

بررسی تحمل تنش اسمزی در لاین‌های پیشرفته گندم دوروم (*Triticum durum L.*)

صغری امامی^۱، علی اصغری^{۲*}، حمیدرضا محمد دوست چمن آباد^۲، علی رسول زاده^۲، الناز رمزی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته اصلاح نباتات، دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۲. دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳. استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی گچساران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۱۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش اسمزی در لاین‌های گندم دوروم، ۸۳ لاین گندم دوروم در دو سطح پتانسیل اسمزی صفر (شاهد) و ۴- بار (تنش) مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در دو شرایط در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. اعمال تنش اسمزی، با هدف شبیه‌سازی تنش خشکی، با استفاده از PEG6000 صورت گرفت. کشت بوته‌ها در گلدان‌های پلاستیکی پر شده از ماسه به قطر ۱۰ و با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. آبیاری همه گلدان‌ها تا زمان سبز شدن بذور با آب معمولی انجام شد. بعد از سبز شدن بذور، از محلول هوکلند بدون PEG6000 برای آبیاری گلدان‌های شاهد و حاوی PEG6000 برای آبیاری گلدان‌های تحت تنش استفاده شد. صفات مورفولوژیکی شامل طول ریشه و ساقه، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، حجم و سطح ریشه یک ماه بعد از اعمال تنش اندازه‌گیری گردید و شاخص‌های Ti و SIIG بر اساس این صفات محاسبه گردید. لاین‌ها در شاخص Ti تمامی صفات دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بودند. در این مطالعه برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل از شاخص SIIG استفاده گردید. بر اساس این شاخص، لاین‌های ۹، ۱۶، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۳۴، ۳۸، ۵۳ و ۶۴ متحمل به تنش اسمزی و لاین‌های ۲۲، ۲۹، ۳۰، ۵۱، ۵۲، ۶۱، ۷۳، ۷۷، ۷۹ و ۸۲ حساس به تنش اسمزی بودند.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن گلاکول، خشکی، ریشه، SIIG

مقدمه

ایران که به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد، خسارت‌های هنگفتی به این محصول وارد می‌نماید (Sabbagpur, 2003). تنش خشکی، کمبود آب قابل استفاده خاک است که می‌تواند موجب تنش‌های درونی گیاه شده و در نهایت رشد آن را تحت تأثیر قرار دهد (Kramer, 1999). تنش کم‌آبی به حالتی می‌گویند که فشار آماس یا تورم در سلول یا بافت گیاهی کامل نباشد. تنش کم‌آبی ناشی از تلفات بالای آب (تعرق)، کاهش جذب آب و در برخی مواقع ترکیب این دو عامل است (Mirzaee and Rezvani, 2008). کمبود آب که معمولاً خشکی نامیده می‌شود، می‌تواند به‌عنوان عدم وجود رطوبت کافی و ضروری برای یک گیاه

گندم یکی از محصولات مهم و استراتژیک بوده و با ارزش‌ترین ماده‌ی غذایی مردم جهان، به‌خصوص کشورهای جهان سوم است (Jaberifar et al., 2011). گندم علاوه بر تأمین انرژی مورد نیاز روزانه، قسمت اعظم پروتئین، املاح و ویتامین‌های گروه B را نیز تأمین می‌کند (Rajabzadeh, 2001). اگرچه، همه تنش‌های زنده و غیرزنده از عوامل مهم کاهش تولید محصول محسوب می‌شوند، اما خشکی، مهم‌ترین عامل غیرزنده‌ای است که بر عملکرد گندم تأثیر دارد (Araus et al., 2002). خشک‌سالی و تنش ناشی از آن، مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که هر ساله در جهان به‌خصوص

و خشک ریشه و ساقه در تعداد زیادی از پژوهش‌های گذشته بررسی شده است (Sabirzhanova et al., 2005; Bayomi et al., 2008). تنش اسمزی رشد گیاهچه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Okeu et al., 2005). به طوری که، با افزایش غلظت، در وزن تر و خشک گیاهچه‌ها کاهش دیده می‌شود (Panda and Khan, 2004). با کاهش پتانسیل آب، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه کاهش یافت (Kafi et al., 2005). در آزمایشی که بایومی و همکاران (Bayomi et al., 2008) بر روی ۹ ژنوتیپ گندم نان در دو غلظت ۱۵ و ۲۵ درصد PEG6000 انجام دادند، با افزایش غلظت این ماده صفات مورفولوژیک گیاهچه مانند طول و وزن ریشه و ساقه به طور معنی‌دار، کاهش یافت. تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش رطوبتی انجام شده و به همین منظور نیز شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش برای کشت در شرایط دارای تنش آبی استفاده شده است (Mohammadnia et al., 2016). در این مطالعه از شاخص‌های Ti (نسبت مقدار هر صفت در سطح تنش اسمزی به مقدار آن‌ها در سطح شاهد) و شاخص SIIG استفاده شد. شاخص SIIG به عنوان روشی برای انتخاب ژنوتیپ مطلوب با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری به طور هم‌زمان است. مفهوم اساسی این روش، انتخاب بهترین ژنوتیپ (ژنوتیپ پایدار) است که باید دارای کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل منفی باشد. در این روش دو فرضیه وجود دارد: ۱. ژنوتیپ ایده‌آل مثبت دارای حداکثر پایداری و حداقل ناپایداری نسبت به همه ارقام است. ۲. ژنوتیپ ایده‌آل منفی که حداکثر ناپایداری و حداقل ثبات نسبت به بقیه ارقام را دارد. از جمله ویژگی‌های این روش کمک به انتخاب ارقام متحمل با استفاده از شاخص‌های مختلف است. اگر برای انتخاب ارقام، محققان بتوانند چند شاخص مختلف را هم‌زمان مورد استفاده قرار دهند، احتمالاً بهره‌وری انتخاب افزایش می‌یابد. روش SIIG قادر به ترکیب شاخص‌های مختلف برای انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل است. انتخاب هم‌زمان بر اساس چندین شاخص و رتبه‌بندی نهایی ارقام را با این روش می‌توان انجام داد که برای نتیجه‌گیری نهایی بسیار کمک می‌کند. در این روش ارقامی با SIIG نزدیک به ۱ انتخاب می‌شوند (Zali et al., 2015; Yagutipour et al., 2016). این تحقیق نیز به منظور بررسی

