

کاربرد تجزیه بای پلات در بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیک و تحمل به خشکی هفت گونه از جنس براسیکا

یوسف شرفی، محمد مهدی مجیدی*، مرضیه میرخانی و محبوبه رهنما

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۰۲)

چکیده:

برای بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیک و تحمل به خشکی گیاهچه‌ای در ۷ گونه‌ی جنس براسیکا (*Brassica*) تعداد ۳۶ نمونه در دو آزمایش جداگانه مزرعه‌ای (بررسی تنوع ژنتیکی) و آزمایشگاهی (بررسی تحمل به خشکی گیاهچه‌ای) در سال ۱۳۹۰ در دانشگاه صنعتی اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. طرح آماری مورد استفاده در مزرعه بلوک‌های کامل تصادفی (۳۶ نمونه به عنوان تیمار) با ۴ تکرار بود. نتایج تجزیه واریانس آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که بین نمونه‌های مورد مطالعه از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین مقایسه میانگین نشان داد که گونه *B. carinata* دارای بیشترین عملکرد دانه بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی در مجموع ۵۷ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود و توانست تا حدودی گونه‌ها را از همدیگر جدا کند. در آزمایش دوم نمونه‌ها از نظر تحمل به تنش خشکی از طریق شاخص‌های مرحله‌ی جوانه‌زنی در آزمایشگاه به صورت طرح فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای تنش خشکی القا شده توسط پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰۰) شامل شاهد (آب مقطر)، پتانسیل ۳- و ۶- بار بودند که از طریق یک مطالعه‌ی مقدماتی تعیین شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد تأثیر سطوح خشکی، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها برای صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. صفت طول ریشه‌چه نسبت به سایر صفات حساسیت بیشتری به کاهش پتانسیل آب داشت و با کاهش پتانسیل آب محیط، طول ریشه‌چه‌ها افزایش نشان دادند. نتایج حاصل از شاخص‌های درصد کاهش و شاخص تحمل نیز بیان‌کننده‌ی تحمل به خشکی بالای گونه وحشی *B. nigra* و پس از آن گونه‌های *oleracea* *B.* و *B. juncea* نسبت به دیگر گونه‌ها از جمله گونه‌ی کلزای زراعی (*B. napus*) بود. تجزیه بای پلات براساس مولفه‌های اصلی نشان داد که گونه *B. fruticulosa* و *B. napus* (گونه‌ی زراعی) حساسترین و گونه وحشی *B. nigra* متحمل‌ترین به تنش خشکی بودند که می‌توان از این گونه‌ها در برنامه‌های اصلاحی آتی از جمله بررسی امکان انتقال ژن‌های تحمل به خشکی به گونه‌ی زراعی استفاده کرد.

کلمات کلیدی: بای پلات، تنوع، کلزا، خشکی، گونه وحشی.

مقدمه:

یکی از ارزش‌ترین گیاهان زراعی به شمار می‌روند

(وایز، ۱۳۷۲). افزایش تقاضا برای روغن نباتی در

بازارهای جهانی و روند رو به افزایش مصرف سرانه آن

دانه‌های روغنی از نظر تأمین انرژی مورد نیاز انسان و دام در بین محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند و

* نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: majidi@cc.iut.ac.ir

تمام مراحل نمو، عملکرد کلزا را کاهش می‌دهد (Sinaki et al., 2007). یکی از حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه کلزا، زمان جوانه زنی و سبز شدن است، زیرا در این مرحله، جوانه زدن بذر در معرض شرایط نامساعد محیطی قرار می‌گیرد و استقرار بوته در مزرعه دچار مشکل می‌شود (Albuquerque and Carvalho, 2003). رشد کم و ضعیف بودن گیاهچه می‌تواند در نهایت به کاهش عملکرد در گیاه منجر گردد (Whan et al., 1991). به دلیل غیر یکنواختی محیط خاک و عدم امکان کنترل عوامل محیطی در مزرعه، تحقیقات آزمایشگاهی اهمیت ویژه‌ای برای ارزیابی تحمل گیاهان به تنش خشکی به خصوص در مرحله جوانه‌زنی دارد (El-Sharkawi and Springuel, 1977). برای ایجاد محیط‌های مصنوعی کنترل پتانسیل آب، معمولاً از موادی با جرم مولکولی زیاد استفاده می‌شود. از جمله این مواد پلی اتیلن گلاکول است که به دلیل ایجاد محلول اسمزی با شرایط مشابه طبیعی، اغلب برای کنترل پتانسیل آب در مطالعه جوانه‌زنی برای ارزیابی تحمل خشکی در محیط کنترل شده استفاده می‌شود (Corchete and Gurrá, 1986). این ارزیابی‌ها امکان شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در مراحل اولیه رشد را فراهم می‌آورد. با این حال رابطه بین تحمل به تنش در مرحله گیاهچه و مرحله بلوغ الزاماً یک ارتباط مستقیم نیست به طوری که برخی از گیاهان ممکن است در مراحل اولیه رشد متحمل اما در مراحل بلوغ حساس باشند. آزمایش‌های بسیاری برای ارزیابی تحمل خشکی در مرحله جوانه‌زنی بر روی گیاهان دیگر مانند سویا (Bousslama and Schapaugh, 1984)، آفتابگردان (Somers et al., 1983)، ذرت (Parmar and Moore, 1968)، سورگوم (Simith et al., 1989)، جو (ویسی مال امیری و همکاران، ۱۳۸۹)، گندم نان (Farshadfar and Mohammadi, 2006) و کلزای زراعی (مجیدی، ۱۳۹۱) صورت گرفته است.

در کشور ما کلزا سطح زیر کشت قابل توجهی را به خود اختصاص داده است (مجیدی، ۱۳۹۱). با این وجود

موجب اهمیت و لزوم توسعه کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های علمی تحقیقاتی در مورد این محصولات شده است (مجیدی، ۱۳۹۱). در این میان، گونه‌های روغنی جنس براسیکا سومین منبع مهم روغن گیاهی (بعد از سویا و نخل روغنی) در دنیا می‌باشند که دارای صفات مثبت زراعی از قبیل تحمل به سرما، کم آبی و شوری، عدم حساسیت نسبی به نوع بافت خاک، قابلیت رقابت با علف‌های هرز و وجود تیپ‌های بهاره و زمستانه هستند (Ashraf et al., 2001). کلزا با نام علمی *Brassica napus* یکی از مهم‌ترین گونه‌های زراعی جنس براسیکا است که در حدود ۱۲ درصد از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی را به خود اختصاص داده است (FAO, 2007). موفقیت کلزا به عنوان یک گیاه دانه روغنی عمدتاً در ارتباط با درصد روغن و عملکرد دانه می‌باشد با این حال تنوع ژنتیکی در ارقام زراعی کم است. بیشترین تنوع ژنتیکی یک گونه‌ی گیاهی را می‌توان در نژاد های بومی و همین‌طور در گونه‌های وحشی و خویشاوند آن مشاهده کرد (Clegg, 1997). خویشاوندان و گونه‌های وحشی دارای صفات زراعی مطلوب و مفید از قبیل نر عقیمی سیتوپلاسمی و هسته‌ای، تحمل به بیماری‌ها و حشرات و نماتدها و تحمل به تنش‌های سرما، شوری و خشکی می‌باشند که می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی مفید واقع شوند (Seiler, 2006; Sujatha and Prabakaran, 2006).

