌تر از LT_{50} در معرض تغییرات محیطی قرار می‌گیرد.

با توجه به نبود همبستگی‌های معنی‌دار صفات فیزیولوژیکی و میزان پرولین با LT_{50} و درصد زنده‌مانی طوقه در دماهای مختلف در این بررسی (داده‌ها درج نشده‌اند)، گروه‌بندی لاین‌ها براساس این صفات به‌صورت جداگانه صورت گرفت. نظر به زنده‌مانی برخی لاین‌ها در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد و اهمیت درصد زنده‌مانی در دماهای مختلف، از نتایج درصد زنده‌مانی در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد نیز برای گروه‌بندی لاین‌ها استفاده شد. گروه‌بندی لاین‌های جو مورد مطالعه براساس LT_{50} و درصد زنده‌مانی در دماهای ۸-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- درجه سانتی‌گراد در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج انحراف میانگین گروه‌ها از میانگین کل و درصد انحراف آن‌ها از میانگین کل برای ٤ گروه به‌دست آمده در جدول(٨) درج شده است. براساس درصد انحراف هر گروه از میانگین کل گروه‌ها ملاحظه گردید که لاین ٣٦ در گروه ٤ از نظر LT_{50} و درصد زنده‌مانی در دماهای ٨-، ١١-، ١٣- و ١٥- درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین انحراف مثبت از میانگین کل را نسبت به سایر گروه‌ها دارد. بعد از لاین ٣٦، لاین‌های گروه ٢ بیش‌ترین انحراف مثبت از میانگین کل را از نظر LT_{50}، درصد زنده‌مانی در دمای ٨- و ١١- درجه سانتی‌گراد نشان دادند. از نظر درصد زنده‌مانی در دمای ١٣- درجه سانتی‌گراد، لاین‌های این گروه به‌همراه لاین‌های گروه ٢ تا حدودی بهتر از لاین‌های گروه ٣ بودند. لاین‌های گروه ٣ بیش‌ترین انحراف مثبت را از نظر LT_{50} و بیش‌ترین انحراف منفی را از نظر درصد زنده‌مانی در دمای ٨-، ١١-، ١٣- و ١٥- درجه سانتی‌گراد داشتند. براساس این نتایج لاین ٣٦ (رقم Schulyer) به‌عنوان مقاوم‌ترین لاین به سرما در میان ٤٠ لاین مورد بررسی شناسایی شد. لاین‌های ٣٨، ٤٠ و ٨ حساس‌ترین لاین‌ها به سرما بودند. براساس این گروه‌بندی بعد از لاین ٣٦ لاین‌های گروه ٢، به‌ویژه لاین‌های ١٥، ٣١، ١٨، ١٤، ٩ و ١ (جدول ٣) از مقاومت بیش‌تری به تنش انجماد برخوردار بودند.

جدول ٧- واریانس ژنتیکی و محیطی، توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی، وراثت‌پذیری (بین لاین‌ها) در واحد میانگین ٤٠ لاین جو.

	واریانس ژنتیکی	واریانس محیطی	توان دوم ضریب تغییرات ژنتیکی (درصد)	وراثت‌پذیری (بین لاین‌ها) ± خطای استاندارد
LT_{50}	٠/١٦١	٠/٠٤٦	٣/٨٩٥	٠/٨٧٥ (±٠/٠٨٩)
درصد وزن خشک طوقه	٢/٩١٢	٧/٨٧٩	١/٤٠٨	٠/٤٢٥ (±٠/٨٥٠)
درصد آب طوقه	٢/٩١٢	٧/٨٧٩	٠/٠٣٩	٠/٤٢٥ (±٠/٨٥٠)
درصد وزن خشک برگ*	٦/٦١٨	٢/٣٥٠	٣/٨٣٩	٠/٨٤٩ (±٠/١١٢)
درصد آب برگ	٦/٦١٨	٢/٣٥٠	٠/٠٨٨	٠/٨٤٩ (±٠/١١٢)
درصد آب گیاهچه*	٤/٨٥٥	٢/٥٢٦	٠/٠٦٥	٠/٧٩٣ (±٠/١٦٣)
درصد اتلاف آب برگ	٢/٤٢١	٤/٥٠٣	١/٣٦١	٠/٥١٨ (±٠/٥٨٤)
میزان پرولین بعد از عادت‌دهی	٠/٠٠٠٧٥	٠/٠٠٠٥	٢٧/٧٣٧	٠/٧٥٠ (±٠/٢٠٩)

* اعداد مربوط به داده‌های اصلی (داده‌های تبدیل نشده) هستند.

