تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۹
۱۹۷-۲۱۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1828.1430

مقاله پژوهشی

مطالعه شاخص‌های جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Tritium aestivum* L.) تحت تنش خشکی شبیه‌سازی‌شده با پلی‌اتیلن گلیکول

محمد دشتکی[1*]، محمدرضا بی‌همتا[2]، اسلام مجیدی[3]، رضا عزیزی نژاد[4]
۱. دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
۲. استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
۳. استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
۴. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۰۸

چکیده

تنش کم‌آبی از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد بخصوص در مرحله جوانه‌زنی گیاه است. لذا جهت بررسی اثر خشکی با استفاده از محلول پلی‌اتیلن گلیکول (PEG 6000) بر شاخص‌های جوانه‌زنی و همبستگی سی ژنوتیپ گندم نان تحت تنش (۰، ۴-، ۸- و ۱۲- بار) در آزمایشگاه بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها و سطوح مختلف تنش و اثرات متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در این آزمایش رقم حیدری بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی (به ترتیب برابر ۹۸/۷ درصد و ۳۵/۹) و طول ریشه‌چه (۱۰/۲ سانتی‌متر) را داشت و حال‌آنکه رقم آذر (به ترتیب با ۷۳/۳ درصد، ۲۰/۷ و ۲/۹ سانتی‌متر) پایین‌ترین مقدار را دارا بود. ازلحاظ طول ساقه‌چه و شاخص بنیه بذر رقم سرداری به ترتیب با ۵/۶ سانتی‌متر و ۵۲۰/۱ بالاترین و رقم گاسکوژن به ترتیب با ۲/۸ سانتی‌متر و ۲۵۷/۲ پایین‌ترین مقدار را نشان دادند. همچنین ازلحاظ صفات وزن‌تر و وزن خشک گیاهچه، رقم روشن به ترتیب با ۰/۵ و ۰/۱۲ گرم بالاترین و رقم الوند به ترتیب با ۰/۲۱ و ۰/۰۴ گرم پایین‌ترین مقدار را داشت. بین طول ریشه‌چه و درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی در شرایط مطلوب و بین اکثر صفات در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که صفات همبسته طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و بنیه بذر و وزن خشک گیاهچه در عامل اول و صفات همبسته وزن‌تر و خشک گیاهچه در عامل دوم حدود ۷۲ درصد از تغییرات موجود در کل داده‌ها را توجیه و بیشترین تأثیر را در جوانه‌زنی بذور داشتند. تجزیه کلاستر نیز ارقام گندم را در ۴ کلاستر با خصوصیات درون‌گروهی مشابه و بین گروهی غیرمشابه گروه‌بندی نمود.

واژه‌های کلیدی: **درصد جوانه‌زنی، ژنوتیپ، سرعت جوانه‌زنی، شرایط نرمال، تنش خشکی.**

مقدمه

خشکی یکی از اصلی‌ترین محدودیت‌های محیطی برای رشد و باروری گیاهان (LixiangCheng et al., 2016) و همچنین مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد محصولات زراعی در سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. در بسیاری از بخش‌های جهان کمبود آب، از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در تولید است (Sanyukta et al., 2014).

ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آید. افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به مواد غذایی از یک‌سو و کاهش تولید گندم و دیگر محصولات کشاورزی در اثر خشکی از سوی دیگر باعث شده است که افزایش تحمل به خشکی

* نگارنده پاسخگو: محمد دشتکی. پست الکترونیک: md_dashtaki@ut.ac.ir

یکی از هدف‌های مهم به نژادگران در سال‌های اخیر باشد (Mollah Sadeghi, 2011).

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی در دنیا است که در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند و نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی انسان‌ها دارد. این محصول تأمین‌کننده ۲۰ در صد انرژی و ۷۸-۹۳ درصد پروتئین موجود در جیره غذایی بشر است (Esvand et al., 2005; Ghorbani et al., 2005; Abdi et al., 2014). گندم در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن و مراحل انتهایی فصل رشد با بروز تنش خشکی مواجه است بنابراین انتخاب ارقامی که علاوه بر تحمل به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن، عملکرد بالایی نیز داشته باشد از اهمیت زیادی برخوردار است (Saeidi et al., 2007). گزارش‌ها متعدد حاکی از آن است که ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تولید کرده‌اند (Seefeldet et al., 2002). مرحله گیاهچه‌ای از مراحل حساس به تنش خشکی است. بذرهایی که بتوانند در شرایط تنش، از مقاومت به خشکی بالایی برخوردار باشند، در استقرار یکنواخت بوته‌ها در مزرعه و افزایش عملکرد نقش قابل‌توجهی خواهند داشت (Bagheri et al., 2012).

نوسانات جوانه‌زنی که تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد ازنظر اکولوژیکی و از دیدگاه مدیریت زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است. اثرات متقابل بین عوامل محیطی و مکانیسم‌های درونی یک بذر، جوانه‌زنی بذر را تحت شرایط خاص تعیین می‌کند (Bradford et al.,1992). برخی محققین با مطالعه روی ژنوتیپ‌های گندم نان ازنظر تحمل خشکی در شرایط مزرعه و آزمایشگاه گزارش کردند که ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در شرایط مزرعه از تحمل به خشکی بالایی در شرایط آزمایشگاه مرحله جوانه‌زنی برخوردار بودند (Zarei et al., 2007). در تحقیقی پارامترهای مرتبط با رشد گیاه نظیر طول کلئوپتیل، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه به‌عنوان صفات برجسته جهت ارزیابی تحمل به خشکی معرفی شدند (Pan et al.,2002). همچنین تحقیقات نشان داده است که صفت طول ساقه‌چه بیش از هر صفت دیگری تحت تأثیر تنش خشکی قرارگرفته و با افزایش تنش خشکی میزان رشد ساقه‌چه به‌شدت کاهش می‌یابد (Oskoei, 2010).

رشد گیاهچه در شرایط آزمایشگاه به‌عنوان مرحله مناسب برای بررسی مقاومت به خشکی در گندم موردقبول پژوهشگران است. جوانه‌زنی و بنیه قوی بذر برای استقرار اولیه مهم است. در نواحی خشک رشد گیاهچه به‌واسطه کمبود رطوبت محدود می‌شود در این نواحی سرعت و میزان استقرار گیاه‌چه تأثیر زیادی در زمان رسیدگی و عملکرد دارد (Balouchi, 2010). افزودن محلول پلی‌اتیلن گلیکول به محیط کشت هیدروپونیک روش خوبی برای گزینش گیاهچه-های گندم ازنظر مقاومت به خشکی است. این ماده به دلیل ایجاد شرایطی شبیه به تنش‌های محیط‌های طبیعی، کاربرد زیادی دارد (Emmerich and Hardgree, 1990).

در سطوح مختلف تنش‌های غیرزنده برای جوانه‌زنی ارقام مختلف گندم واکنش‌های متفاوتی گزارش‌شده است (Metwali et al., 2011). در مطالعه‌ی اثر تنش خشکی بر روی ارقام گندم، بنیه جوانه‌زنی را در مقایسه با طول ساقه‌چه، درصد جوانی زنی و طول ریشه‌چه حساس‌ترین صفت به تنش خشکی معرفی کرد (Dhanda et al., 2004). در تحقیق دیگری مشخص گردید نسبت بالای طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نشان‌دهنده تحمل بیش‌تری است، ولی با توجه به واکنش‌های متفاوت صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌ها در پتانسیل‌های مختلف به نظر می‌رسد برای طبقه‌بندی و غربال ژنوتیپ‌ها ازنظر تحمل به خشکی باید از معیارهای چندگزینه‌ای استفاده نمود و از استفاده یک صفت در مشخص کردن وجود یا عدم وجود تحمل به تنش اجتناب کرد (Baalbaki et al.,1999).