به منظور رشد نرمال و کامل کردن چرخه زندگی تعریف می‌شود. از آنجاکه گیاهان نمی‌توانند از تنش‌های محیطی مختلف فرار کنند، به سازوکارهایی نیاز دارند که با استفاده از آن‌ها به تنش پاسخ دهند (Sadiqov et al., 2002). از جمله این سازوکارها، می‌توان به تنظیم اسمزی اشاره کرد. تنظیم اسمزی، یک نوع سازگاری به تنش کمبود آب است که از طریق تجمع مواد محلول درون سلول‌ها، می‌تواند منجر به حفظ تورژانس سلول‌ها و فرآیندهای وابسته به آن در پتانسیل‌های پایین آب شود (Vinocur and Altman, 2005). با توجه به گستردگی مناطق خشک و نیمه-خشک در کشور، علاوه بر پژوهش‌های مزرعه‌ای، تحقیقات آزمایشگاهی به منظور بررسی عکس‌العمل ارقام مختلف گندم به تنش خشکی با استفاده از موادی مانند PEG6000 که دارای جرم مولکولی بالایی بوده و تأثیر بر تغذیه بافت‌ها ندارند و در عین حال ایجاد محیطی مشابه با شرایط طبیعی را میسر می‌کند، دارای اهمیت است. استفاده از شرایط کنترل‌شده این امکان را فراهم می‌کند که بتوان عوامل دارای اثرات ناخواسته را حذف و منابع تغییر را به عوامل تحت کنترل محدود کرد. پلی‌اتیلن‌گلیکول در پاسخ به کاهش مقدار آب، کاهش در پتانسیل اسمزی و تجمع مواد قابل حل، سازوکاری است که بسیاری از گیاهان به کمک آن با شرایط تنش اسمزی کنار می‌آیند (Reddy et al., 2004).

مزارع گندم در مناطق خشک و نیمه-خشک در شرایط دیم عموماً با بروز تنش خشکی در مرحله‌ی جوانه‌زنی و سبز شدن و مراحل انتهایی فصل رشد مواجه هستند (Garavandi et al., 2010). تنش خشکی بر کلیه جنبه‌های رشد و نمو گیاه، به میزان مساوی اثر نمی‌گذارد. بعضی از فرآیندها، نسبت به افزایش تنش خشکی خیلی حساس هستند. در حالی که سایر فرآیندها کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. هم‌چنین ساقه و ریشه از جهات مختلف با یکدیگر در ارتباط هستند و اگر چنانچه در رشد یکی از آن‌ها تغییری حاصل شود، دیگری نیز، تغییر خواهد کرد (Alizadeh, 2009). محققان بسیاری کاهش تولید بیوماس گندم را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Nagarajan et al., 1999). برخی آزمایش‌ها نشان می‌دهند که تنش خشکی موجب کاهش وزنی ریشه به همراه کاهش اندام هوایی می‌شود (Abdalla and El-Khoshiban, 2007). تأثیر تنش اسمزی شبیه‌سازی شده با PEG بر صفات مورفولوژیک مانند طول ریشه و ساقه، وزن تر

تأثیر تنش اسمزی بر روی خصوصیات مورفولوژیک لاین‌های پیشرفته گندم دوروم و دسته‌بندی لاین‌های مورد مطالعه از نظر تحمل تنش اسمزی و شناسایی لاین‌های حساس و متحمل انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تحمل تنش اسمزی لاین‌های پیشرفته گندم دوروم، آزمایشی در سال ۱۳۹۴ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. ۸۳ لاین پیشرفته گندم دوروم (جدول ۱) تهیه شده از مرکز تحقیقات دیم گچساران در مرحله گیاهچه از لحاظ صفات طول، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، حجم و سطح ریشه در دو سطح تنش شامل صفر (شاهد) و پتانسیل اسمزی -۴ بار مورد مطالعه قرار گرفتند. کشت بوته‌ها در گلدان‌های پلاستیکی پر شده از ماسه به قطر ۱۰ و با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر در گلخانه تحت شرایط میانگین ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی و دمای روزانه 28 ± 2 و دمای شبانه 16 ± 2 درجه سانتی‌گراد انجام شد. در هر گلدان دو بوته کشت شد و بعد از سبز شدن، در هر گلدان تنها یک بوته نگه‌داشته شد. هر لاین در ۴ گلدان به عنوان شاهد و ۴ گلدان در شرایط تنش به عنوان تکرار کشت گردید. آبیاری همه گلدان‌ها تا زمان سبز شدن بذور با آب معمولی انجام شد. بعد از سبز شدن، در گلدان‌های شاهد، آبیاری بر اساس نیاز گیاه از کاشت تا زمان یادداشت برداری با محلول هوگلدن صورت گرفت. در گلدان‌های تحت تیمار تنش، مقدار پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ لازم برای رسیدن به تنش اسمزی -۴ بار یکبار در آب حل شده و به هر گلدان اضافه گردید. برای ایجاد تنش اسمزی -۴ بار، میزان آب موجود در ماسه مورد استفاده در هر گلدان بعد از خروج آب ثقلی محاسبه گردید. سپس، با استفاده از روش میچل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) میزان پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ مورد نیاز (۱۷۹ گرم در هر لیتر آب) برای رسیدن به فشار اسمزی -۴ بار محاسبه گردید و به گلدان‌ها اضافه شد. در آبیاری‌های بعدی، آب جمع شده در زیرگلدانی‌ها مجدداً به داخل گلدان‌ها برگردانده می‌شد. اندازه‌گیری صفات یک ماه بعد از اعمال تنش انجام شد. آزمایش در هر شرایط در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام گرفت.