Archive of SID

www.SID.ir

گروه‌بندی براساس صفات مورفوفیزیولوژیکی و میزان پرولین، لاین‌های جو را به ٤ گروه تقسیم‌بندی کرد (شکل ۲). نتایج انحراف گروه‌ها از میانگین کل و درصد انحراف آن‌ها از میانگین کل برای ٤ گروه به‌دست آمده در جدول ۹ درج شده است. لاین‌های گروه ۱ از نظر درصد وزن خشک طوقه بیش‌ترین انحراف مثبت از میانگین کل و از نظر درصد آب طوقه بیش‌ترین انحراف منفی از میانگین کل را نشان دادند. لاین‌های گروه ۲ از نظر درصد وزن خشک برگ بیش‌ترین انحراف مثبت و از نظر وزن تر طوقه، وزن تر برگ، درصد آب برگ، درصد آب گیاهچه و درصد اتلاف آب برگ بیش‌ترین انحراف منفی از میانگین کل را داشتند. گروه ۳ از نظر میزان پرولین قبل از عادت‌دهی، میزان پرولین بعد از عادت‌دهی و اختلاف میزان پرولین قبل و بعد از عادت‌دهی بیش‌ترین انحراف مثبت از میانگین کل را دارا بود. لاین‌های گروه ٤ از نظر وزن تر طوقه، درصد آب طوقه، وزن تر برگ، درصد آب برگ، درصد آب گیاهچه و درصد اتلاف آب برگ بیش‌ترین انحراف مثبت و از نظر میزان پرولین قبل از عادت‌دهی، میزان پرولین بعد از عادت‌دهی و اختلاف میزان پرولین قبل و بعد از عادت‌دهی بیش‌ترین انحراف منفی از میانگین کل را دارا بودند. براساس این گروه‌بندی لاین‌های گروه ۲ به‌علت داشتن بیش‌ترین انحراف مثبت از میانگین کل برای درصد وزن خشک برگ و بیش‌ترین انحراف منفی برای بیش‌تر صفات نامطلوب مرتبط با مقاومت به سرما به‌عنوان لاین‌های مطلوب و لاین‌های گروه ٤ به‌علت داشتن بیش‌ترین انحراف مثبت از میانگین کل برای بیش‌تر صفات نامطلوب به‌عنوان لاین‌های نامطلوب شناسایی شدند. از این‌رو، می‌توان لاین‌های ۹، ۳۱ (رقم ماکویی) و ۱۵ را از نظر صفات مورفوفیزیولوژیکی مرتبط با مقاومت به سرما در زمره لاین‌های مطلوب به‌شمار آورد. با توجه به بالا بودن ضریب تغییرات خطای آزمایش در مورد میزان پرولین، از جمع‌بندی مربوط به ارزش لاین‌ها در خصوص این ویژگی خودداری می‌شود و بهتر است آزمایش‌های تکمیلی در این مورد انجام گیرد.

به‌طورکلی با توجه به نبود همبستگی‌های معنی‌دار بین LT_{50} و صفات مورفوفیزیولوژیکی، بالا بودن میزان وراثت‌پذیری LT_{50} (برول‌بابل و فاولر، ۱۹۸۸؛ گنج‌خانلو، ۲۰۰۸) و رابطه مثبت این صفت با درصد زنده‌مانی در این مطالعه و پژوهش‌های برخی از محققان (مارشال و کولب، ۱۹۸۲؛ بریجر و همکاران، ۱۹۹٦؛ لیوینگستون و همکاران، ۲۰۰٤) می‌توان در مرتبه اول لاین ۳٦ (رقم Schulyer) و در مرتبه دوم لاین‌های ۹، ۳۱ (رقم ماکویی) و ۱۵ را به‌عنوان لاین‌های برخوردار از مقاومت بیش‌تر به یخزدگی در میان ٤۰ لاین مورد بررسی در نظر گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