این پژوهش با هدف بررسی واکنش مؤلفه‌های جوانه‌زنی در ارقام گندم نان جدید معرفی‌شده توسط موسسه تحقیقات دیم و موسسه تحقیقات و اصلاح نهال و بذر در مقایسه با ارقام شناخته‌شده به سطوح مختلف تنش خشکی و شناسایی ارقام مقاوم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بر روی سی رقم گندم (بذور برداشت‌شده از فصل زراعی قبل) به ترتیب شماره از ۱ تا ۳۰ (میهن، اروم، نوید، الوند، زرین، زارع، سایسون، الموت، گاسکوژن، حیدری، ریژاو، باران، کریم، کوهدشت، پیشگام، استار، پیشتاز، قدس، مرودشت، سرداری، کویر، دز، ویریناک،

البرز، هیرمند، روشن، زاگرس، بزوستایا، آذر و سیروان) شامل ارقام قدیمی و جدید (Seed and Plant Improvement Research Institute, 2015) انجام شد.

ابتدا ۲۵ عدد بذر از هر رقم انتخاب و بعد از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد، با آب مقطر شستشو داده شد و بذرها در داخل ظرف پتری شیشه‌ای سترون با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متری روی کاغذ صافی سترون قرار داده شدند. به هر ظرف پتری ۱۰ میلی‌لیتر از محلول پلی‌اتیلن گلیکول با پتانسیل موردنظر (سطوح مختلف تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن گلیکول شامل صفر (آب مقطر به‌عنوان شاهد)، ۴-، ۸- و ۱۲- بار) اضافه شد. مقادیر لازم از پلی‌اتیلن گلیکول با وزن مولکولی ۶۰۰۰ برای ایجاد هر یک از پتانسیل‌های اسمزی مختلف با استفاده از فرمول میچل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) محاسبه گردید.

جدول ۱. نام و مشخصات ارقام گندم نان (منبع: Seed and Plant Improvement Research Institute, 2015)

Table 1. Information on bread wheat cultivars

ردیف Row	رقم Variety		سال معرفی Year	تنش خشکی Drought stress		تیپ رشد Growth type		نوع کشت Type of cultivation	
1	Mihan	میهن	2010	Resistant	مقاوم به تنش آخر فصل	Winter	زمستانه	irrigated	آبی
2	Aroume	اروم	2011	Sensitive	حساس	Facultative	بینابین	irrigated	آبی
3	Navid	نوید	1990	Sensitive	حساس	Facultative	بینابین	irrigated	آبی
4	Alvand	الوند	1995	Semi- resistant	نسبتاً مقاوم	Facultative	بینابین	irrigated	آبی
5	Zarrin	زرین	1995	Sensitive	حساس	Facultative	بینابین	irrigated	آبی
6	Zare	زارع	2010	Resistant	مقاوم	Facultative	بینابین	irrigated	آبی
7	Sison	سایسون	1994	Sensitive	حساس	Winter	زمستانه	irrigated	آبی
8	Alamoot	الموت	1995	Sensitive	حساس	Winter	زمستانه	irrigated	آبی
9	Gascogen	گاسکوژن	1994	Sensitive	حساس	Winter	زمستانه	irrigated	آبی
10	Heydari	حیدری	2015	Resistant	مقاوم به تنش آخر فصل	Facultative	بینابین	irrigated	آبی
11	Rizhav	ریژاو	2012	Resistant	مقاوم	Winter	زمستانه	Rainfed	دیم
12	Baran	باران	2014	Resistant	مقاوم	Winter	زمستانه	Rainfed	دیم
13	Karim	کریم	2015	Resistant	مقاوم	Spring	بهاره	Rainfed	دیم
14	Koohdasht	کوهدشت	2000	Resistant	مقاوم	Spring	بهاره	Rainfed	دیم
15	Pishgam	پیشگام	2008	Resistant	مقاوم	Winter	زمستانه	irrigated	آبی
16	Star	استار	1995	Sensitive	حساس	Spring	بهاره	irrigated	آبی
17	Pishtaz	پیشتاز	2002	Resistant	مقاوم	Spring	بهاره	irrigated	آبی
18	Qods	قدس	1989	Sensitive	حساس	Facultative	بینابین	irrigated	آبی
19	Marvdasht	مرودشت	1999	Sensitive	حساس	Spring	بهاره	irrigated	آبی
20	Sardari	سرداری	1930	Resistant	مقاوم	Winter	زمستانه	Rainfed	دیم
21	Kavir	کویر	1997	Resistant	مقاوم	Spring	بهاره	irrigated	آبی
22	Dez	دز	2002	Resistant	مقاوم	Spring	بهاره	irrigated	آبی
23	Virinak	ویریناک		Sensitive	حساس	Spring	بهاره	irrigated	آبی
24	Alborz	البرز	1978	Sensitive	حساس	Facultative	بینابین	irrigated Rainfed	آبی- دیم
25	Hirmand	هیرمند	1991	Resistant	مقاوم	Spring	بهاره	irrigated	آبی
26	Roshan	روشن	1958	Resistant	مقاوم	Facultative	بینابین	irrigated	آبی
27	Zagros	زاگرس	1996	Resistant	مقاوم	Spring	بهاره	irrigated	آبی
28	Bezostaya	بزوستایا	1969	Sensitive	حساس	Winter	زمستانه	irrigated	آبی
29	Azar	آذر	1956	Resistant	مقاوم	Facultative	بینابین	Rainfed	دیم
30	Sirvan	سیروان	2011	Resistant	مقاوم	Spring	بهاره	irrigated	آبی

دمای ژرمیناتور ۲۵ درجه و شدت نور ۱۰۰۰ لوکس، (۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی) و رطوبت نسبی آن ۶۰٪ بود. شمارش بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه در یک ساعت معین انجام گرفت. خروج ریشه‌چه به‌اندازه دو میلی‌متر یا بیشتر به‌عنوان معیار جوانی زنی در نظر گرفته شد. در انتهای آزمایش (روز هشتم) ۱۰ گیاه‌چه به‌صورت تصادفی از داخل هر پتری انتخاب و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه با خط‌کش و برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. گیاهچه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و سپس وزن خشک آن‌ها با ترازوی حساس اندازه‌گیری شد. درنهایت برای محاسبه درصد و سرعت جوانی زنی از رابطه‌های زیر استفاده گردید (Cattivell et al., 2008).

شاخص بنیه بذر از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی نهائی (درصد جوانه‌زنی در روز آخر) در طول گیاهچه به دست آمد (Agrawal, 2003).

