تحمل به یخبندان ژنوتیپ‌های امید بخش گندم به روش یخبندان طوقه (Crown freezing)

محمود ناظری[۱]، علی احمدی[۲]، محمد تابعی[۱]، بهمن کوهستانی[۱]

چکیده

استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل به تنشهای محیطی یکی از راهکارهای اجرایی سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد. از آنجایی که زمستان مناسب برای بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به سرما و یخبندان از هر ۱۰ سال فقط یکبار احتمال وقوع دارد، بنابراین اتکاء به روشهای آزمایشگاهی توام با یادداشت برداریهای مزرعه ای، راهی مناسب برای انتخاب مواد جهت تحمل به سرما و یخبندان است. این بررسی در همین راستا در سال ۸۱-۱۳۸۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. ۲۰ تیمار موجود، ژنوتیپ‌های امید بخش آزمایش یکنواخت سراسری گندم مناطق سرد بودند که از بین آنها ژنوتیپ هایی جهت مناطق سرد کشور معرفی خواهند شد. با استفاده از روش یخبندان طوقه ژنوتیپ‌های مورد بررسی تا ۲۰- درجه سانتی گراد در شرایط کنترل شده، مورد تیمار قرار گرفتند، وپس از آن درصد بقاء پس از یخبندان محاسبه شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ شماره ۹ بالاترین درصد بقاء پس از یخبندان (۹۸/۳۳٪) و ژنوتیپ شماره ۷ کمترین درصد بقاء پس از یخبندان (۶۶/۶۷٪) را دارا بودند. ژنوتیپ شماره ۹ کمترین میزان رطوبت طوقه و ژنوتیپ شماره ۷ دارای میزان رطوبت طوقه غیرمعنی دار با ژنوتیپ‌های برتر از نظر این صفت بودند. همبستگی بسیار قوی و منفی ($r = -۰/۷۰۱$) بین درصد بقاء پس از یخبندان و میزان رطوبت طوقه وجود داشت. از دیگر صفاتی که رابطه معنی دار با درصد بقاء پس از یخبندان داشت، مرحله رشد آغازه‌های سنبله ($r = -۰/۶۱۹$) بود. همبستگی معنی‌داری بین درصد بقاء پس از یخبندان و تعداد روز تا ظهور سنبله ($r = -۰/۲۰۷$) و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ($r = -۰/۲۰۸$) وجود نداشت. درصد بقاء پس از یخبندان با میانگین یادداشت برداری‌های مزرعه ای تحمل به سرما در ۵ ایستگاه منطقه سرد کشور، رابطه مثبت و معنی داری ($r = -۰/۴۱۶$) داشت، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که روش یخبندان طوقه و متعاقب آن محاسبه درصد بقاء پس از یخبندان روشی مطمئن برای برآورد تحمل به سرما و یخبندان ژنوتیپ‌های گندم در شرایط طبیعی می‌باشد.

واژگان کلیدی: آغازه‌های سنبله، بقاء پس از یخبندان،تحمل سرما، رسیدگی فیزیولوژیک، ظهور سنبله، یخبندان طوقه

مقدمه

گندم در دامنه وسیعی از شرایط محیطی، از کرانه‌های قطبی تا حوالی استوا مورد کشت و کار قرار می‌گیرد، باتوجه به این امر، طبیعی است که در طول دوره رشد و نمو خود با انواع تنش‌ها روبرو می‌شود. تنش سرما و یخبندان از تنش‌های اثر گذار بر روی عملکرد، است که گاه خسارت به حدی است که منجر به نابودی کامل محصول می‌شود. هم اکنون حدود ۱۵٪ کاهش محصولات زراعی ناشی از

۱- پژوهنده و کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی،
۲- استادیاردانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تنش‌های سرما و یخبندان است(۳). در کاهش خسارت سرما و یخبندان، معرفی ژنوتیپ‌های مقاوم مؤثر است، از آنجاییکه زمستان مناسب برای بررسی و انتخاب برای تحمل به سرما، در شرایط مزرعه از هر ۱۰ سال فقط یکبار احتمال وقوع دارد، بنابراین بسیاری از مطالعات، روشهای آزمایشگاهی و مصنوعی را برای تعیین تحمل به سرما و یخبندان توصیه کرده اند (۸ و ۱۲). تکنیک‌های مصنوعی سرما همبستگی بسیار نزدیک (r =۰/۸۶) با میانگین بلند مدت خسارت سرما در شرایط مزرعه نشان داده است (۱۲). به منظور تحمل به سرما بایستی ژنوتیپ هایی را انتخاب نموده که در خلال سرمای زمستان دارای نمو بطئی آغازه‌های سنبله[1] و رشد خیلی سریع پس از برطرف شدن سرما باشند (۹). بررسی‌های تحمل به سرما و یخبندان در شرایط کنترل شده برای اولین بار در اوایل قرن گذشته توسط هاروی به دلیل عدم یکنواختی نتایج حاصل از آزمایشات مزرعه ای اجرا گردید(۸). یکی از روشهای تعیین تحمل به یخبندان روش یخبندان طوقه[2] است زیرا که تحمل طوقه به یخبندان به عنوان شرط لازم مقاوم سازی[3] در برابر سرمای زمستان شناخته می‌شود(۶). طوقه در غلات زمستانه یکساله مکان مریستمی است که در معرض خسارت سرما ویخبندان بوده و قابلیت ترمیم دارد، آزمایشات یخبندان طوقه بایستی در مورد گیاهانی اجرا شوند که مقاوم سازی شده باشند. این گیاهان در شرایط مزرعه معمولا در بررسیهای یخبندان طوقه مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی مقاوم سازی در شرایط مزرعه ممکن است نواقصی داشته باشد مثلا" شرایط پاییز ممکن است برای این امر مناسب نباشد و به علاوه ممکن است تنوع محیطی موجود، یک منبع خطای جدی در آزمایشات یخبندان باشد، بنابراین شرایط کنترل شده نیز برای تکمیل این بررسیها لازم است (۵). یکی از صفات قابل اندازه گیری در طی پدیده مقاوم سازی در غلات زمستانه کاهش رطوبت طوقه است. در میان غلات زمستانه رابطه بسیار قوی (r = ۰/۹) بین میزان رطوبت طوقه و تحمل به سرما ویخبندان گیاه وجود دارد که البته بین گونه‌های مختلف این رابطه نیز فرق می‌کند، مثلا در یک رقم گندم زمستانه و چاودار که از نظر میزان رطوبت طوقه مشابه بودند ۱۰ درجه سانتیگراد تفاوت در تحمل به سرما وجود داشت (۵). در طی یک بررسی مشخص شد که مقدار رطوبت مطلوب طوقه برای تحمل به یخبندان ۶۵ درصد است، در بافتهای با رطوبت بیشتر به راحتی یخ داخل سلولی تشکیل که باعث خسارت مي‌گردد و در بافتهاي با رطوبت کمتر، ممکن است پدیده ابر سرمايي[4] اتفاق بیافتد که متعاقب آن خطرات یخبندان داخل سلولي افزایش مي‌یابد (۷). بریدگر و همکاران در يك بررسي در رابطه با تحمل به یخبندان به روش یخبندان طوقه و درصد بقاء[5] پس از یخبندان نتیجه گرفتند که ارتباط بین بقاء پس از یخبندان در شرایط طبیعي و روش یخبندان طوقه (روش آزمایشگاهي) بسیار قوي (r = ۰/۹۶) بوده است آنها در همین بررسي نتیجه گرفتند که متحمل ترین مرحله رشد گندم به یخبندان مرحله ۵-۲ برگي است(۵). در بررسي ديگري متحمل ترین مرحله رشد گندم به یخبندان مرحله ۶-۴ برگي گزارش شده است(۱۶)، اگر چه گزارشات ديگري در مراحل ديرتر (۱۷) و یا زودتر (۶ ،۹) از مرحله ۶-۴ برگي به عنوان متحمل ترین مراحل رشد و نمو گندم نسبت به سرما و یخبندان نیز وجود دارد. در برخي تحقیقات با استفاده از روش یخبندان طوقه، شرایط بررسي با کاهش تدریجي

1 - Ear primordia
2 - Crown freezing
3 - Hardening
4 - Super cooling
5 - Survival

فتوپریود و دما توام بوده است (۲و۶) و در برخي ديگر فقط يك دما و فتوپريود مورد استفاده قرار گرفته است (۶،۱۳و۱۴). مطالعات انجام شده در رابطه با روش يخبندان طوقه تعداد تكرار خيلي زياد را توصيه نمي كنند و معمولا تعداد ۴-۲ تكرار را توصيه مي‌كنند (۵). در يك بررسي ديگر در رابطه با تحمل به سرما و يخبندان ژنوتيپ‌هاي غلات، ۳۰ رقم زراعي گندم مورد بررسي قرار گرفتند و يك رابطه بسيار قوي (۰/۸۶۵۶ = r) بين ميانگين ۲۴ روش آزمايشگاهي و ميانگين بلند مدت يادداشت برداري‌هاي مزرعه اي تحمل به يخبندان، گزارش شد (۱۲). دو اشكال عمده در روشهاي آزمايشگاهي ايجاد تحمل به سرما و يخبندان وجود دارد اول اينكه محيط كنترل شده متفاوت از محيط طبيعي است، دما در شرايط مزرعه مرتبا در نوسان است درحاليكه در محيط‌هاي كنترل شده معمولا يك رژيم حرارتي ثابت (معمولا دماي بحراني) اعمال مي‌شود و بنابراين برآورد اثرات متقابل ژنوتيپ و دما مقدور نيست، اشكال دوم آزمايشات در محيط كنترل شده آن است كه بيماريهاي بذر زاد[1] و خاك زاد[2] ممكن است در شرايط مزرعه يك عامل مهم و تاثير گذار بر بقاء گياه پس از يخبندان باشد، درحاليكه اين عوامل ممكن است در شرايط كنترل شده موجود نباشند، بنابراين طراحي دقيق و ماهرانه محيط‌هاي كنترل شده بطوريكه بتواند شرايط محيطي را شبيه سازي كند مي‌تواند كمك بزرگي براي افزايش دقت اين بررسيها باشد (۴). در روش يخبندان طوقه تا حد امكان از شرايط طبيعي بهره گرفته مي‌شود (رشد گياهچه در شرايط مزرعه تا مرحله آزمايش يخبندان و محاسبه درصد بقاء در شرايط مزرعه) بنابراين به نظر مي‌رسد كه نتيجه اين بررسيها با واقعيت بيشتر منطبق باشد. لويت، كارهايي را كه در رابطه با تحمل به يخبندان صورت گرفته بود، مورد بررسي قرار داد و در نهايت نتيجه گرفت روشهايي بازدهي و كارآيي بيشتري خواهند داشت كه بتوانند ارزيابي دقيق و سريعي از تحمل به سرما و يخبندان ارائه دهند(۱۲).

مطالعه حاضر در رابطه با تعيين تحمل به سرما و يخبندان ژنوتيپ‌های اميد بخش گندم كه جهت كشت در مناطق سرد توصيه خواهند شد، طراحی شده است. در اين بررسی از تكنيك يخبندان طوقه استفاده شد و درصد بقاء پس از يخبندان نيز در شرايط مزرعه مورد محاسبه و بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

اين بررسی در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ در قالب طرح بلوك‌های كامل تصادفی با ۳ تكرار و ۲۰ تيمار در ايستگاه طرق مشهد در مزرعه و آزمايشگاه اجرا شد. ۲۰ ژنوتيپ گندم، شامل ژنوتيپ‌های اميد بخش آزمايش يكنواخت سراسری مناطق سرد (C-78) بودند. آماده سازی زمين مطابق عرف منطقه (شخم، ديسك، لولر و فارو) انجام شد و فرمول كود مصرفی بر اساس ۵۰-۹۰-۱۲۰ (N-P-K) كيلوگرم در هكتار و به ميزان ۴۰ كيلوگرم در هكتار سولفات روی مصرف شد. تكنيك يخبندان طوقه به شرح زير مورد استفاده قرار گرفت (۴، ۵ و ۸).در مرحله پنج برگی به عنوان مرحله ای كه از نظر تحمل سرما و يخبندان مورد توافق است(۵،۶و۹) ، هر تيمار آزمايشی در هر تكرار تعداد ۲۰ گياه بطور تصادفی انتخاب شده و ۱/۵ سانتيمتر از محل بالای طوقه و ۲/۵ سانتيمتر از پائين طوقه هر گياه قطع و

1 - Seed born

2 - Soil born

آنگاه گیاهان حاصله شسته شده و در کیسه‌های پلاستیک فریزر قرار گرفته و شماره ژنوتیپ آزمایشی روی آن ثبت شد و سپس در اتاقکهای با سیستم کنترل دما قرار گرفتند. در این اتاقکها جهت اعمال مقاوم سازی و تیمار یخبندان به شرح زیر تنظیم دما انجام شد. ۴ ساعت در دمای صفر درجه سانتیگراد، ۱۰ ساعت کاهش تدریجی دما تا ۲۰- درجه سانتیگراد (کاهش ۲ درجه سانتیگراد در هر ساعت)، ۲ ساعت توقف در ۲۰- درجه سانتیگراد، ۱۰ ساعت افزایش تدریجی دما تا رسیدن به صفر درجه سانتیگراد (افزایش ۲ درجه سانتیگراد در هر ساعت) و نهایتا ۲۴ ساعت دمای ۲ درجه سانتیگراد. پس از اعمال دماهای فوق گیاهان حاصله به مزرعه منتقل(به روش نشا کاری) وگیاهان باقیمانده از خسارت سرما و یخبندان ۲۰ روز پس از انتقال شمرده شده و درصد بقاء پس از یخبندان محاسبه شد (۴و۵). درصدهای حاصله پس از تبدیل به جذر(۱) بر اساس موازین طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه واریانس شده و با استفاده از روش دانکن مقایسه میانگین ها انجام شد. از ژنوتیپ‌های آزمایشی در شرایط مزرعه نیز یادداشت برداریهای خسارت سرما انجام شده و همبستگی درصد بقاء پس از یخبندان (شرایط آزمایشگاهی) با خسارت سرما در شرایط مزرعه و سایر صفات یادداشت برداری شده شامل: درصد رطوبت طوقه، درصد ماده خشک بوته در مرحله انتقال گیاهان به شرایط کنترل شده، مرحله رشد آغازه‌های سنبله بر اساس مقیاس اینامورا و همکاران (۱۰)، تیپ زراعی، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پر شدن دانه، با استفاده از رگرسیون خطی محاسبه شد. یادداشت برداری خسارت سرما و یخبندان در شرایط طبیعی به شرح زیر انجام شد:

با توجه به اینکه بهترین زمان یادداشت برداری خسارت سرما و یخبندان بلافاصله پس از بروز سرما می‌باشد و در صورت تأخیر، در یادداشت برداری خسارت وارده اغلب اشتباه رخ می‌دهد بنابراین یادداشت برداری خسارت سرما بلافاصله پس از بروز سرما در دفعات مختلف ثبت گردید. انواع مختلف واکنش به سرما و یخبندان به شرح زیر است(۹و۱۴):

R[1]: برگها کاملا" سالم و عاری از سرمازدگی؛

MR[2]: نوک برگها زرد و خشک شده است؛

MS[3]: میزان سرمازدگی بیش از نصف سطح برگ است؛

S[4]: کل برگها در اثر سرما ازبین رفته است (در صورت ازبین رفتن بوته، درصد بوته‌های نابودشده، ثبت می شود)؛

VS[5]: درصد بوته‌های ازبین رفته بیش از ۵۰٪ است؛

چون این صفات بایستی در محاسبات آماری مورد استفاده قرار می‌گرفت به ترتیب R= ۵،MR=۴، MS= ۳، S=۲ و VS=۱ قرارداد شد (۹و۱۴).

به منظور تعیین تیپ زراعی ژنوتیپ‌های آزمایشی در یک آزمایش جداگانه در گلخانه کاشت شدند و تیپ زراعی پس از ظهور سنبله به شرح زیر تعیین گردید(۹):

الف) تیپ بهاره[6] (S) : این تیپ برای به سنبله رفتن نیازی به سرما نداشته و کلیه پنجه ها دارای سنبله بوده و سنبله ها تقریبا" در یک سطح قرار دارند.

ب) تیپ زمستانه[7] (W) : در این تیپ رشد، کلیه بوته ها به صورت علفی روی زمین (رزت) باقی خواهند ماند.

1 - Resistant
2 - Moderate resistant
3 - Moderate susceptible
4 - Susceptible
5 - Very susceptible
6 - Spring
7 - Winter

ج) تیپ بینابین[1] (F) : از هر بوته یک تا دو پنجه دارای سنبله خواهند بود و بقیه بصورت علفی روی زمین باقی خواهند ماند.

به منظور تعیین نسبت رطوبت به ماده خشک طوقه در مرحله انتقال طوقه ها به شرایط کنترل شده جهت آزمون یخبندان طوقه، ابتدا۲۰ بوته تصادفی از هر تیمار در هریک از سه تکرار انتخاب و طوقه‌های آنها به دقت جدا شده و پس از توزین و تعیین وزن تر، طوقه ها به مدت ۴۸ ساعت در دما ۸۰ درجه سانتی گراد خشک شده و وزن خشک آنها تعیین گردید. درصد ماده خشک بوته در مرحله انتقال به شرایط کنترل شده جهت آزمون یخبندان نیز به روش مشابه تعیین گردید. به منظور تعیین مرحله رشد آغازه‌های سنبله درمرحله انتقال به اتاقکهای با دمای قابل کنترل، نیز ۵ بوته تصادفی از هر تیمار انتخاب و مرحله رشد آغازه‌های سنبله برای هر تیمار با استفاده از میکروسکوپ تعیین شد(۱۱) وبر اساس مقیاس اینامورا و همکاران (جدول۱) به کمیت تبدیل و در محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفت(۱۰).

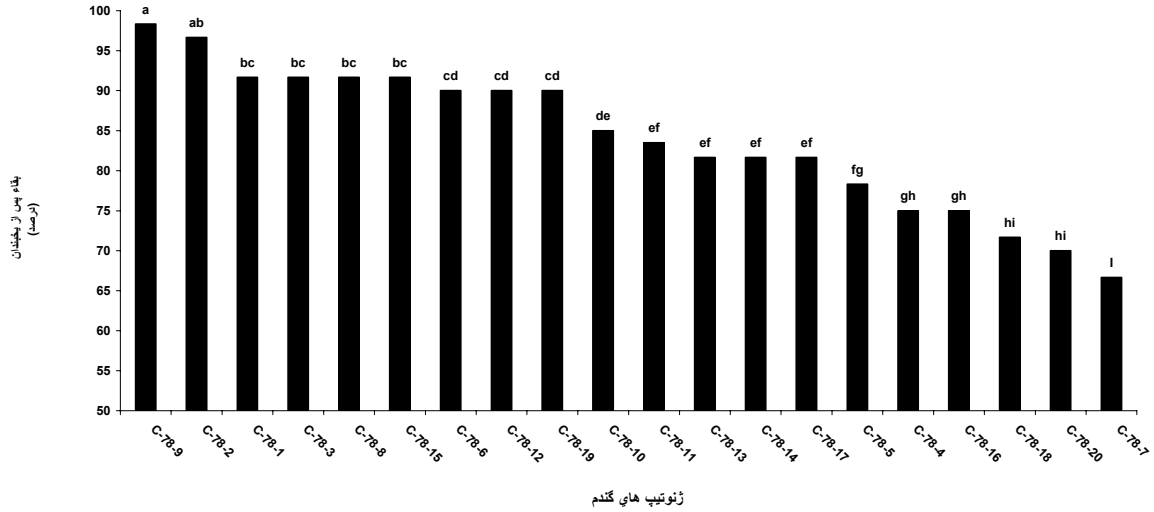
نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثرات ژنوتیپ درخصوص درصد بقاء پس از یخبندان بسیار معنی دار بود (جدول ۲). باتوجه به مقایسه میانگین تیمارها از نظر این صفت (شکل ۱) در می‌یابیم که C-78-9 بالاترین درصد بقاء پس از یخبندان را نشان داد(۹۸/۳۳٪)، یخبندان و نزول دما تا ۲۰- درجه سانتیگراد فقط حدود ۱/۷٪ بوته ها را از بین برد، پس از این ژنوتیپ با اختلاف غیرمعنی دار، ژنوتیپ شماره ۲ قرار داشت که درصد بقاء پس از یخبندان این ژنوتیپ ۹۶/۶۷٪ بود و سرما و یخبندان حدود ۳/۴٪ بوته ها را در این ژنوتیپ از بین برد، حساسترین ژنوتیپ‌های این بررسی نسبت به سرما و یخبندان، به ترتیب ژنوتیپ‌های ۷و ۲۰ و ۱۸ بودند، ژنوتیپ شماره ۷ با ۶۶/۶۷ درصد بقاء حدود ۳۳/۴٪ بوته هایش را در اثر یخبندان از دست داد و قبل از آن، ژنوتیپ‌های شماره ۲۰ و ۱۸ قرار داشت که به ترتیب حدود ۳۰ درصد و ۲۸/۴ درصد بوته هایش بر اثر سرما و یخبندان از بین رفت.هنگامی که سایر صفات همزمان مورد بررسی قرار گرفتند اهمیت رطوبت طوقه بیشتر مشخص شد، ژنوتیپ‌های مختلف از نظر نسبت رطوبت به ماده خشک طوقه، تفاوتهای معنی داری با یکدیگر نشان دادند (شکل ۲)، ژنوتیپ شماره ۹ که بالاترین درصد بقاء را پس از یخبندان داشت، کمترین محتوی رطوبت طوقه را دارا بود، ژنوتیپ‌های شماره ۲ و۱ نیز که از درصد بقاء بالایی برخوردار بودند، از نظر رطوبت طوقه با ژنوتیپ شماره ۹ تفاوت غیر معنی داری را داشتند. ژنوتیپ هایی که حساسیت بیشتری (ژنوتیپ‌های ۷، ۲۰ و ۱۸) را نسبت به سرما و یخبندان نشان دادند از میزان رطوبت طوقه بالاتری برخوردار بودند (شکل ۲).پمروی و فولر(۱۹۷۳) ، بلوم (۱۹۸۹) و بریدگر و همکاران (۱۹۹۶)، در بررسیهای جداگانه نتایج مشابهی را گزارش کرده اند (۴، ۵ و۱۵)، که با نتایج حاصل از این بررسی موافقت دارد.

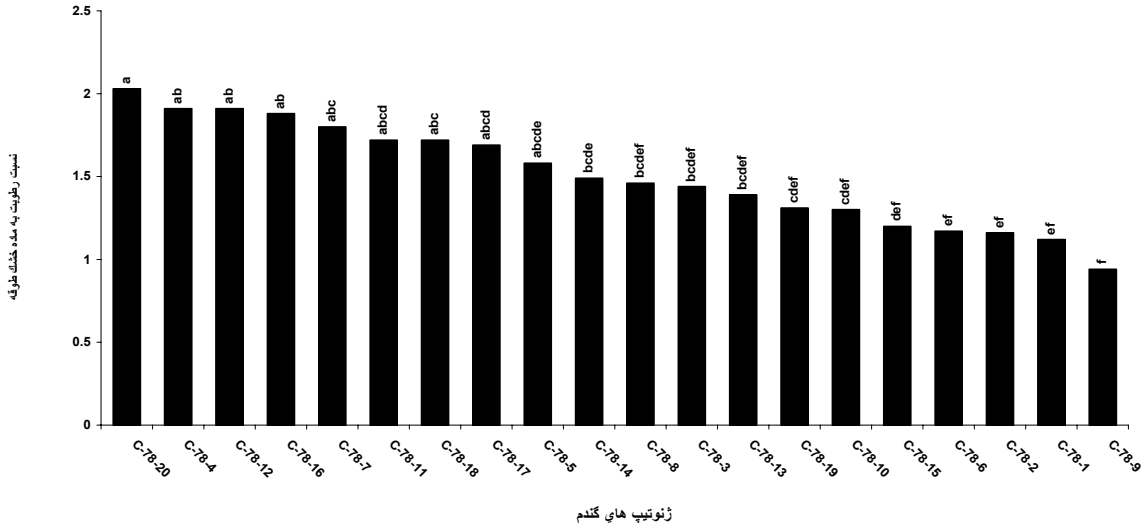
همبستگی بسیار قوی و منفی (r =-۰/۷۰۱) بین درصد بقاء پس از یخبندان در مزرعه و نسبت رطوبت به ماده خشک طوقه موجود بود (جدول ۳) بنابراین می‌توان نتیجه گیری کرد که با افزایش میزان رطوبت طوقه که حاوی بافتهای مریستمی است، درصد بقاء پس از یخبندان کاهش خواهد یافت. بنابراین میزان رطوبت طوقه که به راحتی قابل اندازه گیری است می‌تواند یک صفت مطمئن برای انتخاب مواد ژنتیکی مقاوم به سرما و یخبندان باشد. از صفات دیگری که می‌تواند معرف درصد بقاء پس از یخبندان باشد، مرحله رشد آغازه‌های سنبله است رابطه معکوس و بسیار معنی دار بین مرحله رشد آغازه‌های سنبله با درصد بقاء پس از یخبندان(r = -۰/۶۱۹) معرف این واقعیت است که با

1 - Facultative

پیشرفت مرحله رشد آغازه‌های سنبله، حساسیت به سرما و یخبندان افزایش می‌یابد و یا به عبارتی در صد بقاء پس از یخبندان کاهش می‌یابد، وجود همبستگی مثبت وبسیار معنی دار بین مرحله رشد آغازه‌های سنبله و میزان رطوبت طوقه (r =۰/۳۶) می‌تواند علت حساسیت به سرما و یخبندان را در ژنوتیپ‌های دارای مرحله رشد پیشرفته تر آغازه‌های سنبله، بیان کند. زیرا با افزایش میزان رطوبت طوقه درصد بقاء پس ازیخبندان کاهش می‌یابد.



شکل ۱: مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف گندم از نظر درصد بقاء پس از یخبندان



شکل ۲: مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف گندم از نظر نسبت رطوبت به ماده خشک طوقه

جدول۱: مرحله رشد آغازه‌های برگ و سنبـله بر اساس مقیاس اینامورا و همکاران(۱۰)

مشخصات	بزرگنمایی میکروسکوپ	مرحله رشد آغازه ها
متمایز شدن آغازه های برگ	۵۰	۱
شروع تمایز آغازه های سنبله	۵۰	۲ -۵
رشد رویشی به زایشی تغییر می یابد، مرحله اول تمایز آغازه های سنبلچه	۵۰	۶
مرحله میانی تمایز آغازه های سنبلچه دو بر آمدگی روشن قابل مشاهده است	۲۰	۷
اساس دو بر آمدگی روی سنبلچه	۲۰	۷/۲
دو بر آمدگی گرد و تیره قابل مشاهده است مساعد برای خسارت سرما در اوایل بهار	۲۰	۷/۷
آخرین مرحله تمایزسنبلچه ها	۲۰	۸
اولین مرحله تمایز آغازه های گلچه	۲۰	۹
پوشینه (گلوم) و گلچه اولیه در سنبلچه متمایز می شوند	۲۰	۹/۱
پوشینک خارجی (لما) و کلاله در قسمتهای وسطی سنبله متمایز می شوند	۲۰	۹/۴
تمایز پوشینک خارجی (لما) ، پرچم و کلاله از بالا به پایین سنبله	۲۰	۹/۷
ریشک ها در گلچه اولیه رشد می کنند (آخرین مرحله تمایز آغازه های گلچه)	۲۰	۱۰

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس صفات مختلف زراعی

		میانگین مربعات (MS) صفات مورد بررسی					
منابع تغییر	درجه آزادی	درصد ماده خشک	رطوبت طوقه به ازای واحد ماده خشک	دوره پر شدن دانه	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعداد روز تا ظهورسنبله	درصد بقاء پس از یخبندان
تکرار	۲	۰/۰۰۱ $^{n.s}$	۰/۱۸۲ $^{n.s}$	۸/۵۱۷*	۶/۲۱۷*	۳/۶۱۷ $^{n.s}$	۰/۰۰۱$^{n.s}$
تیمار	۱۹	۰/۰۰۴**	۰/۲۹۲**	۳/۵۳۰ $^{n.s}$	۱۲/۳۶۵**	۱۱/۷۳۶**	۰/۰۲۵**
خطا	۳۸	۰/۰۰۱	۰/۰۷۲	۲/۳۵۹	۱/۴۶۲	۲/۴۹۴	۰/۰۰۱
C.V		٪۹/۰۶	٪۱۷/۷۱	٪۴/۹۱	٪۸/۳	٪۶/۴	٪۴/۳۵

n.s : غیر معنی دار * : معنی دار در سطح ۵٪ ** : معنی دار در سطح ۱٪

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین درصد بقاء پس از یخبندان (Survival %) و برخی صفات مهم زراعی

صفات مورد بررسی	مرحله رشد آغازه‌های سنبله	تعداد روز تا ظهور سنبله	تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک	رطوبت طوقه به ازای واحد ماده خشک	درصد ماده خشک	خسارت سرما در مزرعه
تعداد روز تا ظهور سنبله	-۰/۳۳۷*					
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	-۰/۳۱۷*	۰/۶۰۷**				
رطوبت طوقه به ازای واحد ماده خشک	۰/۳۶**	۰/۰۳۷ $^{n.s}$	۰/۰۵۲ $^{n.s}$			
درصد ماده خشک	-۰/۰۰۷$^{n.s}$	۰/۱۹۹ $^{n.s}$	۰/۳۱۲*	-۰/۱۷۷ $^{n.s}$		
خسارت سرما در مزرعه	-۰/۴۴۷**	۰/۱۰۵ $^{n.s}$	۰/۳۱۱*	۰/۲۶۸*	۰/۱۰۳ $^{n.s}$	
درصد بقاء پس از یخبندان	-۰/۶۱۹**	-۰/۲۰۷ $^{n.s}$	-۰/۰۲۸ $^{n.s}$	-۰/۷۰۱**	۰/۰۲۷ $^{n.s}$	۰/۴۱۶**

n.s : غیر معنی دار * : معنی دار در سطح ۵٪ ** : معنی دار در سطح ۱٪

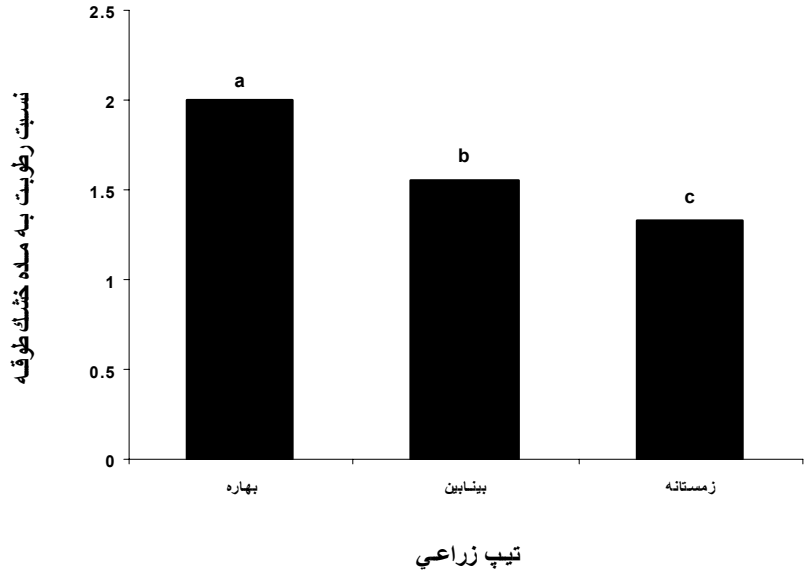
بنابراین مرحله رشد آغازه‌های سنبله (که با استفاده از مقیاس اینامورا تعیین گردید) نیز صفتی مطمئن و قابل اندازه گیری جهت انتخاب برای تحمل به سرما و یخبندان می‌تواند باشد. به نظر می‌رسد که مراحل قبل از برجستگی دوگانه در گندم به سرما و یخبندان مقاوم و پس از این مرحله خسارت به سرما و یخبندان افزایش می‌یابد. مقایسه گروهی تیمارها با مراحل رشد متفاوت آغازه‌های سنبله از نظر درصد بقاء پس از یخبندان (شکل ۵) و میزان رطوبت طوقه نیز موید این نظریه است (شکل ۶). هاشینو و طاهر (۱۹۸۷) در بررسی مشابهی گزارش کردند که ژنوتیپ‌های دارای سرعت نموی کمتر به سرما و یخبندان تحمل بیشتری داشتند (۹)، که با نتایج حاصل از این بررسی موافقت دارد.

یکی از نکات قابل تأمل در بررسی ضرایب همبستگی (جدول ۳) عدم وجود همبستگی معنی دار بین درصد ماده خشک بوته و درصد بقاء پس از یخبندان بود(r =٪۲۷) به نظر می‌رسد آنچه در تحمل به یخبندان و سرما موثر است میزان ماده خشک طوقه(یا بر عکس میزان رطوبت طوقه) است و در صد ماده خشک بوته چندان در تحمل به سرما و یخبندان نقشی نداشته است. از صفات دیگری که می‌تواند معرف درصد بقاء پس از یخبندان باشد تیپ زراعی است، مقایسه گروهی تیمارها (شکل ۳) نشان می‌دهد که تیپ‌های بهاره با زمستانه از نظر درصد بقاء پس از یخبندان تفاوت معنی داری داشتند، همچنین تفاوت ژنوتیپ‌های بهاره با بینابین نیز درخصوص این صفت بسیار معنی دار بود، گرچه تفاوت ژنوتیپ‌های بینابین با زمستانه از نظر درصد بقاء پس از یخبندان غیر معنی دار بود.

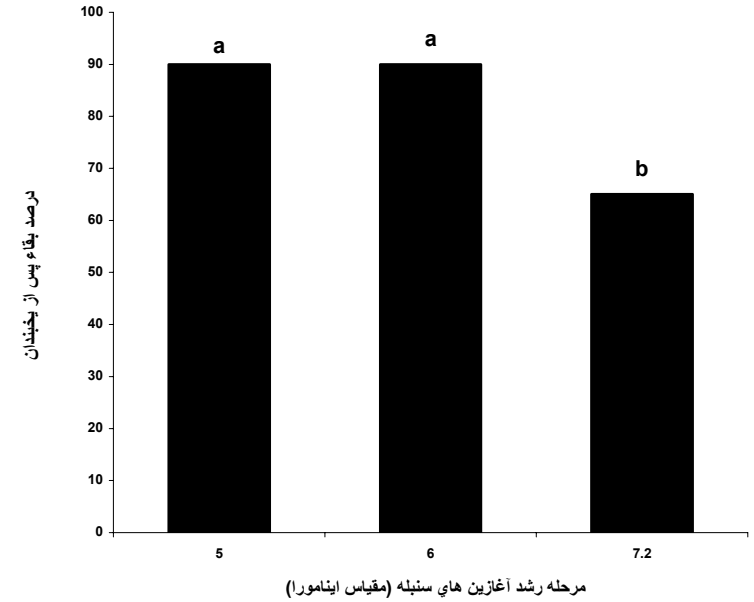
مقایسه گروهی تیمارها از نظر میزان رطوبت طوقه (شکل ۴) نشان می‌دهد که تفاوت ژنوتیپ‌های بهاره با زمستانه، ژنوتیپ‌های بهاره با بینابین و ژنوتیپ‌های زمستانه با بینابین از نظر میزان رطوبت طوقه بسیار معنی دار است، ژنوتیپ‌های زمستانه دارای کمترین میزان رطوبت طوقه و پس از آن ژنوتیپ‌های بینابین و سپس ژنوتیپ‌های بهاره قرار دارند، این پدیده دلیلی قابل قبول برای درصد بقاء پس از یخبندان بالاتر برای ژنوتیپ‌های زمستانه و سپس ژنوتیپ‌های بینابین و در نهایت ژنوتیپ‌های بهاره می‌باشد. نتایج وارنر و جانسون (۱۷) در بررسی مشابهی، با نتایج حاصله مطابقت دارد. درصد بقاء پس از یخبندان (متعاقب آزمون یخبندان طوقه در شرایط کنترل شده) با یادداشت برداری‌های مزرعه ای تحمل سرما و یخبندان رابطه مثبت و معنی داری (۰/۴۱۶= r) را نشان داد، لازم به توضیح است که تحمل سرما در شرایط مزرعه ای، میانگین یادداشت برداریهای تحمل سرما در ۵ نقطه سرد کشور بود، بنابراین وجود این رابطه مثبت و قوی می‌تواند بسیار کاربردی باشد، این نتیجه نشان می‌دهد که درصد بقاء پس از یخبندان صفت بسیار مطمئن برای برآورد تحمل به سرما ویخبندان می‌باشد. آندروز (۲)، برول- بابل و همکاران (۶)، مارشال و همکاران (۱۳) و هاروی (۸) در رابطه با اهمیت بررسیهای تحمل به یخبندان در شرایط کنترل شده و رابطه آن با یادداشت برداریهای مزرعه‌ای نتایج مشابهی را گزارش کرده اند.

درصد بقاء پس از یخبندان روابط منفی و غیر معنی دار با تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان می‌دهند (به ترتیب r = −۰/۲۰۷ و r = −۰/۰۲۸)، وجود این روابط حاکی از آن است که الزاما ژنوتیپ‌های متحمل به سرما، دیررس نیستند و یا به عبارتی دیگر ژنوتیپ‌های دیررس و حساس به سرما و یخبندان و یا ژنوتیپ‌های زودرس ولی مقاوم به سرما در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشته اند و در نتیجه از این صفات (تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد روز تا ظهور سنبله) نمی توان به عنوان صفاتی مرتبط با تحمل به یخبندان در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد.

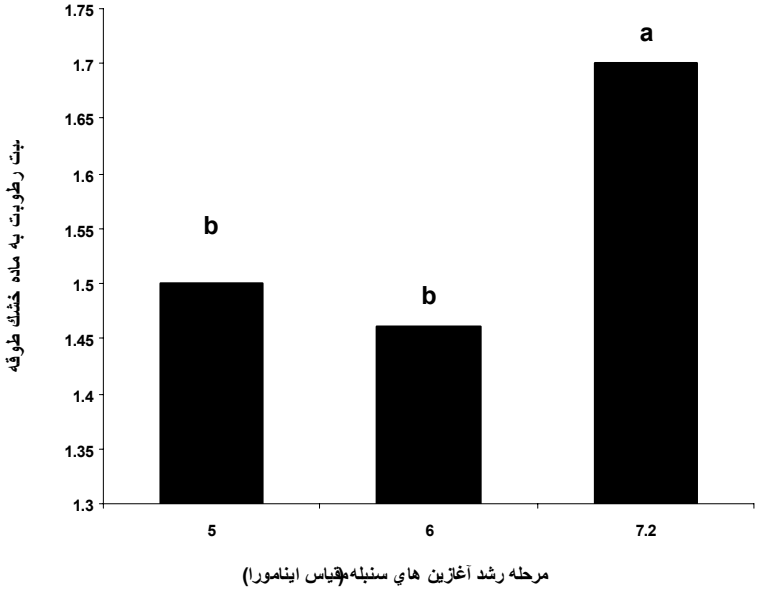
شکل ۳: مقایسه گروهی تیپ‌های زراعی گندم از نظر تحمل انجما د



شکل ۴: مقایسه گروهی تیپ‌های زراعی گندم از نظر رطوبت طوقه



شکل۵: مقایسه گروهی ارقام گندم با مراحل متفاوت رشد آغازههای سنبله از نظر تحمل انجماد



شکل۶: مقایسه گروهی ارقام گندم با مراحل متفاوت رشد آغازه های سنبله از نظر رطوبت طوقه

بطور خلاصه می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۲ بالاترین درصد بقاء پس از یخبندان را نشان دادند. ژنوتیپ شماره ۹ علاوه بر اینکه متحمل ترین ژنوتیپ به سرما و یخبندان بود، از نظر تعداد روز تا ظهور سنبله در وضعیت بسیار مطلوبی است و جزء زودرس ترین ژنوتیپ ها محسوب می‌شود، مضافا بر اینکه از نظر طول دوره پر شدن دانه نیز در کلاس ژنوتیپ‌های برتر قرار دارد (جدول ۴). ژنوتیپ شماره ۲ نیز تحمل به سرما ویخبندان بسیار خوبی داشته ولی از نظر زودرسی (تعداد روزتا ظهور سنبله) جزء ژنوتیپ هایی است که تعداد روز بیشتری را تا ظهور سنبله دارا بوده اند ولی بیشترین طول دوره پر شدن را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارا بود. ملاحظه می‌شود که کمترین میزان رطوبت طوقه نیز مربوط به ژنوتیپ شماره ۹ بود، البته ژنوتیپ شماره۲ نیز با اختلاف غیر معنی دار با شماره ۹ در وضعیت بسیار مطلوبی از نظر این صفت قرار داشت. از نظر در صد ماده خشک بوته نیز ژنوتیپ شماره ۹ در وضعیت مطلوبی قرار داشت(جدول ۴)، گرچه در صد ماده خشک بوته، رابطه معنی داری با در صد بقاء پس از یخبندان ندارد (r=٪۲۷)، ولی وجود همبستگی منفی و معنی دار در سطح ۵ ٪ (r=-۰/۳۱۲) بین در صد ماده خشک بوته و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک می‌تواند یکی از دلایل تعداد روز لازم بیشتر برای رسیدگی فیزیولوژیک ژنوتیپ شماره ۹ باشد. ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۲ ژنوتیپ هایی با تیپ رشد زمستانه هستند که از نظر مرحله رشد آغازه‌های سنبله در زمان آزمون یخبندان طوقه به مرحله برجستگی دو گانه(مرحله ۷/۲ مقیاس اینامورا) نرسیده بودند.

نتیجه گیری کلی

بطور خلاصه آزمون یخبندان طوقه و متعاقب آن محاسبه درصد بقاء پس از یخبندان روشی مطمئن برای برآورد تحمل ژنوتیپ ها به سرما و یخبندان در شرایط مزرعه بود و همبستگی بسیار نزدیکی با میانگین تحمل به سرما در شرایط مزرعه داشت، (r=۰/۴۱۶)، صفاتی که بیشترین رابطه را با درصد بقاء پس ازیخبندان دارا بودند نسبت رطوبت به ماده خشک طوقه(r=-/۷۰۱۰) و مرحله رشد آغازه‌های سنبله دارا(r=۰/۶۱۹) بودند که به راحتی قابل اندازه گیری بوده و می‌توانند به عنوان صفات مرتبط با تحمل به سرما و یخبندان در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند

قدر دانی

این تحقیق مطالعه تکمیلی در ارتباط با طرح تحقیقاتی ۷۹۱۸۳-۱۲-۱۰۰ می‌باشد. از مدیریت محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر خراسان که کمال همکاری را در اجرای این پژوهش داشته اند تشکر و قدردانی می‌شود.

جدول ۴- میانگین برخی صفات و خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های گندم

ژنوتیپ	تیپ رشد	مرحله رشد آغازه‌های سنبله** (مقیاس اینامورا)	خسارت سرما در مزرعه	درصد ماده خشک	تعداد روز تا ظهور سنبله	تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک	دوره پرشدن دانه (روز)
C-78-1	زمستانه	۵	MR	۲۶/۴۱ bcd	۱۱۱/۰cde	۱۵۰/۳cdefg	۴۰/۰abc
C-78-2	زمستانه	۵	MR	۲۵/۰ bcd	۱۱۳/۰bcd	۱۵۴/۳ ab	۴۲/۰a
C-78-3	زمستانه	۶	MR	۲۲/۸۶cd	۱۱۳/۳ bcd	۱۵۴/۰ ab	۴۰/۶۷ ab
C-78-4	بینابین	۶	MS	۲۲/۵۲d	۱۱۳/۳ bcd	۱۵۲/۳ bcd	۳۹/۳۳ abc
C-78-5	بینابین	۶	MS	۲۴/۸۶ bcd	۱۱۲/۷bcde	۱۵۰/۷cdef	۳۸/۶۷bc
C-78-6	بینابین	۶	MS	۲۸/۵۳ bcd	۱۱۳/۰ bcd	۱۵۱/۰ cdef	۳۸/۶۷bc
C-78-7	بهـــاره	۷/۲	MS	۲۵/۸۵ bcd	۱۱۵/۰ab	۱۵۱/۰ cdef	۳۷/۳۳c
C-78-8	زمستانه	۶	MS	۲۵/۳۱ bcd	۱۱۰/۷de	۱۴۹/۳efgh	۳۹/۶۷ abc
C-78-9	زمستانه	۶	MR	۲۸/۶۶ bcd	۱۱۰/۳de	۱۴۹/۰fgh	۳۹/۶۷ abc
C-78-10	بینابین	۷/۲	MR	۲۵/۵۰ bcd	۱۱۱/۳cde	۱۴۷/۷h	۳۸/۳۳bc
C-78-11	زمستانه	۵	MR	۲۴/۳۷ bcd	۱۱۵/۳ ab	۱۵۱/۳ cdef	۳۷/۳۳c
C-78-12	زمستانه	۶	MS	۲۹/۰۲bd	۱۱۱/۷cde	۱۴۹/۰fgh	۳۸/۶۷bc
C-78-13	زمستانه	۵	MS	۲۹/۳۱b	۱۱۷/۳a	۱۵۴/۰ ab	۳۸/۶۷bc
C-78-14	بینابین	۶	MR	۳۸/۸۵a	۱۱۵/۳ ab	۱۵۴/۷a	۳۹/۰۰ abc
C-78-15	زمستانه	۶	MR	۲۷/۴۶ bcd	۱۱۳/۲ bcd	۱۵۱/۷cde	۳۹/۳۳ abc
C-78-16	بهـــاره	۷/۲	MS	۲۷/۶۴ bcd	۱۱۰/۳ de	۱۵۲/۷ abc	۴۰/۶۷ ab
C-78-17	بینابین	۶	MR	۲۳/۶۷ bcd	۱۱۲/۳ bcde	۱۵۰/. defg	۳۹/۳۳ abc
C-78-18	بینابین	۷/۲	S	۲۶/۱۹ bcd	۱۱۴/. bc	۱۵۱/. cdef	۳۹/.. abc
C-78-19	زمستانه	۶	S	۲۳/۷۳ bcd	۱۱۳/۳ bcd	۱۵۰/۳ defg	۳۹/۳۰ abc
C-78-20	بهـــاره	۷/۲	S	۲۶/۲۶ bcd	۱۰۹/۷ e	۱۴۸/۳ gh	۳۶/۶ d

*میانگین ها با حداقل یک حرف مشترک در هر ستون تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند(آزمون دانکن)

اندازه گیری در مرحله پنج برگی **

منابع

۱- یزدی صمدی، ب. رضایی، ع و ولی زاده، م. ۱۳۷۷. طرحهای آماری در پژوهشهای کشاورزی. دانشگاه تهران.

2- Andrews, J. E. 1985. Controlled low temperature tests of sprouted seed as a measure of cold hardiness of winter wheat varieties, Can. J. Plant. Sci., 38: 1-7.

3- Aniol, A. 2002. Environmental stress in cereals: an overview. Proceeding of the 5th International Triticale Symposium, Jun 30- July 5, 2000, Radzikow, Poland. pp:112-121.
4- Blum, A. 1989. Plant breeding for stress environment. CRD Press, INO, pp: 99-132.
5- Bridger, G. M. Folk, B. D. and Smith, D. L. 1996. Crown freezing tolerance and field winter survival of winter cereals in Eastern Canada. Crop Science. Vol. 36: 150-157.
6- Brule-Bable, A. L. and Fowler, D. B. 1989. Use of controlled environment for winter cereal cold hardiness evaluation. Can. J. Plant Sci., 69: 355-366.
7- Chen, P. and Gusta, L. V. 1978. The role of water in cold hardiness of winter cereals: Plant Cold Hardiness and Freezing Stress, Academic Press INC. P: 165-173.
8- Harvey, R. B. 1998. Hardening process in plant and development from frost injury. J. Agric. Res. 15: 83-112.
9- Hoshino, T. and Tahir, M. 1987. Relation between ear primordia development and growth attributes of wheat cultivars. Japan Agriculture Research Quarterly. 21: 3, 226-332.
10- Inamura, H. Suzuki, K. and Nonaka, S. 1985. On the srandard of successive stages of barley and wheat spike development. J. Kantotozan Agr. Exp. Sta., 8: 75-91. (In Japeanese with English sammury).
11- Kirby, E. J. M. 1995. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. Crop Sci. 35: 11- 19.
12- Levitt, J. 1956. The Hardiness of Plants, Part. I. Low Temperature Hardiness. Academic press, Inc, New York.
13- Marshal, H. G. and Kollb, F. L. 1982. Individual crown selection for resistance to freezing stress in winter oat. Crop Sci., 22: 506-510.
14- Oritz, Ferrara, G., Yau, S. K. and Assad Moussa, M. 1991. Identification of agronomic traits associated with yield under stress condition. Physiology-Breeding of winter cereal for stressed Mediterranean environment.
15- Pomeroy, M. K. and Fowler, D. B. 1973. Use of lethal dose temperature estimates as indices of frost tolerance for wheat cold acclimated under natural and controlled environment. Can. J. Plant Sci., 53: 489-494.
16- Roberts, D. W. A. and Grant, M. N. 1968. Changes in cold hardiness accompaning development in winter wheat. Can. J. Plant Sci., 48: 369-376.
17- Warner, D. D. and Johnson, V. A. 1972. Crown Freezing and natural survival comparisons in winter wheat. Agron. J., Vol. 64: 285-288.

Study of Frost Tolerance in Promising Wheat genotypes Using Crown Freezing method

M. Nazeri, A. Ahmadi, M. Tabeei and B.Koohestani[1]

Abstract

Liens tolerate environmental stresses utilizing is one of the applicable technologies in sustainable agriculture. Since occurrence of a suitable winter for studing and selection of cold/frost resistance on breeding materials is one year out of ten, therefore laboratory methods complementing field data provide a reasonable solution for this propose. This research was conducted in Khorasan Agri. Res. Center. Mashhad. Using RCBD in three replications during 1380-81. Treatments consisted of twenty promising genotypes of uniform regional yield trail (cold area). Genotypes suits low temperature regions will be introduced based on generated results from this investigation. Using crown freezing method, experimental genotypes were treated with -20˚ C temperature under controlled conditions. Survival percentage was computed. Results indicated that genotypes No.9 (C-78-9) and No.7(C-78-7) had highest (98.33%) and lowest (66.67%) survival percentage respectively. The minimum Crown Moisture Content was detected in line No. 9 (C-78-9) and there was no significant difference for the same trait between genotype No.7(C-78-7) and other superior genotypes. A high negative correlation (r = -0.701) was observed between survival percentage after exposing to frost and crown moisture content. Ear primordia development stage was one of the characters which had also a significant correlation with survival percentage (r = -0.619). Significant correlation between survival percentage and days to heading (r =-0.207) and days to physiological maturity (r =-0.028) was not observed. Correlation between survival percentage and collected cold damage data from experimental fields over five low temperature regional stations was highly significant (r =0.416), therefore it may be concluded that Crown Freezing Method and subsequent computing of survival percentage is a reliable method for estimating wheat frost/cold tolerance in natural conditions.

Key words: Crown freezing, ear primordium, forest/cold tolernce, heading, maturity, survival.

1- Contribution of Khorasan Agricultural Research Center and Tehran University, College of Agriculture.