تنش‌های غیرزنده از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشند که مقابله و یا کاهش اثر آنها به عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد گیاهان همواره مدنظر بوده است. در میان تنش‌های غیر زنده، کمبود آب و تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین محدودیت تولید محصول گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان شناخته شده است (Longenberger et al., 2006; Blum, 2010). بنابراین ایجاد ارقام متحمل به خشکی، یکی از اهداف مهم برنامه‌های اصلاح نباتات به شمار می‌رود. کمبود آب تقریباً در

طور تصادفی انتخاب (در مجموع ۱۴ نمونه) و تحت ۵ سطح تنش خشکی ایجاد شده توسط پلی اتیلن گلیکول (PEG) ۶۰۰۰ شامل پتانسیل صفر (شاهد)، ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار قرار گرفتند. بر اساس نتیجه آزمایش مقدماتی، ۳ سطح تنش خشکی برای انجام آزمایش اصلی انتخاب شد. در آزمایش اصلی ۳۶ نمونه از ۷ گونه‌ی جنس براسیکا با سه تیمار خشکی شامل صفر (شاهد)، ۳- و ۶- بار به صورت یک آزمایش فاکتوریل با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی ارزیابی شدند. ابتدا تعداد ۱۰۰ عدد بذر از هر نمونه با قارچ کش تیرام ضدعفونی شد و سپس به پتری دیش استریل که توسط دو لایه کاغذ صافی کف پوش شده بودند، انتقال داده شد. برای ایجاد پتانسیل مورد نظر از محلول پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰۰) (Kaufman و Eckard (۱۹۷۱) استفاده گردید (رابطه ۱).

رابطه ۱

$$\psi_s = - (1.18 \times 10^{-2}) C - (1.8 \times 10^{-4}) C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) CT + (8.39 \times 10^{-7}) C^2 T$$

در رابطه فوق، C میزان PEG لازم بر حسب کیلوگرم در لیتر آب، T دمای محیط (۲۵ درجه سانتی گراد) ψ_s فشار اسمزی مورد نظر بر حسب مگاپاسکال می‌باشد. به هر پتری دیش ۵ میلی لیتر محلول اضافه شد و درون ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. از روز دوم آزمایش تا روز هشتم (روز ثابت ماندن درصد جوانه‌زنی) هر روز تعداد بذر جوانه‌زده ثبت و در روز آخر به طور تصادفی از هر پتری دیش ۱۰ گیاهچه انتخاب و طول ریشه‌چه (سانتیمتر)، طول ساقه‌چه (سانتیمتر) و طول گیاهچه (سانتیمتر) و همچنین وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم)، ریشه‌چه (میلی گرم) و گیاهچه (میلی گرم) آنها اندازه‌گیری شد. سپس صفات سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی از روابط ۲ و ۳ محاسبه گردید.

رابطه ۲ $100 \times (K/N) =$ درصد جوانه زنی

رابطه ۳ $100 \times (Ni/Di) =$ سرعت جوانه زنی

در روابط فوق، N تعداد بذر جوانه زده در آخرین

تنوع ژنتیکی و خصوصیات خویشاوندان وحشی کلزا به منظور استفاده آنها در بهبود ویژگی‌های کلزای زراعی بررسی نشده است. از طرفی بیشتر اراضی قابل کشت دنیا و از جمله ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد. از این رو شناسایی نمونه‌ها و گونه‌های برتر از نظر تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی از اهمیت بسزایی برخوردار است. بر این اساس این پژوهش به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی در مزرعه و واکنش نمونه‌های گونه‌های جنس براسیکا به تنش خشکی در آزمایشگاه با هدف شناسایی نمونه‌های متحمل با بهره‌گیری از روش‌های آماری چند متغیره انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. در این آزمایش از ۳۶ نمونه که شامل ۷ گونه‌ی *B. juncea*، *B. rapa*، *Brassica napus*، *B. fruticulosa* و *B. nigra*، *B. oleracea*، *B. carinata* دریافت شده از بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و ژرم پلاس دانه‌های روغنی مرکز USD آمریکا و IPK آلمان بود، استفاده شد (جدول ۱). ارزیابی مزرعه‌ای: برای ارزیابی تنوع ژنتیکی نمونه‌ها در مزرعه، ۳۶ ژنوتیپ (تیمارها) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار در مهر ماه ۱۳۸۹ در مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان کشت شدند. عملیات زراعی از جمله آبیاری و کنترل علف‌های هرز مطابق عرف منطقه انجام گردید. مجموعه‌ای از صفات شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در شاخه اصلی، تعداد خورجین در کل بوته، طول خورجین (cm)، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه (g)، عملکرد دانه (g) و شاخص برداشت (%) اندازه‌گیری شدند.

ارزیابی آزمایشگاهی: به منظور تعیین سطوح مناسب تنش خشکی قبل از انجام آزمایش اصلی، یک آزمایش مقدماتی انجام گردید. به طوری‌که از هر گونه ۲ نمونه به

