مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۲، شماره ۲، ۱۳۹۰ (۲۱۹-۲۰۹)

مطالعه اثر تنش حاصل از تیمار کومارین بر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های بومی گندم دوروم

فرنگیس خیالپرست[1]*، منیژه سبکدست[2]، منوچهر کریمی[3]، امین ابراهیمی[4] و عبدالرحمن رسول‌نیا[5]
۱، ۲، ۳، ۴، ۵، استادیار، مربی، کارشناس، دانشجوی کارشناسی ارشد و کارشناس پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۹ - تاریخ تصویب: ۸۹/۹/۳)

چکیده

گندم دوروم یکی از مهمترین غلات دانه ریز می‌باشد و از دیر باز به صورت آبی و دیم در غرب ایران کشت می‌شود. به منظور بررسی اثر تنش حاصل از کومارین بر روی جوانه‌زنی و مشخصات ظاهری ژنوتیپ‌های بومی گندم دوروم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل‌ها شامل کومارین (۵ سطح صفر،۱۰،۲۰،۳۰، و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر) و ژنوتیپ (۱۸ ژنوتیپ به همراه دو ژنوتیپ کرخه و یاواروس به عنوان ارقام شاهد) بود. نتایج تجزیه واریانس بر روی صفات مورد بررسی نشان داد که اثر کومارین و ژنوتیپ بسیار معنی‌دار بودند. بازدارندگی غلظت‌های مختلف کومارین بر روی رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به شاهد مشاهده شد ولی وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر کل گیاهچه، تحت تأثیر بازدارندگی غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر کومارین قرار گرفت. با این وجود، اثر تحریک‌کنندگی کومارین بر روی درصد جوانه‌زنی، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه تحت تأثیر غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. در نهایت، ارزیابی ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌ها در سه گروه متمایز قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های بومی نسبت به ارقام شاهد از بیشترین مقاومت در برابر کومارین برخوردار بودند و از بین آنها، ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۱۰ و ۱۲ مقاوم ترین ژنوتیپ‌ها محسوب شدند. همچنین افزایش غلظت کومارین و مدت زمان تیماردهی ژنوتیپ‌ها باعث کاهش در صفات اندازه‌گیری شد.

واژه‌های کلیدی: کومارین، ژنوتیپ‌های گندم دوروم، جوانه‌زنی.

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* var. durum) یکی از مهمترین غلات دانه ریز می‌باشد و از دیر باز به صورت آبی و دیم در غرب ایران کشت می‌شود (Gallardo et al., 1992). با توجه به اینکه در هر دو اکوسیستم کشاورزی و طبیعی اثرات متقابل بین گیاهان وجود دارد (Erica et al., 2008). بررسی تنوع ژنتیکی درون و بین مناطق جغرافیای برای شناسایی، طبقه‌بندی مناطق بر اساس اهمیت، نمونه‌برداری، مدیریت و حفاظت در آن نقش اساسی دارد (Keyes et al., 2001). کومارین‌ها، از جمله مواد آللوشیمیایی هستند که به طور گسترده‌ای در جوامع گیاهی طبیعی و گیاهان زراعی وجود دارند و به وسیله اکثر خانواده‌های گیاهان تولید می‌شود و هر ساله نوع جدیدی از آنها در برگ‌ها، دانه‌ها

* نویسنده مسئول: فرنگیس خیالپرست تلفن: ۰۹۱۲-۳۶۳۴۰۳۴ E-mail: khialparast@can.ut.ac.ir

و میوه‌ها کشف می‌شوند (Reeves et al., 1999; Zobel et al., 1991). جلوگیری از انتقال الکترون در چرخه کربس (Mortiz & Faith, 1998; Knypl, 1964)، افزایش تمایز سلولی در ریزنمونه برگی اطلسی (*Petunia* sp.) و دخالت در جذب نیترات در گیاهچه‌های گندم (Abenavoli et al., 2001) از جمله فرآیندهای فیزیولوژیکی است که تحت تأثیر کومارین قرار می‌گیرد. کومارین در واکنش‌های اکولوژیکی در جوامع گیاهی طبیعی و مدیریت آن دخالت دارد (Bais et al., 2004; Bertin et al., 2003). این ماده از رشد گیاهان جلوگیری کرده یا رشد آنها را تسریع می‌کند و بسته به نوع گونه و غلظت کومارین عکس‌العمل متفاوت بروز می‌کند (Reeves et al., 1999). به نظر می‌رسد که کومارین، به عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و القاءکننده خواب بذر عمل می‌کند و نیز می‌تواند دارای اثر آللوپاتی بر رقابت گیاهان داشته باشد (Zobel et al., 1991; Shimomura et al., 1982). همچنین کومارین بازدارنده قوی جوانه‌زنی بذر است و تولید این ماده ممکن است به عنوان یک مزیت، برای گونه مورد کاشت به وسیله کاهش رقابت در گونه‌های گیاهی مجاور و یا به وسیله تأخیر در جوانه‌زنی در شرایط نامطلوب محسوب شود (Abenavoli et al., 2004; Zobel et al., 1991). در تحقیقی مشاهده شد که کومارین از جوانه‌زنی بذر تربچه جلوگیری می‌کند که این موضوع به علت اختلال در جذب آب بود (Aliotta et al., 1993). اثرات بازدارنده کومارین بر جوانه‌زنی و رشد ریشه بذرهای گندم دوروم بر روی رقم Simeto توسط Abenavoli et al. (2006) گزارش گردیده است. اگرچه هدف مطالعات اثر کومارین و یا دیگر مواد شیمیایی بر روی ریشه‌های اولیه گونه‌های گیاهی مختلف متمرکز شده است (Abenavoli et al., 2001; Aliotta et al., 1993)، تحقیق حاضر جهت غربال کردن ژنوتیپ‌ها و نیز مشخص کردن گیاهان با استقرار بهتر گیاهچه در معرض تنش کومارین انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۲۰ ژنوتیپ مختلف متعلق به بانک ژن گیاهی دانشگاه تهران تحت تأثیر ۵ غلظت مختلف کومارین در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۷صورت گرفت. دو رقم شاهد به نام‌های کرخه و یاواروس مورد استفاده قرار گرفت.

غلظت‌های متفاوت محلول کومارین (Merck-8.22316.0250) در ۴ سطح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم با حل نمودن در آب مقطر پس از تنظیم pH به ۵/۸ و به حجم نهایی یک لیتر رسانده به همراه آب مقطر به عنوان شاهد (غلظت صفر کومارین) ۵ سطوح مختلف تیمار کومارین را تشکیل می دادند. با توجه به اینکه حل شدن کومارین باعث کاهش پتانسیل آب خواهد شد، برای جلوگیری از اشتباه با اثر بازدارندگی کومارین، قبل از شروع آزمایش هدایت الکتریکی هر یک از محلول‌ها و حتی مدت زمان تیماردهی به وسیله هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد و تصحیح‌های لازم نسبت به شاهد انجام گردید (جدول ۱). برای شروع آزمایش ابتدا بذرها به مدت ۲۰ دقیقه در داخل هیپوکلریت ۲/۵ درصد، برای ضدعفونی شدن نگه داشته شدند و سه بار با آب مقطر استریل شست‌وشو گردیدند. سپس ۱۵ بذر در هر ظرف پتری (به قطر دهانه ۹ سانتی‌متر) بر روی دو لایه کاغذ صافی قرار داده شدند و بنا به روش Abenavoli et al. (2006) با ۵ میلی‌گرم از محلول‌های کومارین خیس شدند. پس از مسدود شدن درب پتری‌دیش‌ها به وسیله پارافیلم آنها به محیط تاریک در اتاقک رشد با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. بذرهای با طول ریشه‌چه حداقل ۲ میلی‌متر بعد از ۳۶ ساعت جذب به عنوان موفقیت کامل در جوانه‌زنی محسوب شدند. صفات مورد ارزیابی عبارت بودند از طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، درصد جوانه‌زنی، وزن تر کل، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه. برای اندازه‌گیری وزن خشک پس از محاسبه وزن تر، اجزا مورد ارزیابی را درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از ۲۴ ساعت وزن خشک اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری طول به وسیله کولیس مدل Mitutoyo با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و توزین‌ها با ترازو دیجیتال نوع Sartius با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم انجام شدند. همچنین به منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع کل و تفسیر بهتر روابط از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Zobel, 1999) استفاده گردید. توزیع داده‌های صفات به جزء درصد