تأثیر پتانسیل اسمزی و ارزیابی لاین‌های حساس و متحمل با محاسبه شاخص تحمل (Ti)، نسبت مقدار هر صفت در سطح تنش اسمزی به مقدار آن‌ها در سطح شاهد) برای صفات مطالعه شده و شاخص انتخاب لاین ایده‌آل (SIIG) انجام شد (Zali et al., 2015; Yagutipour et al., 2016). بعد از محاسبه شاخص Ti برای لاین‌های مورد مطالعه و به دست آوردن بالاترین و پایین‌ترین مقدار شاخص تحمل برای هر صفت، از آن‌ها جهت محاسبه فاصله هر لاین از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d_i^+) و ژنوتیپ ایده‌آل منفی (d_i^-) با استفاده از فرمول‌های ۱ و ۲ استفاده شد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Ti_{ij} - Ti_j^+)^2} \quad i=1, \dots, n \quad [1]$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Ti_{ij} - Ti_j^-)^2} \quad i=1, \dots, n \quad [2]$$

در روابط فوق اندیس‌های i و j به ترتیب معرف ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها می‌باشند. برای محاسبه آماره شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) از رابطه ۳ استفاده گردید.

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad 0 \leq SIIG \leq 1 \quad [3]$$

علاوه بر استفاده از شاخص SIIG در این تجزیه، گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد انجام شد. این گروه‌بندی با بکار بردن میانگین لاین‌ها برای شاخص Ti نیز انجام شد و نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای با نتایج حاصل از شاخص SIIG مقایسه گردید. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس شاخص Ti نشان داد که لاین‌ها در تمامی صفات دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بودند (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین لاین‌های گندم دوروم از نظر شاخص‌های Ti محاسبه شده از روی صفات، در اکثر صفات لاین‌های ۹، ۲۶، ۳۴، ۴۰ و ۵۳ لاین‌هایی با بیشترین مقدار و لاین‌های ۲۲، ۲۹، ۵۱، ۷۷ و ۷۹ لاین‌هایی با کمترین مقدار شاخص Ti بودند. بالا بودن مقدار این شاخص در هر لاین نشان‌دهنده تحمل بالای این

جدول ۱. اسامی و شجره لاین‌های گندم دوروم مورد مطالعه

Table 1. The name and pedigree of studied durum wheat lines

ردیف NO.	شجره Pedigree	ردیف NO.	شجره Pedigree
1	IcamorTA042/4/Bcr/Lks4/3/Altar84/Stn//Lahn/5/Beltagy2/6/Ossl1/Stj5/5/Bicrederaa1/4/BezaizSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3—ICD07-823-BLMSD-0AP-4AP-0Tr-1AP-0THT-0AP	43	Mgn13/Aghrass2/3/IcamorTA0463//H.mouline/Sbl2/4/Beltagy1—ICD06-0252-BLMSD-0AP-4AP-0Tr-2AP-0Tr-7AP-0THT-0AP
2	IcamorTA042/4/Bcr/Lks4/3/Altar84/Stn//Lahn/5/Beltagy2/6/Ossl1/Stj5/5/Bicrederaa1/4/BezaizSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3—ICD07-823-BLMSD-0AP-5AP-0Tr-2AP-0THT-0AP	44	Mgn13/Ainzen1/3/IcamorTA0462//Terbol975/Icamor"s"/4/Beltagy2—ICD06-0254-BLMSD-0AP-6AP-0Tr-2AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
3	IcamorTA042/4/Bcr/Lks4/3/Altar84/Stn//Lahn/5/Beltagy2/6/Ossl1/Stj5/5/Bicrederaa1/4/BezaizSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3—ICD07-823-BLMSD-0AP-12AP-0Tr-2AP-0THT-0AP	45	Mgn13/Ainzen1/3/IcamorTA0462//Terbol975/Icamor"s"/4/Beltagy2—ICD06-0254-BLMSD-0AP-10AP-0Tr-3AP-0Tr-9AP-0THT-0AP
4	Ossl1/Stj5/5/Bidra1/4/BezaizSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3/6/Icajihhan1—ICD07-002-BLMSD-0AP-0Tr-2AP-0Tr-8AP-0THT-0AP	46	Mgn13/Ainzen1/3/IcamorTA0463//H.mouline/Sbl2/4/Mgn13/Ainzen1—ICD06-0261-BLMSD-0AP-4AP-0Tr-2AP-0Tr-4AP-0THT-0AP
5	Ossl1/Stj5/5/Bidra1/4/BezaizSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3/6/Icajihhan1—ICD07-002-BLMSD-0AP-0Tr-3AP-0Tr-2AP-0THT-0AP	47	Mrb3/Mna1//Ter1/3/IcamorTA0459/Ammar7/4/Beltagy2—ICD06-0279-BLMSD-0AP-5AP-0Tr-5AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
6	CM829/CandocrossH25//Icajihhan3—ICD07-020-BLMSD-0AP-0Tr-1AP-0Tr-1AP-0THT-0AP	48	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/IcamorTA0462/3/Arislahn7//CI115/Bcrch1/5/Beltagy2—ICD06-0298-BLMSD-0AP-1AP-0Tr-2AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
7	Stj3//Bcr/Lks4/3/Ter3/4/Icajihhan10—ICD07-076-BLMSD-0AP-0Tr-3AP-0Tr-3AP-0THT-0AP	49	Quabrach1/4/IcamorTA0462/3/Maamouri3//Vitron/Bidra1/5/Bcrch1//Mrf1/Stj2—ICD06-0302-BLMSD-0AP-6AP-0Tr-1AP-0Tr-2AP-0THT-0AP