جدول ۱ - مشخصات ۳۶ نمونه از ۷ گونه و زیر گونه جنس *Brassica* مورد مطالعه

| ردیف | کد اصلی | منشا | کد اولیه | گونه و زیر گونه |
|------|----------|---------------|-----------|---|
| ۱ | B.N-1 | Russia | Modena | <i>Brassica napus</i> |
| ۲ | B.N-2 | Hungary | Likord | <i>Brassica napus</i> |
| ۳ | B.N-3 | Hungary | RGS | <i>Brassica napus</i> |
| ۴ | B.N-4 | France | S.L.M 046 | <i>Brassica napus</i> |
| ۵ | B.N-5 | Hungary | Hayola | <i>Brassica napus</i> |
| ۶ | B.N-6 | Germany | Opera | <i>Brassica napus</i> |
| ۷ | B.N-7 | France | Okapi | <i>Brassica napus</i> |
| ۸ | B.N-8 | France | Ella | <i>Brassica napus</i> |
| ۹ | B.N-9 | Russia | Lilian | <i>Brassica napus</i> |
| ۱۰ | B.R.D-10 | Great Britain | CR3421 | <i>Brassica rapa</i> subsp. <i>Dichotoma</i> |
| ۱۱ | B.J.J-11 | Soviet Union | CR2692 | <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. Subsp. <i>Juncea</i> |
| ۱۲ | B.J.J-12 | - | CR2676 | <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. Subsp. <i>Juncea</i> |
| ۱۳ | B.J.J-13 | Romania | CR2630 | <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. Subsp. <i>Juncea</i> |
| ۱۴ | B.J-15 | Italy | CR2496 | <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. |
| ۱۵ | B.J-16 | Korea | CR2476 | <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. |
| ۱۶ | B.J-I-17 | - | CR3470 | <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. Subsp. <i>Integrifolia</i> |
| ۱۷ | B.C.B-18 | Ethiopia | BRA927 | <i>Brassica carinata</i> A. Braun |
| ۱۸ | B.C.B-19 | Ethiopia | BRA1196 | <i>Brassica carinata</i> A. Braun |
| ۱۹ | B.C.B-22 | Ethiopia | BRA1178 | <i>Brassica carinata</i> A. Braun |
| ۲۰ | B.N-27 | Greece | CR2108 | <i>Brassica nigra</i> (L.) W.D.J.Koch |
| ۲۱ | B.N.N-28 | - | CR2724 | <i>Brassica nigra</i> (L.) W.D.J.Koch subsp. <i>nigra</i> var. <i>nigra</i> |
| ۲۲ | B.N.N-29 | Italy | CR2717 | <i>Brassica nigra</i> (L.) W.D.J.Koch subsp. <i>nigra</i> var. <i>nigra</i> |
| ۲۳ | B.R.R-30 | Sweden | BRA2249 | <i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>rapa</i> |
| ۲۴ | B.R.O-31 | Germany | CR2929 | <i>Brassica rapa</i> L. em. Metzg. Subsp. <i>oleifera</i> . |
| ۲۵ | B.R.C-32 | China | BRA77 | <i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>chinensis</i> (L.) Hanelt var. <i>rosularis</i> |
| ۲۶ | B.F.F-34 | Spain | BRA1810 | <i>Brassica fruticulosa</i> cirillo subsp. <i>fruticulosa</i> |
| ۲۷ | B.R.C-35 | China | BRA117 | <i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>chinensis</i> (L.) Hanelt var. <i>communis</i> |
| ۲۸ | B.J.J-36 | Belgium | CR2695 | <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. Subsp. <i>juncea</i> |
| ۲۹ | B.O.V-41 | Hungary | - | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>viridis</i> |
| ۳۰ | B.O.G-44 | Iran | - | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>gongylodes</i> |
| ۳۱ | B.O.A-45 | Thailand | - | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>albobolabra</i> |
| ۳۲ | B.O.C-47 | Turkey | - | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> |
| ۳۳ | B.O.C-52 | Iran | - | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> |
| ۳۴ | B.O.B-58 | India | - | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> |
| ۳۵ | B.R.P-61 | China | - | <i>Brassica rapa</i> subsp. <i>pekinensis</i> |
| ۳۶ | B.R.P-64 | China | - | <i>Brassica rapa</i> subsp. <i>pekinensis</i> |

اجزای عملکرد اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۲). این تفاوت معنی دار برای صفات مورد مطالعه بیانگر وجود تنوع ژنتیکی زیاد بین ژرم پلاسماها براسیکا می باشد که می تواند جهت انتخاب موثر برای بهبود عملکرد مفید باشد.

مقایسه میانگین ها نشان داد که گونه *B. carinata* با میانگین ۱۶/۸۱ بیشترین و گونه *B. rapa* با میانگین ۸/۵۹ کمترین تعداد شاخه فرعی را داشتند. همچنین گونه های *B. carinata* و *B. rapa* به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد خورجین در بوته بودند (جدول ۳). از نظر صفت عملکرد دانه، گونه *B. carinata* دارای بیشترین و گونه *B. nigra* دارای کمترین عملکرد دانه بود. نمونه های گونه *B. carinata* و *B. fruticulosa* از نظر صفت وزن هزاردانه به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بودند. مقایسه میانگین گونه ها از نظر صفت تعداد خورجین در شاخه اصلی نشان داد که گونه *B. fruticulosa* با میانگین ۲۵ خورجین و گونه *B. carinata* با میانگین ۱۵/۲۳ خورجین به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد خورجین در شاخه اصلی را داشتند. از نظر صفت تعداد دانه درخورجین گونه های *B. fruticulosa* و *B. nigra* به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را نشان دادند. همچنین مقایسه میانگین از لحاظ صفت شاخص برداشت نشان داد که گونه *B. rapa* با میانگین ۴۳/۱۷ بیشترین و گونه *B. fruticulosa* با میانگین ۷/۰۸ کمترین مقدار شاخص برداشت را داشتند. مقایسات میانگین برای صفت طول خورجین نیز نشان داد که گونه های *B. napus* و *B. nigra* به ترتیب با میانگین های ۵/۵ و ۱/۲۷ سانتی متر دارای بیشترین و کمترین طول خورجین بودند (جدول ۳).

نتایج تجزیه به مولفه های اصلی نشان داد که سه مولفه در مجموع ۵۷ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند، که در این میان سهم مولفه ی اول ۲۴/۹۵ درصد، سهم مولفه ی دوم ۱۸/۰۷ درصد و سهم مولفه ی سوم ۱۴/۰۲ درصد

شمارش، K تعداد کل بذور کشت شده در هر پتری، Ni تعداد بذر جوانه زده در روز i ام و Di تعداد روز از شروع آزمایش تا روز شمارش بذر جوانه زده می باشند. همچنین شاخص کاهش درصد جوانه زنی برای هر ژنوتیپ از رابطه ۴ محاسبه گردید.

رابطه ۴

$$[(Yp - Ys) / Yp] \times 100 = \text{کاهش درصد جوانه زنی}$$

در رابطه ۴، Yp درصد جوانه زنی در شرایط بدون تنش و Ys درصد جوانه زنی در شرایط تنش می باشد. در این پژوهش شاخص تحمل (Tolerance) پیشنهادی توسط Rosielle و Hamblin (۱۹۸۱) برای صفت درصد جوانه زنی و وزن خشک گیاهچه به صورت زیر محاسبه شد:

$$TOL = (Yp - Ys) \quad \text{رابطه ۵}$$

همچنین شاخص تحمل به تنش (Stress tolerance Index) پیشنهادی فرناندز (۱۹۹۲) مطابق فرمول زیر اندازه گیری شد.

$$STI = (Yp \times Ys) / (Ymp)^2 \quad \text{رابطه ۶}$$

که در رابطه ۶ Ymp میانگین صفت برای کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش، Yp میزان صفت برای ژنوتیپ مورد نظر در شرایط بدون تنش و Ys میزان صفت در شرایط تنش می باشد. مقدار بالاتر شاخص STI برای یک ژنوتیپ نمایانگر تحمل به تنش بالاتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ است. در نهایت شاخص نسبت طول ساقه چه به ریشه چه و نسبت وزن ساقه چه به ریشه چه اندازه گیری شدند. تجزیه و تحلیل های آماری به کمک نرم افزارهای SAS و SPSS، و داده پردازی و ترسیم نمودارها و جداول به کمک نرم افزار Excel انجام گرفت. برای ترسیم بای پلات از نرم افزار Stat Graphics و برای ترسیم پراکنش ژنوتیپ ها از نرم افزار Sigma Plot استفاده شد.