جوانه‌زنی نرمال بودند و تبدیل داده‌های درصد جوانه‌زنی به علت غیرپارامتری بودن به روش آرک‌سینوس انجام شد و داده‌های آزمایش، با استفاده از نرم‌افزار SAS تحلیل آماری گردید و نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel رسم گردیدند. همچنین مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- تغییرات میزان هدایت الکتریکی سطوح مختلف کومارین در تکرارهای متفاوت

تکرار	سطوح کومارین	هدایت الکتریکی	تکرار	سطوح کومارین	هدایت الکتریکی	تکرار	سطوح کومارین	هدایت الکتریکی
۱	۱	۱/۳	۲	۱	۱/۲۰	۳	۱	۱/۰۹
۱	۲	۱/۲۵	۲	۲	۱/۱۷	۳	۲	۱/۰۲
۱	۳	۱/۲۲	۲	۳	۱/۱۳	۳	۳	۰/۹۷
۱	۴	۱/۱۰	۲	۴	۱/۱۱	۳	۴	۰/۹۳
۱	۵	۱/۰۴	۲	۵	۱/۰۹	۳	۵	۰/۸۹

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت‌های متفاوت کومارین، ژنوتیپ و اثر متقابل کومارین و ژنوتیپ‌ها بر روی صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بودند (جدول ۲). بازدارندگی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در میان غلظت‌های متفاوت کومارین بسیار متغیر بود به طوری که در غلظت‌های شاهد ،۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر یک روند افزایش در وزن تر ریشه‌چه مشاهده شد (شکل۱) که بیشترین مقدار آن در غظت۲۰ میلی‌گرم در لیتر و به میزان ۰/۷۲۳ گرم در هر ریشه‌چه بود. ترکیبات پلی آمینی در جریان جوانه‌زنی، تشکیل ریشه و ساقه افزایش می‌یابد (Glass & Dunlop, 1974) همچنین سه سری از ترکیبات متابولیت‌های ثانویه مانند دی هیدروسورگولئون[1]، استریگولاکتون[2] و سسکوایترپنلاکتون[3] که عوامل تحریک‌کننده جوانه‌زنی هستند افزایش می‌یابند (Bouwmeester et al., 2003). Keyes et al. (2001) بیان داشتند که دی‌هیدروسورگولئون تحریک‌کننده مؤثر در خروج ریشه در سورگوم و دیگر تک‌لپه‌ای‌ها می‌باشد. با توجه به غلظت و ژنوتیپ می‌توان شاهد تحریک‌کنندگی رشد به وسیله کومارین بود. از غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر، کاهش در میزان وزن تر ریشه‌چه صورت گرفت به طوری که در غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر کومارین، وزن تر ریشه‌چه به میزان ۰/۵۵۲ گرم در هر ریشه‌چه کاهش یافت (شکل ۱). به نظر می‌رسد کاهش جذب آب به وسیله بذرها تحت شرایط تنش عامل اصلی کاهش در میزان رشد ریشه، تنفس و جوانه‌زنی باشد (Ashraf & Abu-Shakr, 1978). وزن تر کل تحت تأثیر غلظت صفر (شاهد) تا ۲۰ میلی‌گرم در لیتر دارای سیر افزایشی بود. هر چند تحت تأثیر غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کومارین کاهش جزئی مشاهده شد، اما بیشترین میزان کاهش تحت تأثیر غلظت ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد (شکل ۱). بیشترین مقادیر صفت وزن خشک ریشه‌چه در غلظت‌های شاهد و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و به ترتیب به میزان ۰/۲۱۱ و ۰/۲۱۸ گرم بود و از غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به بعد کاهش در وزن خشک ریشه گیاهچه‌های گندم دوروم به وجود آمد. کمترین مقدار وزن خشک ریشه تحت تأثیر غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر کومارین و به میزان ۰/۱۳۴ گرم بود (شکل ۱). طول ریشه تحت تأثیر کومارین کاهش پیدا کرد؛ به طوری که در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد، حدود ۵۰ درصد از طول ریشه کاهش یافت و به ۳۴/۳۷ میلی‌متر رسید و این روند کاهش تحت تأثیر سایر غلظت‌ها نیز تایید گردید و در غلظت نهایی طول ریشه به ۱۰/۹۲ میلی‌متر رسید (شکل۲). در شرایط تنش، ترکیبات کومارینی از گسترش سطح برگ و تجمع کلروفیل جلوگیری به عمل می‌آورد که این امر در نهایت موجب کاهش رشد گیاهچه و طول ریشه می‌گردد (Blum & Gerig, 2006). لازم به توضیح است که با افزایش غلظت کومارین، با وجود کاهش در طول

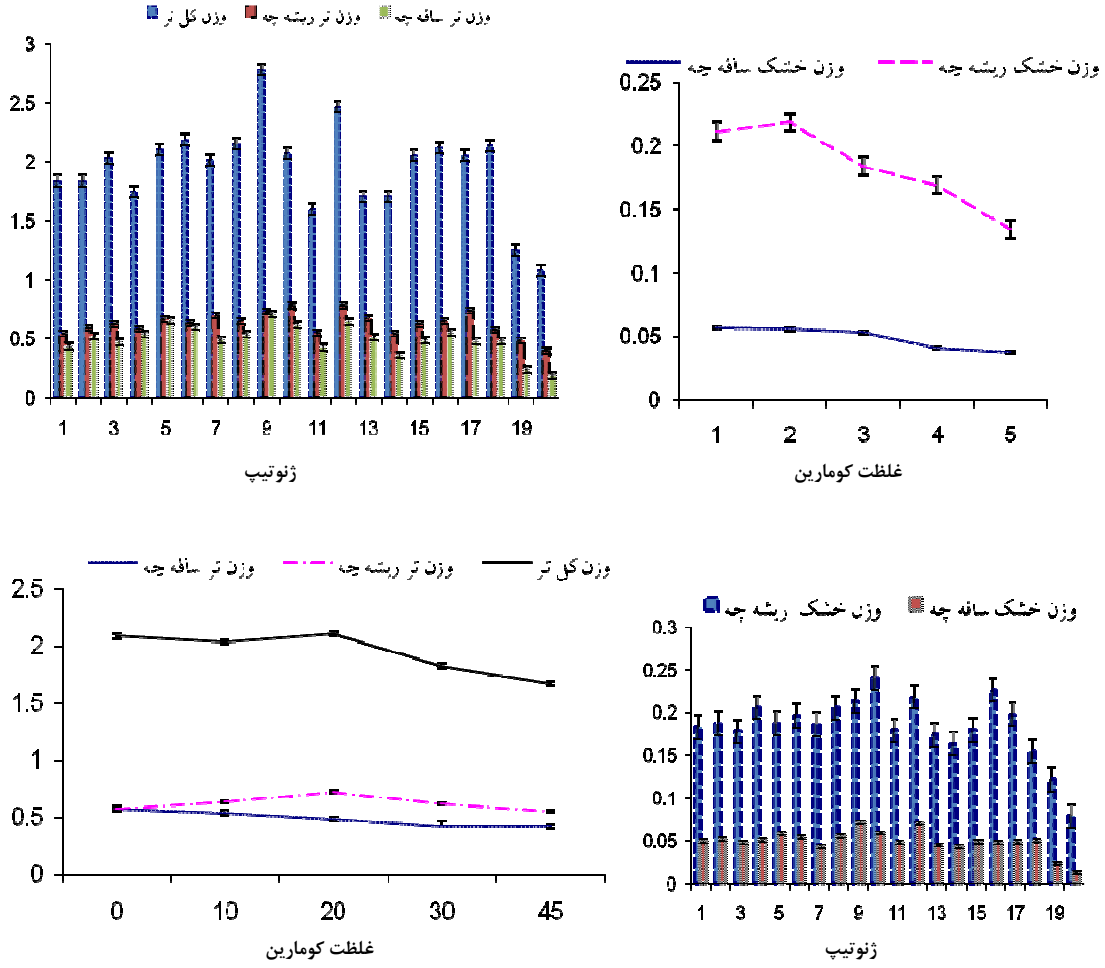
1. Hydrosorgholeon
2. Strigolacton
3. Sesquiterpenlacton