شاخص بنیه (ویگور) = طول گیاهچه×درصد جوانه‌زنی نهائی [۱]

شاخص جوانه‌زنی بذر از مجموع نسبت تعداد کل بذرهای جوانه‌زده به تعداد روزهای پس از کاشت به دست آمد

$$\text{شاخص جوانه زنی بذر} = \frac{Ni}{Ti} \quad [۲]$$

که در آن Ni برابر است با تعداد کل بذرهای جوانه‌زده تا روز N ام و Ti شماره روز که برای گندم اولین روز شمارش روز دوم و آخرین روز شمارش روز هشتم بود (Tekrony and Egli, 1991; Draper, 1985).

$$\text{درصد جوانه زنی} = \frac{\text{تعداد کل بذور جوانه زده تا روز i ام}}{\text{تعداد کل بذور}} \times 100 \quad [۳]$$

سرعت جوانه‌زنی بذور با روش مگوئیر (Maguire, 1962) محاسبه شد که برابر با مجموع نسبت Ti Ni/ است که در آن Ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز و Ti تعداد روزهای پس از کاشت به دست آمد (روز اول تا روز دهم).

$$\text{سرعت جوانه زنی} = \sum_{n=1}^{i} \frac{\text{تعداد جوانه بذور کل تا روز زده ام}}{\text{تعداد شروع آزمایش از روز}} \quad [۴]$$

تجزیه داده‌ها (تجزیه واریانس، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و برای تعداد کلاستر از رابطه ۵ (Murtagh and Legendre, 2011) و تجزیه به عامل‌ها با دوران وریماکس (Rummel, 1988) بر روی میانگین ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۴ و برای مقایسات میانگین از آزمون دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

$$\text{تعداد کلاستر} = \sqrt{\frac{n}{2}} \quad [۵]$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها و تنش خشکی ازلحاظ صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، سرعت و درصد جوانه‌زنی، وزن خشک و وزن‌تر گیاهچه، شاخص بنیه و شاخص جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. همچنین برهمکنش ژنوتیپ در خشکی در مورد همه صفات معنی‌دار شدند. علی‌رغم معنی‌دار شدن اثر متقابل رقم در تنش کم‌آبی و اینکه می‌دانیم تحت این شرایط بایستی هر عامل را در رابطه با عامل دیگر تفسیر کنیم، ولی به علت اینکه تفسیر اثر متقابل یعنی بررسی هر صفت بر روی سی رقم در ۴ سطح تنش منجر به ایجاد گراف‌های متعددی می‌گردید و این تعدد و شلوغی گراف‌ها، ناخوانا بودن میانگین‌ها را به دنبال خواهد داشت، لذا از بین سی رقم، سه رقم که در هر صفت بیشترین، کم‌ترین و مقدار متوسطی داشت را انتخاب و جهت داشتن یک برآیند کلی از شرایط آزمایش نتایج عامل‌های رقم و تنش جداگانه به ترتیب در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. لازم به ذکر است که روند همه صفات برای تمام ارقام تقریباً مشابه تغییر می‌کرد.

درصد جوانه‌زنی

نتایج میانگین‌های ارقام نشان داد ارقام به ترتیب حیدری، زرین، قدس و استار دارای بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۹۸ درصد) و رقم آذر دارای کم‌ترین درصد جوانه‌زنی (۷۳ درصد) بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش سطح خشکی، درصد جوانه‌زنی ارقام به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. علت کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی را می‌توان به کاهش سرعت جذب اولیه آب نسبت داد (Abdi et al., 2014; Fernands, 1992). تنش خشکی با محدود کردن جذب آب توسط بذر، تأثیر بر حرکت انتقال ذخایر بذر و با تأثیر مستقیم بر ساختمان آن بیشتر پروتئین در جنین جوانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Fernandez,1992). کاهش درصد جوانی زنی ارقام گندم در شرایط تنش خشکی بیانگر حساسیت این ارقام به تنش است که توسط برخی محققین

دیگر نیز گزارش شده است (Saeidi et al.,2007; Pan et al., 2002).

سرعت جوانه‌زنی

بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد بدون تنش (در ژنوتیپ حیدری به میزان ۳۷/۱) مشاهده شد، ولی با افزایش شدت تنش، این شاخص به‌صورت خطی کاهش پیدا کرد، به‌نحوی‌که کم‌ترین مقدار آن در تیمار (۱۲-) به میزان ۳۰/۹ مشاهده گردید (جدول ۳). کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی به دلیل آن است که تنش باعث افزایش فشار اسمزی در محیط اطراف بذر یا ریشه‌چه گیاه می‌شود که در این صورت جذب آب توسط بذر یا ریشه با اشکال مواجه می‌گردد (Abdi et al., 2014). کاهش درصد و سرعت جوانی زنی با افزایش خشکی در بسیاری از گیاهان به‌ویژه غلات گزارش شده است و کاهش سرعت جوانی زنی را به دلیل کاهش پتانسیل آب و کاهش دسترسی بذر به آب مرتبط دانسته‌اند. همچنین قابلیت دسترسی بذر به آب با کاهش پتانسیل اسمزی (مواد محلول) و ماتریک (مکش) کاهش می‌یابد. لذا پتانسیل آب محیط تأثیر مستقیم بر سرعت جذب آب و جوانی زنی دارد (Saeidi et al., 2007).

جدول ۱. تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی ۳۰ ژنوتیپ گندم در ۴ سطح مختلف پلی‌اتیلن گلیکول

Table 1. Variance analysis and indices of germination of wheat varieties in different level of drought

			میانگین مربعات	Mean of square		
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination Speed
Variety (V)	رقم	29	39.12**	4.61**	668.1**	273.96**
Drought (D)	خشکی	3	1900.6**	1424.5**	9327.9**	6070.9**
V*D	رقم*خشکی	87	12.27**	2.48**	320.52**	44.1**
Error	خطا	240	0.59	0.28	57.1	11.22
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		12.33	14.8	8.33	12.25

Table 1. Continued **جدول ۱. ادامه**

			میانگین مربعات	Mean of square		
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	وزن‌تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص بنیه بذر Seed vigor index	شاخص جوانه‌زنی Germination index
Variety (V)	رقم	29	0.065**	0.003**	48531**	0.65**
Drought (D)	خشکی	3	4.02**	0.041**	13404039**	0.13**
V*D	رقم*خشکی	87	0.024**	0.001**	23019**	0.31**
Error	خطا	240	0.003	0.0002	2644.8	0.05
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		16.6	15.9	14.9	8.3

*، ** معنی دار در سطح احتمال ۰،۰۵ و ۰،۰۱ درصد.

*, ** significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه

اثر تنش خشکی بر طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی از طول ریشه‌چه و همین‌طور طول ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری کاسته شد. بیش‌ترین طول ریشه‌چه را شاهد با ۱۸/۴۷ سانتی‌متر مربوط به رقم حیدری و کم‌ترین طول ریشه‌چه را رقم آذر با ۰/۳ سانتی‌متر طول را در سطح تنش ۱۲- بار به خود اختصاص دادند. بیش‌ترین طول

ساقه‌چه را شاهد با ۱۴/۶ سانتی‌متر متعلق به رقم سرداری و کمترین طول ساقه‌چه با طول ۰/۳ سانتی‌متر متعلق به رقم گاسکوژن و کویر بود (جدول ۲). طول اجزای گیاهچه و به‌خصوص ریشه‌چه می‌تواند یک شاخص مهم جهت پیش‌بینی ظهور گیاهچه در مزرعه و تفاوت موجود بین توده‌های بذر باشد (Abba and Lovato, 1998).