8	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Icajihhan18—ICD07-149-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-1AP-0THT-0AP	50	Amedakul1/4/IcamorTA0462/3/Arislahn7//CI115/Bcrch1/5/Beltagy2—ICD06-0328-BLMSD-0AP-8AP-0Tr-1AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
9	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Icajihhan18—ICD07-149-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-3AP-0THT-0AP	51	Aghrass1//Bezaiz982/Bcrch1/4/IcamorTA0462/3/Quabrach3//Vitron/Bidra1/5/Stj3//Bcr/Lks4/3/Ter3—ICD06-0333-BLMSD-0AP-2AP-0Tr-3AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
10	Waha(Check)—	52	Maamouri1/5/IcamorTA0462/4/Stj3//Bcr/Lks4/3/Icamor"s"/6/Mgn13/Ainzen1—ICD06-0367-BLMSD-0AP-2AP-0Tr-2AP-0Tr-2AP-0THT-0AP
11	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Icajihhan18—ICD07-150-BLMSD-0AP-0Tr-7AP-0Tr-4AP-0THT-0AP	53	Azeghar2/5/IcamorTA0462/4/Stj3//Bcr/Lks4/3/Icamor"s"/6/Stj3//Bcr/Lks4/3/Ter3—ICD06-0374-BLMSD-0AP-2AP-0Tr-2AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
12	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Icajihhan18—ICD07-150-BLMSD-0AP-0Tr-7AP-0Tr-5AP-0THT-0AP	54	Mgn13/Ainzen1/3/Bcr/Gro1//Mgn1—ICD06-1265-BLMSD-0AP-7AP-0Tr-2AP-0Tr-2AP-0THT-0AP
13	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Icajihhan18—ICD07-150-BLMSD-0AP-0Tr-7AP-0Tr-6AP-0THT-0AP	55	Mgn13/Ainzen1/3/Bcr/Gro1//Mgn1—ICD06-1265-BLMSD-0AP-8AP-0Tr-2AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
14	Miki2(Check)—	56	Ossl1/Stj5/5/Bicrederaa1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3/6/Mgn13/Aghrass2—ICD06-1525-BLMSD-0AP-1AP-0Tr-5AP-0Tr-2AP-0THT-0AP
15	Ter1//Mrf1/Stj2/3/Icajihhan22—ICD07-181-BLMSD-0AP-0Tr-5AP-0Tr-1AP-0THT-0AP	57	Terbol975/Geruffel2—ICD06-1790-BLMSD-0AP-6AP-0Tr-3AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
16	Ter1//Mrf1/Stj2/3/Icajihhan22—ICD07-181-BLMSD-0AP-0Tr-5AP-0Tr-2AP-0THT-0AP	58	Mgn13/Ainzen1/3/Ter1//Mrf1/Stj2—ICD06-1615-BLMSD-0AP-0Tr-2AP-0Tr-3AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
17	Bicrederaa1/Azeghar2//Icajihhan25—ICD07-192-BLMSD-0AP-0Tr-1AP-0Tr-5AP-0THT-0AP	59	Mgn13/Ainzen1/3/Ter1//Mrf1/Stj2—ICD06-1615-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-1AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
18	Bicrederaa1/Azeghar2//Icajihhan25—ICD07-192-BLMSD-0AP-0Tr-2AP-0Tr-3AP-0THT-0AP	60	Azeghar1//Blrn/Mrf2/3/Bicrederaa1/Azeghar2—ICD06-1646-BLMSD-0AP-0Tr-1AP-0Tr-6AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
19	Azeghar1/6/Zna1/5/Awl1/4/Ruff//Jo/Cr/3/F9.3/7/Azeghar1//Msb11/Quarmal—ICD07-318-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-1AP-0THT-0AP	61	Aghrass1/3/HFN94N8/Mrb5//Zna1/4/IcamorTA0458—ICD04-0178-BLMSD-0AP-8AP-0Tr-4AP-0Tr-1AP-0Tr-3AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
20	Omrabi5(Check)—	62	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2—I CD03-0342-BLMSD0AP-1AP-0Tr-3AP-0Tr-4AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
21	Azeghar1/6/Zna1/5/Awl1/4/Ruff//Jo/Cr/3/F9.3/7/Azeghar1//Msb11/Quarmal—ICD07-318-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-3AP-0THT-0AP	63	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2—I CD03-0342-BLMSD0AP-1AP-0Tr-3AP-0Tr-4AP-0Tr-5AP-0THT-0AP
22	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Aghrass1/3/Mrf1//Mrb16/Ru—ICD07-324-BLMSD-0AP-0Tr-1AP-0Tr-2AP-0THT-0AP	64	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2—I CD03-0342-BLMSD0AP-1AP-0Tr-3AP-0Tr-4AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
23	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Aghrass1/3/Mrf1//Mrb16/Ru—ICD07-324-BLMSD-0AP-0Tr-3AP-0Tr-4AP-0THT-0AP	65	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2—I CD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-6AP-0Tr-3AP-0Tr-4AP-0THT-0AP
24	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Aghrass1/3/Mrf1//Mrb16/Ru—ICD07-324-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-1AP-0THT-0AP	66	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2—I CD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-7AP-0Tr-5AP-0Tr-2AP-0THT-0AP