ریشه‌چه، افزایش در قطر آن به وجود آمد (شکل ۴). در تحقیقات Sang-Uk et al. (2002) گزارش مشابهی بر روی ریشه یونجه در غلظت ۰/۰۰۰۱ مولار وجود دارد. در مورد اثر غلظت‌های متفاوت کومارین بر روی صفت درصد جوانه‌زنی، روندی مشابه با وزن خشک ریشه به دست آمد و کاهش در میزان جوانه‌زنی از غلظت ۲۰ (میلی‌گرم در لیتر) به بعد ثبت گردید، هرچند افزایش در میزان درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به وجود آمد (شکل ۳). متابولیسم تنفس میتوکندری برای تولید انرژی و پیش ماده برای

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس در غلظت‌های متفاوت کومارین بر روی صفات مورد ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دوروم

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	وزن کل تر (گرم)	وزن تر ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)
کومارین	۴	۵۵۰/۵**	۲۸۵۷۸/۰۹**	۲۶۷۵/۸**	۲/۱۹**	۰/۲۵۴**	۰/۰۰۵**	۰/۲۵۸**	۰/۰۶۹**
ژنوتیپ	۱۹	۳۰۹۷/۳**	۲۴۴/ ۲۱**	۳۷۰/۳۵**	۲/۱۷**	۰/۲۴۷**	۰/۰۰۳**	۰/۱۴۴**	۰/۰۱۹**
کومارین × ژنوتیپ	۷۶	۲۳۳/۱۳**	۱۰۰/۰۵**	۵۵/۶۹**	۰/۱۸۹**	۰/۰۳۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۶**
خطا	۲۰۰	۰/۰۰۱	۳۲/۷	۲۷/۲۲	۰/۰۵۳	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۳

**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد.



شکل۱- نمودارهای بررسی تغییرات وزن تر و خشک ریشه‌چه (گرم) و ساقه‌چه (گرم) (محور عمودی) تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت کومارین (محور افقی) بر روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم (سطوح ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در کومارین به ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های شاهد، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد).

بیوسنتز ساختارهای سلولی جدید لازم است. یک اثر بر متابولیسم تنفسی می‌تواند به تشکیل ترکیبات طبیعی فعال در جلوگیری جوانه‌زنی و رشد را موجب شود (Fernandez, 1992). موضوع کاهش درصد جوانه‌زنی از غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به بالا از بعد اثر کومارین بر روی میتوکندری و عواقب آن بر روی کاهش میزان جوانه‌زنی را می‌توان متوجه عدم اتصال فسفوریلاسیون اکسیداتیو میتوکندری به دلیل حضور میزان کومارین موجود در محلول آبی مجاور بذر در حال جوانه‌زنی دانست. بررسی اثر کومارین برروی ساقه‌چه نشان داد که اثر این ماده شیمیایی بر روی اجزا ساختمان گیاهچه متفاوت می‌باشد. به طوری که برخلاف وضعیت ریشه‌چه، با استفاده از سطوح متفاوت کومارین، روند کاملاً کاهشی در مورد وزن تر و وزن خشک ساقه‌چه مشاهده شد با این تفاوت که کاهش وزن تر از شیب ملایم به نسبت استفاده از سطوح بالاتر برخوردار بود. اما کاهش وزن خشک بخصوص در غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر از شیب تندتری برخوردار بود. در مورد طول ساقه‌چه، اثر کومارین مشابه با وضعیت ریشه‌چه، با کاهش در اندازه طولی همراه بود ولی بر عکس وضعیت ریشه‌چه، شدت آن در مقایسه با غلظت شاهد زیاد نبود.

ارزیابی اثرات کومارین بر جوانه‌زنی و رشد ژنوتیپ‌های گندم دوروم نشان داد که سمیت کومارین بسته به ژنوتیپ متفاوت است. ژنوتیپ‌های شاهد (۱۹ و ۲۰) با ۱۵/۲۴ و ۲۴/۱۸ و ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۷ با ۳۵/۱۵ و ۳۴/۳۹ به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش در مقدار طول ریشه‌چه تحت تأثیر کومارین از خود نشان دادند (شکل۲). بنا بر گزارش Abenacoli et al. (2006) بازدارندگی ناشی از کومارین در ابتدای دوره جذب در بذر گندم دوروم خیلی سریع اتفاق می‌افتد که غیرقابل بازگشت خواهد بود. در این مرحله جذب آب و ظرفیت الکترولیت و اکسیژن کاهش یافته و یا به تأخیر می‌افتد. بعد از آن، کومارین فعالیت پراکسید را مختل کرده و فعالیت سوپراکسیداز دسموتاز را بالا می‌برد، جذب دیر هنگام رطوبت یا ناکافی ایجاد شده به وسیله کومارین بر روی بذر می‌تواند پایداری غشاء را کم کند. تداخل در عملکرد غشاء یا تأخیر در جذب کافی مقادیر آب در نهایت موجب توقف در جوانه‌زنی می‌گردد (Bove et al., 2001).

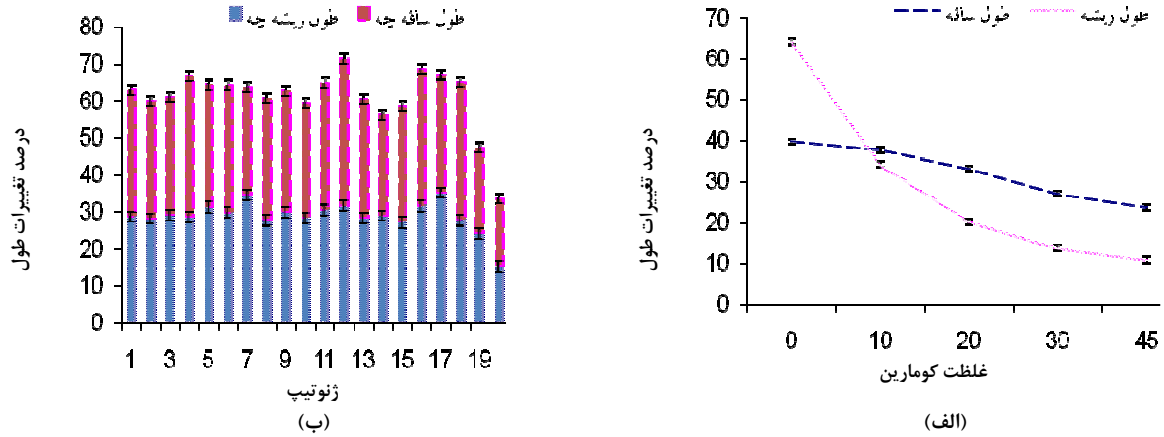
بیشترین مقادیر طول ساقه‌چه همانند ریشه‌چه مربوط به ژنوتیپ‌های بومی بود، به طوری که ژنوتیپ‌های ۱۹ و ۲۰ طول ساقه‌چه معادل ۲۳/۲۳ و ۱۸/۲۹ داشتند و ژنوتیپ‌های ۱۲و ۴ کمترین کاهش را به میزان ۳۹/۷۷ و ۳۸/۳۶ میلی‌متر داشتند (شکل۲).

وزن تر و خشک ریشه‌چه ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۶ بیشترین مقادیر را داشتند و کمترین مقادیر مربوط به ارقام شاهد ۲۰ و ۱۹ بود. اما بیشترین مقادیر وزن تر و خشک ساقه‌چه مربوط به ژنوتیپ‌های ۵، ۹ و ۱۲ و کمترین مقادیر مشابه وزن ریشه‌چه مربوط به ارقام شاهد ۲۰ و ۱۹ بود (شکل۱).