نتایج و بحث:

ارزیابی مزرعه ای: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین نمونه های ژرم پلاسما براسیکا از نظر صفات عملکرد و

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده صفات عملکرد و اجزای عملکرد در ۳۶ نمونه جنس براسیکا

| میانگین مربعات | | | | | | | | | |
|------------------|------------|---------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | تعداد شاخه فرعی | تعداد خورجین در شاخه اصلی | تعداد خورجین در بوته | طول خورجین | عملکرد دانه در بوته | شاخص برداشت | وزن هزاردانه | تعداد دانه در خورجین |
| تکرار | ۳ | ۴/۹۲ ^{n.s} | ۸۴/۲۶ ^{n.s} | ۴۷/۶۱ ^{n.s} | ۰/۲۲ ^{n.s} | ۰/۰۲ ^{n.s} | ۰/۰۱ ^{n.s} | ۰/۰۲ ^{n.s} | ۰/۰۲ ^{**} |
| ژنوتیپ | ۳۵ | ۲۹/۱۹ ^{**} | ۱۱۷/۱۴ ^{**} | ۱۲۳/۱۲ ^{**} | ۶/۷۲ ^{**} | ۰/۱۵ ^{**} | ۰/۰۵ [*] | ۴/۰۲ ^{**} | ۰/۰۱ ^{**} |
| خطای آزمایشی | ۱۰۵ | ۵/۷۹ | ۳۲/۲۰ | ۴۱/۸۰ | ۰/۱۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۴ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۲۳/۰۶ | ۲۵/۵۸ | ۱۷/۸۵ | ۹/۹۶ | ۲۷/۵۰ | ۱۷/۴۰ | ۱/۵۸ | ۲۰/۹۰ |

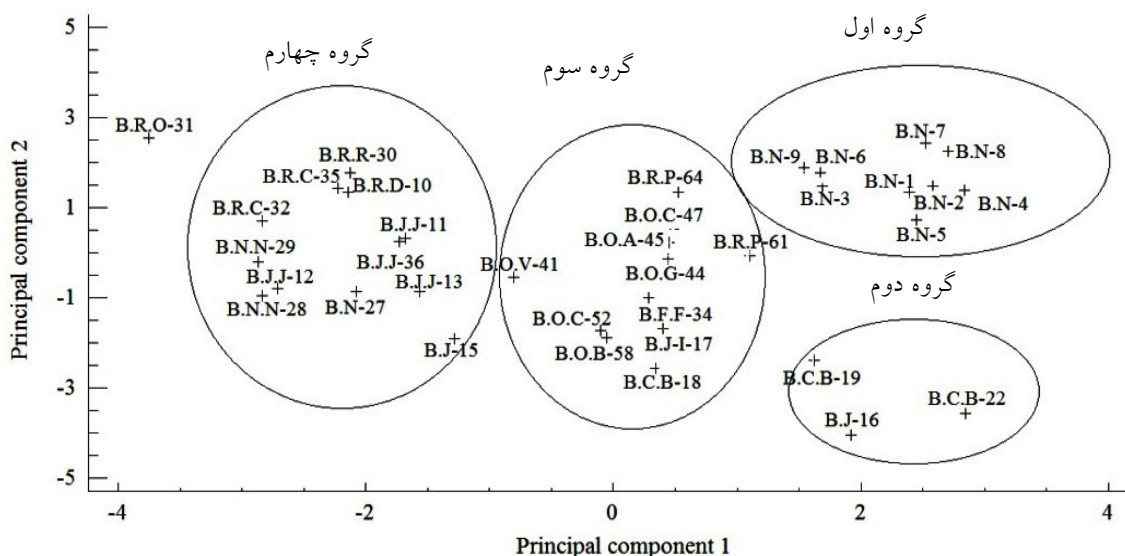
^{n.s}، * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین ۷ گونه جنس براسیکا مورد مطالعه برای عملکرد و صفات مورفولوژیک در مزرعه

| گونه | تعداد شاخه فرعی | تعداد خورجین در شاخه اصلی | تعداد خورجین در بوته | طول خورجین (cm) | عملکرد دانه (g/plant) | شاخص برداشت (%) | وزن هزار دانه (g) | تعداد دانه در خورجین |
|-----------------------|-----------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| <i>B. napus</i> | ۹/۰۹ | ۲۴/۱۱ | ۴۵۳/۰ | ۵/۵۰ | ۱۸/۲۴ | ۳۱/۰۱ | ۳/۷۳ | ۱۱/۱۶ |
| <i>B. rapa</i> | ۸/۵۹ | ۲۴/۱۸ | ۸۴۰/۳ | ۳/۴۶ | ۱۸/۲۲ | ۵۰/۳۶ | ۱/۸۷ | ۱۱/۳۹ |
| <i>B. juncea</i> | ۱۰/۸۷ | ۲۲/۵۰ | ۷۳۷/۴ | ۲/۱۴ | ۱۴/۳۵ | ۳۴/۷۲ | ۱/۴۲ | ۱۱/۵۷ |
| <i>B. carinata</i> | ۱۶/۸۱ | ۱۵/۳۳ | ۱۸۱۳/۷ | ۴/۱۰ | ۵۹/۲۹ | ۳۷/۱۰ | ۳/۷۸ | ۸/۹۷ |
| <i>B. nigra</i> | ۱۱/۸۵ | ۲۰/۰۹ | ۸۷۷/۷ | ۱/۲۵ | ۳/۹۷ | ۳۶/۷۱ | ۱/۲۷ | ۳/۶۵ |
| <i>B. oleracea</i> | ۱۰/۴۵ | ۲۲/۰۹ | ۶۹۵/۱ | ۴/۹۸ | ۲۳/۸۳ | ۱۴/۴۶ | ۳/۵۱ | ۱۹/۵۵ |
| <i>B. fruticulosa</i> | ۱۱/۰۰ | ۲۵/۰۰ | ۵۲۰/۰ | ۵/۰۹ | ۶/۶۲ | ۷/۰۸ | ۰/۸۶ | ۱۴/۶۸ |
| میانگین | ۱۰/۴۹ | ۲۲/۴۳ | ۷۷۴/۶۰ | ۳/۸۸ | ۲۰/۳۲ | ۳۳/۰۵ | ۲/۶۰ | ۱۱/۹۷ |
| LSD(5%) | ۰/۹۰ | ۲/۴۷ | ۲۸۲/۹۰ | ۰/۳۳ | ۲/۹۱ | ۶/۵۵ | ۰/۳۲ | ۳/۶۶ |

تجزیه مولفه ها امکان شناسایی ژنوتیپها و گونه‌های دارای فاصله ژنتیکی زیاد را فراهم می‌سازد زیرا از جمله مهمترین اهداف در برنامه‌های تعیین تنوع ژنتیکی در گیاهان دانه روغنی انتخاب والدین مناسب برای تولید واریته‌هایی با عملکرد دانه و روغن بالا می‌باشد. از طرفی وجود فاصله ژنتیکی بالا بین گروه‌های دسته‌بندی شده امکان استفاده از این نمونه‌ها در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر گزینش، توسعه و تولید ارقام با عملکرد دانه و درصد روغن بالا و تشکیل جوامع نقشه‌یابی را فراهم می‌سازد. روش مولفه های اصلی بطور موفقیت‌آمیزی برای تمایز

بود (داده ها نشان داده نشده است). نمودار حاصل از ترسیم مقادیر مولفه‌ی اول در برابر یکدیگر در شکل ۱ نشان داده شده است. نحوه پراکنش نمونه‌ها، توانست نمونه‌های گونه *B. napus* که ارقام زراعی بودند و نیز گونه *B. carinata* را جدا کند. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی حاکی از وجود ۴ گروه (به استثنای B.R.O-31) بود. گروه اول و دوم دارای بیشترین مقدار برای مولفه اول بودند. اما گروه سوم دارای کمترین مقدار برای مولفه اول و بیشترین مقدار برای مولفه دوم بود. گروه سوم حدواسط مولفه‌ی اول و دوم قرار داشت. استفاده از روش