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مختلف برای ۳۰ رقم گندم نان

Table 2. Mean comparison between different traits for 30 bread wheat varieties

ژنوتیپ Genotype	طول ریشه‌چه Root length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	وزن‌تر گیاهچه Seedling fresh weight (g)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)	شاخص بنیه vigor index	شاخص جوانه‌زنی Germination index
1	6.2 gh	3.6 e-g	93.2 a-e	31.7 b-d	0.34 f-h	0.076 g-h	355.9c-e	2.91a-e
2	6.17 gh	3.5 e-h	92.2 a-f	33.40 ab	0.25 j-l	0.075 h-l	340.1d-g	2.88a-e
3	4.8 k-n	3.7 d-f	95.3 a-d	30.90 b-e	0.24 kl	0.081 g-j	360.7cd	2.98a-d
4	3.1 p	3.7 d-f	82.2 h-k	18.30 n	0.21 l	0.04 m	308.2e-i	2.57h-j
5	4.4 no	3.52 e-i	98 a	31.4 b-e	0.38 d-f	0.072 i-l	349.7c-e	3.06a
6	7.8 d	3.52 e-i	94 a-e	29.9 c-g	0.29 i-k	0.098 b-d	337.7d-g	2.94 a-e
7	5.2 j-m	3.06 j-l	89.3 b-f	27.3 h-j	0.29 i-k	0.063 l	290.4g-k	2.79 b-f
8	5.04 no	3.4 f-k	95.8 a-c	30.5 b-f	0.29 i-k	0.067 kl	322.9d-i	2.99 a-c
9	5.04 no	2.80 l	79.7 i-l	21.7 k-m	0.27 i-k	0.067 kl	257.2 k	2.49 i-k
10	10.18 a	3.40 f-k	98.7 a	35.9 a	0.37 d-g	0.075 h-l	314.5d-i	3.09 a
11	9.17 bc	3.9 c-e	96.3 ab	27.3 g-i	0.38 d-f	0.087 c-h	398.5 bc	3.01 ab
12	9.50 b	4.90 b	95.3 a-d	31.3 b-e	0.38 d-f	0.88 c-g	349.0 c	2.98 a-d
13	9.1 bc	3.42 f-j	96.0 ab	32.2 bc	0.47 b	0.095 b-e	341.5d-f	3.00 ab
14	5.5 h-k	3.02 j-l	91.7 a-e	27.5 f-i	0.36 e-g	0.075 g-l	293.0f-k	2.87 a-f
15	6.7 gf	3.28 f-l	94.0 a-e	31.2 b-e	0.37 d-g	0.104 b	321.4d-i	2.94 a-e
16	7.7 d	4.10 c	97.0 a	31.2 b-e	0.36 e-g	0.089 c-f	413 b	3.04 a
17	6.98 ef	3.70 d-f	90.0 b-f	28.4 e-h	0.44 bc	0.084 e-i	341.5c-e	2.8 b-g
18	6.88 ef	4.40 c	98.7 a	31.7 b-d	0.32 g-i	0.076 g-k	440.6 b	3.08 a
19	8.6 c	4.20 c	95.3 a-d	30.5 b-f	0.40 c-e	0.88 c-g	415.0 b	2.98 a-d
20	7.5 d	5.6 a	83.0 g-j	26.1 h-j	0.40 c-e	0.084 e-i	520.1 a	2.6 g-i
21	4.5 m-o	2.9 j-l	86.0 f-i	26.2 h-j	0.24 kl	0.076 g-l	283.3 i-k	2.69 f-i
22	3.9 o	3.4 f-k	76.3 j-l	19.1 mn	0.30 h-j	0.068 j-l	287.0i-k	2.39 jk
23	4.4 no	3.00 j-l	76.0 kl	18.3 n	0.30 h-j	0.068 j-l	260.5 jk	2.38 jk
24	5.5 i-l	3.4 f-k	85.3 f-i	25.9 h-j	0.40 c-e	0.105 b	329.5d-i	2.67 f-i
25	5.6 h-j	3.5 e-h	89.7 b-g	24.6 i-k	0.38 d-f	0.091 c-f	336.6d-h	2.8 b-g
26	5.4 j-l	4.3 c	88.7 c-g	28.7 d-h	0.50 a	0.120 a	409.1 b	2.77 c-h
27	4.8 l-n	3.4 f-k	88.3 d-g	24.1 j-l	0.40 c-e	0.098 bc	308.8e-i	2.76 d-h
28	5.4 j-l	3.2 f-k	76.3 j-l	21.2 l-n	0.40 c-e	0.082 f-i	308.9e-i	2.39 jk
29	5.7 h-j	2.92 j-l	73.3 l	20.1 mn	0.38 d-f	0.086 d-h	283.2i-k	2.29 k
30	6.7 gf	3.1 g-l	88.0 e-h	23.9 j-l	0.40 c-e	0.09 c-f	309.1e-i	2.75 e-h

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح یک درصد بین میانگین ها.

Different letters show significant at the 0.01 levels

وزن‌تر و وزن خشک گیاهچه

تنش خشکی بر روی دو صفت وزن‌تر و وزن خشک در ژنوتیپ‌های مختلف هم اثر منفی و معنی‌داری گذاشت به‌طوری‌که با افزایش سطح تنش این وزن‌ها هم کاهش پیدا کردند. بیش‌ترین وزن‌تر در نمونه‌های شاهد (بدون تنش) در ژنوتیپ زرین با وزن ۰/۹۶ گرم و کم‌ترین وزن‌تر با وزن ۰/۴۱۷ گرم مربوط به رقم قدس بود. همچنین بیش‌ترین وزن خشک با وزن ۰/۱۵ گرم متعلق به رقم‌های پیشگام و هیرمند و آذر و کمترین وزن خشک با وزن ۰/۰۵۶ گرم متعلق به رقم کوهدشت بود. بیشترین میانگین وزن‌تر و وزن خشک به ترتیب با مقدار ۰/۵ و ۰/۱۲ گرم مربوط به رقم روشن و کم‌ترین مقدار این صفات متعلق به ژنوتیپ الوند بود و بیش‌ترین میانگین وزن خشک در ژنوتیپ روشن و زاگرس و کمترین میانگین وزن خشک در ژنوتیپ الوند مشاهده شد. علی‌رغم

اینکه بالاترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در ارقام حیدری و سرداری و کم‌ترین مقدار در رقم گاسکوژن مشاهده شد ولی بیش‌ترین میانگین وزن‌تر و خشک در رقم روشن و کمترین میانگین وزن‌تر و خشک در رقم الوند مشاهده شد که می‌تواند به دلیل نازکی و باریک‌تر بودن ریشه‌چه و ساقه‌چه در این ارقام باشد (جدول ۲). برخی محققین نیز چنین تفاوتی را در نتایج خود مشاهده نمودند (Baghdadi et al., 2013; Haji Babaei et al., 2014).

شاخص جوانه‌زنی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) بالاترین مقدار شاخص جوانه‌زنی را رقم زرین (۳/۰۶) و کمترین شاخص جوانه‌زنی را رقم الوند (۲/۲۹) به خود اختصاص دادند (جدول ۲). به‌طورکلی شاخص جوانه‌زنی از پارامترهای مهم در تعیین جوانه‌زنی بذر است که رابطه مستقیمی باکیفیت و قدرت زیست بذرها دارد (Mohsennasab et al., 2010). سعیدی (Saeidi et al., 2007) گزارش می‌کند که با کاهش پتانسیل اسمزی برخلاف درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه جوانه‌زنی با سرعت و شیب زیاد در ژنوتیپ‌های مختلف شروع به کاهش می‌کند.