Table 1. Continued

جدول ۱. ادامه

ردیف NO	شجره Pedigree	ردیف NO	شجره Pedigree
25	Younes1(Check)–	67	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2–ICD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-9AP-0Tr-3AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
26	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Aghrass1/3/Mrf1//Mrb16/Ru–ICD07-324-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-3AP-0THT-0AP	68	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2–ICD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-10AP-0Tr-6AP-0Tr-2AP-0THT-0AP
27	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Aghrass1/3/Mrf1//Mrb16/Ru–ICD07-324-BLMSD-0AP-0Tr-5AP-0Tr-1AP-0THT-0AP	69	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2–ICD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-10AP-0Tr-6AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
28	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Aghrass1/3/Mrf1//Mrb16/Ru–ICD07-324-BLMSD-0AP-0Tr-6AP-0Tr-7AP-0THT-0AP	70	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2–ICD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-11AP-0Tr-8AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
29	Korifla(Check)–	71	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2–ICD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-11AP-0Tr-8AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
30	Ter1//Mrf1/Stj2/3/Icasyr1–ICD07-349-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-2AP-0THT-0AP	72	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2–ICD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-11AP-0Tr-8AP-0Tr-5AP-0THT-0AP
31	Ter1//Mrf1/Stj2/3/Icasyr1–ICD07-349-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-4AP-0THT-0AP	73	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2–ICD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-11AP-0Tr-8AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
32	CandocrossH25/Ysf1//CM829/CandocrossH25–ICD07-497-BLMSD-0AP-0Tr-2AP-0Tr-1AP-0THT-0AP	74	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr2–ICD03-0342-BLMSD0AP-2AP-0Tr-11AP-0Tr-8AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
33	CandocrossH25/Ysf1//CM829/CandocrossH25–ICD07-497-BLMSD-0AP-0Tr-3AP-0Tr-4AP-0THT-0AP	75	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr–ICD03-0342-BLMSD-0AP-2AP-0Tr-6AP-0Tr-1AP-0Tr-3AP-0Tr-1AP-0Tr-2AP-0THT-0AP
34	CM829/CandocrossH25/5/F4-13/3/Arthur71/Lahn//Blk2/Lahn/4/Quarmal–ICD07-799-BLMSD-0AP-0Tr-2AP-0Tr-4AP-0THT-0AP	76	Ouasloukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gdr–ICD03-0342-BLMSD-0AP-2AP-0Tr-6AP-0Tr-3AP-0Tr-1AP-0Tr-1AP-0Tr-2AP-0THT-0AP
35	Stk/Hau//Heca1/3/IRANYT0512/4/Beltagy2–ICD06-0019-BLMSD-0AP-5AP-0Tr-3AP-0Tr-3AP-0THT-0AP	77	Oss11/Stj5/5/Bicrederaa1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3/6/Beltagy2–ICD06-1511-0AP-9AP-0AP-3AP-0THTD-0AP-0THT-0AP
36	Geromtel1/IRANYT053//Mgnl3/Ainzen1–ICD06-0048-BLMSD-0AP-6AP-0Tr-6AP-0Tr-5AP-0THT-0AP	78	CM829/CandocrossH25//Icajihan10–ICD07-078-BLMSD-0AP-2AP-0Tr-13AP-0THT-0AP
37	Geromtel1/IRANYT053//Mgnl3/Ainzen1–ICD06-0048-BLMSD-0AP-6AP-0Tr-6AP-0Tr-6AP-0THT-0AP	79	Oss11/Stj5/5/Bicrederaa1/4/BezaizSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3/6/Icajihan12–ICD07-094-BLMSD-0AP-6AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
38	IcamorTA0463/4/IcamorTA0463/3/CandocrossH25//Msb11/Quarmal-04182/5/MIK12–ICD06-0135-BLMSD-0AP-4AP-0Tr-5AP-0Tr-8AP-0THT-0AP	80	Lah/Ch1-2521/3/Azeghar1//Blrn/Mrf2–ICD07-605-BLMSD-0AP-1AP-0Tr-3AP-0THT-0AP
39	IcamorTA0471//IcamorTA0459/Ammar8/4/Stj3//Dra2/Bcr/3/ Ter3–ICD06-0172-BLMSD-0AP-3AP-0Tr-4AP-0Tr-2AP-0THT-0AP	81	Adnan1//Mgnl3/Ainzen1–ICD07-646-BLMSD-0AP-4AP-0Tr-5AP-0THT-0AP
40	IcamorTA0471//IcamorTA0459/Waha/3/Mgnl3/Ainzen1–ICD06-0174-BLMSD-0AP-9AP-0Tr-5AP-0Tr-3AP-0THT-0AP	82	Oss11/Stj5/5/Bidra1/4/BezaizSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3/6/Icajihan1–ICD07-002-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-1AP-0THT-0AP
41	Azeghar1/4/IcamorTA0462/3/Maamouri3//Vitron/Bidra1/5/Mgnl3/Ainzen1–ICD06-0230-BLMSD-0AP-12AP-0Tr-3AP-0Tr-11AP-0THT-0AP	83	Ter1/3/Stj3//Bcr/Lks4/4/Icajihan18–ICD07-149-BLMSD-0AP-0Tr-4AP-0Tr-5AP-0THT-0AP
42	Azeghar1/4/IcamorTA0462/3/Maamouri3//Vitron/Bidra1/5/Mgnl3/Ainzen1–ICD06-0230-BLMSD-0AP-12AP-0Tr-5AP-0Tr-4AP-0THT-0AP		

جدول ۲. تجزیه واریانس شاخص T_i صفات مورد مطالعه در لاین‌های گندم دوروم

Table 2. Analysis of variance for T_i indices of traits in durum wheat lines

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	طول ریشه Root Length	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	حجم ریشه Root volume
Line	لاین	82	0.135**	0.049**	0.070**	0.068**
Error	خطا	249	0.065	0.033	0.042	0.044
CV%	ضریب تغییرات (%)		24	22	21	24

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	سطح ریشه Root area	طول ساقه shoot length	وزن تر ساقه shoot fresh weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight
Line	لاین	82	0.144**	0.015**	0.024**	0.041**
Error	خطا	249	0.093	0.007	0.013	0.022
CV%	ضرب تغییرات (%)		29	11	16	18

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
ns, ** were non-significant and significant at 1% probability level, respectively.

لاین‌ها به تنش اسمزی بود. به دلیل زیاد بودن تعداد لاین‌ها، در مورد هر صفت تنها ۱۰ لاین با بیشترین و کمترین مقدار شاخص در (جدول ۳) آورده شده است. بسیاری از گونه‌های گیاهی با افزایش سهم مواد فتوسنتزی ریشه و بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و بهره‌گیری بیشتر از آب قابل‌دسترس به کمبود رطوبت پاسخ می‌دهند (Kafi and Mahdavi-e-Damghani, 2000).

جدول ۳. مقایسه میانگین لاین‌های گندم دوروم تحت تنش اسمزی بر اساس شاخص **Ti** صفات اندازه‌گیری شده (به دلیل زیاد بودن تعداد لاین‌ها، مقدار شاخص در ۱۰ لاین با بیشترین و کمترین مقدار از شاخص در جدول آورده شده است)

Table 3. Mean comparison of durum wheat lines under osmotic stress based on **Ti** indices of traits (because of large number of lines, only 10

Traits	حداکثر صفات Max	حداقل Min	لاین‌هایی با بیشترین مقدار شاخص Ti Lines with the highest Ti index	لاین‌هایی با کمترین مقدار شاخص Ti Lines with lower Ti index
طول ریشه Root length (cm)	1.6552	0.6820	34, 53, 16, 9, 25, 66, 65, 15, 38, 35	61, 56, 73, 19, 29, 51, 21, 8, 60, 2
وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	1.1400	0.5364	26, 9, 34, 40, 7, 17, 32, 60, 53, 1	22, 77, 29, 30, 31, 82, 11, 79, 73, 13
وزن خشک ریشه Root dry weight (gr)	1.2050	0.5974	12, 1, 16, 40, 34, 60, 53, 35, 7, 26	79, 77, 22, 82, 29, 73, 68, 30, 14, 13
حجم ریشه Root volume (cm ³)	1.2084	0.5973	7, 67, 10, 1, 9, 53, 34, 60, 64, 26	77, 22, 29, 68, 52, 82, 30, 79, 28, 51
سطح ریشه Root area (cm ²)	1.4570	0.5857	10, 38, 24, 25, 16, 64, 9, 26, 53, 34	22, 29, 77, 82, 30, 52, 79, 73, 51, 61
طول ساقه shoot length (cm)	0.8379	0.5092	83, 78, 35, 24, 32, 59, 69, 26, 38, 34	63, 22, 11, 51, 62, 81, 13, 48, 5, 77
وزن تر ساقه shoot fresh weight (gr)	0.9147	0.5301	23, 47, 7, 64, 41, 54, 39, 9, 40, 26	77, 14, 22, 79, 51, 63, 55, 80, 52, 11
وزن خشک ساقه Shoot dry weight (gr)	1.0191	0.5825	64, 47, 16, 54, 9, 69, 35, 40, 34, 26	79, 77, 8, 14, 68, 13, 22, 80, 51, 82

لاین‌های با بیشترین و کمترین مقدار شاخص در جدول آورده شده است.