شکل ۱- نمودار حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس صفات زراعی و مورفولوژی بر روی ۳۶ نمونه جنس براسیکا

(۱۳۹۱) در کلزا گزارش گردیده است. علت طول شدن ریشه در شرایط تنش این است که، ریشه‌ها به دنبال میزان جذب بیشتر آب از محیط بر اندازه خود می‌افزایند. بیشترین میزان کاهش درصد جوانه زنی مربوط به گونه های *B. fruticulosa* و *B. carinata* و کمترین مقدار کاهش مربوط به گونه‌های *B. nigra* و *B. oleracea* و *B. juncea* بود که به ترتیب بیانگر حساس و مقاوم بودن این گونه‌ها به تنش خشکی است (شکل ۳). گونه‌های *B. oleracea nigra* و *B. juncea* می‌توانند پس از مطالعات بیشتر به عنوان منبعی از ژنهای مفید برای انتقال ژنهای تحمل به خشکی به گونه زراعی باشند.

بمنظور تمایز گونه‌های متحمل و حساس از شاخص های *TOL* (حساسیت به خشکی) و *STI* (تحمل به خشکی) برای صفت درصد جوانه‌زنی استفاده شد (جدول ۵). برای صفت مورد مطالعه در تمامی سطوح خشکی، بیشترین مقدار شاخص *TOL* مربوط به گونه‌های *B. fruticulosa* و *B. carinata* بود که تاییدی بر حساسیت بالای این دو گونه به تنش خشکی می‌باشد. کمترین مقدار این شاخص مربوط به گونه *B. nigra* بود که نشان از تحمل بالای این گونه به تنش خشکی دارد. این نتایج در

ژنوتیپ‌های گلرنگ (Elfal et al., 2010) و کلزا (مجیدی، ۱۳۹۱) استفاده شده است.

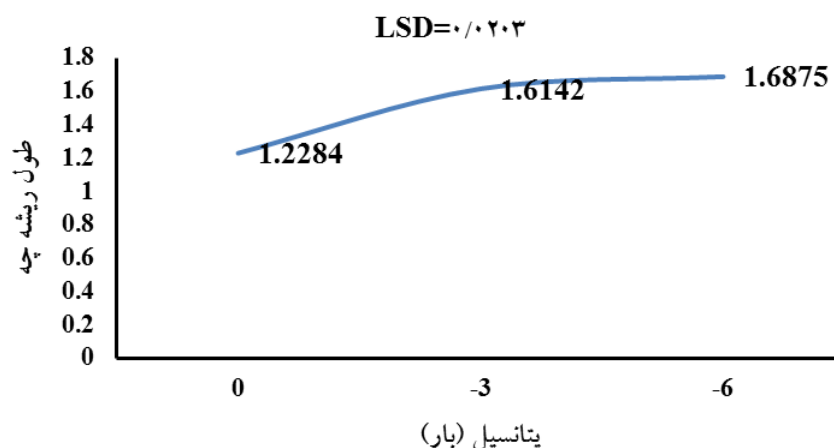
ارزیابی آزمایشگاهی: نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس صفات در مطالعه آزمایشگاهی (تحمل به خشکی گیاهچه‌ای) اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها و سطوح تنش از نظر همه صفات مورد بررسی نشان داد (جدول ۴). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط تنش برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه معنی‌دار بود که نشان می‌دهد نمونه‌های گونه‌های جنس براسیکا نسبت به سطوح مختلف پتانسیل آب اعمال شده، از نظر این سه متغیر واکنش متفاوتی داشته‌اند. بطور کلی تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای بین نمونه‌ها از نظر تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی وجود داشت که می‌تواند جهت شناسایی نمونه‌ها و گونه‌های متحمل به خشکی و در نهایت بکارگیری در برنامه‌های اصلاحی کلزا مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج نشان داد که با کاهش پتانسیل آب در محیط جوانه زنی، طول ریشه چه افزایش یافت (شکل ۲). افزایش طول ریشه‌چه با افزایش پتانسیل آب توسط زبرجدی و همکاران (۱۳۹۱) در گلرنگ و مجیدی

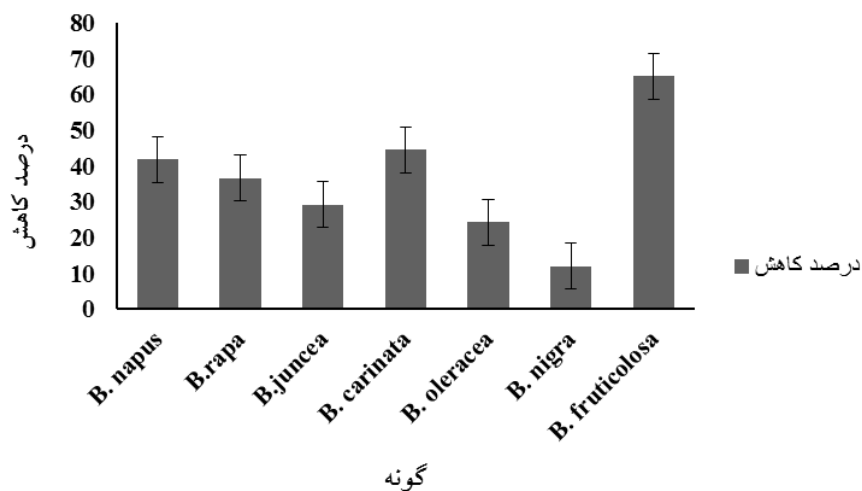
جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر سطوح تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه زنی و رشد گیاهچه هفت گونه‌ی جنس براسیکا

| میانگین مربعات | | | | | | | | | |
|----------------|------------|----------------|----------------|-------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | درصد جوانه زنی | سرعت جوانه زنی | طول ریشه چه | طول ساقه چه | طول گیاهچه | وزن خشک ریشه چه | وزن خشک ساقه چه | وزن خشک گیاهچه |
| تنش | ۲ | ۱۰۳۷۴/۳۵** | ۳۱۹/۷۹** | ۱/۸۶* | ۳/۹۸** | ۰/۰۶** | ۰/۰۰۰۲** | ۰/۰۰۱** | ۰/۰۰۲** |
| ژنوتیپ | ۳۵ | ۴۵۹۸/۴۷** | ۳۶/۰۵** | ۱/۸۸** | ۱/۸۳** | ۸/۱۴** | ۰/۰۰۰۸** | ۰/۰۰۳** | ۰/۰۰۴** |
| ژنوتیپ × تنش | ۷۰ | ۲۱۲/۷۹** | ۳/۸۵** | ۰/۹۴** | ۰/۷۶ ^{ns} | ۲/۴۵ ^{ns} | ۰/۰۰۰۲ ^{ns} | ۰/۰۰۰۲ ^{ns} | ۰/۰۰۰۲ ^{ns} |
| خطا | ۲۱۶ | ۱۱۵/۷۱ | ۱/۶۱ | ۰/۵۷ | ۰/۶۱ | ۱/۹۶ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ |
| ضریب تغییرات | | ۱۱/۷۸ | ۱۲/۲۶ | ۱۳/۶۲ | ۱۰/۲۲ | ۱۱/۵۴ | ۱۴/۲۵ | ۱۶/۷۸ | ۱۴/۹۵ |