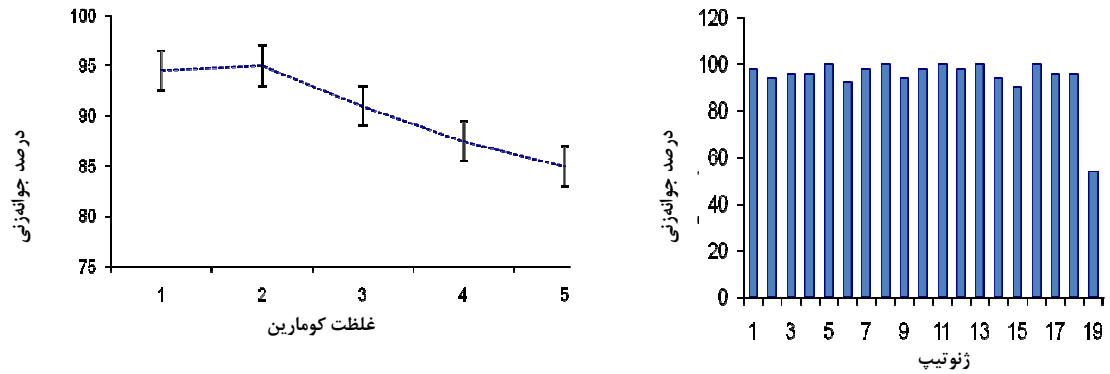
بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی مربوط به ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ و کمترین مقادیر مربوط به ارقام شاهد ۲۰ و ۱۹ بود (شکل ۳). ترکیبات فنولیک می‌تواند سرعت غیرقطبی شدن غشاء گیاهی را القاء کند (James, 2002) مثل پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (Baziramakenga et al., 1995) که منجر به افزایش خروج محلول‌ها می‌شوند. از نظر تأثیرات کومارین بر میزان واکنش‌های آنزیمی بنا بر گزارش Abenavoli et al. (2006) می‌توان به چند مورد اشاره نمود: افزایش در میزان فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و سوپر اکسیداز دسموتاز، و کاهش در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز، مونودهیدروآسکوربات ردوکتاز و آلفا آمیلاز از جمله واکنش‌های بذور تحت تیمار با کومارین می‌باشد، جلوگیری به وسیله کومارین سریع، غیرقابل مشاهده و تجمعی است به طوری که با افزایش در معرض قرار گرفتن اثر آن زیاد می‌شود. در این آزمایش به‌دلیل اینکه مدت زمان تیماردهی (۳۶ ساعت) زیاد می‌باشد و با توجه غلظت‌های در نظر گرفته شده بروز برخی صفات مورد ارزیابی منطقی به نظر می‌رسد.

در گیاهان حساس، کومارین بر سیستم غشاء درونی و بافت آندوسپرمی تأثیر می گذارد و باعث تحریک اضمحلال منبع بافت آندوسپرم می‌شود که این موضوع موجب فشردگی ماتریکس میتوکندری شده که دلالت بر کمبود انرژی در سلول می‌باشد (Abenavoli et al., 2006). اگرچه مکانیسم دقیق بازدارندگی جوانه‌زنی و رشد هنوز معلوم نیست، اما فعالیت کومارین به عنوان

عامل سیتواستاتیک و تأثیر آن بر میتوز و تقسیم سلولی در فرایند جوانه‌زنی گزارش گردیده است (Rice, 1984) به همین دلیل روندهای متفاوت کومارین در بازدارندگی و در پاره‌ای موارد تحریک‌کنندگی آن قابل بحث می‌باشد (Zobel et al., 1991). در گزارش Abenavoli et al. (2006) جلوگیری از جوانه‌زنی در بذر Simeto غلظت بالای ۲۰۰ میکرومولار یعنی حدود ۳۰ میلی‌گرم در لیتر رخ داد. در حالیکه بنا بر نتایج حاضر از غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر عمل بازدارندگی شروع شد و این موضوع را می‌توان به اثر ژنوتیپ مرتبط دانست، این موضوع را می‌توان از ارزیابی ژنوتیپ‌های موجود در این تحقیق درک نمود.



شکل ۲- نمودارهای بررسی تغییرات طول ریشه‌چه (میلی‌متر) و ساقه‌چه (میلی‌متر) تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت کومارین (الف) در ژنوتیپ‌های گندم دوروم (ب).



شکل ۳- نمودارهای بررسی تغییرات درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت کومارین بر روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم (سطوح ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در کومارین به ترتیب نشان‌دهنده غلظت‌های شاهد، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد).

نمایش پلات دو بعدی (جدول ۴ و شکل ۵) پراکنش ژنوتیپ‌های گندم دوروم مورد مطالعه بر اساس دو مؤلفه اول، آنها را به سه دسته اصلی تقسیم کرد. دسته اول شامل ژنوتیپ‌های ۱۹ و ۲۰ بود که به عنوان شاهد در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند و دسته دوم شامل ژنوتیپ شماره ۸ بود و در گروه سوم بقیه ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند.

بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کومارین در ژنوتیپ (جدول ۳)، بیشترین مقدار در صفت طول ریشه‌چه (۷۸/۷۸) و طول ساقه‌چه مربوط به سطح یک کومارین و ژنوتیپ شماره ۴ بود. در صفت وزن تازه گیاه این مقدار (۳/۱۵) متعلق به سطح ۳ و ژنوتیپ شماره ۹ بود. در صفت وزن تازه ساقه‌چه، سطح یک کومارین و ژنوتیپ شماره ۴ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد (۰/۹۵۴). صفات وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه به ترتیب در سطوح ۳ و ژنوتیپ شماره ۱۲ و سطح ۴ و ژنوتیپ ۴ دارای بیشترین مقادیر بودند.

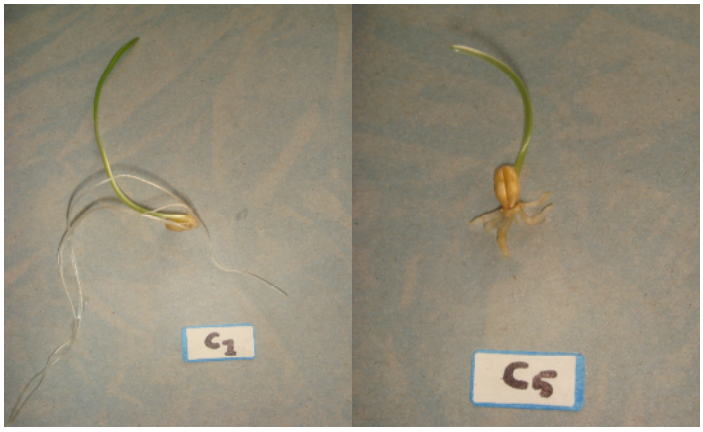
جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت‌های متفاوت کومارین و ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