شاخص بنیه بذر

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشاهده می‌شود، اثر این شاخص بر ژنوتیپ‌ها و هم بر سطوح مختلف تنش خشکی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیش‌ترین شاخص بنیه بذر در رقم سرداری (۱۳۹۲/۵) و کمترین مقدار در رقم گاسکوژن (۲۵۲/۳) مشاهده گردید (جدول ۲). شاخص بنیه بذر معرف درصد و پتانسیل جوانه‌زنی است، هر چه کیفیت بذر پایین‌تر باشد، درصد جوانه‌زنی نیز پایین‌تر و شاخص بنیه بذر کاهش می‌یابد (Azad and Toubeh, 2000). در آزمایشی دیگر محققین در مقایسه درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه در شرایط آزمایشگاهی به روش‌های مطلوب محیطی، آزمون سرما و آزمون پیری زودرس مشخص کردند که سرعت و پتانسیل جوانه‌زنی معرف بنیه بذر بود. لذا نتایج شاخص بنیه نمونه‌ها تابعی از پتانسیل و سرعت جوانه‌زنی و خود تابعی از عملکرد هستند (Alizadeh and Wilizet, 2000). جدول شماره ۳ میانگین اثر سطوح خشکی را بر صفات موردسنجش در ژنوتیپ‌های گندم را نشان می‌دهد که به‌اتفاق تمامی صفات را در هر سطح از تنش خشکی در گروه‌های مجزا قرار داد و فقط صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه دو سطح نرمال و ۴- بار را در یک گروه برابر قرار داد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح خشکی بر صفات موردسنجش در رقم‌های گندم

Table 3. Mean Comparison of drought levels on measured traits in wheat varieties

تنش خشکی Drought stress (bar)	طول ریشه‌چه Root length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی germination speed	وزن‌تر ریشه‌چه Seedling fresh weight (g)	وزن خشک ریشه‌چه Seedling dry weight (g)	شاخص بنیه Speed vigor index	شاخص جوانه‌زنی Germination index
(0)	12.17[a]	9.07[a]	96.78[a]	33.7[a]	0.63[a]	0.104[a]	874.6[a]	3.03[a]
(-4)	7.26[b]	3.99[b]	95.7[a]	32.99[a]	0.41[b]	0.092[b]	382[b]	2.99[a]
(-8)	3.92[c]	1.12[c]	90.66[b]	26.77[b]	0.24[c]	0.081[c]	103.5[c]	2.83[b]
(-12)	1.58[d]	0.24[d]	74.73[c]	15.95[c]	0.15[d]	0.053[d]	18.4[d]	2.34[c]

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح یک درصد بین میانگین ها. Different letters show significant at the 0.01 levels

همبستگی بین صفات

نتایج همبستگی بین صفات در جدول ۴ آورده شده است. در شرایط مطلوب (صفر بار) بین طول ریشه‌چه و صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی یک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ولی بین طول ریشه‌چه و صفت وزن‌تر گیاهچه همبستگی منفی ولی غیر معنی‌داری وجود داشت. بین صفت شاخص بنیه و طول ساقه‌چه هم یک رابطه مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. همچنین بین صفات سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی با درصد جوانه‌زنی نیز رابطه مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری بین اکثر صفات موردمطالعه باهم مشاهده گردید هرچند در سطح تنش‌های

بالاتر مثل ۱۲- بار برخی از این روابط غیر معنی‌دار و حتی منفی شد که به علت عدم قدرت جوانه‌زنی و کند و یا توقف سرعت جوانه‌زنی انتظار چنین نتیجه‌ای هم می‌رفت. نتایج این بررسی درمجموع نشان داد که تنش خشکی اثر بازدارندگی بر جوانه‌زنی و شاخص‌های مرتبط با آن دارد و با افزایش تنش خشکی این بازدارندگی نیز بیشتر می‌گردد. در شکل ۱ و ۲ نمودار اثر سطوح تنش کم‌آبی بر میانگین صفات و شاخص‌های اندازه‌گیری شده همراه با معادله رگرسیون آورده شده است.

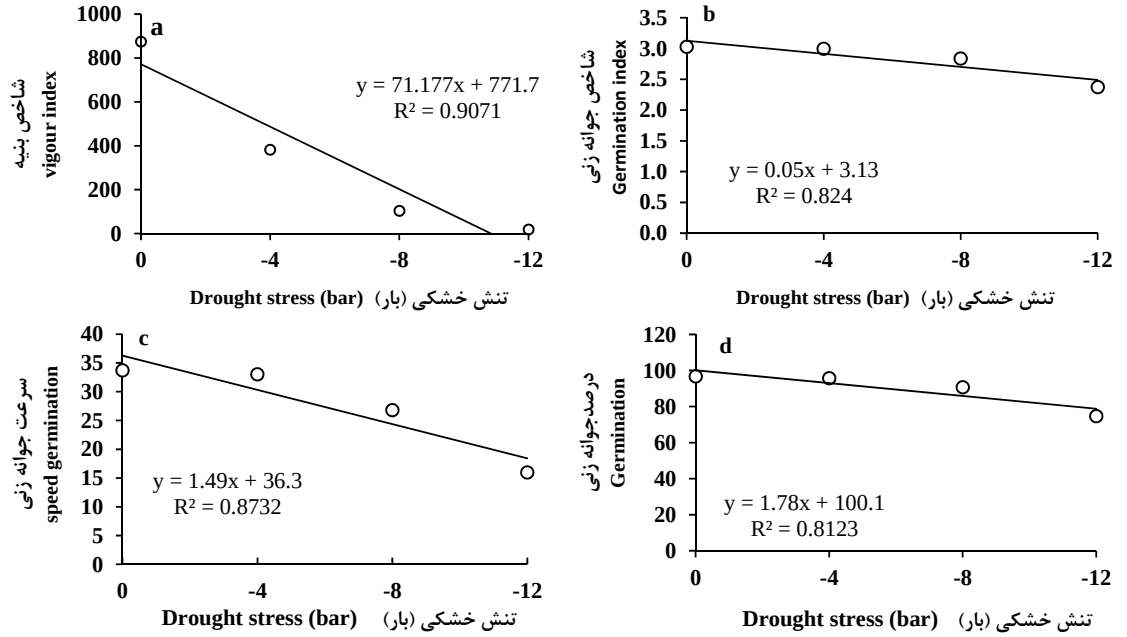
جدول ۴. ضرایب همبستگی پیرسون شاخص‌های جوانه‌زنی در شرایط مطلوب (صفر بار)، ۴-، ۸- و ۱۲- بار

Table 4. Correlation between seed germination indices and seedling initial growth in 30 genotype wheat affected by drought stress (in control conditions)

	سطح تنش (bar)	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	درصد جوانه‌زنی Germinate	سرعت جوانه‌زنی speed germination	وزن‌تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص بنیه vigor index	شاخص جوانه‌زنی Germination index
شاخص جوانه‌زنی Germination index	0	0.44*	0.30	0.09	-0.004	0.50**	0.41*	0.31	1
	-4	0.51**	0.63**	0.17	0.570**	0.51**	0.53**	0.64**	1
	-8	0.59**	0.58**	0.17	0.386*	0.56**	0.59**	0.58**	1
	-12	0.33	0.20	0.22	0.302	0.24	0.35	0.87**	1
شاخص بنیه vigor index	0	-0.10	0.86**	0.04	-0.139	-0.11	-0.10	1	
	-4	0.18	0.76**	0.18	0.26	0.47**	0.18	1	
	-8	0.41*	0.98**	-0.21	0.003	0.36	0.41*	1	
	-12	0.10	0.02	0.18	0.042	-0.02	0.12	1	
وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	0	.99**	0.13	0.28	0.328	0.79**	1		
	-4	.99**	0.45*	0.33	0.397*	0.81**	1		
	-8	1.00**	0.50**	-0.08	-0.013	0.72**	1		
	-12	0.96**	0.76**	-0.05	0.167	0.89**	1		
وزن‌تر گیاهچه Seedling fresh weight	0	0.81**	0.01	0.15	0.182	1			
	-4	0.82**	0.66**	0.43*	0.375*	1			
	-8	0.72**	0.40*	-0.04	0.043	1			
	-12	0.87**	0.75**	-0.12	0.105	1			
سرعت جوانه‌زنی speed germination	0	0.32	-0.02	0.67**	1				
	-4	0.39*	0.53**	0.24	1				
	-8	-0.01	0.03	0.74**	1				
	-12	0.14	-0.05	0.49**	1				
درصد جوانه‌زنی Germination	0	0.27	0.10	1					
	-4	0.326	0.25	1					
	-8	-0.081	-0.15	1					
	-12	-0.033	-0.17	1					
طول ساقه‌چه Shoot length	0	0.124	1						
	-4	0.445*	1						
	-8	0.503**	1						
	-12	0.715**	1						
طول ریشه‌چه Root length	0	1							
	-4	1							
	-8	1							
	-12	1							