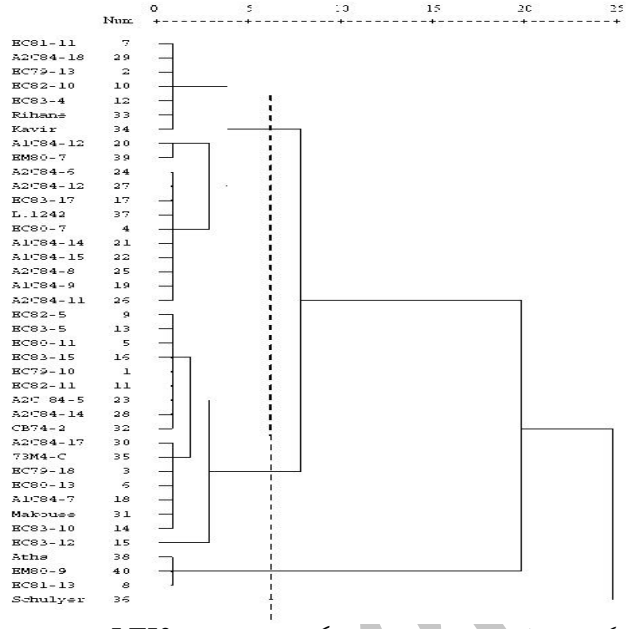
جدول ۸- میانگین گروه‌ها و انحراف آن‌ها از میانگین کل برای صفات LT50 و درصد زنده‌مانی در دماهای ۸-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- درجه سانتی‌گراد در لاین‌های جو مورد مطالعه.

متغیر		LT50	درصد زنده‌مانی در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد	درصد زنده‌مانی در دمای ۱۱- درجه سانتی‌گراد	درصد زنده‌مانی در دمای ۱۳- درجه سانتی‌گراد	درصد زنده‌مانی در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد
لاین‌های گروه ۱	میانگین	-۹/۵۶۹	۸۶/۰۵۳	۱۲/۳۶۸	۳/۴۲۱	۰/۵۲۶
۷، ۲۹، ۲، ۱۰، ۱۲، ۳۳، ۳۴، ۲۰، ۳۹، ۲۴، ۲۷، ۱۷، ۳۷، ۴، ۲۶، ۱۹، ۲۵، ۲۲، ۲۱	انحراف از میانگین کل	۰/۰۹۵	۲/۵۵۳	-۱۱/۶۳۲	-۱/۲۰۴	-۰/۰۹۹
	درصد انحراف از میانگین کل	۰/۹۸۳	۳/۰۵۷	-۴۸/۴۶۷	-۲۶/۰۳۲	۱۵/۸۴۰
لاین‌های گروه ۲	میانگین	-۱۰/۵۳۹	۹۱/۴۷۱	۳۷/۹۴۱	۳/۲۳۵	۰/۰۰۰
۹، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱، ۱۱، ۲۳، ۲۸، ۳۲، ۳۰، ۳۵، ۶، ۳، ۱۸، ۳۱، ۱۵، ۱۴، ۳۱	انحراف از میانگین کل	-۰/۸۷۵	۷/۹۷۱	۱۳/۹۴۱	-۱/۳۸۹	-۰/۶۲۵
	درصد انحراف از میانگین کل	-۹/۰۵۳	۹/۵۴۶	۵۸/۰۸۸	-۳۰/۰۳۲	-۱۰۰/۰۰۰
لاین‌های گروه ۳	میانگین	-۴/۰۷۱	۱۶/۶۶۷	۱/۶۶۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۳۸، ۴۰، ۸	انحراف از میانگین کل	۵/۵۹۴	-۶۶/۸۳۳	-۲۲/۳۳۳	-۴/۶۲۵	-۰/۶۲۵
	درصد انحراف از میانگین کل	۵۷/۸۷۹	-۸۰/۰۳۹	-۹۳/۰۵۴	-۱۰۰/۰۰۰	-۱۰۰/۰۰۰
لاین گروه ۴ ۳۶	میانگین	-۱۳/۳۸۳	۱۰۰/۰۰۰	۷۵/۰۰۰	۶۵/۰۰۰	۱۵/۰۰۰
	انحراف از میانگین کل	-۳/۷۱۸	۱۶/۵۰۰	۵۱/۰۰۰	۶/۳۷۵	۱۴/۳۷۵
	درصد انحراف از میانگین کل	-۳۸/۴۶۹	۱۹/۷۶۰	۲۱۵/۵۰۰	۱۳۰۵/۴۰۵	۲۳۰/۰۰۰
	میانگین کل	-۹/۶۶۵	۸۳/۵۰۰	۲۴/۰۰۰	۴/۶۲۵	۰/۶۲۵