کومارین	ژنوتیپ	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن کل تر	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن تر ساقه‌چه
۱	۱	۱۰۰a	۶۵/۰۴bcd	۳۹/۳۸i-r	۱/۷۵ t-z	۰/۰۴m-z	۰/۱۸۴d-v	۰/۶۲۴b-p
۱	۲	۱۰۰a	۵۷ cd	۳۲/۱۰i-z	۱/۸۵ l-z	۰/۰۵e-t	۰/۲۴۷c-h	۰/۷۴۲bcd
۱	۳	۱۰۰a	۶۳/۶۴ bcd	۳۰/۸۷l-z	۲/۰۸ h-x	۰/۰۵d-p	۰/۲۲۱d-q	۰/۵۱۷d-w
۱	۴	۱۰۰a	۷۸/۷۸ a	۵۱/۵۶a	۲/۱۰ g-w	۰/۰۶c-h	۰/۱۹۶d-t	۰/۵۹۹c-q
۱	۵	۱۰۰a	۶۷/۰۷ bcd	۴۰/۳۸b-n	۲/۳۳ d-l	۰/۰۶c-i	۰/۱۸۹d-u	۰/۴۸۹f-x
۱	۶	۱۰۰a	۶۶/۱۷ bcd	۴۶/۵۴abcd	۲/۳۰ d-o	۰/۰۶c-g	۰/۲۱۰d-r	۰/۶۶۷b-j
۱	۷	۱۰۰a	۶۸/۰۵ bc	۳۵/۴۸e-z	۱/۸۵ m-z	۰/۰۵۷d-q	۰/۲۴۰c-m	۰/۴۸۷f-x
۱	۸	۱۰۰a	۷۰/۵۸ ab	۳۹/۷۵b-o	۲/۵۳ b-h	۰/۰۷۷abcd	۰/۲۶۲c-f	۰/۶۶۷b-j
۱	۹	۱۰۰a	۷۰/۵۶ ab	۳۷/۳۴c-v	۲/۸۸ abc	۰/۰۸۹ab	۰/۲۷۴bcd	۰/۹۵۴a
۱	۱۰	۱۰۰a	۶۶/۴۸ bcd	۴۱/۷۹a-k	۲/۲۳ d-s	۰/۰۶۰c-o	۰/۲۴۶c-i	۰/۵۵۳d-v
۱	۱۱	۱۰۰a	۷۲/۹۴ ab	۴۵/۴۶a-e	۱/۹۱ k-z	۰/۰۵۹d-p	۰/۲۱۶d-r	۰/۴۸۲f-x
۱	۱۲	۱۰۰a	۶۲/۶۸ bcd	۴۱/۵۷a-l	۲/۳۷ d-k	۰/۰۶۳c-k	۰/۱۸۹d-u	۰/۶۵۱b-l
۱	۱۳	۱۰۰a	۶۶/۹۷ bcd	۴۱/۴۶a-l	۲/۰۶ i-y	۰/۰۵۷d-q	۰/۲۱۵d-r	۰/۵۵۴d-v
۱	۱۴	۱۰۰a	۵۶/۷۲ d	۲۹/۹۱n-z	۱/۹۱ k-z	۰/۰۵۵e-s	۰/۱۸۹d-u	۰/۵۱۶d-w
۱	۱۵	۱۰۰a	۶۳/۸۷ bcd	۴۲/۷۹a-i	۲/۴۱ d-j	۰/۰۵۰f-v	۰/۲۱۸d-r	۰/۶۵۳b-l
۱	۱۶	۱۰۰a	۶۹/۱۱ ab	۴۷/۳۸abc	۲/۳۳ d-l	۰/۰۶۸c-h	۰/۲۴۴c-j	۰/۷۱۴b-f
۱	۱۷	۱۰۰a	۷۰/۵۹ ab	۳۶/۵۸d-w	۲/۴۸ c-i	۰/۰۶۰c-o	۰/۲۴۴c-j	۰/۵۵۲d-v
۱	۱۸	۹۰b	۶۵/۹۰ bcd	۴۱/۱۶b-l	۲/۱۶ f-u	۰/۰۴۸g-v	۰/۱۹۹d-t	۰/۵۱۸d-w
۱	۱۹	۵۰f	۵۷/۵۸ cd	۲۵/۹۷w-z	۱/۲۱ z	۰/۰۲۲z	۰/۱۴۴g-x	۰/۱۹۵ z
۱	۲۰	۵۰f	۲۶/۱۶ j-v	۳۴/۰۷g-z	۰/۹۷ z	۰/۰۱ z	۰/۸۷۶t-x	۰/۳۵۸r-z
۲	۱	۱۰۰a	۳۵/۱۸ f-l	۴۴/۱۹a-g	۲/۰۸ h-x	۰/۰۸۰abc	۰/۲۷۵bcd	۰/۵۰۲e-w
۲	۲	۱۰۰a	۳۴/۲۱ f-m	۳۶/۱۹d-x	۲/۰۳ i-z	۰/۰۶۴c-k	۰/۱۹۶d-t	۰/۵۱۴d-w
۲	۳	۱۰۰a	۳۷/۷۸ e-i	۳۹/۴۸b-q	۲/۲۰ e-t	۰/۰۵۷d-q	۰/۲۱۹d-r	۰/۵۰۳e-w
۲	۴	۱۰۰a	۳۰/۷۸ e-i	۴۴/۳۹a-f	۱/۸۳ p-z	۰/۰۵۲f-u	۰/۱۶۱d-w	۰/۵۲۳d-w
۲	۵	۱۰۰a	۴۲/۲۱ e-h	۴۰/۷۷b-m	۲/۲۷ d-p	۰/۰۵۳e-t	۰/۲۴۵c-j	۰/۸۳۲ab
۲	۶	۹۰b	۳۵/۹۵ f-k	۳۶/۱۰d-x	۲/۲۶ d-q	۰/۰۵۲e-u	۰/۱۹۱d-u	۰/۶۳۴b-o
۲	۷	۱۰۰a	۴۶/۸۰ e	۳۷/۳۹c-u	۲/۲۲ e-t	۰/۰۴۳k-y	۰/۲۱۰d-r	۰/۶۷۳b-i
۲	۸	۱۰۰a	۳۲/۸۴ g-n	۳۹/۹۹b-o	۱/۸۸ l-z	۰/۰۶۲c-m	۰/۱۸۹d-u	۰/۵۹۵c-r
۲	۹	۱۰۰a	۳۰/۰۰ i-r	۳۶/۰۹d-x	۲/۶۹ bcd	۰/۰۷۱b-f	۰/۲۳۳c-o	۰/۵۷۸c-t
۲	۱۰	۱۰۰a	۲۸/۶۸ i-s	۲۵/۴۴xyz	۱/۷۰ u-z	۰/۰۵۳e-t	۰/۳۶۲ab	۰/۵۴۱d-w
۲	۱۱	۱۰۰a	۳۷/۴۴ e-j	۴۱/۲۸ b-l	۱/۵۲ z	۰/۰۵۵e-s	۰/۲۱۲d-r	۰/۴۷۵g-x
۲	۱۲	۹۰b	۳۳/۴۰ f-n	۴۰/۹۷ b-l	۲/۵۴ d-r	۰/۰۶۸c-h	۰/۲۳۵c-n	۰/۵۵۱d-v
۲	۱۳	۱۰۰a	۳۱/۸۲ h-p	۳۷/۰۳ c-v	۱/۸۶ l-z	۰/۰۳۴s-z	۰/۱۹۷d-t	۰/۵۴۲d-w
۲	۱۴	۱۰۰a	۳۳/۲۳ f-n	۳۸/۴۴ b-t	۱/۷۲u-z	۰/۰۵۷d-q	۰/۲۳۱c-p	۰/۲۲۶y-z
۲	۱۵	۱۰۰a	۲۶/۶۰ i-u	۳۸/۶۲ b-s	۱/۷۸r-z	۰/۶۰c-o	۰/۲۰۹d-r	۰/۴۹۴e-x
۲	۱۶	۱۰۰a	۴۳/۶۰ efg	۴۲/۳۰ a-j	۲/۶۵b-e	۰/۰۶۰c-o	۰/۲۶۲cde	۰/۷۱۲b-g
۲	۱۷	۱۰۰a	۴۴/۰۲ ef	۳۴/۴۷ f-z	۲/۳۲d-m	۰/۰۶۱c-n	۰/۲۳۸c-m	۰/۵۵۳d-v
۲	۱۸	۱۰۰a	۲۹/۸۴ i-s	۴۳/۸۸ a-h	۲/۵۷b-g	۰/۰۶۲c-l	۰/۱۹۶d-t	۰/۶۴۵b-m
۲	۱۹	۶۰e	۳۲/۳۹ h-o	۳۳/۰۵ i-z	۱/۵۹yz	۰/۰۴۵j-x	۰/۱۹۱d-u	۰/۴۱۹l-z
۲	۲۰	۶۰e	۲۰/۶۱ p-z	۲۴/۲۲ z	۱/۳۴ z	۰/۰۱۸ z	۰/۱۰۸q-x	۰/۳۲۰v-z
۳	۱	۱۰۰a	۱۹/۵۳ q-z	۳۱/۹۶ i-z	۱/۸۹l-z	۰/۰۴۶i-w	۰/۱۶۵d-v	۰/۱۹۲ z
۳	۲	۱۰۰a	۲۹/۰۵ i-s	۳۳/۸۹ g-z	۲/۱۳g-v	۰/۰۴۵j-x	۰/۱۶۲d-w	۰/۵۸۵c-s
۳	۳	۱۰۰a	۲۳/۹۵ l-y	۳۵/۹۰ d-y	۲/۵۷b-g	۰/۰۵۵e-s	۰/۱۹۰d-u	۰/۵۶۸c-u
۳	۴	۹۰b	۱۴/۳۷ w-z	۳۹/۸۲ b-o	۱/۶۴w-z	۰/۰۵۹d-p	۰/۱۲۹k-x	۰/۵۱۵d-w
۳	۵	۱۰۰a	۲۵ k-w	۳۶/۹۲ c-v	۲/۲۶d-q	۰/۰۷۳b-e	۰/۱۹۱d-u	۰/۷۰۲b-h
۳	۶	۱۰۰a	۱۸/۳۹ s-z	۳۵/۳۷ e-z	۲/۴d-j	۰/۰۶۸c-h	۰/۲۰۵d-s	۰/۶۶۲b-k
۳	۷	۱۰۰a	۲۰/۹۹ o-z	۲۹/۴۲ o-z	۲/۳۱d-n	۰/۰۴۵j-x	۰/۱۸۰d-v	۰/۴۸۴f-x
۳	۸	۱۰۰a	۱۴/۸۱ v-z	۳۷/۱۳ c-v	۲/۶۳b-f	۰/۰۵۹d-p	۰/۲۰۳d-s	۰/۵۹۹c-q
۳	۹	۱۰۰a	۱۳/۹۹ w-z	۲۹/۱۴ o-z	۳/۱۵a	۰/۰۷۱b-f	۰/۲۲۸c-p	۰/۷۳۲b-e
۳	۱۰	۱۰۰a	۱۴/۱۳ w-z	۳۲/۰۱ i-z	۲/۳۱d-n	۰/۰۵۸d-q	۰/۱۹۸d-t	۰/۵۳۹d-w