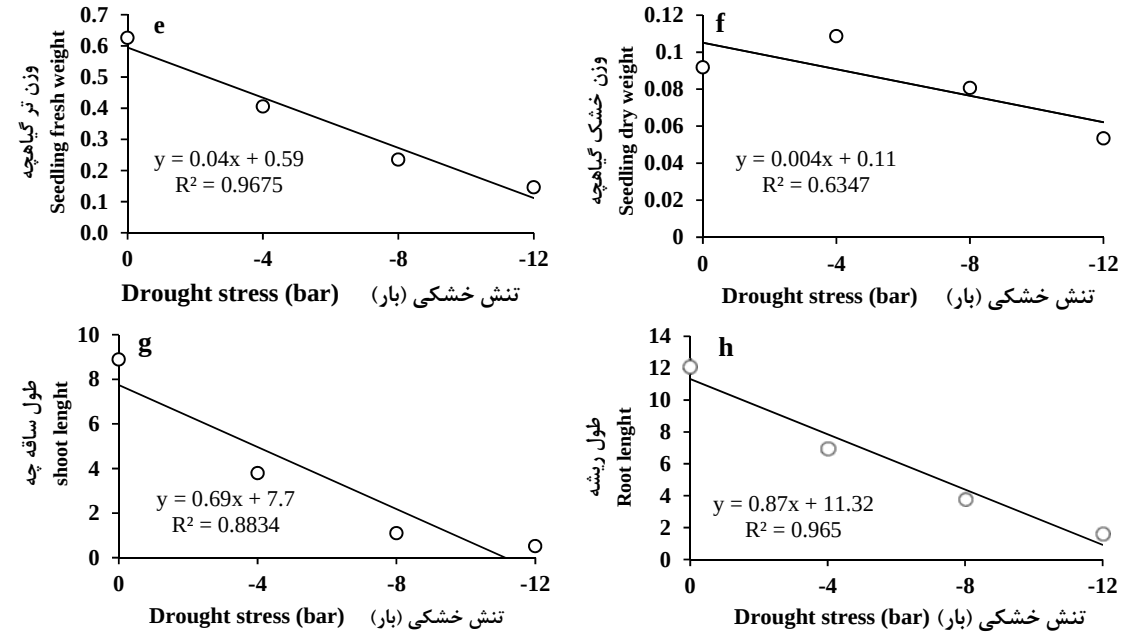
*، ** معنی دار در سطح احتمال ۰،۰۵ و ۰،۰۱ درصد.

*, ** significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.



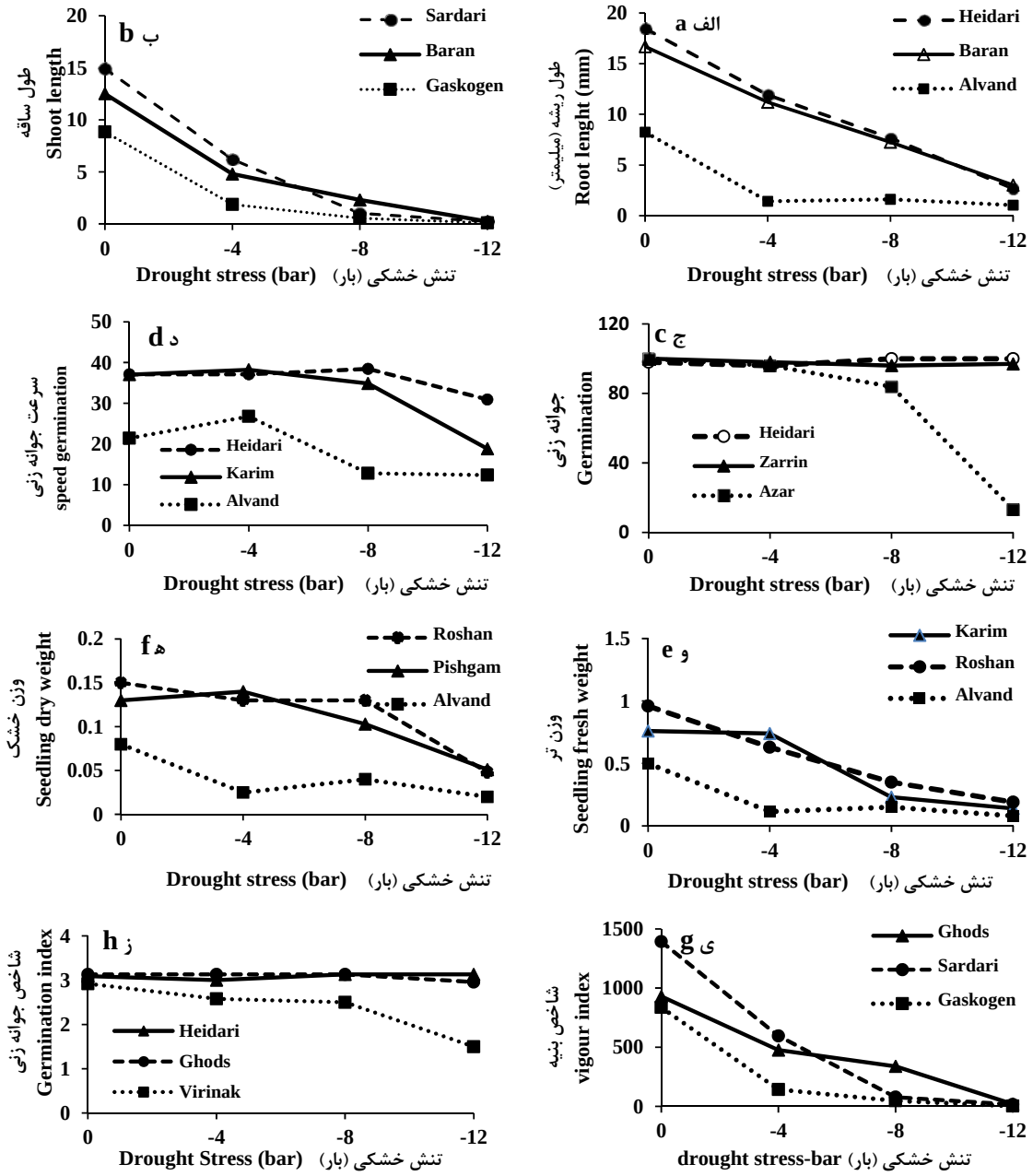
شکل ۱. اثر سطوح تنش بر میانگین شاخص ویگور (a)، شاخص جوانه‌زنی (b)، سرعت جوانه‌زنی (c) و درصد جوانه‌زنی (d)

Fig. 1. Effect of drought stress on average of vigor index (a); germination index (b); germination speed (c) and germination percent (d)



شکل ۲. اثر سطوح تنش بر میانگین وزن‌تر (e) و خشک گیاهچه (f)، طول ساقه‌چه (g) و طول ریشه‌چه (h)،

Fig. 2. Effect of drought stress on average of Shoot and root length, Seedling fresh and dry weight



شکل ۳. روند تغییرات بالاترین و پایین‌ترین رقم‌ها در سطوح مختلف تنش بر میانگین صفات طول ساقه‌چه (a)، طول ریشه‌چه (b)، درصد جوانه‌زنی (c)، سرعت جوانه‌زنی (d)، وزن‌تر (e)، خشک گیاهچه (f)، شاخص جوانه‌زنی (h) و بنیه بذر (g)

Fig. 3. The trend of variation of the highest and lowest varieties at different levels of stress was mediated by the stem length (a), root length (b), germination percentage(c), germination rate (d), seed weight (e), dry seedling (f), germination index (h) and seed germ (g).