Line with max and min number of index was presented in table

ریشه گندم نیز در شرایط تنش خشکی نسبت به بدون تنش کاهش یافت (Khazaei and Kafi, 2003). در بررسی روی نخود ارقام متحمل‌تر به تنش خشکی طول و وزن خشک ریشه بیشتری داشتند (Ganjeali and Bagheri, 2011).

مطالعه نسبت وزن ریشه به ساقه در گندم نان نشان داد که در وارته‌هایی که نسبت به گرما و خشکی مقاوم هستند، میزان وزن خشک ریشه به وزن ساقه بوجه بیشتر از ارقام غیر مقاوم است (Sandahu and Laude, 1985). وزن خشک

می‌شود (Akbari Gujdi et al., 2010). افزایش سطح ریشه، از طریق افزایش سطح جذب، در افزایش کارایی جذب آب و مواد غذایی بسیار مهم است. سطح ریشه می‌تواند نشان‌دهنده‌ی سطح تماس گیاه با خاک باشد و احتمال دسترسی به آب بیشتر را مهیا سازد (Kant and Katkafi, 2005). بعد از محاسبه شاخص Ti ، برای لاین‌های مورد مطالعه در هر صفت و به دست آوردن بالاترین و پایین‌ترین مقدار شاخص تحمل برای هر صفت (جدول ۳)، از آن‌ها جهت محاسبه فاصله هر لاین از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت ($d+$) و ژنوتیپ ایده‌آل منفی ($d-$) استفاده شد (جدول ۴).

گیاه در شرایط تنش سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و این ویژگی باعث می‌شود که گیاه بتواند در شرایط خشکی آب موردنیاز سایر قسمت‌های خود را فراهم کند (Ganjeali et al., 2010). گزارش شده که ریشه‌ها در مواجهه با تنش‌های مختلف محیطی، از جمله تنش‌های خشکی و شوری، نقش مهمی در بقا و عملکرد گیاهان زراعی ایفا می‌کنند (Kafi et al, 2009). نوسان از نظر تعداد ریشه، طول ریشه و سرعت رشد آن در گونه‌های مختلف گیاهی باعث ایجاد تفاوت‌هایی در ویژگی‌های گیاه، از جمله تحمل به تنش‌های خشکی، غرقاب، شوری و زودرسی گیاه

جدول ۴. میانگین، کمترین و بیشترین مقدار شاخص Ti صفات (مقادیر قابل‌انتظار در ژنوتیپ ایده‌آل مثبت و منفی) در لاین‌های گندم دوروم

Table 4. Mean, minimum and maximum value of traits Ti index (expected values for positive and negative ideal genotype) for durum wheat lines

Traits	تعداد لاین Line number	میانگین Mean	بیشترین Maximum	کمترین Minimum
طول ریشه Root length (cm)	83	1.0489	1.66	0.68
وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	83	0.7946	1.14	0.54
وزن خشک ریشه Root dry weight (gr)	83	0.9335	1.20	0.60
حجم ریشه Root volume (cm ³)	83	0.8662	1.21	0.60
سطح ریشه Root area (cm ²)	83	0.8956	1.46	0.59
طول ساقه shoot length (cm)	83	0.7023	0.84	0.51
وزن تر ساقه shoot fresh weight (gr)	83	0.7126	0.91	0.53
وزن خشک ساقه shootdry weight (gr)	83	0.8032	1.02	0.58

بیشترین مقدار $SIIG$ بودند و این لاین‌ها به‌عنوان متحمل‌ترین لاین به تنش اسمزی شناخته شدند. لاین‌های ۲۲، ۲۹، ۳۰، ۵۱، ۵۲، ۶۱، ۷۳، ۷۷، ۷۹ و ۸۲ ده لاین با کمترین مقدار $SIIG$ بوده و حساس‌ترین لاین‌ها به تنش اسمزی بودند (جدول ۵).

علاوه بر استفاده از شاخص $SIIG$ در این تجزیه، گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد انجام شد (شکل ۱). این گروه‌بندی با بکار بردن میانگین لاین‌ها برای شاخص Ti انجام شد و نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای با نتایج حاصل از شاخص $SIIG$

از این فاصله‌ها برای محاسبه شاخص $SIIG$ استفاده شد. نتایج حاصل از روش $SIIG$ و رتبه‌بندی لاین‌ها نشان داد که لاین‌های با بیشترین مقدار $SIIG$ به ترتیب ۲۰ لاین با بالاترین مقدار شاخص $SIIG$ مطابق با جدول (۵) در مقایسه با دیگر لاین‌ها متحمل‌ترین لاین‌ها به تنش اسمزی بودند. لاین‌های با کمترین مقدار شاخص $SIIG$ حساس‌ترین لاین‌ها به تنش اسمزی بودند (جدول ۵). نتایج حاصل از رتبه‌بندی لاین‌ها با روش $SIIG$ نشان داد که لاین‌های ۹، ۱۶، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۳۴، ۳۵، ۳۸، ۵۳ و ۶۴ در مقایسه با دیگر لاین‌ها دارای

مقایسه گردید. در فاصله ۱۰ از نمودار درختی لاین‌ها به ۳ گروه تقسیم شدند. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها بر مبنای شاخص Ti، گروه اول شامل لاین‌های ۱، ۷، ۹، ۱۰، ۱۶، ۱۷، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۳۴، ۳۵، ۳۸، ۵۳، ۶۴ بود

که لاین‌های این گروه میانگین‌های بالاتری نسبت به دو گروه دیگر و نسبت به میانگین کل در شاخص Ti تمامی صفات موردبررسی داشتند (جدول ۶).