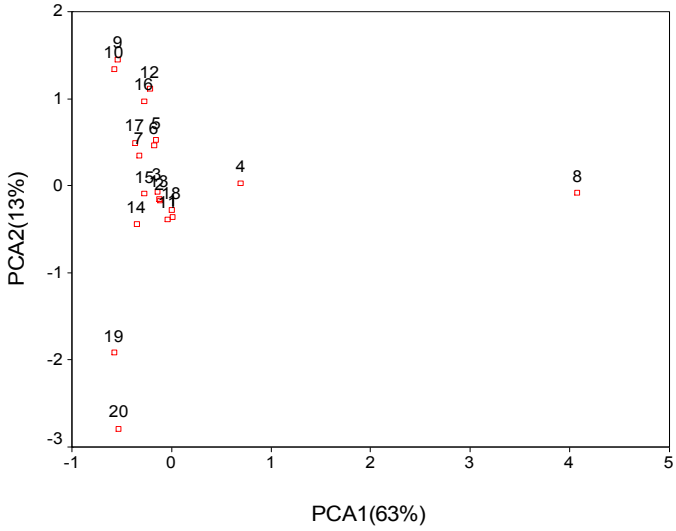
ادامه جدول ۳-

کومارین	ژنوتیپ	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن کل تر	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن تر ساقه‌چه
۳	۱۱	۱۰۰a	۲۴/۳۳ l-x	۳۱/۹۰ j-z	۱/۵۷z	۰/۰۶۶c-i	۰/۲۲۸c-p	۰/۳۰۷w-z
۳	۱۲	۱۰۰a	۲۷/۷۳ i-t	۴۸/۸۵ ab	۳/۱۱a	۰/۰۹۲a	۰/۲۴۹c-h	۰/۶۷۷b-i
۳	۱۳	۱۰۰a	۲۰/۵۰ p-z	۳۳/۰۵ i-z	۱/۷۲u-z	۰/۰۵۵e-r	۰/۱۷۱d-v	۰/۵۵۰d-v
۳	۱۴	۱۰۰a	۲۹/۶ i-s	۳۰/۹۲ k-z	۱/۹۶j-z	۰/۰۵۶d-q	۰/۱۷۵d-v	۰/۵۳۲d-w
۳	۱۵	۱۰۰a	۲۲/۰۱ n-z	۲۸/۲۳ s-z	۲/۶۱b-f	۰/۰۵۵e-r	۰/۱۹۲d-u	۰/۴۷۲h-x
۳	۱۶	۱۰۰a	۱۵/۶۱ u-z	۳۹/۸۴ b-o	۱/۸۲p-z	۰/۰۳۴t-z	۰/۳۳۶abc	۰/۵۱۴d-w
۳	۱۷	۸۰c	۲۴/۴۴ l-x	۳۲/۸۴ i-z	۱/۷۷s-z	۰/۰۳۶r-z	۰/۱۵۳e-x	۰/۳۹۸o-z
۳	۱۸	۹۰b	۱۸/۹۸ r-z	۳۹/۶۶ b-p	۲/۳۲d-m	۰/۰۵۲e-t	۰/۱۱۱q-x	۰/۳۴۷s-z
۳	۱۹	۴۰g	۱۳/۸۵ w-z	۲۳/۴۶ z	۱/۱۱ z	۰/۰۱۹ z	۰/۱۲۸l-x	۰/۱۹۱ z
۳	۲۰	۲۰i	۱۶/۶۰ t-z	۱۵/۸۱ z	۰/۹۵ z	۰/۰۱۰k-y	۰/۷۹۳u-x	۰/۰۷۴ z
۴	۱	۹۰b	۹/۹۲۷ u-z	۲۷/۸۴ s-z	۱/۷۷s-z	۰/۰۴۳e-r	۰/۱۴۴g-x	۰/۴۵۷i-y
۴	۲	۸۰c	۱۱/۲۲ u-z	۳۲/۱۳ i-z	۱/۵۳ z	۰/۰۵۶q-z	۰/۱۹۵d-t	۰/۳۳۸u-z
۴	۳	۸۰c	۹/۱۲ u-z	۲۶/۷۰ u-z	۱/۷۳u-z	۰/۰۳۷h-v	۰/۱۳۱i-x	۰/۴۲۵k-z
۴	۴	۱۰۰a	۱۲/۴۲ u-z	۳۴/۲۶f-z	۱/۸۳o-z	۰/۰۴۷c-i	۰/۳۹۵a	۰/۵۲۵d-w
۴	۵	۱۰۰a	۱۴/۴۹ v-z	۲۹/۱۳o-z	۱/۹۹j-z	۰/۰۶۶g-v	۰/۱۴۸e-x	۰/۶۵۸b-l
۴	۶	۹۰b	۱۳/۸۸ w-z	۳۳/۷۲g-z	۲/۳۱d-n	۰/۰۴۹o-z	۰/۲۴۳c-k	۰/۵۰۹d-w
۴	۷	۹۰b	۲۴/۷۵ k-w	۲۰/۶۱ z	۲/۱۲g-v	۰/۰۴۰l-z	۰/۱۹۱d-u	۰/۴۰۲n-z
۴	۸	۱۰۰a	۱۲/۵۱ yz	۳۱/۰۵k-z	۲/۱۱g-w	۰/۰۴۲d-q	۰/۲۵۱c-g	۰/۴۰۸m-z
۴	۹	۹۰b	۲۳/۶۷ m-y	۳۴/۹۲e-z	۲/۹۴ab	۰/۰۵۷e-s	۰/۱۸۱d-v	۰/۶۳۳b-o
۴	۱۰	۱۰۰a	۱۶/۴۷ t-z	۲۸/۹۰p-z	۲/۳۲d-m	۰/۰۵۴yz	۰/۲۱۶d-r	۰/۷۸۷abc
۴	۱۱	۱۰۰a	۱۰/۴۲ w-z	۲۸/۴۶s-z	۱/۶۰yz	۰/۰۲۴c-k	۰/۱۱۷p-x	۰/۵۰۰e-w
۴	۱۲	۱۰۰a	۱۹/۱۸ r-z	۳۳/۲۰h-z	۱/۹۹j-z	۰/۰۶۳v-z	۰/۱۷۲d-v	۰/۶۷۷b-i
۴	۱۳	۱۰۰a	۱۰/۹۹ w-z	۲۲/۱۹ z	۱/۳۲ z	۰/۰۳۰xyz	۰/۱۳۹g-x	۰/۵۰۴e-w
۴	۱۴	۹۰b	۹/۵۲ w-z	۲۲/۶۴ z	۱/۵۵z	۰/۰۲۶r-z	۰/۱۴۷f-x	۰/۳۰۸w-z
۴	۱۵	۷۰d	۱۱/۶۱ xyz	۲۳/۰۰ z	۱/۶۴w-z	۰/۰۳۵q-z	۰/۱۳۲i-x	۰/۳۴۵t-z
۴	۱۶	۱۰۰a	۱۷/۱۶ t-z	۲۸/۶۳ r-z	۱/۹۰k-z	۰/۰۳۷n-z	۰//۱۵۸e-w	۰/۳۹۹o-z
۴	۱۷	۱۰۰a	۲۳/۰۳ m-z	۳۰/۱۲m-z	۱/۹۲k-z	۰/۰۴۰n-z	۰/۱۹۴d-t	۰/۴۰۱n-z
۴	۱۸	۱۰۰a	۱۲/۸۱ xyz	۳۲/۶۱i-z	۱/۹۵j-z	۰/۰۴۰ z	۰/۱۳۴h-x	۰/۴۳۴j-z
۴	۱۹	۴۰g	۷/۷۲ z	۱۳/۷۶ z	۱/۰۲ z	۰/۰۱۰ z	۰/۴۹۸wx	۰/۱۰۶ z
۴	۲۰	۳۰h	۵/۸۹ z	۸/۴۷ z	۱/۹۹ z	۰/۰۱۰ z	۰/۴۳۱x	۰/۴۹۲ z
۵	۱	۱۰۰a	۱۳/۴۹ w-z	۲۸/۷۴ q-z	۱/۶۸v-z	۰/۰۳۴ s-z	۰/۱۴۲g-x	۰/۳۸۰q-z
۵	۲	۹۰b	۸/۹۱ z	۲۵/۱۳yz	۱/۶۲xyz	۰/۰۳۹ p-z	۰/۱۳۰j-x	۰/۳۹۲p-z
۵	۳	۱۰۰a	۱۰/۷۳ z	۲۷/۱۴u-z	۱/۵۵z	۰/۰۲۷ w-z	۰/۱۲۶m-x	۰/۳۱۶v-z
۵	۴	۹۰b	۵/۷۲۸ z	۲۱/۲۵ z	۱/۳۴ z	۰/۰۲۶ w-z	۰/۱۴۶g-x	۰/۵۰۶d-w
۵	۵	۱۰۰a	۶/۸۲ z	۱۹/۰۰ z	۱/۶۷v-z	۰/۰۳۲ u-z	۰/۱۶۱d-w	۰/۵۶۱c-u
۵	۶	۸۰c	۱۴/۳۰ w-z	۲۱/۰۴ z	۱/۶۸v-z	۰/۰۳۰ v-z	۰/۱۲۵m-x	۰/۴۹۹e-w
۵	۷	۱۰۰a	۱۱/۳۸ z	۲۳/۵۳ z	۱/۵۶z	۰/۰۲۷ w-z	۰/۱۰۵r-x	۰/۳۶۷q-z
۵	۸	۱۰۰a	۷/۲۹ z	۱۷/۷۵ z	۱/۶۲xyz	۰/۰۳۵ r-z	۰/۱۲۱n-x	۰/۳۹۱p-z
۵	۹	۸۰c	۱۱/۳۸ z	۲۶/۴۷v-z	۲/۲۶d-q	۰/۰۶۶ c-i	۰/۱۴۵g-x	۰/۶۲۹v-z
۵	۱۰	۹۰b	۱۵/۰۹ u-z	۲۷/۵۹ t-z	۱/۷۹q-z	۰/۰۶۶ c-i	۰/۱۷۵d-v	۰/۶۳۸w-z
۵	۱۱	۱۰۰a	۷/۰۵ z	۲۴/۴۴z	۱/۴۱z	۰/۰۳۴ t-z	۰/۱۱۹o-x	۰/۳۶۲q-z
۵	۱۲	۱۰۰a	۱۵/۰۶ u-z	۳۴/۲۴f-z	۲/۶۱b-f	۰/۰۶۵ c-j	۰/۲۴۳c-l	۰/۶۶۳b-k
۵	۱۳	۱۰۰a	۱۰/۸۵ z	۲۷/۴۱ u-z	۱/۵۸yz	۰/۰۴۴ k-y	۰/۱۴۳g-x	۰/۳۷۳q-z
۵	۱۴	۸۰c	۱۵/۳۴ u-z	۱۹/۴۷	۱/۴۱z	۰/۰۲۰ z	۰/۷۴۲vwx	۰/۲۲۴z
۵	۱۵	۸۰c	۱۱/۳۰ z	۲۴/۸۴ z	۱/۸۴n-z	۰/۰۴۱ m-z	۰/۱۴۳g-x	۰/۴۳۸i-z
۵	۱۶	۱۰۰a	۱۲/۳۰ yz	۲۷/۰۸ u-z	۱/۸۸l-z	۰/۰۳۵r-z	۰/۱۲۶m-x	۰/۴۰۳n-z
۵	۱۷	۱۰۰a	۱۳/۶۷ w-z	۲۵/۱۸y-z	۱/۷۸s-z	۰/۰۴۲l-z	۰/۱۵۵e-x	۰/۴۵۸i-y
۵	۱۸	۱۰۰a	۱۱/۳۵ z	۲۸/۶۱r-z	۱/۶۸v-z	۰/۰۴۱m-z	۰/۱۳۲i-x	۰/۴۲۲l-z
۵	۱۹	۸۰c	۹/۳۴ z	۱۹/۹۱z	۱/۳۱z	۰/۰۲۱ z	۰/۰۹۳s-x	۰/۲۶۴xyz
۵	۲۰	۸۰c	۶/۹۵ z	۸/۸۹z	۱/۱۲z	۰/۰۱۰ z	۰/۰۷۴vwx	۰/۱۲۰ z