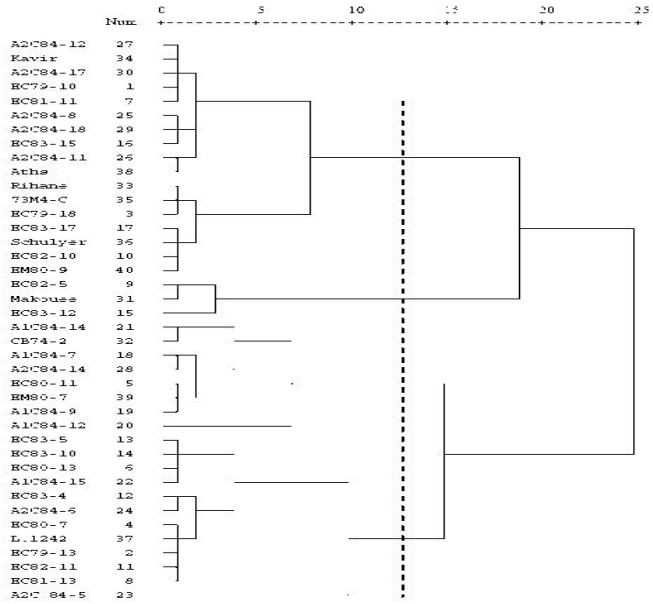
جدول ۹- میانگین گروه‌ها و انحراف آن‌ها از میانگین کل برای صفات فیزیولوژیکی و میزان پرولین در لاین‌های جو.

متغیر		وزن تر طوقه	درصد وزن خشک طوقه	درصد وزن آب طوقه	درصد وزن خشک برگ	درصد آب برگ	درصد آب گیاهچه	میزان پرولین قبل از عادت‌دهی	میزان پرولین بعد از عادت‌دهی	اختلاف میزان پرولین قبل و بعد از عادت‌دهی
لاین‌های گروه ۱	میانگین	۰/۱۴۰	۱۶/۶۰۴	۸۳/۳۹۶	۰/۹۴۲	۸۶/۹۶۴	۸۶/۴۰۴	۰/۰۲۵	۰/۰۴۱	۰/۰۱۶
۲۷، ۳۴، ۱، ۳۰، ۷، ۲۵، ۲۹، ۱۶، ۲۶، ۴۰، ۱۰، ۳۶، ۱۷، ۳، ۳۵، ۳۳، ۳۸	انحراف از میانگین کل	-۰/۰۱۲	۲/۲۲۴	-۲/۲۲۴	-۰/۰۵۳	-۰/۴۴۹	۰/۰۶۴	-۰/۰۶۵۵	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۹
	درصد انحراف از میانگین کل	-۷/۸۹۵	۱۵/۴۶۶	-۲/۵۷۸	-۵/۳۲۷	-۳/۳۲۹	۰/۰۷۴	-۴/۹۱۱	-۷/۱۴۳	-۳۷/۵۰۰
لاین‌های گروه ۲ ۹، ۳۱، ۱۵	میانگین	۰/۱۲۲	۱۵/۴۰۹	۸۴/۵۹۰	۰/۶۹۷	۲۱/۳۰۹	۷۸/۶۹۱	۱۱/۱۵۱	۰/۰۲۴	۰/۰۲۱
	انحراف از میانگین کل	-۰/۰۳۰	۱/۰۲۹	-۱/۰۲۹	-۰/۲۹۸	۷/۸۲۳	-۷/۸۲۳	-۲/۱۸۵	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۴
	درصد انحراف از میانگین کل	-۱۹/۷۳۷	۷/۱۵۶	-۱/۲۰۲	-۲۹/۹۴۹	-۹/۰۰۰۸	-۹/۰۴۲	-۱۶/۳۸۴	-۱۰/۷۱۴	-۱۳/۴۶۲
لاین‌های گروه ۳ ۲۱، ۳۲، ۱۸، ۲۸، ۵، ۳۹، ۱۹، ۲۰	میانگین	۰/۱۵۳	۱۲/۵۲۶	۸۷/۴۷۴	۰/۹۹۹	۱۳/۴۳۹	۸۶/۵۶۱	۱۳/۴۱۹	۰/۰۳۸	۰/۰۹۹
	انحراف از میانگین کل	۰/۰۰۱	-۱/۸۵۴	۱/۸۵۴	۰/۰۰۴	-۰/۰۴۶	۰/۰۴۶	۰/۰۸۲	۰/۰۱۰	۰/۰۴۷
	درصد انحراف از میانگین کل	۰/۶۵۸	-۱۲/۸۹۳	۲/۱۶۵	۰/۴۰۲	-۰/۳۴۱	۰/۰۵۳	۰/۳۷۵	۰/۰۶۱۵	۰/۳۰۶
لاین‌های گروه ۴ ۲، ۳۷، ۴، ۲۴، ۱۲، ۲۲، ۶، ۱۴، ۱۳ ۲۳، ۸، ۱۱	میانگین	۰/۱۷۵	۱۲/۲۰۸	۸۷/۷۹۲	۱/۱۴۲	۱۲/۱۹۸	۸۷/۸۰۲	۱۴/۷۵۶	۸۷/۷۷۲	۰/۰۲۵
	انحراف از میانگین کل	۰/۰۲۳	-۲/۱۷۲	۲/۱۷۲	۰/۱۴۷	-۱/۲۸۸	۱/۳۷۲	۱/۴۱۹	-۰/۰۰۳	-۰/۰۱۴
	درصد انحراف از میانگین کل	۱۵/۱۳۲	-۱۵/۱۰۴	۲/۵۳۷	۱۴/۷۷۴	-۹/۵۵۱	۱/۴۸۹	۱/۵۸۸	۱۰/۷۴۰	-۱۰/۷۱۴
	میانگین کل	۰/۱۵۲	۱۴/۳۸۰	۸۵/۶۱۹	۰/۹۹۵	۱۳/۴۸۶	۸۶/۵۱۴	۱۳/۳۳۶	۸۶/۳۹۹	۰/۰۲۸