جدول ۵. لاین‌های گندم دوروم متحمل و حساس به تنش اسمزی بر اساس شاخص SIIG (به دلیل زیاد بودن تعداد لاین‌ها تنها ده لاین با بیشترین و کمترین مقدار شاخص آورده شده است)

Table 5. Tolerant and susceptible durum wheat lines based on SIIG index (because of large number of lines, only 10 line with max and min number of index was presented)

لاین Line	d ⁻	d ⁺	SIIG	رتبه‌بندی Ranking
34	2.847423	039965.0	986158.0	1
9	021386.2	18082.0	917891.0	2
53	051478.2	185326.0	917147.0	3
26	30596.2	256344.0	899956.0	4
16	736309.1	269371.0	865696.0	5
64	565933.0	419597.0	788673.0	6
38	392098.1	429976.0	764018.0	7
25	348017.1	480461.0	737234.0	8
35	363575.1	502425.0	730748.0	9
24	264865.1	512185.0	711778.0	10
61	20638.0	235858.2	084505.0	74
52	16813.0	122464.2	0734.0	75
51	157137.0	212893.0	066302.0	76
30	155631.0	316521.2	062954.0	77
82	118853.0	384373.2	04748.0	78
73	111686.0	30255.2	046261.0	79
79	113528.0	420274.2	044805.0	80
77	092157.0	690327.2	03312.0	81
29	081212.0	539026.2	030994.0	82
22	070428.0	69645.2	025454.0	83

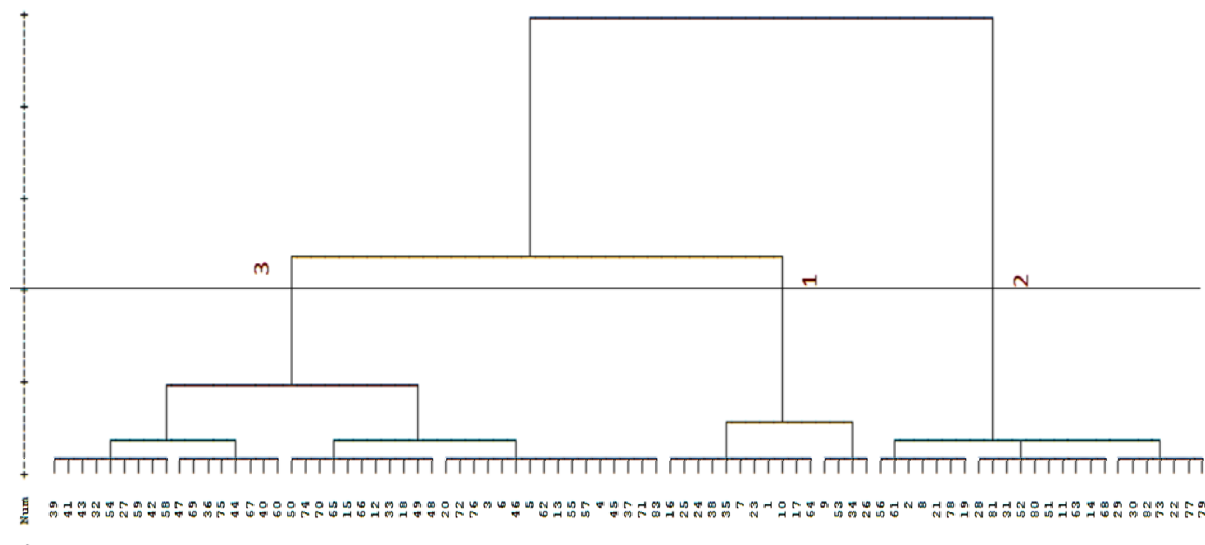
جدول ۶. میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد برای لاین‌های گندم دوروم بر مبنای شاخص‌های Ti صفات

Table 6. Mean of groups obtained from cluster analysis of durum wheat lines using Ward method based on Ti indices of traits

Group	گروه	صفات (Traits)							
		طول ریشه Root length (cm)	وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	وزن خشک ریشه Root dry weight	حجم ریشه Root volume (cm ³)	سطح ریشه Root area (cm ²)	طول ساقه shoot length (cm)	وزن تر ساقه shoot fresh weight (gr)	وزن خشک ساقه shoot dry weight
Group 1	گروه ۱	1.28	0.932	1.099	1.042	1.193	0.749	0.756	0.890
Group 2	گروه ۲	0.889	0.681	0.788	0.732	0.689	0.653	0.632	0.706
Group 3	گروه ۳	1.057	0.809	0.956	0.879	0.907	0.713	0.737	0.827
Total	کل	1.049	0.795	0.933	0.866	0.896	0.702	0.711	0.803

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها بر اساس میانگین شاخص Ti صفات انطباق بالایی با نتایج شاخص SIIG داشت. در استفاده از شاخص Ti به دلیل وجود Ti‌های مختلف بر اساس صفات متفاوت تصمیم‌گیری روی لاین‌های حساس و متحمل کار راحتی نیست. در صورتی که با تجمیع این شاخص‌ها در قالب یک شاخص تحت عنوان شاخص

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها بر اساس میانگین شاخص Ti صفات انطباق بالایی با نتایج شاخص SIIG داشت. در استفاده از شاخص Ti به دلیل وجود Ti‌های مختلف بر اساس صفات متفاوت تصمیم‌گیری روی لاین‌های حساس و متحمل کار راحتی نیست. در صورتی که با تجمیع این شاخص‌ها در قالب یک شاخص تحت عنوان شاخص



شکل ۱- نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد برای لاین‌های گندم دوروم مورد مطالعه بر مبنای شاخص‌های Ti صفات
Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis using Ward method for studied durum wheat lines based on Ti indices of traits