تیمار دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۴- کاربرد کومارین بر روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم در جهت کاهش طول و افزایش قطر ریشه‌چه (تصویر سمت راست)، C5 و C1، به ترتیب نشان‌دهنده کومارین با غلظت ۴۵ میلی‌گرم در لیتر و صفر یا شاهد، می‌باشند.



شکل ۵- نمایش پلات دو بعدی بر اساس دو مؤلفه اصلی اول بر روی ۲۰ ژنوتیپ گندم دوروم

جدول۴- نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ۸ صفت مورد بررسی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم بومی تحت شرایط تنش شیمیایی کومارین

	PCA 2	PCA 1
مقدار ویژه	۱/۰۴۲	۵/۰۶۵
درصد واریانس	۱۳/۰۲۵	۶۳/۳۱۴
درصد واریانس تجمعی	۷۶/۳۳۹	۶۳/۳۱۴
بردار ویژه		
درصد جوانه‌زنی	۰/۸۳۳	۰/۳۷۷
طول ریشه‌چه	۰/۹۱۸	۰/۲۸۵
طول ساقه‌چه	۰/۰۴۳۷	۰/۰۴۷۵
وزن کل تر	۰/۵۰۷	۰/۷۲۸
وزن تر ریشه‌چه	۰/۴۶۵	۰/۷۳۵
وزن تر ساقه‌چه	۰/۵۱۷	۰/۷۴۴
وزن خشک ریشه‌چه	۰/۳۲۳	۰/۷۸۹
وزن خشک ساقه‌چه	۰/۱۲	۰/۹۴۳

با توجه به نظریه Fernandez (1992) شاخص‌های مناسب برای تعیین مقاومت یا تحمل به تنش شاخصی است که بتواند گروهی از ژنوتیپ‌ها را از گروه دیگر تشخیص بدهد. مؤلفه اول با بیشترین مقدار توجیه‌کننده وزن کل تر، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه بود. در حالی که مؤلفه دوم توجیه‌کننده طول ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی و مؤلفه سوم توجیه‌کننده طول ساقه‌چه بود (جدول۳). این موضوع به ما کمک می‌کند که با اندازه‌گیری صفات توجیه شده به وسیله مؤلفه اول بتوانیم دسته‌بندی مربوط به ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش کومارینی را انجام دهیم و از این طریق برای گزینش در چنین شرایطی راه‌گشا باشد.

نتیجه تحقیق نشان داد که شاخص‌های وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به طول بخصوص در ساقه‌چه و همچنین درصد جوانه‌زنی به عنوان مناسبترین شاخص عکس‌العمل ژنوتیپ‌های گندم دوروم تحت تأثیر کومارین می‌باشند و بهترین ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص های فوق ژنوتیپ‌های بدین شرح بود:

بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر کل شماره‌های ۹ و ۱۲ بودند و از نظر وزن خشک ریشه‌چه ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۱۶ بهترین بودند. بهترین ژنوتیپ‌ها برای وزن خشک ساقه‌چه شماره‌های ۹، ۱۰ و ۱۲ بودند. بطور کلی مقایسه میان ژنوتیپ‌ها بیان داشت که کومارین کمترین سمیت را در ژنوتیپ‌های بومی دارد.

از آنجایی که در این تحقیق در شرایط تنش شیمیایی کومارین، ژنوتیپ‌های بومی سازگاری بهتری در چنین شرایطی از خود نشان دادند، نشان‌دهنده وجود مقاومت ژنوتیپی گندم‌های دوروم مورد بررسی می‌باشد که این موضوع خود می‌تواند پایه‌ای جهت امور گزینشی و اصلاحی باشد.