www.SID.ir



شکل ۱- گروه‌بندی لاین‌های جو براساس میانگین استاندارد شده LT50 و درصد زنده‌مانی در دماهای ۸-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- درجه سانتی‌گراد با استفاده از روش Ward و توان دوم فاصله اقلیدسی.



شکل ۲- گروه‌بندی لاین‌های جو براساس میانگین استاندارد شده صفات فیزیولوژیکی و میزان پرولین مورد مطالعه با استفاده از روش Ward و توان دوم فاصله اقلیدسی.

www.SID.ir

منابع

1.Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant. Soil, 39: 205-207.
2.Beck, E.H., Heim, R., and Hansen, J. 2004. Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. J. Biosci. 29: 449-459.
3.Bridger, G.M., Falk, D.E., McKersie, B.D., and Smith, D.L. 1996. Crown freezing tolerance and field winter survival of winter cereals in eastern Canada. Crop Sci. 36: 150-157.
4.Brule-Babel, A.L., and Fowler, D.B. 1988. Genetic control of cold hardiness and vernalization requirement in wheat. Crop Sci. 28: 879-884.
5.Dorffling, K., Schulenburg, S., Lesselich, G., and Dorffling, H. 1990. Abscisic acid and proline levels in cold hardened winter wheat leaves in relation to variety-specific differences in freezing resistance. J. Agron. Crop. Sci. 165: 230-239.
6.Dospekhov, B.A. 1984. Field Experimentation (Translated by V. Kolykhamatov). Mir Publishers, Moscow, 352p.
7.Fowler, D.B., and Carles, R.J. 1979. Growth, development and cold tolerance of fall-acclimated cereal grains. Crop Sci. 19: 915-922.
8.Fowler, D.B., and Limin, A.E. 2002. Mitigation of cold stress. Crop Development Center, University of Saskatchewan, Saskatchewan, Canada.
9.Fowler, D.B., Limin, A.E., and Ritchie, J.T. 1999. Low-temperature tolerance in cereals: Model and genetic interpretation. Crop Sci. 39: 626-633.
10.Ganjkhanloo, E. 2008. Evaluation of barley lines for cold tolerance based on some physiological and morphological characters and their association with microsatellite markers. M.Sc. Thesis in Plant Breeding, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Abstract)
11.Gusta, L.V., and O'Connor, B.J. 1987. Frost tolerance of wheat, oats, barley, canola and mustard and the role of ice-nucleating bacteria. Can. J. Plant Sci. 67: 1155-1165.
12.Hare, P.D., and Cress, W.A. 1997. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. Plant Growth Reg. 21: 79-102.
13.Javadian, N., Karimzadeh, G., Mahfoozi, S., and Ghanati, F. 2010. Cold-induced changes of enzymes, proline, carbohydrates, and chlorophyll in wheat. Russ. J. Plant Physiol. 57: 540-547.
14.Kempthorne, O. 1969. An Introduction to Genetic Statistics. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA, 545p.
15.Livingston, D.P., Elwinger, G.F., and Murphy, J.P. 2004. Moving beyond the winter hardiness plateau in U.S. oat germplasm. Crop Sci. 44: 1966-1969.
16.Mahajan, S., and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Arch. Biochem. Biophys. 444: 139-158.