سطوح تنش خشکی براساس پتانسیل حاصل از PEG (صفر، -۳ و -۶ بار) می‌باشد. ^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد



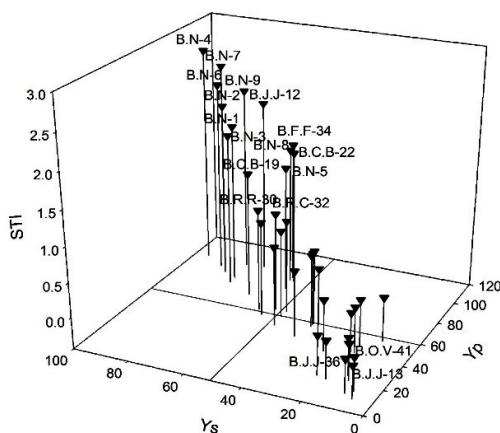
شکل ۲- اثر تنش خشکی بر طول ریشه چه (سانتی‌متر) در گونه‌های جنس براسیکا



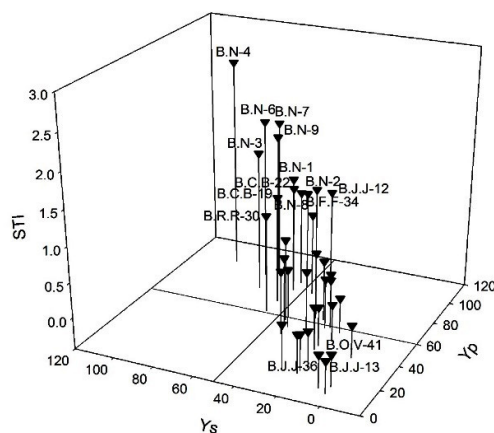
شکل ۳- درصد کاهش درصد جوانه‌زنی هفت گونه براسیکا در سطح تنش -۶ بار نسبت به شاهد

جدول ۵- مقایسه شاخص‌های تحمل به خشکی صفات جوانه زنی در هفت گونه جنس براسیکا در تنش خشکی

| سطوح تنش خشکی | | | | گونه |
|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| بار ۶- بار | | بار ۳- بار | | |
| STI | TOL | STI | TOL | |
| ۱/۴۷ ^a | ۲۵/۳۳ ^{ab} | ۲/۰۰ ^a | ۱۳/۱۸ ^b | <i>B. napus</i> |
| ۰/۳۹ ^b | ۲۳/۳۳ ^{ab} | ۰/۶۴ ^c | ۱۴/۴۷ ^b | <i>B. rapa</i> |
| ۰/۳۱ ^b | ۱۶/۴۷ ^{ab} | ۰/۵۶ ^c | ۹/۵۲ ^{bc} | <i>B. juncea</i> |
| ۰/۷۰ ^b | ۲۸/۰۰ ^{ab} | ۱/۰۰ ^c | ۲۸/۰۰ ^{ab} | <i>B. carinata</i> |
| ۰/۱۶ ^b | ۱۹/۰۹ ^{ab} | ۰/۳۰ ^c | ۱۵/۶۶ ^b | <i>B. oleracea</i> |
| ۰/۳۲ ^b | ۳/۳۳ ^b | ۰/۳۷ ^c | ۳/۵۵ ^c | <i>B. nigra</i> |
| ۰/۸۸ ^{ab} | ۴۰/۶۷ ^a | ۱/۵۵ ^{ab} | ۳۶/۰۰ ^a | <i>B. fruticulosa</i> |



(b)



(a)

شکل ۴ - نمودار سه بعدی بر اساس شاخص STI، درصد جوانه‌زنی محیط عدم تنش (Y_p) و تنش خشکی (Y_s) در ۳۶ نمونه‌ی گونه‌های جنس براسیکا برای تنش‌های ۳-بار (a) و ۶-بار (b)

بستگی دارد. در بین گونه‌های مورد مطالعه اگرچه گونه زراعی بیشترین میزان صفت را در هر دو شرایط نشان داد ولی درصد کاهش آن از شرایط عدم تنش به تنش قابل ملاحظه بود (بر اساس شاخص TOL) که حاکی از تحمل به خشکی متوسط آن می‌باشد.

نمودار سه‌بعدی نمونه‌های گونه‌های جنس براسیکا براساس شاخص STI برای صفت درصد جوانه‌زنی در سطح تنش ۳-بار ترسیم شد (شکل ۴a). در این نمودار

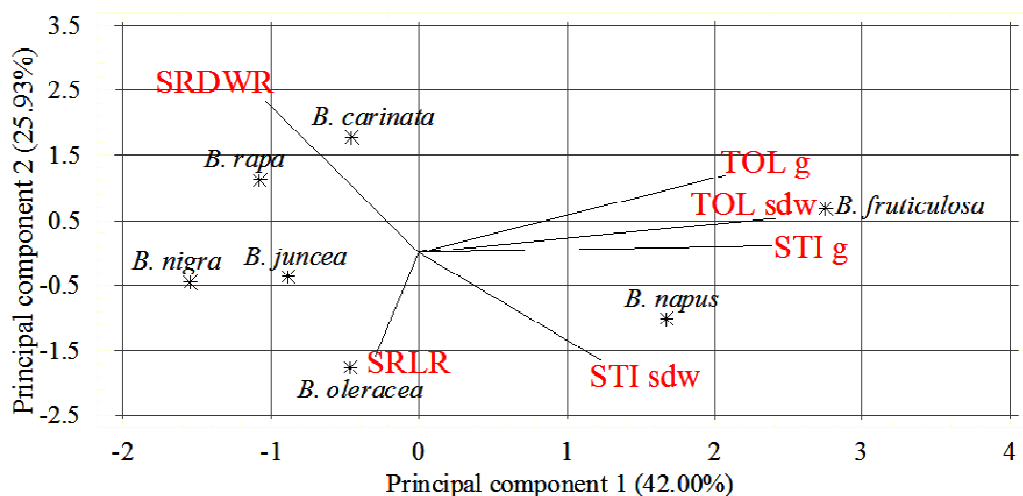
تایید نتایج مربوط به شاخص کاهش درصد جوانه زنی بود. Ashkani و Pakniyat (۲۰۰۴) گزارش کردند که از شاخص‌های TOL، MP، GMP می‌توان برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی در گلرنگ بهاره استفاده کرد. در تمامی سطوح خشکی گونه *B. napus* از نظر صفت درصد جوانه زنی برای شاخص STI نسبت به گونه‌های دیگر بیشترین مقدار را داشت (جدول ۵). این شاخص به شدت به میزان صفت در دو شرایط تنش و عدم تنش

گونه‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط تنش خشکی وجود دارد که می‌تواند برای شناسایی گونه‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس نمودار بای پلات دو مولفه‌ی اصلی اول (شکل ۵) گونه‌های *B. nigra*، *B. juncea* و *B. oleracea* از نظر مولفه اول مقادیر پایینی را به خود اختصاص دادند و می‌توان آنها را به عنوان تحمل‌ترین گونه‌های مورد مطالعه در نظر گرفت. از نظر مولفه دوم نیز این گونه‌ها مقادیر پایینی داشتند که نشان می‌دهد این ژنوتیپ‌ها علی‌رغم تحمل به خشکی بالا، از رشد اندام هوایی کمتری (نسبت به ریشه) در شرایط تنش برخوردارند که شاید به عنوان یک مکانیسم برای کاهش تبخیر و تعرق و تحمل شرایط خشکی در این گیاهان مطرح باشد. گونه‌ی *B. fruticulosa* از نظر مولفه اول و دوم به ترتیب دارای مقادیر زیاد و متوسط بود و این نشان دهنده‌ی حساسیت زیاد به خشکی و تناسب بین اندام هوایی و ریشه در این گونه می‌باشد که می‌تواند در مطالعات ژنتیکی تکمیلی مورد استفاده قرار گیرند.