تجزیه به عامل‌ها

تجزیه به عامل‌ها با استفاده از صفات موردبررسی بر روی میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و تنش خشکی انجام شد و ۲ عامل بر اساس مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک (به علت اینکه از ماتریس همبستگی برای تجزیه به عامل‌ها استفاده می‌کنیم لذا مقادیر ویژه بالاتر از یک به‌عنوان معیار ویژه انتخاب خواهند بود) شدند که درمجموع حدود ۷۲ درصد از تغییرات موجود در کل داده‌ها را توجیه می‌کردند (جدول ۵) که از این

مقدار عامل اول حدود ۵۳ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و شاخص جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه است و عامل دوم هم که حدود ۱۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد شامل تا حدودی دو صفت وزن‌تر و وزن خشک گیاهچه است؛ بنابراین انتخاب بر اساس این دو عامل بیشترین تأثیر را در جوانه‌زنی بذور نشان خواهند داد. با توجه به میزان اشتراک، صفات طول ساقه‌چه (۱/۲۵) و درصد جوانه‌زنی (۰/۳۹) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین دقت برآورد بوده‌اند. میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود که هر چه بیشتر باشد نشان‌دهنده‌ی دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوطه است (Jackson,1991).

به‌منظور تعیین تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف و تعیین قرابت بین ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward بر مبنای ۸ شاخص و مؤلفه مورد مطالعه، انجام شد و ژنوتیپ‌های گندم در ۴ کلاستر (بر طبق فرمول) با خصوص درون‌گروهی مشابه و بین گروهی غیرمشابه گروه‌بندی شدند (جدول ۶) که ۹ ژنوتیپ در کلاستر اول، ۱۴ ژنوتیپ در کلاستر دوم، ۶ ژنوتیپ در کلاستر سوم و ژنوتیپ کریم به‌تنهایی در کلاستر چهارم قرار گرفتند.

جدول ۵. تجزیه به عامل‌ها با دوران وریماکس برای ژنوتیپ‌های گندم

Table 5. Factor analysis with varmix rotation for genotypes of wheat

Traits	صفات	عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	میزان اشتراک Extraction
Root length (cm)	**طول ریشه‌چه**	0.781	0.125	0.906
Shoot length (cm)	**طول ساقه‌چه**	0.667	0.584	1.251
Germination percentage	**درصد جوانه‌زنی**	0.863	-0.473	0.39
speed germination	**سرعت جوانه‌زنی**	0.861	-0.413	0.448
Seedling fresh weight	**وزن‌تر گیاهچه**	0.395	0.492	0.887
Seedling dry weight	**وزن خشک گیاهچه**	0.462	0.373	0.835
Seedling vigour index	**شاخص بنیه**	0.727	0.439	1.166
Germination index	**شاخص جوانه‌زنی**	0.864	-0.472	0.392
Eigenvalues	**مقادیر ویژه**	4.184	1.547	---
Cumulative of Variance	**درصد واریانس تجمعی**	52.307	71.648	---

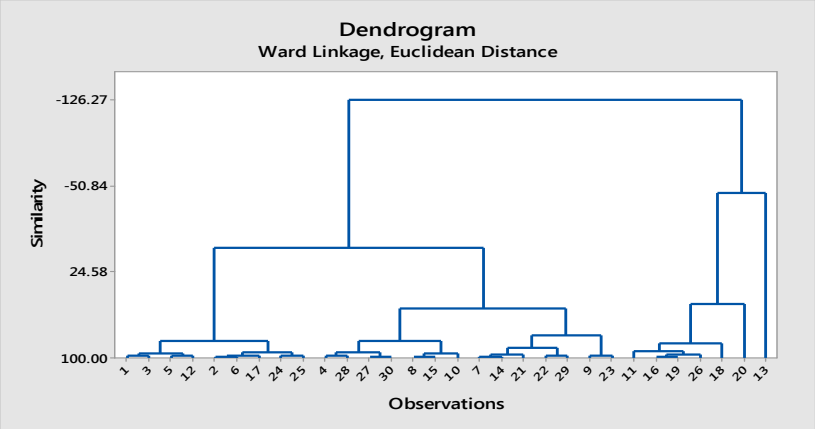
جدول ۶. نتایج تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های موردبررسی بر اساس شاخص‌های جوانه‌زنی

Table 6. Resultes of cluster analysis of wheat genotypes on germination index

ژنوتیپ Genotype	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	درصد جوانه‌زنی Germination	سرعت جوانه‌زنی Speed germination	وزن‌تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاه‌چه Seedling fresh weight	شاخص بنیه Vigor index	شاخص جوانه‌زنی germination index
Cluster-1	6.33±0.08	3.7±0.1	92.56±3.1	29.72±2.4	0.34±0.01	0.17±0.04	344.5±4.9	2.89±0.09
Cluster-2	5.44±0.81	3.18±0.4	85.4±4.05	24.66±2.7	0.33±0.02	0.08±0.06	296.3±43	2.67±0.13
Cluster-3	7.54±1.29	4.42±0.8	93.17±3.71	29.25±1.9	0.39±0.04	0.22±0.09	432.7±93	2.91±0.2
Cluster-4	9.1±2.85	3.42±0.2	96±6.55	32.2±4.85	0.47±0.12	0.1±0.14	341.5±1.9	3±0.2
Mean	6.25	3.59	89.45	27.35	0.35	0.14	339.56	2.80

محاسبه میانگین و درصد انحراف از میانگین هر یک از صفات در کلاسترها جهت تبیین سهم هر صفت در کلاسترها بر بالا بودن ارزش‌های میانگینی غالب صفات در ژنوتیپ‌های دربرگیرنده کلاستر چهارم و سوم تأکید نمود. این تجزیه‌ها وجود تنوع فراوان بین ژنوتیپ‌های موردبررسی گندم در ارتباط با صفات اندازه‌گیری شده را تأیید نمود. اطلاعات موجود در هر یک از گروه‌ها منجر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با صفات منحصربه‌فرد گشته و با تعیین فاصله ژنتیکی می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و هیبریداسیون استفاده کرد (Upadhyaya et al., 2001). بنابراین گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مختلف ما را در انتخاب والدین تلاقی‌های بهنژادی یاری خواهد کرد.