نتایج در تجزیه خوشه‌ای نیز به دست آمد و نتایج حاصل از این گروه‌بندی با نتایج رتبه‌بندی لاین‌ها با استفاده از شاخص SIIG همخوانی بالایی داشت. این نشان می‌دهد که شاخص SIIG در جمع‌بندی نتایج شاخص‌های مختلف کمک شایانی به محقق می‌نماید. در کل می‌توان بیان داشت که لاین‌های ۹، ۳۴، ۵۳، ۲۶، ۱۶، ۶۴، ۳۸، ۲۵، ۳۵، ۲۴ لاین‌های متحمل و لاین‌های ۶۱، ۵۲، ۵۱، ۳۰، ۸۲، ۷۳، ۷۹، ۷۷، ۲۹، ۲۲ لاین‌های حساس به تنش اسمزی در این مطالعه بودند.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس شاخص‌های Ti لاین‌های ۳۴، ۹، ۵۳، ۲۶، ۴۰، ۱۶، ۶۴، ۷ دارای میانگین بالا و لاین‌های ۲۹، ۷۷، ۲۲، ۳۰، ۵۱، ۱۳، ۷۹ دارای میانگین صفات پایینی بودند. بر اساس شاخص SIIG، لاین‌های ۳۴، ۵۳، ۲۶، ۱۶، ۶۴، ۳۸، ۲۵، ۳۵، ۲۴ در گروه با میانگین بالا و لاین‌های ۶۱، ۵۲، ۵۱، ۳۰، ۸۲، ۷۳، ۷۹، ۲۹، ۲۲ در گروه با میانگین پایین قرار گرفتند. این

منابع

Abdalla, M.M., El-Khoshiban, N.H., 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. Journal of Applied Science Research. 3, 2062-2074.

Akbarigujdi, E., Eizadi darbandi, A., Borzuie, A., Majdabadi, A., 2010. The survey of morphological changes of wheat genotypes under salt stress conditions. Science and Technology of Greenhouse Crops. 1, 71-82. [In Persian with English summary].

- Alizadeh, A., 2009. Water, Soil and Plant Relationship. Astan Quds Razavi Press. Mashhad, 353p. [In Persian].
- Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., Royo, C., 2002. Plant breeding and drought in C3 cereal should we breed for? *Annals of Botany*. 89, 925-940.
- Bayoumi, T.Y., Eid, M.H., Metwali, E.M., 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology*. 7, 2341-2352.
- Ganjeali, A., Bagheri, A., 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research*. 1, 101-110. [In Persian with English summary].
- Ganjeali, A., Kaffi, M., Sabet Teimouri, M., 2010. Evaluation of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 3, 35-45. [In Persian with English summary].
- Garavandi, M., Farshadfar, E., Kahrizi, D., 2010. Evaluation of drought tolerance in advanced bread wheat genotypes in field and laboratory condition. *Journal of Seed and Plant Seedling*. 2, 233-252. [In Persian with English summary].
- Jaberifar, A., Nasr Esfahani, M., Gandi, A., Rashidi Asl, A., Efyuni, D., 2011. Comparison of phenological traits of advanced wheat lines in Isfahan conditions. *Quarterly Journal of Crops Physiology*. 3, 69-83. [In Persian with English summary].
- Kafi, M., Mahdavi-e-Damghani, A. 2000. Mechanisms of Plants Tolerance to Environmental Stresses. Ferdowsi University Publication. Mashhad, Iran. 449p. [In Persian].
- Kafi, M., Borzuie, A., Kamandi, A., Maasumi, A., Nabati, J., 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. University of Mashhad Publication, 504p. [In Persian].
- Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Sharifi, H.R., Goldani, M. 2005. Plant Physiology. University of Mashhad Publication. 456p. [In Persian].
- Kant, S., Kafkafi, U. 2005. Impact of mineral deficiency stress. The Hebrew University. Available at: http://www.plantstress.com/articles/min_deficiency_i/impact.htm
- Khazaei, H., Kafi, M., 2003. Effect of drought stress on root growth and dry matter partitioning between roots and shoots of winter wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 1, 33-41. [In Persian with English summary].
- Kramer, P.J., 1999. Water Relation of Plants. Academic Press, New York.
- Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*. 51, 914-916.
- Mirzaee, M.R., Rezvani, S.M., 2008. Effect of drought stress on beet quality at different growth stages. *Journal of Sugar Beet*. 45, 42-49. [In Persian with English summary].
- Mohammadnia, S., Asghari, A., Sofalian, O., Mohammaddoust, H., Karimizadeh, R., Shokouhian, A.A., 2016. Evaluation of durum wheat lines using drought stress indices. 8, 11-23. [In Persian with English summary].
- Nagarajan, S., Rane, J., Maheswari, M., Gambhir, P., 1999. Effect of postanthesis water stress on accumulation of dry matter, carbon and nitrogen and their partitioning of dry matter, in wheat varieties differing in drought tolerance. *Journal of Agronomy Crop Sciences*. 129, 136-183.
- Okcu, G., Kaya, M.D., Atak, M., 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 29, 237-242.
- Panda, S.K., Khan, M.H., 2004. Changes in growth and superoxide dismutase activity in *Hydrilla verticillata* L. under abiotic stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 16, 115-118.
- Rajabzadeh, N. 2001. Bread Technology. Tehran University Press. [In Persian].
- Reddy, A.R., Claitanya, K.V., Vivekanadan, M., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*. 161, 1189-1202.
- Sabbaghpur, H. 2003. Drought tolerance mechanisms in plants. *Journal of Agricultural Drought and Famine*. 3, 21-32. [In Persian].
- Sabirzhanova, I.B., Sabirzhanov, B.E., Chemeris, A., Veselov, D.S., Kudoyarov, G.R., 2005. Fast changes in expression of expansion gene and leaf extensibility in osmotically stressed maize plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 43, 419-422.

- Sadiqov, S.T., Akbulut, M., Ehmedov, V., 2002. Role of Ca²⁺ in drought stress signaling in wheat seedlings. *Biochemistry*. 67, 491-497.
- Sandahu, A.S., Laude, H.H., 1985. Effects of drought heat hardiness in winter wheat. *Agronomy Journal*. 50, 78-81.
- Vinocur, B., Altman, A., 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: Achievements and limitations. *Current Opinion in Biotechnology*. 16, 123-132.
- Yagutipour, A., Farshadfar, E., Saiedi, M., 2016. Evaluation drought tolerance of bread wheat genotypes using suitable compound method. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 10, 247-256. [In Persian with English summary].
- Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A., Hoseini, S.M., 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum*. 7, 703-711.