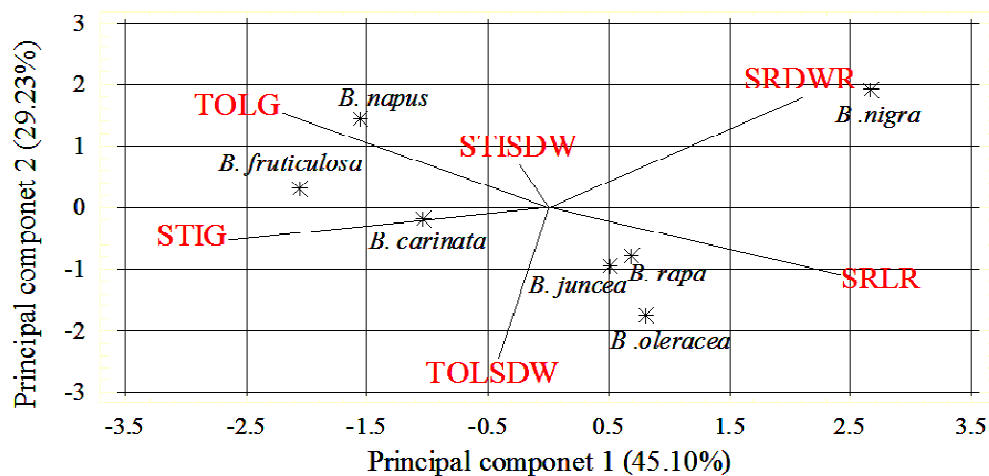
با توجه به نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی در سطح تنش ۶- بار مولفه اول مولفه دوم به ترتیب مولفه تحمل به خشکی و مولفه توسعه اندام هوایی نامیده شد (جدول نشان داده نشده است). گونه *B. nigra* در سطح تنش ۶- بار از نظر مولفه اول و دوم دارای مقادیر بالا بود که به عنوان گونه مقاوم شناسایی شد. گونه‌های *B. napus* و *B. fruticulosa* به علت دارا بودن مولفه اول کم و مولفه دوم زیاد می‌تواند به عنوان حساس‌ترین گونه‌ها معرفی شوند (شکل ۶). در این مطالعه گونه‌های وحشی در مقایسه با گونه‌ی زراعی *B. napus* دارای تحمل بیشتری نسبت به خشکی می‌باشد که از این پتانسیل می‌توان در جهت برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. در تحقیق گلپرور و قاسمی پیربلوطی (۱۳۸۷) مولفه‌ی اول همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های STI، GMP و عملکرد ژنوتیپ‌ها داشت و به عنوان مولفه‌ی پتانسیل

تفکیک نمونه‌های مورد بررسی براساس چهار منطقه تعریف شده توسط فرناندز (1992) و شاخص STI نشان داده شده است. نمونه‌های گونه‌ی *B. napus* دو نمونه از *B. carinata* دو نمونه از گونه *B. rapa* و یک نمونه از گونه *B. juncea* در ناحیه A قرار گرفتند یعنی دارای درصد جوانه زنی بالا در دو شرایط تنش و عدم تنش می‌باشند. سایر نمونه‌ها در ناحیه D قرار گرفتند که نشان‌دهنده کمترین درصد جوانه زنی در محیط تنش و عدم تنش بود. همچنین نمودار سه‌بعدی نمونه‌های گونه‌های جنس براسیکا براساس شاخص STI برای صفت درصد جوانه‌زنی در سطح تنش ۶- بار (شکل ۲b) نشان داد که نحوه قرارگیری نمونه‌ها در این پلات نیز شبیه پلات سه بعدی برای سطح تنش ۳- بار بود. استفاده از نمودارهای سه بعدی برای تشخیص ناحیه A (یعنی دارای تحمل به خشکی و جوانه زنی بالا در هر دو شرایط دارای تنش و عدم تنش) از سایر ناحیه‌ها توسط Fernandez (۱۹۹۲) مورد استفاده و تایید قرار گرفته است. از طرفی گروه بندی بر اساس شاخص STI بیانگر سودمندی این روش در جداکردن گروه A از سایر گروه‌ها بود که با نتایج Sio- Se Mardeh و همکاران (۲۰۰۶) و Farshadfar و Shutka (۲۰۰۳) که این شاخص را به عنوان شاخصی مناسب در تمایز ارقام معرفی کردند، همخوانی داشت.

ترسیم بای‌پلات بر اساس دو مولفه اصلی برای بررسی روابط بین تمام شاخص‌ها در دو شرایط تنش و عدم تنش صورت گرفت. در سطح تنش ۳- بار اولین مولفه اصلی، مولفه‌ی حساسیت نامیده شد زیرا این مولفه با شاخص TOL برای صفات درصد جوانه زنی و وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبت و بالایی را نشان داد. در سطح تنش ۳- بار مولفه‌ی دوم شاخص نسبت وزن خشک ساقه به ریشه بیشتری داشتند و می‌توان این مولفه را توسعه اندام هوایی در شرایط تنش نامید (جدول نشان داده نشده است). پراکنش گونه‌ها براساس مولفه‌های اول و دوم در شکل ۵ حاکی از آن است که تغییرات زیادی بین



شکل ۵- نمودار بای پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول برای شش شاخص در هفت گونه‌ی جنس براسیکا در سطح تنش ۳- بار (TOLg) شاخص تحمل بر اساس درصد جوانه زنی، TOLsdw شاخص تحمل بر اساس وزن گیاهچه، STIG شاخص تحمل بر اساس درصد جوانه زنی، STIsdw شاخص تحمل بر اساس وزن گیاهچه، SRLR شاخص کاهش طول ریشه، SRDWR شاخص کاهش وزن گیاهچه)



شکل ۶- نمودار بای پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول برای شش شاخص در هفت گونه‌ی جنس براسیکا در سطح تنش ۶- بار (TOLG) شاخص تحمل بر اساس درصد جوانه زنی، TOLSDW شاخص تحمل بر اساس وزن گیاهچه، STIG شاخص تحمل بر اساس درصد جوانه زنی، STISDW شاخص تحمل بر اساس وزن گیاهچه، SRLR شاخص کاهش طول ریشه، SRDWR شاخص کاهش وزن گیاهچه)

نمودار بای پلات برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش مورد تأکید قرار گرفت.

عملکرد و تحمل به تنش خشکی نام‌گذاری شد. در مطالعات مجیدی (۱۳۹۱) در کلزا و همکاران (۲۰۰۶) درگندم استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی و

بیشتری به تنش خشکی در مرحله گیاهچه نسبت به سایر گونه‌ها دارند. ارزیابی نمونه‌ها از نظر تحمل به تنش خشکی در مزرعه و مقایسه نتایج با شرایط آزمایشگاهی در مطالعات اصلاحی آتی پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی:

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شده است که از این طریق قدردانی می‌گردد.

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع قابل ملاحظه‌ای بین گونه‌های جنس براسیکا از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین از نظر تحمل به تنش خشکی براساس صفات و شاخص‌های مرحله جوانه‌زنی وجود دارد که می‌تواند در جهت بهبود این صفات مهم کلزا مورد استفاده قرار گیرد. در بین گونه‌های مورد مطالعه، گونه *B. carinata* به عنوان گونه‌ای با بیشترین عملکرد دانه شناسایی شد. نتایج بای پلات مولفه‌های اصلی نشان داد که گونه *B. nigra* و پس از آن گونه‌های *B. oleracea* و *B. juncea* تحمل بسیار

منابع:

- زبر جدی، ع. ر.، سهیلی خواه، ژ.، قاسمپور، ح. ر. و ویسی پور، ا. (۱۳۹۱) تاثیر تنش خشکی اعمال شده توسط PEG ۶۰۰۰ بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک جوانه زنی بذور گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به منظور گزینش ژنوتیپهای متحمل به خشکی، مجله زیست شناسی ایران ۲: ۲۵۲-۲۶۳.
- گل پرور، ا. ر. و قاسمی پیر بلوطی، ع. (۱۳۸۷) بررسی تحمل به خشکی ارقام گلرنگ بهاره در منطقه اصفهان، مجله پژوهش در علوم کشاورزی ۱: ۱۱-۱۹.
- مجیدی، م. م. (۱۳۹۱) شناسایی ارقام کلزا برای تحمل به خشکی از طریق شاخص‌های مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بر اساس روش تجزیه به مولفه‌های اصلی، مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۴: ۴۱-۵۱.
- وایز، ای. آ. (۱۳۷۲) دانه‌های روغنی. ترجمه ناصری، ف. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد.
- ویسی مال امیری، ا.، حق‌پرست، ر.، آقایی سربرزه، م.، فرشادفر، ع. و رجیبی، ر. (۱۳۸۹) ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از خصوصیات فیزیولوژیکی و شاخص‌های تحمل به خشکی، مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱: ۴۳-۶۰.
- Albuquerque, M. F. E. and Carvalho, N. M. (2003) Effects of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus*), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. *Seed Science and Technology* 31: 465-479.
- Ashkani, J. and Pakniyat, H. (2004) Genetic evaluation of quantitative indices for drought resistance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agricultural Sciences and Technology* 17: 31-36.
- Ashraf, M., Nazir, N. and Neilly, T. M. (2001) Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid *Brassica* species. *Plant Science* 160: 683-689.
- Asxari, M. (1993) Ethylene effects on osmotic adjustment and growth of axial and cotyledonary tissues of sunflower seeds in drought conditions. *Agricultural Sciences and Technology Journal* 7: 137-145.
- Blum, A. (2010) *Plant Breeding for Water-Limited Environments*. Springer Pub, New York.
- Bousslama, M. and Schapaugh, W. T. (1984) Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933-937.
- Clegg, M. T. (1997) Plant genetic diversity and the struggle to measure selection. *The Journal of Heredity* 88:1-70.
- Corchete, P. and Gurrera, H. (1986) Effect of NaCl and polyethylene glycol on solute contact and glycosidase activities during germination of lentil seeds. *Plant Cell and Environment* 7: 589-593.
- Elfal, E, Reinbrecht, C. and Claupein, W. (2010) Evaluation of phenotypic variation in a world wide germplasm collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under organic

- studies of corn (*Zea mays* L.) of strong and weak vigor. *Agronomy Journal* 60:192-195.
- Rosielle, A. A. and Hamblin, J. (1981) Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science* 21: 943-946.
- Seiler, G. J. (2006) Wild annual *Helianthus anomalus* and *H. deserticola* for improving oil content and quality in sunflower. *Industrial Crop Production* 25: 95-100.
- Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noor-mohammadi, GH. and Zarei, G. (2007) The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brasica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* 2: 417-422.
- Sio- Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohammadi, V. (2006) Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Research* 98: 222-229.
- Smith, R. L., Hoveland, C. S. and Hanna, W. W. (1989) Water stress and temperature in relation to seed germination of pearl millet and sorghum. *Agronomy Journal* 81: 303-305.
- Somers, D. A., Ullrich, S. E. and Ramsay, M. F. (1983) Sunflower germination under simulated drought stress. *Agronomy Journal* 75: 570-572.
- Sujatha, M. and Prabakaran, A. J. (2006) Ploidy manipulation and introgression of resistance to *Alternaria helianthi* from wild *hexaploid Helianthus* species to cultivated sunflower (*H. annuus* L.) aided by anther culture. *Euphytica* 152: 201-215.
- Whan, B. R., Anderson, W. K., Gilmour, R. F., Regan, K. L. and Turner, N. C. (1991) A role of physiology in breeding for improved wheat yield under drought stress. In: *Physiology-Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments* (eds. Acevedo, E., Conesa, A. P., Monneveux, P. and Srivastava, J. P.) 179-194. INRA, Paris.
- farming condition in Germany. *Crop Evolution* 57: 155-170.
- El-Sharkawi, H. M. and Springuel, I. (1977) Germination of some crop plant seed under reduced water potential. *Seed Science and Technology* 5: 677-688.
- FAO. (2007) Food outlook. Global Market Analysis. Available online at: [http://www.fao.org/foodoutlook.com](http://www.fao.org/foodoutlook).
- Farshadfar, E. and Shutka, J. (2003) Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Research Communications* 31: 1-2.
- Farshadfar, E. and Mohammadi, R. (2006) Evaluation of drought resistance of bread wheat genotypes using agro-physiological indices. *The Scientific Journal of Agriculture* 29: 87-97.
- Fernandez, G. C. J. (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Processes of international symposium on adaptation of food crops to temperature and water stress* (eds. Kuo, C. C.) 257-270. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
- Golabadi, M., Arzani, A. and Mirmohamadi Maibody, S. A. M. (2006) Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agriculture* 5: 162-171.
- Kaufman, M. R. and Eckard, A. N. (1971) Evaluation of stress control by polyethylene glycols by analysis of gulation. *Plant Physiology* 47:453-456.
- Longenberger, P. S., Smith, C. W. Thaxton, P. S. and McMichael, B. L. (2006) Development of a screening method. For drought tolerance in cotton seedlings. *Crop Science* 46: 2104-2110.
- Parmar, M. T. and Moore, R. P. (1968) Carbowax 6000, Mnitol and sodium chloride for simulating drought conditions in germination