همان‌طور که از جدول ۶ مشاهده می‌شود خوشه چهارم (شامل ژنوتیپ کریم) دارای بیشترین میانگین و انحراف از میانگین ازنظر صفات طول ریشه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، وزن گیاهچه تر و شاخص جوانه‌زنی بود و خوشه سوم شامل شش ژنوتیپ بنام‌های ریژاو، استار، قدس، مرودشت، سرداری و روشن ازنظر طول ساقه‌چه، شاخص بنیه و وزن خشک گیاهچه دارای بیشترین میانگین بودند. همچنین می‌توان بیان داشت ژنوتیپ‌های کریم و حیدری در دو کلاستر جداگانه و حداکثر فاصله ژنتیکی بین این دو، می‌توانند جهت دورگ‌گیری و تلاقی در برنامه‌های اصلاحی مورداستفاده قرار گیرند (شکل۴).



شکل ۴. دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ۳۰ ژنوتیپ گندم بر اساس شاخص‌های جوانه‌زنی با استفاده از روش Ward.

Fig. 4. Dendrogram of wheat cultivars based on studied traits using Ward's method

نتیجه‌گیری نهایی

با بررسی و مطالعه صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی در بین ارقام موردبررسی علاوه بر مشاهده تنوع کافی در بین ارقام، پاسخ‌های متفاوت در سطوح مختلف تنش خشکی بین ارقام مشاهده شد. با افزایش تنش خشکی مقادیر کلیه صفات کاهش یافتند. نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش سطوح تنش خشکی مؤلفه‌های جوانه‌زنی اندازه‌گیری شده کاهش پیدا کردند. با اندازه‌گیری و مطالعه میانگین مؤلفه‌های جوانه‌زنی در سطوح مختلف خشکی درمجموع بالاترین مقدار این مؤلفه‌ها متعلق به ارقام حیدری، باران، کریم و سرداری بود که موسسه تحقیقات دیم و اصلاح نهال و بذر کشور نیز ارقام مذکور (سرداری، باران و کریم) را به‌عنوان ارقام مناسب کشت در مناطق دیم و رقم حیدری را به‌عنوان رقم متحمل به خشکی آخر فصل معرفی کرده‌اند. همچنین ارقام الوند، آذر و قدس با دارا بودن پایین‌ترین مقدار مؤلفه‌ها، بیشترین حساسیت را به سطوح مختلف تنش خشکی نشان دادند. بین اکثر صفات و مؤلفه‌های موردانداز‌ه‌گیری همبستگی مثبت و معنی‌داری دیده شد که تجزیه به عامل‌ها نیز نشان داد که صفات همبسته طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و شاخص جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه در عامل اول و صفات همبسته وزن‌تر و خشک گیاهچه در عامل دوم حدود ۷۲ درصد از تغییرات موجود در کل داده‌ها را توجیه و بیشترین تأثیر را در جوانه‌زنی بذور داشتند.

منابع

Agrawal, R. 2003. Seed Technology. PVT. Pub. Co. LTD. New Delhi. India.

Alizadeh, M., Wilizet, A., 2000. Comparison of germination percentage, germination rate and seed vigilance index in three laboratory conditions with permissive methods (standard germination test and accelerated aging test). The 6th Iranian Crop Science Conference. University of Mazandaran, Babolsar, Iran. pp.288. [In Persian].

Azad, F., Toubeh, A., 2000. The relationship between wheat germination efficiency and dry matter production and some other factors in laboratory culture and vegetation. *Summary of 6th Iranian Conference on Plant Breeding* (Babolsar). Mazandaran University. page.233. [In Persian].

Baalbaki, R.Z., Zurayk, R.A., Bleik, M.M., Talhouk, S.N., 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. Seed Science and Technology. 27(1), 291-302.

Baghdadi, E., Jafari, A.A., Alizadeh, M.A., Gorji. A.H., 2013. Effects of drought and cold stress on germination and seedling growth characteristics in populations two species *Poa trivialis* and *Poa pratensis* in the conditions of the germinator and greenhouse. Range and Desert Research. 20(4), 706-719. [In Persian with English summary].

Bagheri, H., Ghazi Khanloo sani, U., Andalibi, B., Azimi far, M.R., Zangaee, E., Jamshidi, S., 2012. Study of seed germination indices and early growth of safflower seedlings with 1000 grain weight under drought stress. Journal of Modern Agricultural Science. 8(3), 124-134. [In Persian with English summary].

Balouchi, H.R., 2010. Screening wheat parents of mapping population for heat and drought tolerance, detection of wheat genetic variation. International Journal of Biological Sciences. *6*, 56-66.

Bradford, K.J., Dahal, P., Ni, B.R., 1993. Quantitative models describing germination responses to temperature, water potential, and growth regulators. In: Côme, D., Corbineau, F. (Eds.), Proceedings of Fourth International Workshop on Seeds: Basic and Applied Aspects of Seed Biology. pp 239–248. Paris, Association pour la Formation Professionals de l'lnterprofession Semences.

Cheng, L., Wang, Y., He, Q., Li, H., Zhang, X., Zhang, F., 2016. Comparative proteomics illustrates the complexity of drought resistance mechanisms in two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under dehydration and rehydration. BMC Plant Biology. 16(1), 188.

Dhanda, S.S., Sethi, G.S., Behl, R.K., 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. Journal of Agronomy and Crop Science. 190(1), 6-12.

Draper, S.R., 1985. Seed Science and Technology. International Seed Testing Association (ISTA).

Emmerich, W.E., Hardegree, S.P., 1990. Polyethylene glycol solution contact effects on seed germination. Agronomy Journal. 82(6), 1103-1107.

Esvand, H.R., Ahmadi, A., Poostini, K., 2005. Effect of drought stress and timing of nitrogen fertilizer use on nitrogen remobilization, baking quality and straw pattern of wheat grain storage proteins. Recent Agricultural Findings, 36(6), 1489-1497. [In Persian with English summary].

Ghorbani, M., Soltani, A., Amiri, S., 2005. Effect of salinity and seed size on germination and seedling growth of wheat. Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 40(6), 56-60. [In Persian with English summary].

Metwali, E.M., Eid, M.H., Bayoumi, T.Y., 2011. Agronomical traits and biochemical genetic markers associated with salt tolerance in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L). Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 5(5), 174-183.

Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51(5), 914-916.

Maguire, J.D., 1962. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2(2), 176-177.

Mohssen nasab, F., Sharafi zadeh, M., Siadat, A., 2010. Study the effect of aging acceleration test on germination and seedling growth of wheat cultivars in controlled conditions (in vitro). Crop Physiology Journal. 2(7), 59-71. [In Persian with English summary].

Murtagh, F., Legendre, P., 2011. Ward's hierarchical clustering method: Clustering criterion and agglomerative algorithm. arXiv preprint arXiv:1111.6285.

Oskoei, B. 2010. The effect of drought stress on some wheat lines in vegetative growth. The 11th Iranian Crop Science Congress. Shahid Beheshti University. Tehran, Iran. [In Persian].

Pan, X.Y., Wang, Y.F., Wang, G.X., Cao, Q.D., Wang, J., 2002. Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. Acta Ecologica Sinica. 26, 177-184.

Rummel, R.J., 1988. Applied Factor Analysis. Northwestern University Press.

Saeidi, M., Ahmadi, A., Postini, K., Jahansooz, M.R., 2007. Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation. Journal of Water and Soil Science. 11(1), 281-294. [In Persian with English summary].

Seed and plant Improvement Research Institute, 2015. Introduction to Agricultural Cultivars (Food Safety and Health, Volume 1), Agricultural Research, Education and Promotion Organization Publications. [In Persian].

Zarei, L., Farshadfar, E., Haghparast, R., Rajabi, R., Badieh, M.M.S., 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.