علف‌کش‌های مبتنی بر تولیدات حاصل از گیاهان به لحاظ طبیعی بودن آنها، علاقمندان زیادی پیدا کرده است. در ترکیباتی که به عنوان علف‌کش استفاده می‌شوند بیشتر دارای استرهای متفاوتی از بنزوکوینون، کومارین، فلاونوئید، ترپنویید، استریگولاکتون می‌باشد (Karimi et al., 2009; Moreland & Novitzky, 1987). کومارین‌ها و فلاونوئیدها با ساختارهای متفاوت در گیاهان وجود دارند و دارای فعالیت‌های آللوپاتیکی هستند و به عنوان عامل بازدارنده جوانه‌زنی مشهور هستند (Sneath & Sokal, 1973; Zobel & Brown, 1995). با وجود اینکه در خانواده گرامینه اثرات آللوپاتیکی بر روی گیاهان گزارش شده است (Einhelling, 1986; Zobel et al., 1999) و طیف وسیعی از خانواده چتریان که حاوی ترکیبات کومارینی هستند که برخی از آنها بومی ایران می‌باشند (Kats-Dowine et al., 1999; Keyes et al., 2001). استفاده از نتایج این تحقیق می‌تواند پایه‌ای جهت استفاده در مطالعات مربوط به مبارزه با علف‌های هرز و همچنین مدیریت در جلوگیری از جوانه‌زنی ناخواسته بذر گندم دوروم در شرایط مطلوب بر روی خوشه به وسیله استفاده از ترکیبات کومارینی ناشی از خانواده چتریان که به صورت خودرو در ایران می رویند و مقایسه آن با انواع مصنوعی کومارین به عنوان تحقیق در آینده با بهینه کردن سطوح بازدارنده و با توجه به در نظر گرفتن تأثیرات آن بر روی خود گونه زراعی قابل پیشنهاد باشد.

REFERENCES

1. Abenavoli, M. R., Cacco, G. Sorgona, A., Marabottini, R., Paolacci, A. R., Ciaffi, M. & Badiani, M. (2006). The inhibitory effects of coumarin on the germination of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum, CV. Simeto) seeds, *Journal of Chemical Ecology*, 32(2), 489-506.
2. Abenavoli, M. R., Desantis, C., Sidari, M., Sorgona, A., Badiani, M. & Cacco, G. (2001). Influence of coumarin on the net nitrate uptake in durum wheat. *New Phytol*, 150, 619–627.
3. Abenavoli, M. R., Sorgona, A., Albano, S. & Cacco, G. (2004). Coumarin differentially affects the morphology of different root types of maize seedlings, *J Chem Ecol*, 30, 1871–1883.
4. Aliotta, G., Cafiero, G., Fiorentino, A. & Strumia, S. (1993). Inhibition of radish germination and root growth by coumarin and phenyl propanoids. *J Chem Ecol*, 19, 175–183.
5. Ashraf, C. M. & Abu-Shakra, S. (1978). Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. *Agronomy Journal*, 70, 135-139.
6. Bais, H. P., Park, S.W., Weir, T. L., Callaway, R. M. & Vivanco, J. M. (2004). How plants communicate using underground information superhighway. *Trends Plant Sci*, 9, 26–32.
7. Baziramakenga, R., Leroux, G. D. & Simard, R. R. (1995). Effects of benzoic and cinnamic acids on membrane permeability of soybean roots. *J Chem Ecol*, 21, 1271-1285.
8. Berhow, M. A. & Vaughn, S. F. (1999). Principle and practices in plant ecology: Allelochemical Interactions. Pp. 423-438.
9. Bertin, C., Yang, X. & Weston, L. (2003). The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant Soil*, 256, 67-83.
10. Blum, U. & Gerig, T. M. (2006). Interrelationships between *p*-coumaric acid, evapotranspiration, soil water content, and leaf expansion. *J Chem Ecol*, 32, 1817–1834.
11. Bouwmeester, H. J., Matusova, R., Zhongkui, S. & Beale, M. H. (2003). Secondary metabolite signalling in host–parasitic plant interactions. *Current Opinion in Plant Biology*, 6, 358–364.

12. Bove, J., Jullien, M. & Grappin, P. (2001). Functional genomics in the study of seed germination. *Genome Biol*, 3, 1-5.
13. Einhellig, F. A. (1986). Mechanisms and modes of action of allochemicals. In: A. Putnam and C.S. Tang (eds). *The science of allelopathy*.171-188 Wiley-Interscience, New York.
14. Érica, M. P., Abrahim, D., Cristina, P., Da Silva, S., Aparecida Kern, K., Da Silva, L. J., Voll, E. & Emy L. I. (2008). *Bidens pilosa* L. exhibits high sensitivity to coumarin in comparison with three other weed species. *J Chem Ecol*, 34, 499–507.
15. Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C. G. Kuo (eds.) *Adaptation of food crops to temperature and water-stress*, Avrdc, Shanhau, Taiwan.pp, 259-270.
16. Gallardo, M., Bueno, M., Angosto, T., Gallardo. E. & Mattila, A.G. (1992). Free polyamines in *Cicer arietienum,* seeds during the onset of germination. *Phytochem*, 31, 2283-2287.
17. Glass, A. D. M. & Dunlop, J. (1974). Influence of phenolic acids onion uptake. IV. Depolarization of membrane potentials. *Plant Physiol*, 54, 855-858.
18. James R. Vyvan. (2002). Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals, *Tetrahedron,* 58, 1631-1646.
19. Karimi, M., Ebrahimi, A., Sahraroo, A., Moosavi, S.A., Moosavi, F. & Bihamta, M.R. (2009). Callus formation and shoot organogenesis in Moshgak (*Ducrosia flabellifolia Boiss*.) from cotyledon, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(2), 441-445.
20. Katz-Dowine, D. S., Valiejo-Roman, C., Terentieva, E. I., Troitsky, A. V., Pimenov, M .G., Lee, F. & Dowine, S.R. (1999). Towards a molecular phylogeny of *Apiaceae* subfamily *Apioideae*: additional information from nuclear ribosomal DNA ITS sequences. *Plant Syst Evol*, 216, 167-195.
21. Keyes, W. J., Taylor, J. V., Apkarian, R. P. & Lynn, D. G. (2001). Dancing together. Social controls in parasitic plant development. *Plant Physiol*, 127, 1508-1512.
22. Knypl, J. S. (1964). Coumarin-induced respiration of sunflower. *Physiol Plantarum*, 17, 771–778.
23. Moreland, E. D. & Novitzky, W. P. (1987). Effects of acids, coumarins and flavonoids on isolated chloroplast and mitochondria, pp. 247–261. In: G. R. Waller (ed.). *Allelochemicals: Role in Agriculture and Forestry*. American Chemical Society, Washington, DC.
24. Moritz, C. & Faith, D. P. (1998). Comparative phylogeography and the identification of genetically divergent areas for conservation. *Molecular Ecology*, 7, 419-429.
25. Murray, R. D. H., Mendez, J. & Brown, S. A. (1982). *The natural coumarins: occurrence, chemistry and biochemistry*. Wiley, Chichester, U.K.
26. Reeves, T. G., Rajaram, S., Ginkel, M. V., Trethowan, R., Braun, H. J. & Cassaday, K. (1999). *New Wheat for a secure, sustainable Future*. Mexico D.F., CIMMYT.
27. Rice, E. L. (1984). *Allelopathy*. (2nd ed.). Academic press, Inc. Orlando. 318 pp.
28. Sang-Uk, C., Seong-Kyu, C., Sunyo, J., Hong-Gi, J., Byoung-Sik, P. & Sun-Min, K. (2002). Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass. *Crop Protection*, 21, 1077–1082.
29. Serghini, K., Perez de Luque, A, Castejon-Munoz, M., Garcia-Torres, L., Jorrin, J. V. & de Luque, A.P. (2001). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to broomrape (*Orobanche cernua* Loefl.) parasitism: induced synthesis and excretion of 7-hydroxylated simple coumarins. *J Exp Bot*, 52, 2227-2234.
30. Shimomura, H., Sashida, Y., Nakata, H., Kawasaki, J. & Itoth, Y. (1982). Plant growth regulators from *Heracleum Lanatum*. *Photochemistry*, 21, 2213-2215.
31. Sneath, P. H. A. & Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification*. Freeman, San Francisco, CA.
32. Zobel, A. M. & Brown, S. A. (1995). Coumarins in the interactions between the plant and its environment. *Allelopathy J*, 2, 9-20.
33. Zobel, A. M. (1999). *Principle and practices in plant ecology. Allelochemical Interactions*. Pp. 439-449.
34. Zobel, A. M., Wang, J., March, R. E. & Brown, S. A. (1991). Identification of eight coumarins occurring with psoralen, xanthoxin, and bergapten on leaf surfaces. *J Chem Ecol*, 17, 1859-1870.