Archive of SID

www.SID.ir

17.Marshall, H.G., and Kolb, F.L. 1982. Individual crown selection for resistance to freezing stress in winter oats. Crop Sci. 22: 506-510.
18.Mazzucotelli, E., Tartari, A., Cattivelli, L., and Forlani, G. 2006. Metabolism of γ-aminobutyric acid during cold acclimation and freezing and its relationship to frost tolerance in barley and wheat. J. Exp. Bot. 57: 3755-3766.
19.Mirzaie-Asl, A., Yazdi-Samadi, B., Zali, A., and Sadeghian Motahhar, Y. 2002. Measuring cold resistance in wheat by laboratory tests. Iranian J. Sci. and Technol. Agric. and Natur. Resour. 6: 1. 177-186.
20.Prasil, I., Kadlecova-Faltusova, Z., and Faltus, M. 2001. Water and ABA content in fully expanded leaves of cold-hardened barleys. Iceland Agric. Sci. 14: 49-53.
21.Prasil, I.T., Prasilova, P., and Marik, P. 2007. Comparative study of direct and indirect evaluation of frost tolerance in barley. Field Crops Res. 102: 1-8.
22.Saulescu, N.N., and Braun, H.J. 2001. Cold tolerance, P: 111-123. In: M.P., Reynolds, J.I. Ortiz-Monaterio, and A. McNab, (eds.). Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F., CIMMYT.
23.Skinner, D.Z., Bellinger, B.S., Halls, S., Baek, K.H., Garland-Campbell, K., and Siems, W.F. 2005. Phospholipid acyl chain and phospholipase dynamics during cold acclimation of winter wheat. Crop Sci. 45: 1858-1867.
24.Skinner, D.Z., and Garland-Campbell, K.A. 2008. The relationship of LT50 to prolonged freezing survival in winter wheat. Can. J. Plant Sci. 88: 885-889.
25.Tomashow, M.F. 1998. Role of cold-responsive genes in plant freezing tolerance. Plant Physiol. 118: 1-8.
26.Yang, R.C., Jana, S., and Clarke, J.M. 1991. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought-responsive characters in durum wheat. Crop Sci. 31: 1484-149.

Archive of SID

www.SID.ir

EJCP., Vol. 5 (3): 1-21
http://ejcp.gau.ac.ir

Genetic evaluation of barley lines for crown freezing resistance and several physiological characters

E. Farajzadeh[1], *M. Moghaddam[2], S. Aharizad[3], K. Ghassemi Gholezani[2], S.A. Mohammadi[2] and S. Hamian[1]

[1]M.Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Tabriz,
[2]Professor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Tabriz,
[3]Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Tabriz

Received: 2011-05-11; Accepted:2012-05-24

Abstract

In order to determine the genetics of barley lines for freezing resistance based on crown survival percentage an experiment was carried out as a split plot design on the basis of randomized complete blocks with two replications. Forty barley lines were assigned in subplots and five freezing temperatures (-8, -11, -13, -15 and -17 ˚C) were allocated in main plots. The results showed significant differences among lines at the temperatures -8, -11 and -13 ˚C. Analysis of variance of the data based on randomized complete block design showed significant differences among lines for LT50, leaf fresh weight, percentage of leaf dry weight, percentage of crown dry weight, percentage of leaf water content, percentage of crown water content, percentage of seedling water content, leaf relative water loss and the amount of proline after hardening. The heritability of LT50, percentage of leaf dry weight, percentage of leaf water content, percentage of seedling water content and amount of proline after hardening were high and amount of proline after hardening had the largest squared genetic coefficient of variation. Grouping of barley lines based on LT50 and survival percentage at the temperatures -8, -11, -13 and -15 ˚C, determined line 36 (Schulyer cultivar) as the most freezing tolerant and based on physiological characters indicated the lines 9 (with the pedigree of Alger/(CI10117/Choyo..), 31 (Makouee cultivar) and 15 (with the pedigree of K-096M3) as the more desirable genotypes.

Keywords: Proline; Barley; Crown survival percentage; Freezing resistance; LT50

* Corresponding author; Email: mmoghaddam@tabrizu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir