دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی

الهه شیرازی[۱]، بهمن فاضلی نسب[۲]، حسین‌علی رامشینی[۳]، مهدی فاضل‌نجف‌آبادی[۴] و علی ایزدی دربندی[۴]

۱، ۳ و ۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، دانشگاه تهران
۲- عضو هیات علمی و مربی، پژوهشکده زیست فناوری کشاورزی دانشگاه زابل، (نویسنده مسوول: bfazeli@uoz.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۶

چکیده

به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس ۸۶ ژنوتیپ بومی و تجاری گندم نان در مرحله جوانه‌زنی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و دو سطح پتانسیل اسمزی صفر (شاهد) و ٤- بار اجرا گردید. جهت ایجاد محیط تنش از ماده پلی‌اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ استفاده شد. صفات مورفولوژیکی مختلف، ۸ روز پس از کشت بذرها بر روی گیاه‌چه‌ی حاصل مورد بررسی قرار گرفتند. تمامی صفات موردبررسی به‌جز تعداد ریشه‌چه بین دو سطح پتانسیل اسمزی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. به‌عبارت‌دیگر تعداد ریشه‌چه در ژنوتیپ‌های مختلف، متأثر از تنش خشکی واقع نشده است. همچنین اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط در مورد تمامی خصوصیات مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. در اثر تنش، کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش یافتند اما این کاهش در همه صفات به یک‌میزان نبود، مثلاً در طول ساقه‌چه محسوس‌تر از کاهش در طول ریشه‌چه بود. با تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام مدل رگرسیونی شش متغیره برای شرایط شاهد و مدل رگرسیونی دومتغیره برای شرایط تنش به داده‌های آزمایشی برازش یافت. با استفاده از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها بر اساس کلیه صفات اندازه‌گیری شده در مرحله جوانه‌زنی در هر دو محیط به‌طور مجزا گروه‌بندی شدند. در هر محیط ژنوتیپ‌ها در دو گروه عمده قرار گرفتند که در محیط تنش ژنوتیپ‌های حساس و محتمل در دو گروه متفاوت طبقه‌بندی شدند. با استفاده از نمودار بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه اصلی اول بر روی شاخص‌های تحمل و حساسیت بر اساس وزن خشک زی‌توده در دو محیط شاهد و تنش، ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم در مرحله جوانه‌زنی تمایز یافتند. بر اساس این نمودار ژنوتیپ‌های خزر ۱، خوی، چمران و مهدوی جزء ژنوتیپ‌های مقاوم و ژنوتیپ‌های بولانی، سیمینه و گلستان به‌عنوان حساس شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، جوانه‌زنی، تنش خشکی، PEG، متحمل

مقدمه

سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد "فائو" اعلام کرده: ایران در سال ۲۰۱۱ حدود ۲۰/۱ میلیون تن غلات تولید کرده و به‌رغم اینکه تولید جهانی غلات در سال ۲۰۱۲ حدود ۲/۵ درصد کاهش داشته و به ۲۳۴۷ میلیون تن رسیده اما تولید غلات ایران در همین سال به ۲۰/۶ میلیون تن افزایش‌یافته یعنی رشد ۲/۴۲ درصدی داشته از طرفی سازمان ملل متحد نیز در گزارشی موسوم به «چشم‌انداز محصولات و وضعیت غذایی» از افزایش نیم میلیون تنی تولید غلات ایران خبر داده است. ایران در سال ۲۰۱۱ بالغبر ۱۳/۵ میلیون تن گندم تولید اما در سال ۲۰۱۲ با ۳۰۰ هزار تن افزایش به مرز ۱۳/۸ میلیون تن رسیده است. طبق گزارش فائو میزان تولید گندم جهان در سال ۲۰۱۴ به ۷۰۱ میلیون تن بوده که ۱۳/۴ میلیون تن نسبت به سال ۲۰۱۳ کاهش داشته است. همچنین بر اساس این گزارش، تولید گندم ایران در سال ۲۰۱۴ نسبت به سال ۲۰۱۳، ۳/۵ درصد کاهش‌یافته و به ۱۳/۴ میلیون تن رسیده اما همانند سال ۲۰۱۳، همچنان دوازدهمین تولیدکننده بزرگ گندم جهان به شمار می‌رود. لازم به ذکر است بر اساس برآورد فائو در همین گزارش، اتحادیه اروپا با تولید ۱۴۳/۷ میلیون تن گندم رتبه نخست جهان را به خود اختصاص داده و چین با ۱۲۲ میلیون تن، هند با ۹۶ میلیون تن و آمریکا با ۵۷ میلیون تن به ترتیب در رتبه‌های دوم تا چهارم قرارگرفته‌اند.

سطح زیر کشت گندم جهان حدود ۲۱۹ میلیون هکتار است. متوسط عملکرد گندم در هکتار در سال ۱۹۹۵ میلادی ۲/۴۶ تن در هکتار و در سال ۲۰۰۷ میلادی به ۲/۸۷ تن رسیده که انتظار می‌رود در سال ۲۰۱۵ به ۳/۰۶ تن در هکتار برسد. تولید گندم در سال ۲۰۰۷ میلادی ۵۹۷ میلیون تن، ۲۰۰۸، ۶۰۵ میلیون تن و در سال ۲۰۱۴، ۷۰۱ میلیون تن بوده که مشاهده می‌شود میانگین عملکرد در هکتار در سال ۲۰۱۴ حدود ۳/۲ بوده و بیشتر از مقدار پیش‌بینی‌شده در سال ۲۰۱۵ می‌باشد که می‌تواند به دلیل افزایش تولید در کشورهای درحال‌توسعه با استفاده از به‌کارگیری روش‌های مدرن تولید باشد. ضمناً کشورهای آلمان و فرانسه با تولید حدود هفت تن در هکتار بالاترین عملکرد را در جهان دارند (۱۷).

میانگین عملکرد جهانی دانه گندم در سال ۱۹۹۹، ۲۷۲۵ کیلوگرم در هکتار بوده و در سال ۲۰۱۴ به ۳۲۰۰ کیلوگرم رسیده که رشد مناسبی نداشته درنتیجه اگر بخواهیم عملکرد گندم سالانه ۱/۳ تا ۱/۸ درصد افزایش یابد، باید ارقام زراعی را اصلاح‌کرده و روش‌های مدیریتی نوین ایجاد کنیم (۲۱،۹). مهندسی ژنتیک و برنامه‌های اصلاح نباتات فعلی قادرند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

مقاومت گیاهان زراعی به تنش‌های زنده نظیر آفات و بیماری‌ها و تنش‌های غیرزنده نظیر خشکی، شوری، یخزدگی، سرما و گرما را افزایش دهند. اگر قرار است مهندسی ژنتیک در این راه کارآمد باشد باید درک کاملی واکنش‌های اندام‌های گیاهی یا گیاه کامل به محیط داشته باشد (۲۱).

گیاهان در شرایط طبیعی و زراعی، به‌طور پیوسته در معرض تنش هستند. چندین عامل زنده (حشرات، قارچ‌ها، ویروس‌ها و علف‌های هرز) و غیرزنده (خشکی، شوری، درجه حرارت‌های بالا و پایین، غرقابی و تشعشع) رشد گیاهان عالی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۲۹،۲۸).

خشکی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جهانی برای تولید مواد غذایی است. علاوه بر این، تغییرات آب‌وهوا و افزایش جمعیت جهان ابعاد این مشکل را گسترده‌تر می‌نمایند. به طور کل خشکی مخربترین تنش غیرزنده است که تولید محصولات زراعی را بسیار پایین میآورد و بهنژادی در حل این چالش توانایی زیادی ندارد (۲۲) اما یکی از راه‌حل‌های این مشکل ایجاد ارقام جدید باتحمل بیشتر نسبت به تنش خشکی است (۴۴). افزایش عملکرد در شرایط کمبود آب، نیاز به ژنوتیپ‌های متحمل و کارهای مدیریتی برای حداکثر کردن آب قابل‌دسترس دارد (۳۶)؛ اما متأسفانه بخش بزرگی از تنوع ژنتیکی برای تحمل به خشکی در خلال اهلی کردن، گزینش و بهنژادی گیاهان از بین رفته است (۵).

به عقیده اصلاح‌کنندگان نبات و فیزیولوژیست‌ها برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار و برتر در مناطق مواجه با تنش خشکی، بایستی صفاتی را که تحت شرایط کم‌آبی در افزایش عملکرد دانه مؤثرند، شناسایی و علاوه بر عملکرد دانه به‌عنوان معیارهای انتخاب مورداستفاده قرار داد (۱۹،۶). این صفات شامل خصوصیات گیاهی از مرحله کشت تا رسیدن کامل می‌باشند، چون تنش خشکی ممکن است در هر مرحله از رشد گیاه اتفاق بیفتد، مرحله جوانه‌زنی در اوایل دوره رشد و مرحله پر شدن دانه در اواخر دوره رشد گیاه حساس‌ترین مراحل نسبت به تنش خشکی می‌باشند (۴۳،۲۵). تأثیر تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی در همان فصل رشد و تنش خشکی دوره زایشی، در سال زراعی آینده، جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تاکنون تحقیقات مختلفی توسط بی‌بی و همکاران (۸)، سعیدی و همکاران (۳۹)، خوردمندموئید و همکاران (۲۷)، سپانلو و سیادت (۴۳)، نبی‌زاده و همکاران (۳۱)، جارادات و دووایری (۲۴)، ماین و همکاران (۳۰)، نواز و همکاران (۳۲)، زارعی و همکاران (۴۵)، دی وکار (۱۳)، دیومن (۱۶) و اوکو و همکاران (۳۵) در این زمینه صورت گرفته است.

ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان در مرحله جوانه‌زنی و گروه‌بندی آن‌ها و تفکیک ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس با استفاده از شاخص‌های مقاومت و حساسیت به تنش اهداف اصلی این پژوهش می‌باشند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس گندم نان (۸۶ ژنوتیپ که دارای ژنوتیپ های متحمل و حساس به خشکی بودند) (جدول ۱)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به طوریکه هر پتریدیش به منزله یک تکرار و تعداد ۲۵ بذر در هر پتری دیش کشت، در آزمایشگاه گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام گرفت. اثرات پتانسیل اسمزی (صفر و ۴-) حاصل از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG) که طبق فرمول بورلین و همکاران (۸) تهیه و بر روی بذور گندم نان موردبررسی قرار گرفت.

$$= - (1.18\times10^{-2}) C -) CT+ (8.39\times10^{-7}) C^2T$$
$$-\Psi(1.18\times10^{-4}) C^2 + (2.67\times10^{-4}$$

در این فرمول: Ψ= پتانسیل اسمزی برحسب بار، C= غلظت پلی‌اتیلن گلیکول 6000 برحسب گرم بر لیتر، T= دما برحسب درجه سانتی‌گراد بر اساس اطلاعات حاصل از شمارش بذور جوانه‌زده در هرروز تا پایان روز هشتم فاکتورهای درصد جوانه‌زنی (Germination percentage) بر اساس فرمول المدریس (۴)، سرعت جوانه‌زنی (Speed of Germination)، بنیه گیاهچه (Seedling Vigor Index) (دهاندا و ستی (۱۰)، میانگین زمان جوانه‌زنی (Mean Germination Time) المدریس (۴)، روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (Time to 50% Germination) بر اساس فرمول میانه، متوسط جوانه‌زنی روزانه (Mean Daily Germination) (از درصد جوانه‌زنی نهایی بر طول دوره آزمایش) و ضریب سرعت جوانه‌زنی (Coefficient of Velocity of Germination)، المدریس (۴) محاسبه شد.

همچنین با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات (به‌خصوص وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) در محیط‌های نرمال و تنش، شاخص‌های مختلف مقاومت و حساسیت نسبت به خشکی محاسبه و بر این اساس ژنوتیپ‌های مقاوم از حساس جدا شدند.

Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش، $\overline{Y}_p$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، $\overline{Y}_S$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش

SSI: شاخص حساسیت به تنش (۱۹) $1 - (\frac{Y}{Y})$

$$SSI = \frac{}{SI}$$

SI: شدت تنش (۱۹)

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

STI: شاخص تحمل تنش (۱۰)

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

TOL: شاخص تحمل تنش (۳۸)

$$TOL = Yp-Ys$$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

MP: شاخص بهره‌وری متوسط (۳۸)

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

GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (۱۸)

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

Harm: شاخص میانگین هارمونیک (۱۹)

$$Harm = \left(\frac{2(Y_p * Y_s)}{Y_p + Y_s}\right)$$

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

در این آزمایش اختلاف بین ژنوتیپ‌ها، سطوح مختلف پتانسیل اسمزی و همچنین اثر متقابل آن‌ها در مورد صفات مختلف بررسی‌شده در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر پتانسیل اسمزی بر تمامی صفات موردمطالعه به‌غیراز تعداد ریشه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار شده است، به‌عبارت‌دیگر تعداد ریشه‌چه در ژنوتیپ‌های مختلف تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفته است.

از آنجایی‌که اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح اسمزی در سطح یک درصد معنی‌دار شد و به‌منظور مقایسه میانگین صفات مختلف، ژنوتیپ‌ها بر اساس وزن خشک زی‌توده در شرایط تنش ۴- بار مرتب‌شده و درنهایت ۱۵ ژنوتیپ که دارای بیشترین وزن زی‌توده و ۱۵ ژنوتیپ که دارای کمترین وزن زی‌توده بودند انتخاب شدند. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌های خزر ۱، خوی، مهدوی و چمران دارای بیشترین وزن زی‌توده و سیمینه، گلستان، بولانی و ۵۱۸ دارای کمترین وزن زی‌توده در شرایط تنش بوده‌اند.

گزارش شده ارزش خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم در طی تنش کاهش یافته و این کاهش در بین ارقام یکسان نبوده است (۳۲).

جدول ۱- نام ۸۶ ژنوتیپ گندم به‌کاررفته در آزمایش جوانه‌زنی

Table 1. The name of 86 genotypes of wheat used in for germination expriment

شماره	ژنوتیپ	سطح تحمل به خشکی	شماره	ژنوتیپ	سطح تحمل به خشکی	شماره	ژنوتیپ	سطح تحمل به خشکی
۱	بیات		۳۰	گاسکوژن		۵۹	عدل	مقاوم
۲	بم	متحمل	۳۱	کرج (۲)		۶۰	یاوارس	
۳	الموت		۳۲	سیمینه	حساس	۶۱	دریا	
۴	بولانی		۳۳	رسول		۶۲	۵۱۸	حساس
۵	خلیج		۳۴	Ws-82-9		۶۳	کویر	متحمل
۶	شعله	نسبتاً متحمل	۳۵	زاگرس	متحمل	۶۴	Kauz	
۷	سرداری		۳۶	اینیاء		۶۵	سپاهان	متحمل
۸	کراس شاهی		۳۷	اترک		۶۶	بک کراس روشن زمستانه	مقاوم
۹	کاوه		۳۸	سرخ تخم		۶۷	کرج (۱)	
۱۰	گلستان	حساس	۳۹	مرودشت	متحمل	۶۸	آزادی	
۱۱	طبسی	نیمه حساس	۴۰	مارون	متحمل	۶۹	مغان (۱)	
۱۲	آرتا		۴۱	آذر (۱)	خیلی متحمل	۷۰	سبلان	
۱۳	استار		۴۲	چناب	مقاوم	۷۱	فونگ	
۱۴	قدس		۴۳	کراس البرز		۷۲	بیستون	
۱۵	ساسیون		۴۴	هامون	متحمل	۷۳	شیراز	
۱۶	خزر (۱)	متحمل	۴۵	فلات	مفاوم	۷۴	اروند موتانت	
۱۷	پیشتاز		۴۶	روشن	متحمل	۷۵	مغان (۲)	
۱۸	اروند		۴۷	آذر (۲)	خیلی متحمل	۷۶	کراس فلات-هامون	
۱۹	کرج (۳)		۴۸	مهدوی		۷۷	امید	نیمه حساس
۲۰	هیرمند	متحمل	۴۹	نیک نژاد	متحمل	۷۸	شهریار	
۲۱	وری ناک	مقاوم	۵۰	داراب (۲)	متحمل	۷۹	Stark	
۲۲	خوی	متحمل	۵۱	شیرودی		۸۰	DN-11	
۲۳	چمران	متحمل	۵۲	سومالی (۳)		۸۱	بک کراس روشن بهاره	متحمل
۲۴	سیستان		۵۳	کوخه		۸۲	MT	
۲۵	ناز - ۷۱		۵۴	البرز		۸۳	میانه	
۲۶	گاسپارد		۵۵	زرین		۸۴	GR-1	
۲۷	فرونتانا		۵۶	شاهی		۸۵	GR-2	
۲۸	شاهپسند	حساس	۵۷	دز	متحمل	۸۶	Webllie1	
۲۹	نوید		۵۸	مغان (۳)				

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

جدول ۲- میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در آزمون جوانه‌زنی

Table 2. Mean square of all traits were conducted in fermination expriment

منبع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه	وزن خشک زی‌توده	تعداد ریشه‌چه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول ساقه‌چه به ریشه‌چه	طول کلئوپتیل
سطح اسمزی	۱	۵۹/۳۹۱**	۸۵۴/۶۲۵**	۲۴/۲۳۴**	۱۳۶۴/۶**	۰/۰۰۰۰۶	۱۲۳۳/۳۴۹**	۴۸۷۶/۵۵۸	۳۰/۵۰۳**	۵۳/۵۵۱**
ژنوتیپ	۸۵	۴/۳۶۳**	۴۷۹/۵۵۱**	۰/۵۱۵**	۱۶/۲۴۸**	۱/۰۳۲**	۱۷/۹۴۶**	۴/۹۴۴**	۰/۲۰۶**	۳/۱۳۲**
ژنوتیپ × پتانسیل اسمزی	۸۵	۱/۸۷۳**	۳/۳۶۴**	۰/۲۲۸**	۸/۶۶۶**	۰/۳۵۳**	۹/۵۴۹**	۴/۵۱۹**	۰/۱۵۴**	۱/۵۵۳**
خطا	۳۴۴	۰/۶۰۵	۱/۰۵۷	۰/۰۴۸	۲/۹۰۶	۰/۱۲۲	۲/۲۳۴	۰/۸۵۳۷	۰/۰۲۳	۰/۱۴۷
ضریب غییرات		۲۰/۲۵۵۶	۱۷/۶۷۶	۱۴/۰۸۸	۱۷/۶۴۷	۸/۳۸۹	۱۶/۷۷	۱۲/۴۵۱	۱۸/۲۵۴	۹/۵۸۱

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	بنیه بذر	میانگین زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه	ضریب سرعت جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی
سطح اسمزی	۱	۱۲۲۹/۹۹۵**	۱۰۵۴۲۴۵۵۶/۶**	۲۶/۰۷۹**	۱۹/۲۱۸**	۰/۰۰۱۲**	۲/۶۵۷**	۱۷۷۵۳/۸۵۶**	۱۹/۳۰۹**
ژنوتیپ	۸۵	۱۲۶/۳۰۹**	۳۷۹۶۰۸/۷**	۰/۳۵۴**	۱/۹۷۳**	۰/۰۰۰۱۴**	۰/۰۳۰۶**	۲۲۷/۶۴۸**	۰/۴۵۲**
ژنوتیپ × پتانسیل اسمزی	۸۵	۵۹/۳۰۹**	۲۰۷۶۹/۷**	۰/۱۲۶**	۰/۰۹۲**	۰/۰۰۰۰۶**	۰/۰۱۱**	۷۹/۴۱۶**	۰/۲۲۳**
خطا	۳۴۴	۲۹/۶۰۹	۴۹۹۳۹/۸	۰/۰۳۷	۰/۴۶۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۳۴	۱۶/۱۲۵	۰/۰۷۴۹
ضریب تغییرات		۵/۹۲۷	۱۴/۷۵۹	۱۰/۵۴۸	۵/۹۲۷	۶/۵۶۳	۱۰/۲۹۶	۸/۳۴۳	۱۹/۸۲

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

وزن خشک زی‌توده

در مرحله جوانه‌زنی وزن خشک زی‌توده به‌عنوان شاخصی از قدرت و توانایی گیاه در تولید ساقه و ریشه در مدت‌زمانی معین مهم‌تر از سایر خصوصیات گیاه‌چه هست. ارقام سیمینه، گلستان، بولانی و ۵۱۸ دارای کم‌ترین میزان وزن خشک زی‌توده (ارقام حساس) و ارقام خزر ۱، خوی، مهدوی و چمران دارای بیشترین مقدار (ارقام متحمل) این صفت در شرایط تنش می‌باشند (جدول ۳). این نتایج با گزارش‌های پریسکو و همکاران (۳۷)، بردفورد و همکاران (۱۱)، دی و کار (۱۳) که معتقدند در شرایط تنش خشکی، تجمع ماده خشک در بافت‌های دارای ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام متحمل بیشتر از ارقام حساس است مشابهت دارد.

از نظر میزان زی‌توده ژنوتیپ‌های مورد استفاده در دامنه وسیعی از ۳/۴ میلی‌گرم در هر گیاهچه برای ژنوتیپ سیمینه تا حدود ۱۲ میلی‌گرم برای ژنوتیپ خزر ۱ در شرایط تنش و از ۶/۹۷ میلی‌گرم در هر گیاهچه برای ژنوتیپ ۵۱۸ تا ۱۷ میلی‌گرم در ژنوتیپ کاوه در محیط بدون تنش (شاهد) قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در برخی از ارقام مانند مهدوی، مرودشت، هیرمند و سرخ تخم میزان کاهش وزن زی‌توده چندان چشمگیر نمی‌باشد اما در مورد برخی از ژنوتیپ‌ها در اثر اعمال تنش افت شدیدی در مورد این صفت به وجود آمده است. این کاهش در ژنوتیپ‌های با وزن زی‌توده کمتر بسیار شدیدتر از ژنوتیپ‌های با وزن بالا می‌باشد تا جایی که به عنوان مثال در مورد ارقام کاوه، بولانی و سیمینه وزن زی‌توده در شرایط تنش به حدود یک چهارم شرایط بدون تنش رسیده است. می‌توان گفت که ژنوتیپ کاوه ناپایدارترین ژنوتیپ از لحاظ این صفت می‌باشد زیرا با وجود آنکه در محیط شاهد دارای بیشترین وزن زی‌توده بوده و هر گیاهچه حدود ۱۷ میلی‌گرم ماده خشک تولید کرده است اما در شرایط تنش وزن زی‌توده آن به یک سوم وزن زی‌توده در شرایط بدون تنش کاهش یافته است.

با توجه به صفت وزن زی‌توده، ارقام دارای اختلاف زیاد بین محیط شاهد و تنش دارای پایداری پایین و عموماً حساس به تنش در این مرحله و ارقام با اختلاف کم دارای پایداری بالاتر در تولید وزن زی‌توده در محیط تنش و شاهد بوده‌اند. به نظر می‌رسد ارقامی همچون مهدوی، مرودشت، و سرخ تخم که اختلاف بسیار کمی از لحاظ وزن زی‌توده بین دو محیط دارند آستانه تحملشان به تنش آبی در مرحله جوانه‌زنی کمتر از ۴- بار باشد؛ به عبارت دیگر احتمالاً در پتانسیل اسمزی منفی‌تر از ۴- بار دچار کاهش وزن خشک زی‌توده خواهند شد. در این سه ژنوتیپ تنش ۴- بار گیاهچه را برای تولید ماده خشک بیشتر تحریک کرده است.

نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه

پایین بودن نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه به معنی تولید بیشتر ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه است و این بدین معنا است که بذر مواد ذخیره‌ای موجود در آندوسپرم خود را بیشتر صرف تولید ریشه‌چه کرده است که این امر در شرایط تنش به دلیل آن‌که به استقرار گیاه‌چه کمک می‌کند و از

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

طرفی جذب آب در صورت توسعه‌ی بیشتر ریشه‌ها بهتر صورت خواهد گرفت، مطلوب هست. با توجه به اینکه گزارش‌شده طول ریشه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (برابر با نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه) از شاخص‌های مهم مقاومت به خشکی در مرحله گیاه‌چه و به‌عنوان صفات مناسب برای غربال ژنوتیپ‌ها هست (۱۴،۱۰) و در تحقیق دیگر (۷) جهت طبقه‌بندی ارقام گندم دیم ازنظر مقاومت به خشکی با ایجاد سطوح مختلف توسط قند مانیتول در مرحله جوانه‌زنی گزارش‌شده که تنش خشکی باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود ولی نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه با افزایش خشکی به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. پس نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه برای تفکیک ارقام ازنظر تحمل به خشکی صفت مناسبی است همچنین در بررسی تنش آبی بر جوانه‌زنی بذر و رشد دانهال‌های گندم دوروم (۳)، نخودفرنگی (۳۵) و سورگوم (۸) مشخص‌شده که تنش آبی رشد ساقه را بیشتر از رشد ریشه تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس می‌توان گزارش داد که نتایج این تحقیق با گزارش‌های ارائه‌شده مشابهت دارد.

ژنوتیپ خزر ۱ با وجود آن که بیشترین وزن خشک زی‌توده را در شرایط تنش دارا می‌باشد اما نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه در این ژنوتیپ در هر دو شرایط تنش و عدم تنش کم است و این نشان دهنده آن است که این ژنوتیپ در هر دو محیط تمایل بیشتری به تولید ریشه‌چه دارد تا ساقه‌چه. در ژنوتیپ کراس شاهی بر خلاف سایر ژنوتیپ‌ها نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه در شرایط تنش بیشتر از محیط بدون تنش می‌باشد یعنی این ژنوتیپ در شرایط تنش ذخایر موجود خود را بیشتر صرف تولید ساقه‌چه کرده است. چهار ژنوتیپ‌های شاهپسند، هیرمند وسرخ تخم در شرایط بدون تنش نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه بالاتری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها دارند که نشان دهنده آن است که در صورت کافی بودن منابع آب در دسترس گیاهچه بیشتر آب خود را صرف تولید ساقه‌چه می‌کند اما در اثر اعمال تنش نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه به شدت کاهش یافته است. به طور مثال در ژنوتیپ شاهپسند این نسبت در مقایسه با شرایط عدم تنش حدوداً نصف شده است و تولید ریشه‌چه بیشتر از ساقه‌چه بوده است. این تفاوت در دو محیط برای تحمل به خشکی بسیار مطلوب است. در ژنوتیپ‌های سیمینه، گلستان، کرج ۱ و اروند در شرایط تنش این نسبت نزدیک به یک می‌باشد. در واقع در این ژنوتیپ‌ها تولید ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش به یک میزان بوده است. در شرایط عدم تنش در همه ژنوتیپ‌ها نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه بیشتر از یک می‌باشد که این امر به دلیل ساختار فیزیکی ریشه و ساقه بوده و در این حالت وزن ساقه‌چه‌ها بسیار بیشتر از وزن ریشه‌چه‌ها است (جدول ۳).

طول کلئوپتیل

در اکثر ژنوتیپ‌ها در اثر اعمال تنش طول کلئوپتیل نسبت به حالت شاهد کاهش یافته است (شکل ۱، جدول ۴) یعنی دو سطح پتانسیل اسمزی اثر معنی‌داری بر روی طول کلئوپتیل گذاشته‌اند که با نتایج حاصل از تحقیق نیکخواه (۳۴،۱۰) شباهت داشت. به غیر از ژنوتیپ‌های GS و چناب که طول کلئوپتیل در آن‌ها در اثر اعمال تنش افزایش یافته است که این افزایش در محیط تنش صفتی مطلوب به شمار می‌آید. بیشترین طول کلئوپتیل در حالت شاهد در ژنوتیپ سومالی ۳ مشاهده گردید که ۵/۲۴ سانتی‌متر در هر گیاهچه بوده و کم‌ترین آن در ژنوتیپ دریا و ۳/۲۷ سانتی‌متر بوده است. در ژنوتیپ سومالی ۳ در اثر اعمال تنش طول کلئوپتیل تقریباً نصف شده و این نشان دهنده آن است ژنوتیپ سومالی ۳ از نظر طول کلئوپتیل ناپایدار است. در ژنوتیپ هامون و چمران این صفت در دو محیط تنش و شاهد تقریباً برابر بوده، پس نتیجه می‌گیریم این ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت پایدار هستند.

در شرایط تنش بیشترین طول کلئوپتیل در ژنوتیپ GS و بیش از ۵ سانتی‌متر در هر گیاهچه می‌باشد که حتی از مقدار آن در حالت شاهد نیز بیشتر است اما در ژنوتیپ سیمینه که جزو ژنوتیپ‌های حساس از لحاظ وزن زی‌توده نیز بود طول کلئوپتیل در شرایط تنش کم‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها و ۱/۷ سانتی‌متر به ازای هر گیاهچه می‌باشد. نتایج به دست آمده در ارتباط با تفاوت ارقام، مشابه نتایج ساپرا و همکاران (۴۱)، گال و آلن (۲۰) و بلوچ و همکاران (۱۰) بود.

از آنجا که جوانه‌زنی سریع‌تر بذور باعث جذب سریع‌تر آب توسط بذر شده و ریشه‌چه‌ها افزایش می‌یابد و این افزایش ریشه‌چه باعث جذب بیشتر آب برای انجام بهتر مراحل متابولیکی و استفاده بیشتر از از ذخیره غذایی بذر شده و در نتیجه رشد کلئوپتیل بیشتر می‌شود (۳۴).

درصد جوانه‌زنی

این صفت تقریباً در تمام ژنوتیپ‌ها در دو محیط یکسان بوده (جدول ۴) که علت را می‌توان به فرصت هشت‌روزه برای جوانه‌زنی نهایی و همچنین ملایم بودن تنش اعمال‌شده دانست و برای اکثر آن‌ها بالای ۸۰ درصد هست به‌غیراز ژنوتیپ‌های بولانی، ۵۱۸ و داراب ۲ که در اثر تنش ۱۵ تا ۲۰ درصد افت جوانه‌زنی داشته‌اند به‌عبارت‌دیگر این سه ژنوتیپ ازلحاظ جوانه‌زنی حساس به شمار می‌آیند. این نتایج با گزارشات بلوچ و همکاران (۱۰) مشابهت داشت.

ژنوتیپ خزر ۱ که بیشترین مقدار وزن خشک زی‌توده در شرایط تنش را دارا بوده در هر دو محیط تقریباً ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی داشته ولی ژنوتیپ سیمینه که وزن خشک زی‌توده کمتری داشته در هر دو محیط جوانه‌زنی کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشته است اما جوانه‌زنی آن در محیط تنش اندکی بیشتر از محیط شاهد بوده. در ژنوتیپ‌های دیگری نیز مانند نیک نژاد، GS، استار و مهدوی در اثر اعمال تنش جوانه‌زنی نسبت به حالت شاهد اندکی افزایش‌یافته است یعنی تنش در این ژنوتیپ‌ها جوانه‌زنی بیشتر را تحریک کرده است البته این مقدار افزایش خیلی محسوس نبوده است.

تنش رطوبتی اعمال‌شده به‌وسیله پلی‌اتیلن گلیکول در صورت شدید بودن احتمالاً از طریق کاهش سطح تماس آب با بذرها و پایین آوردن هدایت هیدرولیکی آب اطراف بذرها (۴۰)، کاهش جذب اکسیژن به‌وسیله محدود کردن مقدار اکسیژن محلول در محیط کشت و یا انتشار پذیری کم‌تر

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

پوسته بذر نسبت به اب در پتانسیل‌های اسمزی پایین‌تر (۱۳) باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود.

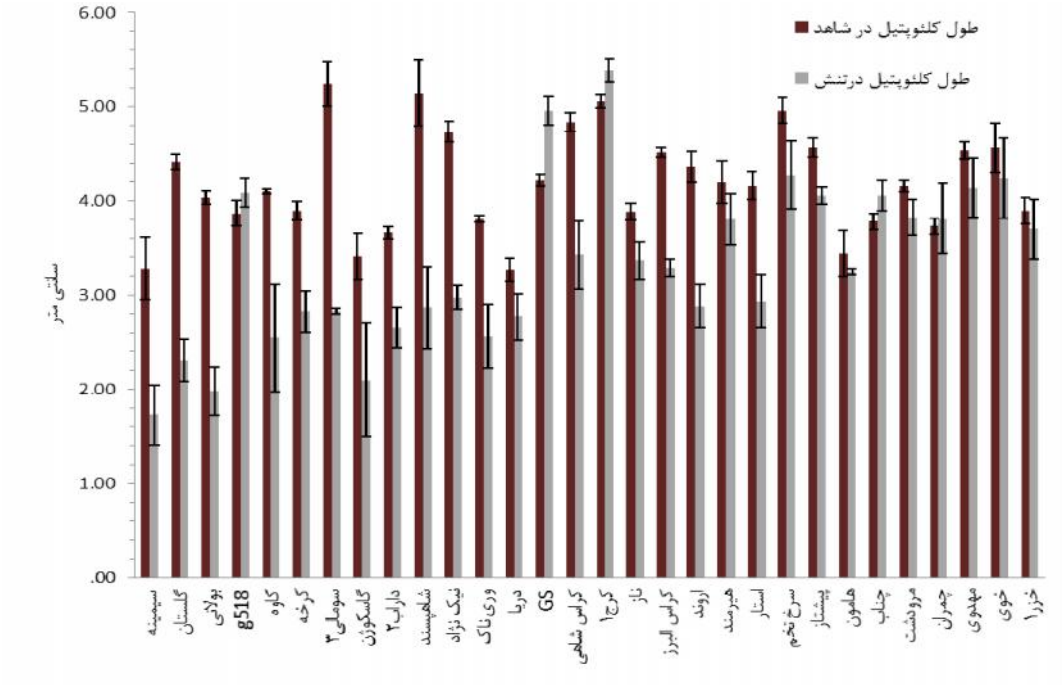
روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی

در همه ژنوتیپ‌ها در اثر اعمال تنش روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی افزایش‌یافته است به‌غیراز ژنوتیپ سرخ تخم. درواقع تنش باعث تأخیر در جوانه‌زنی شده است (شکل ۲، جدول ۴).

در ژنوتیپ‌های که ازلحاظ وزن زی‌توده در شرایط تنش مقاوم شناخته‌شده‌اند در هر دو محیط روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی کم بوده و به‌عبارت‌دیگر سرعت جوانه‌زنی آن‌ها در هر دو محیط زیاد بوده است. در ژنوتیپ سرخ تخم روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در هر دو محیط تقریباً برابر و نزدیک به ۳۲ ساعت بوده است ولی در ژنوتیپ‌هایی مانند هامون، هیرمند و خزر ۱ در حدود نصف روز در جوانه‌زنی تأخیر افتاده است.

در ژنوتیپ‌هایی که ازلحاظ وزن خشک زی‌توده در شرایط تنش حساس بوده‌اند میزان تأخیر در جوانه‌زنی بیشتر بوده است. در ژنوتیپ‌های گلستان، بولانی، ۵۱۸، کاوه و کراس شاهی اعمال تنش باعث تأخیر شدید در جوانه‌زنی شده است که بیشترین تأخیر در ژنوتیپ گلستان رخداده است. در حالت شاهد این ژنوتیپ طی ۲۷/۶ ساعت به ۵۰ درصد جوانه‌زنی رسیده اما در شرایط تنش این زمان به بیش از ۸۲ ساعت افزایش‌یافته است. ژنوتیپ سیمینه که کمترین مقدار وزن زی‌توده در شرایط تنش را داشته است میزان تأخیر نسبتاً کمی ازلحاظ جوانه‌زنی داشته و این نشان می‌دهد که اعمال تنش جوانه‌زنی آن را اندکی به تأخیر انداخته است و اثر تنش بیشتر بر روی رشد گیاه‌چه بوده و از گسترش ریشه‌چه و ساقه‌چه جلوگیری کرده است.

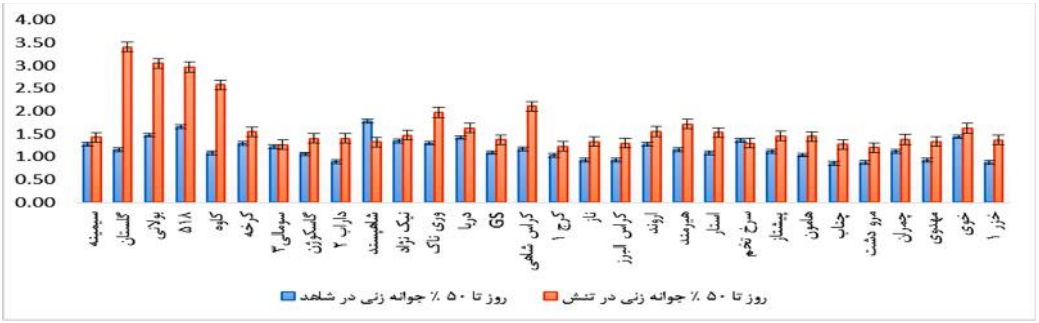
از نتایج این تحقیق می‌توان گفت که سرعت جوانه‌زنی بیش از درصد جوانه‌زنی به تنش آبی حساس است و در پتانسیل اسمزی منفی‌تر با شدت بیشتری نسبت به درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد که این مطلب با نتایج عبدالبیکی و آندرسون (۱) مشابه است.



شکل ۱- میانگین‌های طول کلئوپتیل در ۳۰ ژنوتیپ انتخابی در شرایط شاهد و تنش

Figur 1. Mean of coleoptile length for 30 genotypes were selected in control and stress condition

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]



شکل ۲- میانگین‌های روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در ۳۰ ژنوتیپ انتخابی در شرایط شاهد و تنش

Figure 2. Mean of day to 50 percent germination for 30 genotypes were selected in control and stress condtion

جدول ۳- تاثیر نوع تیمار بر سه صفت اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو شرایط مختلف

Table 3. the effect of kind of treatment on three traits were conducted in all genotypes in control and stress condtion

ژنوتیپ	وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه (g)		وزن زی‌توده (g)		ژنوتیپ	وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه (g)		وزن زی‌توده (g)	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش		نرمال	تنش	نرمال	تنش
DN_11	۱/۴۵	۱/۱۶	۱۳/۲۶	۷/۶	سیستان	۲/۷۱	۱/۳۵	۱۲/۹۴	۹/۰۲
G518	۱/۶۹	۱/۴۱	۶/۹۷	۵/۱	سیمینه	۲/۴۳	۱/۰۳	۱۰/۶۳	۳/۴۷
GR	۱/۳۲	۱/۱۳	۱۱/۵۷	۷/۵۵	شاهپسند	۳/۱۱	۱/۵۵	۸/۳۴	۵/۹۷
GS	۱/۹۱	۱/۲۳	۸/۳۳	۶/۴۲	شاهی	۱/۸۹	۱/۶۸	۱۰/۲۶	۸/۵۷
Kauz	۱/۵۸	۱/۳۴	۸/۹۸	۷/۸۲	شعله	۲/۰۳	۲/۳۸	۶/۳۶	۷/۴۶
MT	۱/۶۲	۱/۲	۱۱/۶	۸/۵۹	شهریار	۱/۵۸	۱/۳۴	۸/۶۷	۷/۶۶
Webllie	۱/۳۴	۰/۸۱	۹/۶۲	۷/۷۴	شیراز	۱/۷۵	۰/۹۹	۱۰/۲۹	۷/۷۹
WS_82_9	۲/۴	۱/۲۸	۹/۱۴	۹/۵۴	شیرودی	۱/۵۹	۱/۴۶	۱۱/۲۳	۷/۴
اترک	۱/۷۵	۱/۴	۹/۱۵	۷/۹۹	طبسی	۲/۰۸	۱/۱۵	۱۳/۰۲	۹/۱
اروند	۱/۴	۱	۱۳/۱۳	۱۰/۰۸	عدل	۱/۷۲	۱/۷۲	۱۱/۹۳	۷/۴۳
اروند موتانت	۲	۱/۶۹	۱۰/۵۴	۸/۹	فرونتانا	۱/۵۹	۱/۲۳	۸	۹/۰۵
استار	۱/۵۴	۰/۸۸	۱۵/۳۹	۱۰/۳	فلات	۱/۳۹	۱/۰۴	۱۰/۲۶	۸/۸
استرک	۲/۰۹	۰/۸۵	۱۵/۸	۸/۹۲	فونگ	۱/۴۵	۱/۱۴	۱۰/۹۶	۸/۱۱
البرز	۱/۶۲	۱/۳۸	۸/۹	۶/۷۶	قدس	۱/۴۸	۱/۳۶	۱۱/۲۹	۸/۵
الموت	۲	۱/۶۲	۱۳/۲۹	۶/۶۲	کاوه	۱/۴۲	۱/۶۷	۱۷/۰۲	۵/۳
امید	۲/۶۳	۲/۱۱	۸/۵	۷/۳۲	کراس البرز	۱/۶۵	۱/۰۷	۸/۹۲	۱۰/۰۳
اینیا	۱/۵۸	۱/۲	۱۱/۶۳	۸/۲۸	کراس روشن بهاره	۱/۶۲	۱/۵۱	۱۶/۳۹	۸/۵۶
آذر ۱	۲/۳۵	۱/۲۹	۱۱/۹۸	۷/۰۱	کراس روشن زمستانه	۲/۱۲	۱/۶۵	۱۱/۲۶	۸/۱۱
آذر ۲	۲/۰۶	۱/۴۴	۹/۴۵	۸/۷۳	کراس شاهی	۱/۸۵	۲/۰۷	۱۱/۳	۶/۴۲
آرتا	۱/۲۲	۰/۸۷	۱۲/۲۶	۸/۸	کراس فلات هامون	۱/۳۷	۰/۹۲	۸/۸۷	۷/۴۹
آزادی	۱/۴۵	۱/۳۳	۱۰/۳۱	۹/۱۴	کرج ۱	۱/۶۳	۰/۹۸	۱۳/۹۶	۹/۶۴
بم	۱/۸۱	۱/۱۵	۱۴/۸۵	۸/۷۷	کرج ۲	۱/۹۳	۱/۶۴	۱۱/۰۱	۸/۰۳
بولانی	۱/۷۵	۱/۳۳	۱۳/۵۲	۴/۴۴	کرج ۳	۲/۰۱	۱/۶۱	۹/۱۲	۸/۷۴
بیات	۱/۶۸	۱/۵۳	۱۱/۸۹	۷/۱	کرخه	۱/۲۵	۱/۳۷	۱۱/۲۱	۵/۳۷
بیستون	۱/۹	۱/۷۳	۱۰/۹۵	۹/۰۵	کویر	۱/۴	۱/۲۶	۱۲/۹۴	۸/۵
پیشتاز	۱/۵۶	۱/۲۶	۱۳/۳۳	۱۰/۵	گاسپارد	۲/۴۹	۱/۶۹	۹/۰۸	۷/۴۵
چمران	۱/۵۹	۱/۴۹	۱۶/۳۵	۱۱/۲۳	گاسکوژن	۲/۱	۱/۳۵	۱۲/۱۹	۵/۷۸
چناب	۱/۴۲	۱/۱۷	۸/۸۷	۱۰/۸۲	گلستان	۱/۷۷	۱/۰۲	۸/۵۳	۳/۹۶
خزر ۱	۱/۲۱	۱/۰۵	۱۶/۱۸	۱۲/۰۳	مارون	۱/۵۹	۱/۱۵	۱۲/۲۱	۹/۳۳
خلیج	۱/۷۳	۱/۴	۱۱/۹۲	۶/۹۹	مرودشت	۱/۲۸	۱/۱۳	۱۰/۳۸	۱۰/۸۹
خوی	۱/۶۳	۱/۴۹	۱۵/۵۳	۱۱/۸۶	مغان ۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱۳/۶۸	۷/۳۴
داراب ۲	۱/۴۲	۱/۶۲	۱۲/۱۸	۵/۹۱	مغان ۲	۱/۷۹	۱/۵۷	۸/۴۷	۶/۴۷
دریا	۱/۴۴	۱/۰۹	۷/۷۴	۶/۲۵	مغان ۳	۱/۳۳	۱/۲	۱۰/۲۷	۸/۰۸
دز	۱/۴۱	۱/۱۶	۱۰/۴۶	۷/۰۱	مهدوی	۱/۵	۱/۱۴	۱۲/۶۳	۱۱/۴۵
رسول	۲/۹۶	۱/۳۳	۹/۰۸	۸/۳۶	میانه	۲/۴۶	۱/۸	۱۵/۳۴	۸/۶۲
روشن	۲/۲۲	۱/۵۳	۹/۴۱	۶/۹۹	ناز	۱/۷۳	۱/۱۳	۱۳/۶۲	۹/۹۶
زاگرس	۲/۱	۱/۱۹	۱۰/۹۷	۸/۶۵	نوید	۱/۶	۱/۴۲	۱۲/۸۷	۷/۰۴
زرین	۱/۶۶	۱/۵۳	۱۰/۸۱	۷/۷۱	نیک نژاد	۱/۷۱	۱/۴۵	۹/۸۵	۶/۱۶
سایسون	۱/۵۹	۱/۲۶	۱۳/۸۴	۸/۸۴	هامون	۱/۵	۱/۰۴	۱۱/۱۷	۱۰/۸
سبلان	۲/۱۲	۱/۵۲	۹/۸۳	۶/۸۹	هیرمند	۲/۲۳	۱/۵	۱۰/۸۱	۱۰/۲۷
سپاهان	۱/۵۱	۱/۲۷	۱۰/۳۵	۸/۰۶	ورى ناک	۱/۵۵	۱/۲۱	۱۰/۸	۶/۲۴
سرخ تخم	۲/۸۸	۱/۴۹	۱۰/۹۷	۱۰/۳۸	یاوارس	۱/۴۳	۱/۱۹	۱۲/۶۴	۶/۵۲
سرداری	۲/۲۶	۱/۶۱	۱۰/۸۳	۷/۳۴	LSD 5%	۰/۴۲۳	۰/۲۷	۳/۱۷	۲۳۲
سومالی ۳	۱/۸۶	۱/۵۲	۱۰/۲	۵/۵۷	Dunnett 5%	۰/۷	۰/۴۵	۵/۳۱	۳/۷۳

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

جدول ۴- تاثیر نوع تیمار بر سه صفت اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دو شرایط مختلف

Table 4. the effect of kind of treatment on three traits were conducted in all genotypes in control and stress condtion

ژنوتیپ	طول کلئوپتیل (cm)		درصد جوانه زنی (٪)		روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی		ژنوتیپ	طول کلئوپتیل (cm)		درصد جوانه زنی (٪)		روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش		نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
DN_11	۳/۷۴	۴/۶۳	۹۵	۹۶/۶۷	۰/۹۸	۱/۴۲	سیستان	۳/۹۱	۲/۷۱	۸۱/۶۷	۹۱/۶۷	۰/۹۸	۱/۴۲
G518	۳/۸۷	۴/۰۹	۱۰۰	۸۳/۳۳	۱/۶۷	۲/۹۸	سیمینه	۳/۲۸	۱/۷۳	۷۸/۳۳	۸۰	۱/۶۷	۲/۹۸
GR	۴/۰۸	۵/۰۹	۹۵	۹۸/۳۳	۱/۰۷	۱/۳۴	شاهپسند	۵/۱۴	۲/۸۶	۸۶/۶۷	۹۰	۱/۰۷	۱/۴
GS	۴/۲۲	۴/۹۶	۹۵	۱۰۰	۱/۰۹	۱/۳۸	شاهی	۶/۴۸	۴/۱۲	۹۱/۶۷	۸۵	۱/۰۹	۱/۳۸
Kauz	۴/۴۶	۴/۲	۹۵	۹۰	۱/۰۱	۱/۳۴	شعله	۴/۳۴	۴/۰۹	۸۸/۳۳	۸۶/۶۷	۱/۰۱	۱/۳۴
MT	۳/۳۶	۴/۵۸	۹۵	۹۶/۶۷	۱/۳۱	۱/۴۷	شهریار	۴/۸۲	۴/۸۲	۹۶/۶۷	۹۳/۳۳	۱/۳۱	۱/۴۷
Webllie	۳/۹۲	۴/۴۲	۹۶/۶۷	۸۳/۳۳	۰/۹۶	۱/۲۸	شیراز	۴/۰۳	۴/۷۲	۹۰	۸۸/۳۳	۰/۹۶	۱/۲۸
WS_82_9	۴/۱۵	۳/۲۷	۸۳/۳۳	۸۳/۳۳	۱/۲	۱/۴۲	شیرودی	۴/۳۳	۳/۴۵	۹۱/۶۷	۹۱/۶۷	۱/۲	۱/۴۲
اترک	۳/۲۶	۲/۸	۹۶/۶۷	۹۶/۶۷	۱/۰۴	۱/۶۳	طبسی	۶/۳۸	۳/۳۳	۹۵	۹۸/۳۳	۱/۰۴	۱/۶۳
اروند	۴/۳۶	۲/۸۹	۹۸/۳۳	۹۶/۶۷	۱/۲۸	۱/۵۵	عدل	۵/۵۲	۴/۰۶	۹۰	۹۳/۳۳	۱/۲۸	۱/۵۵
اروند موتانت	۵/۶۴	۵/۵۴	۹۳/۳۳	۸۸/۳۳	۱/۲۱	۱/۵۵	فرونتانا	۴/۲۱	۳/۵	۹۳/۳۳	۸۵	۱/۲۱	۱/۵۵
استار	۴/۱۶	۲/۹۴	۹۸/۳۳	۱۰۰	۱/۱	۱/۵۳	فلات	۳/۶	۳/۱۶	۹۶/۶۷	۸۳/۳۳	۱/۱	۱/۵۳
استرک	۳/۶۵	۴/۰۱	/۷۵	۷۸/۳۳	۱/۴۲	۱/۵۷	فونگ	۳/۸۹	۴/۰۸	۹۳/۳۳	۹۶/۶۷	۱/۴۲	۱/۵۷
البرز	۳/۸۳	۲/۷	۹۳/۳۳	۹۶/۶۷	۱/۱۲	۱/۸۵	قدس	۴/۸۳	۳/۵۹	۹۸/۳۳	۹۰	۱/۱۲	۱/۸۵
الموت	۳/۵۴	۲/۷۷	۹۹/۱۷	۹۶/۶۷	۱/۱۷	۲/۰۲	کاوه	۴/۱۱	۲/۵۵	۱۰۰	۹۳/۳۳	۱/۱۷	۲/۰۲
امید	۵/۸۲	۵/۵۶	۹۳/۳۳	۹۱/۶۷	۲/۰۲	۱/۷۷	کراس البرز	۴/۵۲	۳/۲۹	۹۶/۶۷	۹۵	۲/۰۲	۱/۷۷
اینیا	۳/۷۱	۲/۸۸	۹۵	۸۵	۱/۰۲	۱/۴۳	کراس روشن بهاره	۵/۰۱	۵/۱۲	۹۵	۷۶/۶۷	۱/۰۲	۱/۴۳
آذر ۱	۵/۶۸	۳/۱۲	۸۶/۶۷	۹۵	۱/۲۹	۱/۵۷	کراس روشن زمستانه	۵/۱۲	۴/۹۳	۹۵	۸۸/۳۳	۱/۲۹	۱/۵۷
آذر ۲	۶/۲۴	۴/۵۷	۹۵	۸۶/۶۷	۰/۹۹	۱/۵۷	کراس شاهی	۴/۸۴	۳ /۴۳	۹۱/۶۷	۹۳/۳۳	۰/۹۹	۱/۵۷
آرتا	۳/۹۲	۲/۶۳	۹۳/۳۳	۹۸/۳۳	۱/۱۴	۱/۵۶	کراس فلات هامون	۴/۰۸	۴/۷	۹۶/۹۷	۸۵	۱/۱۴	۱/۵۶
آزادی	۴/۶	۵/۶۱	۹۶/۶۷	۹۸/۳۳	۰/۹۷	۱/۴۲	کرج ۱	۵/۰۶	۵/۳۹	۹۱/۹۷	۹۶/۶۷	۰/۹۷	۱/۴۲
بم	۴/۰۹	۲/۴۳	۹۴/۴۴	۸۸/۸۹	۱/۲۶	۱/۹۶	کرج ۲	۴/۸۱	۳/۹۳	۸۸/۳۳	۹۵	۱/۲۶	۱/۹۶
بولانی	۴/۰۴	۱/۹۸	۹۶/۶۷	۸۳/۳۳	۱/۴۷	۳/۰۸	کرج ۳	۳/۲۲	۳/۸۲	۹۵	۹۶/۶۷	۱/۴۷	۳/۰۸
بیات	۵/۱۱	۳/۲۸	۹۰	۹۰/۸۳	۱/۱۸	۱/۹۳	کرخه	۳/۹	۲/۸۲	۹۶/۶۷	۸۸/۳۳	۱/۱۸	۱/۹۳
بیستون	۵/۴۷	۶/۱۱	۹۸/۳۳	۹۶/۶۷	۰/۹۱	۱/۱۳	کویر	۳/۹۲	۳/۸۹	۹۸/۳۳	۹۱/۶۷	۰/۹۱	۱/۱۳
پیشتاز	۴/۵۶	۰۶۴	۹۸/۳۳	۹۰	۱/۱۴	۱/۴۵	گاسپارد	۴/۳۱	۳/۴۵	۹۱/۶۷	۸۳/۳۳	۱/۱۴	۱/۴۵
چمران	۳/۷۳	۳/۸۲	۹۸/۳۳	۹۱/۶۷	۱/۱۱	۱/۴۱	گاسکوژن	۳/۴۱	۲/۱	۹۵	۹۱/۶۷	۱/۱۱	۱/۴۱
چناب	۳/۷۸	۴/۰۶	۹۵	۹۱/۹۷	۰/۸۶	۱/۲۹	گلستان	۴/۴۱	۲/۳۱	۹۲/۵	۸۷/۵	۰/۸۶	۱/۲۹
خزر ۱	۳/۹	۳/۷	۱۰۰	۹۶/۶۷	۰/۸۸	۱/۳۵	مارون	۴/۴۴	۳/۲۶	۹۱/۶۷	۸۵	۰/۸۸	۱/۳۵
خلیج	۳/۹۴	۲/۷۱	۹۴/۱۷	۸۶/۶۷	۱/۴۳	۱/۹۴	مرودشت	۴/۱۶	۳/۸۳	۹۸/۳۳	۹۵	۱/۴۳	۱/۹۴
خوی	۴/۵۷	۴/۲۴	۶۷/۹۱	۹۶/۶۷	۱/۴۳	۱/۶۳	مغان ۱	۳/۶۲	۴/۶۳	۹۱/۶۷	۹۵	۱/۴۳	۱/۶۳
داراب ۲	۳/۶۶	۲/۶۵	۱۰۰	۸۳/۳۳	۰/۹	۱/۴۱	مغان ۲	۳/۷	۴/۳۹	۱۰۰	۹۵	۰/۹	۱/۴۱
دریا	۳/۲۷	۲/۷۷	۹۵	۸۶/۶۷	۱/۴۴	۱/۶۶	مغان ۳	۳/۷۶	۳/۳۲	۹۶/۶۷	۹۰	۱/۴۴	۱/۶۶
دز	۴/۳۸	۳/۰۳	۹۱/۶۷	۹۰	۱/۰۸	۱/۴	مهدوی	۴/۵۳	۴/۱۴	۹۶/۶۷	۹۸/۳۳	۱/۰۸	۱/۴
رسول	۳/۴۹	۲/۹	۸۷/۵	۸۸/۳۳	۱/۴۷	۱/۶۲	میانه	۳/۹۵	۵/۹۴	۷۰	۸۸/۳۳	۱/۴۷	۱/۶۲
روشن	۵/۷۲	۲/۷۸	۸۸/۳۳	۷۵	۱/۵۴	۲/۰۲	ناز	۳/۸۹	۳/۳۷	۹۸/۳۳	۹۶/۶۷	۱/۵۴	۲/۰۲
زاگرس	۳/۳۵	۲/۳۷	۸۸/۳۳	۸۸/۳۳	۱/۱۲	۱/۵۶	نوید	۳/۷۲	۳/۳۱	۱۰۰	۹۳/۳۳	۱/۱۲	۱/۵۶
زرین	۵/۰۷	۳/۷۴	۹۸/۳۳	۶۷/۹۱	۱/۲۳	۱/۴۵	نیک نژاد	۴/۷۴	۲/۹۸	۹۱/۶۷	۹۳/۳۳	۱/۲۳	۱/۴۵
سایسون	۴/۰۶	۳/۶۱	۹۸/۳۳	۹۰	۱/۳۸	۱/۶	هامون	۳/۴۴	۳/۲۵	۹۰	۸۵	۱/۳۸	۱/۶
سبلان	۵/۸۱	۵/۸۸	۹۱/۶۷	۹۵	۱/۱	۱/۱۲	هیرمند	۴/۲	۳/۸	۸۸/۳۳	۸۳/۳۳	۱/۱	۱/۱۲
سپاهان	۳/۸۳	۳/۸	۹۳/۳۳	۸۰	۱/۰۴	۱/۴۲	وری ناک	۳/۸۱	۲/۵۶	۹۵	۸۶/۶۷	۱/۰۴	۱/۴۲
سرخ تخم	۴/۹۶	۴/۲۷	۹۰	۸۶/۶۷	۱/۳۶	۱/۳	یاوارس	۴/۰۳	۲/۹	۹۳/۳۳	۸۳/۳۳	۱/۳۶	۱/۳
سرداری	۶/۰۶	۳/۵۷	۹۱/۶۷	۹۰	۱/۳۱	۲/۲۹	LSD 5%	۰/۴۶	۰/۷۴	۷/۵۱	۹/۸۶	۱/۳۱	۲/۲۹
سومالی ۳	۵/۲۴	۲/۸۲	۸۸/۳۳	۹۱/۶۷	۱/۲۴	۱/۳۲	Dunnett 5%	۰/۷۸	۱/۲۴	۱۲/۵۷	۱۶/۵۱	۱/۲۴	۱/۳۲

همبستگی شاخص‌های مقاومت به خشکی

شاخص‌های مختلف مربوط به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی با توجه به فرمول‌های ارائه‌شده و بر اساس عملکرد در شرایط نرمال و تنش محاسبه گردید (جدول ۵). با توجه به همبستگی‌های متقابل این شاخص‌ها همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود شاخص‌های STI، MP، GMP و Harm با عملکرد در هر دو محیط تنش (Y_s) و غیر تنش (Y_p) همبستگی مثبت، بالا و بسیار معنی‌دار دارند بنابراین انتخاب بر اساس این شاخص‌ها منجر به انتخاب ارقامی با پایداری عملکرد بالا می‌گردد. به‌طورکلی شاخص‌هایی برای انتخاب مناسب هستند که با عملکرد در هر دو محیط همبستگی بالایی نشان دهند. نتایج به‌دست‌آمده در این زمینه با نتایج فرناندز (۱۸) مطابقت دارد. هم‌چنین سمیع زاده (۴۰) در تعیین مناسب‌ترین شاخص حساسیت به خشکی در ارقام نخود سفید بر اساس همبستگی‌های بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های مقاومت به خشکی نتیجه گرفت که شاخص‌های میانگین هندسی و شاخص تحمل خشکی شاخص‌های مناسب برای برآورد پایداری عملکرد و دستیابی به ارقام با عملکرد بالا هست.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

همبستگی شاخص‌های SSI و TOL با عملکرد در محیط تنش منفی اما بسیار معنی‌دار است. همچنین همبستگی آن‌ها با عملکرد در شرایط غیر تنش مثبت و معنی‌دار هست. این دو شاخص همبستگی بالا و بسیار معنی‌داری نیز باهم دارند. همبستگی شاخص SSI با شاخص‌های STI، TOL، MP، GMP و Harm غیر معنی‌دار هست. همبستگی شاخص‌های STI و TOL نیز غیر معنی‌دار شده است. در رابطه با شاخص‌هایی نظیر TOL و SSI که همبستگی‌شان با عملکرد در شرایط تنش منفی است، باید ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر کوچک‌تر این شاخص‌ها هستند به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شوند. انتخاب بر اساس این شاخص‌ها باعث برگزیدن ژنوتیپ‌هایی می‌گردد که عملکرد بالا در محیط تنش داشته ولی عملکرد آن‌ها در محیط بدون تنش پایین است و لذا انتخاب بر اساس این دو شاخص توصیه نمی‌شود. هر چه تفاوت عملکرد در شرایط شاهد و تنش بیشتر باشد مقدار شاخص TOL نیز بیشتر خواهد بود. لذا مقادیر کم‌تر TOL به معنی مقاومت به خشکی بوده که این حالت مطلوب است. مقدار TOL بالا ممکن است به دلیل عملکرد بالاتر در شرایط شاهد باوجود عملکرد نسبتاً مطلوب تحت تنش، کاهش شدید عملکرد تنش و یا عملکرد کم‌تر تحت شرایط تنش خشکی باشد. بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین دو شاخص GMP و STI مشاهده شد. در کل همبستگی بین شاخص‌های MP، GMP و Harm با یکدیگر مثبت، بالا و بسیار معنی‌دار بوده است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی و در شرایط تنش ۴- بار

Table 5. Correlation coefficients between the various indicators of drought tolerance in germination stage and in stress conditions -4

شاخص‌ها	Ys	Yp	SSI	STI	TOL	MP	GMP	Harm
Ys	۱							
Yp	۰/۳۱۵**	۱						
SSI	-۰/۵۹۹**	۰/۵۴**	۱					
STI	۰/۸۲۱**	۰/۷۸۲**	-۰/۰۵۳^{ns}	۱				
TOL	-۰/۴۲۱**	۰/۷۲۷**	۰/۹۵**	۰/۱۵۳^{ns}	۱			
MP	۰/۷۴۹**	۰/۸۶۵**	۰/۰۶^{ns}	۰/۹۸۱**	۰/۲۸۴**	۱		
GMP	۰/۸۳۶**	۰/۷۷۹**	-۰/۰۷۲^{ns}	۰/۹۹۲**	۰/۱۴^{ns}	۰/۹۸۶**	۱	
Harm	۰/۸۹۵**	۰/۶۸۶**	-۰/۱۸۹^{ns}	۰/۹۸**	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۹۵۲**	۰/۹۸۹**	۱

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار

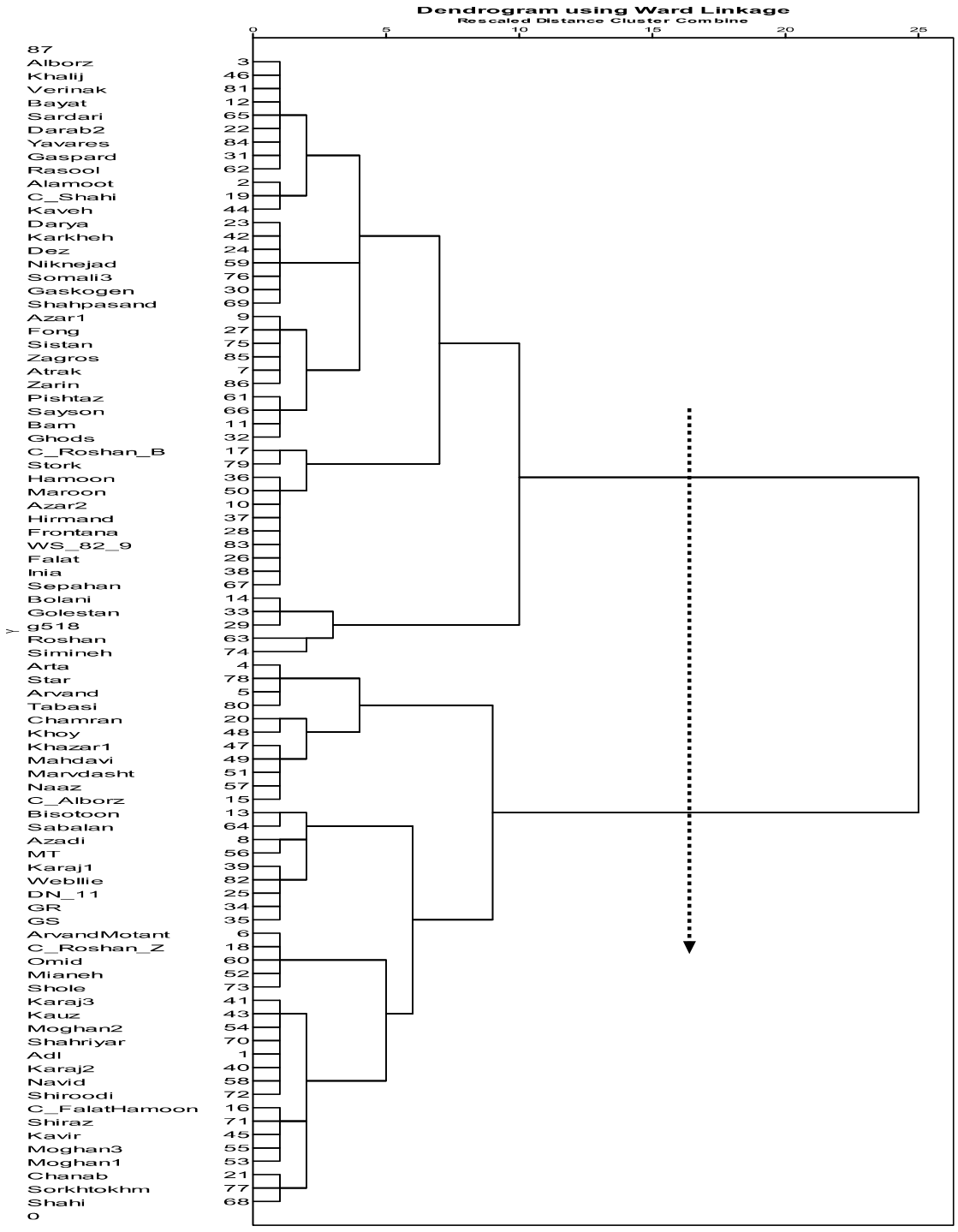
تجزیه کلاستر و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها

به‌منظور گروه‌بندی و تعیین فواصل ژنتیکی، دوری یا نزدیکی و خویشاوندی یا عدم خویشاوندی مجموعه‌ای از افراد از روش دسته‌بندی خوشه‌ای استفاده می‌گردد. هر چه فاصله ژنتیکی بین دودسته از افراد بیشتر باشد، آن دودسته از هم دورترند و درنتیجه تلاقی بین ژنوتیپ‌های این دودسته نتایج مطلوب‌تری خواهد داشت. بدین ترتیب امکان جمع‌آوری ژن‌های بیشتر و مطلوب‌تر در نتایج افزایش می‌یابد. این روش به‌خصوص در مواردی که با تعداد زیادی ژرم‌پلاسم سروکار داریم بسیار مفید است زیرا به‌جای صرف وقت و انرژی زیاد برای انجام تلاقی‌های تصادفی می‌توان از برترین افراد هر کلاستر در تلاقی‌ها استفاده نمود. در این آزمایش یا استفاده از هفده صفت ارزیابی‌شده در مرحله جوانه‌زنی، تجزیه کلاستر برای دو محیط تنش و شاهد و مجموع آن‌ها با استفاده از روش وارد یا حداقل مجموع مربعات انجام شد. گروه‌بندی ارقام در محیط شاهد، آن‌ها را به دو گروه تقسیم نمود و در شرایط تنش نیز ژنوتیپ‌ها در دو گروه قرار گرفتند که گروه اول شامل ژنوتیپ‌ها با تولید ماده خشک بیشتر و گروه دوم شامل ژنوتیپ‌ها با تولید ماده خشک کم‌تر در مرحله جوانه‌زنی می‌باشند (شکل ۳). همچنین تجزیه کلاستر برای ترکیب دو شرایط شاهد و تنش ژنوتیپ‌ها را به دو گروه تفکیک نمود. ضمناً تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش انجام و مشخص شد سه مؤلفه اول در کل حدود ۷۰ درصد از واریانس کل را توجیه کردند بطوریکه مؤلفه اول که بیش از ۴۱ درصد از تغییرات را توضیح می‌دهد بیشترین بار عاملی آن در صفات بنیه بذر، طول ریشه، طول کلئوپتیل و طول ساقه‌چه هست و عامل بنیه بذر نام‌گذاری گردید و مؤلفه دوم که حدود ۱۷ درصد از واریانس کل را شامل می‌شود و صفات وزن خشک زی‌توده، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و تعداد ریشه‌چه در آن دخالت دارند، عامل وزن نام گرفت. نهایتاً مؤلفه سوم که ۱۲ درصد واریانس کل را توجیه می‌نماید بالاترین ضرایب عاملی را در سه صفت میانگین زمان جوانه‌زنی، روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی دارد و عامل سرعت جوانه‌زنی نام‌گذاری شد انتخاب بر اساس شاخص‌های مختلف مربوط به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی باید منجر به انتخاب ارقامی با پایداری عملکرد بالا گردد لذا شاخص‌هایی مناسب هستند که با عملکرد در هر دو محیط همبستگی بالایی نشان دهند. شاخص‌هایی نظیر میانگین هندسی و شاخص تحمل خشکی، جهت برآورد پایداری عملکرد و دستیابی به ارقام با عملکرد بالا مناسب هستند. اما شاخص‌هایی نظیر SSI (شاخص حساسیت به تنش) و TOL (شاخص تحمل تنش) که همبستگی آن‌ها با عملکرد در محیط تنش منفی اما در شرایط غیر تنش مثبت است مناسب نمی‌باشد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش مشخص شد سه مؤلفه اول حدود ۷۰ درصد از واریانس کل را توجیه کردند. مؤلفه اول با بیش از ۴۱ درصد از تغییرات بیشترین بار عاملی آن در صفات بنیه بذر، طول ریشه، طول کلئوپتیل و طول ساقه‌چه هست و عامل بنیه بذر نام‌گذاری گردید.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

به‌طور کل ارقام خزر ۱، خوی، مهدوی، چمران، شاه‌پسند، هیرمند، سرخ تخم، هامون، نیک نژاد، GS و استار به‌عنوان ارقام مقاوم و ارقام بولانی، ۵۱۸، داراب ۲، سیمینه، گلستان، کراس شاهی، کرج ۱، اروند و سومالی ۳ به‌عنوان ارقام حساس شناخته شدند.



شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم با استفاده از داده‌های محیط تنش

Figure3. Cluster analysis of all wheat genotypes were conducted based on the data of stress condition

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

منابع

1. Abdoli, M. and M. Saeidi. 2012. Effects of Water Deficiency Stress during Seed Growth on Yield and its Components, Germination and Seedling Growth Parameters of Some Wheat Cultivars. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 1110-1118.
2. Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. Crop Science, 10: 31-34.
3. Alaei, M., M. Zaefizadeh, M. Khayatnezhad, Z. Alaei and Y. Alaei. 2010. Evaluation of Germination Properties of Different Durum Wheat Genotypes under Osmotic Stress. Middle-East Journal of Scientific Research, 6: 642-646.
4. Al-Mudaris, M.A. 1998. Notes on various parameters recording the speed of seed germination. International Journal of Distributed Energy Resources and Smart Grids, 99: 147-154.
5. Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereas: what should we breed for?. Annals of Botany, 89: 925-940.
6. Arraudea, M.A. 1989. Breeding strategies for drought resistance. In: Baker, F. W. G. (Ed). Drought resistance in cereals. Centre for Agriculture and Biosciences International, 222 pp.
7. Asghari, A.S. and D. Taghvai. 1998. Classification of dryland wheat in terms of drought tolerance. Abstracts of the Fifth Congress of Agronomy, 254-253.
8. Bibi. A., H.A. Sadaqat, M.H.N. Tahir and H.M. Akram. 2012. Screening of sorghum (Sorghum bicolor Var Moench) for drought tolerance at seedling stage in polyethylene glycol. The Journal of Animal & Plant Sciences, 22: 671-678.
9. Biesaga-Koscielniak, J., A. Ostrowska, M. Filek, M. Dziurka, P. Waligorski, M. Mirek and J. Koscielniak. 2014. Evaluation of Spring Wheat (20 Varieties) Adaptation to Soil Drought during Seedlings Growth Stage. Agriculture, 4: 96-112.
10. Baloch, M.J., J. Dunwell, A.A. Khakwani, M. Dennett, W.A. Jatoi and S.A. Channa. 2012. Assessment of wheat cultivars for drought tolerance via osmotic stress imposed at early seedling growth stages. Journal of Agricultural Research, 50: 299-310. (Available at http://centaur.reading.ac.uk/29436/).
11. Bradford., K.J., P. Dahal and B.R. Ni. 1993. Quantitive models scribing germination responses to temperature. Water Potential and Growth Regulators. Fourth International. Workshop On Seed. Basic and Applied Aspects of Seed Biology, Angers, France, July 21-24, 1992. ASFIS, Paris, pp: 239-248.
12. Burlyne, E., M. Michel and R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene Glycol-6000. Plant Physiology, 51: 914-916.
13. De, R. and R.K. Kar. 1995. Seed germination and seedling growth of mange bean (Vigna radiata) under water stress induced by P.E.G 6000. Seed Science and Technology, 23: 301-308.
14. Dhanda, S.S.O, G.S. Sethi and R.K. Behl. 2004. Indices of Drought Tolerance in Wheat Genotypes at Early Stages of Plant Growth. Journal of Agronomy and Crop Science, 190: 6-12.
15. Dhindsa, R.S., P. Plumb-Dhindsa and T.A. Thorpe. 1981. Leaf senescence: correlated with increased leaves of membrane permeability superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany, 32: 93-101.
16. Duman, I. 2006. Effects of Seed Priming with PEG or K3PO4 on Germination and Seedling Growth in Lettuce. Pakistan Journal of Biological Science, 9: 923-928.
17. FAO. 2015. Food and Agricultural Organization of United Nation.
18. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.G. Kuo, editor, Proceedings of an International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops to Temperature Water Stress, Taiwan. 13-16 Aug. 1992. Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan Taiwan, pp: 257-270.
19. Fisher, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain Yield response. Australian Journal of Agriculture Research, 29: 897-912.
20. Gul, A. and R.E. Allan. 1976. Stand establishment of wheat lines under different levels of water protential. Crop Science, 16: 611-615.
21. Hall, A. E. 2001. Crop responses to environment. CRC press. New York, 542 pp.
22. Heydari Roodballi, M., R. Abdolshahi, A. Baghizadeh and M. Ghader Ghaderi. 2016. Genetic Analysis of Yield and Yield Related Traits in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Drought Stress Condition. Journal of Crop Breeding, 8: 1-6.
23. Hossain, A., A. Jaime, M. Teixeira-da-Silva, V. Lozovskaya, V.P. Zvolinsky and V.I. Mukhortov. 2012. High temperature combined with drought affect rainfed spring wheat and barley in south-eastern Russia: Yield, relative performance and heat susceptibility index. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 4: 184-196.
24. Jaradat, A. and M. Duwayri. 1981. Effect of different moisture deficits on durum wheat seed germination and seedling growth. Cereal Research Communication, 9: 55-62.
25. Karimi, H. 2014. Wheat. University Publication Center, 352 pp.
26. Kheradmand, K. and h. Ghadiri. 1996. Effects of water potential on germination and seedling growth of six varieties of wheat. Journal of Agricultural Sciences, 27: 66-59.
27. Khurmandan-moeid, F., M.A. Rostami. and M.R. Ghanadha. 1998. Determining the best indicator of drought tolerance in wheat. Crop Abstracts of Congress, pp: 243-242.
28. Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in water stressed leaves: stomato vs. Metabolism and Role of ATP. Annals of Botany, 89: 871-885.
29. Lichtenthaler, H.K. 1996. Vegetation stress: An introduction to the stress cocept in plants. Journal of Plant Physiology, 148: 4-14.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

30. Main, M.A.R. and E.D. Nafziger. 1994. Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter wheat. Crop Science, 34: 169-171.
31. Nabi-Zadeh, A., C. Heidari-Sharif-Abad and B.C. Noor-Mohammadi. 2007. Evaluation of drought tolerance during germination and growth of winter wheat pure lines. Journal of Agricultural Sciences, 13: 678-661.
32. Naghavi, M.R., M. Moghaddam, M. Toorchi and M.R. Shakiba. 2016. Evaluation of Spring wheat Cultivars for Physiological, Morphological and Agronomic Traits under Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 8: 64-77
33. Nawaz, J., M. Hussain, A. Jabbar, G.A. Nadeem, M. Sajid, M. Subtain and I. Shabbir. 2013. Seed Priming A Technique. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 6: 1373-1381.
34. Nik-khah, H.R. 1999. Evaluation and heritability of drought resistance in wheat. M.Sc. Thesis, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tehran University.
35. Okcu, G., K.M. Demir and M. Atak. 2005. Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of Pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture, 29: 237-242.
36. Passioura, J.B. 2006. Increasing crop productivity when water is scarce from breeding to field management. Agricultural Water Management, 80: 176-196.
37. Prisco, J.T., C.R. Baptista and E.J.L. Pinheiro. 1992. Hydration, Dehydration Seed. Pretreatment and its effects on seed germination under water stress. Plant Physiology 70: 114-126.
38. Rosielle, A.T. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in 31-stress and non-stress environment. Crop Science, 21: 943-949.
39. Saidi, M., A. Ahmadi, K. Postini and M.R. Jahamsouz. 2007. Evaluation of different features Znvtyp wheat germination in osmotic stress conditions and their correlation with the emergence rate and drought resistance in field conditions. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11: 293-281.
40. Samieezadeh-Lahychy, H. 1996. Quantitative and qualitative phenotypic and genetic variation and their correlation with the white peas. a master's thesis of Islamic Azad University.
41. Sapra, V.T., E. Savage, A.O. Anaele and C.A. Beyl. 1991. Variatal differences of wheat and triticale to water stress. Agronomy Crop Science, 167: 23-28.
42. Sepanlou, M.G. and H. Seiadat. 1999. Effects of water stress on wheat germination characteristics. Journal of Soil and Water Sciences, 13: 79-87.
43. Smith, E.L. 1987. Review of plant breeding strategies for rainfed areas. In: Srivastava, J. P. (Ed). Drought tolerance in winter cereals. Biometry-USA, pp: 79-87.
44. Takeda, S. and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. Nature, 9: 444-457.
45. Zarei, L., E. Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi and M. Mohammadi Sarab Badieh. 2007. Evaluation of some indirect traits and indices to identify drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian Journal of Plant Science, 6: 1204-1210.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

Evaluation of Drought Tolerance in wheat Genotypes under Drought Stress at Germination Stage

Elahe Shirazi[1], Bahman Fazeli-nasab[2], Hossein-Ali Ramshin[3], Mehdi Fazel-Najaf-Abadi[4] and Ali Izadi-darbandi[4]

1, 3 and 4- Gradated M.Sc. Assistant professor and Associates Professor, Tehran University
2- Scientific Member and Instructor, Center of agricultural research, University of Zabol.
(Corresponding authors: Bfazeli@uoz.ac.ir)
. Received: December 10, 2014 Accepted: November 7, 2015

Abstract

In order to assess tolerance to drought and resistant and susceptible genotypes, 86 genotypes of native and commercial wheats were evaluated in germination stage with a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. Two levels of osmotic potential of zero (control) and -4 bar. PEG 6000 were used to create the tension of the material. Different morphological traits were studied 8 days after planting the seeds on the seedlings. All the studied traits had significant differences in the level of one percent except the number of roots between the two levels of osmotic potential. In other words, the number of roots in different genotypes, were not affected by the drought stress. The effects of genotype and genotype × environment for all examined characteristics were significant at the one percent level. Stress decreased all germination index but this decline was not equally in all the traits, such as decline in the shoot was more noticeable than the root length. Stepwise regression analysis based on regression model with six variables were fitted to control circumstances and bivariate regression models were fitted to experimental data for stress. The genotypes were classified based on all traits using cluster analysis in the stage of germination in both environments. Genotypes in each environment (stress and control) were clustred separately that resistant and sensitive genotypes. Biplot analysis based on two main components were used on tolerance and susceptibility indices that resistant and susceptible genotypes were classified in two differenti groups based on the dry weight of biomass in both the stress and control condtion. According to the result of this research, the genotypes including Khazar 1, Khoi, Chamran and mahdavai have been identified as sensitive and also the genotypes of Bolani, Simineh and Golestan were drought tolerance

Keywords: Bread wheat, Drought, Germination, PEG, Resistant

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]