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 مرفولوژیک 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 به‌صورت 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 شاخص-های درصد کاهش و شاخص تحمل نیز بیان کننده‌ی تحمل به خشکی بالای گونه وحشی *B. nigra* و پس از آن گونه‌های *B. oleracea* 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 وگونه 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:

دانه‌های روغنی از نظر تأمین انرژی مورد نیاز انسان و دام در بین محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند و یکی از با ارزش‌ترین گیاهان زراعی به شمار می‌روند (وایز، ۱۳۷۲). افزایش تقاضا برای روغن نباتی در بازارهای جهانی و روند رو به افزایش مصرف سرانه آن

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

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 *Brasica 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 می باشد با این حال تنوع ژنتیکی در ارقام زراعی کم است. بیشترین تنوع ژنتیکی یک گونه‌ی گیاهی را می‌توان در نژاد های بومی و همین طور 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 می باشند که می‌توانند در برنامه های اصلاحی مفید واقع شوند (Seiler, 2006; Sujatha and Prabakaran, 2006).

تنش‌های غیرزنده از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک می باشند 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 برنامه های اصلاح نباتات به شمار می‌رود. کمبود آب تقریباً در تمام مراحل نموی، 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 (Albuguerque and Carvalho, 2003). رشد کم و ضعیف بودن گیاهچه می‌تواند در نهایت به کاهش عملکرد درگیاه 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 گلایکول 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 Gurrra, 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 (Bouslama 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

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 گونه-های جنس براسیکا به تنش خشکی در آزمایشگاه با هدف شناسایی نمونه‌های متحمل با بهره‌گیری از روش‌های آماری چند متغییره 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 *Brassica napus*، *B. rapa*، *B. juncea*، *B. carinata*، *B. oleracea*، *B. nigra* و *B. fruticulosa* دریافت شده از بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و ژرم پلاسم دانه‌های روغنی مرکز USD آمریکا و IPK آلمان بود، استفاده شد (جدول ۱).

ارزیابی مزرعه ای: 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 (٪) اندازه گیری 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 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 کاملا 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) از فرمول Kaufman و Eckard (۱۹۷۱) استفاده گردید (رابطه ۱).

رابطه۱

$$\psi_s = -(1.18\times10^{-2})\,C - (1.8\times10^{-4})\,C^2 + (2.67\times10^{-4})\,CT + (8.39\times10^{-7})\,C^2T$$

در رابطه فوق، C میزان PEG لازم بر حسب کیلوگرم در لیتر آب، Tدمای محیط (۲۵درجه سانتی گراد) ψ_s فشار اسمزی مورد نظر بر حسب مگاپاسکال می‌باشد. به هر پتری‌دیش 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 (میلی‌گرم)، ریشه‌چه (میلی‌گرم) و گیاه‌چه (میلی‌گرم) آنها اندازه‌گیری شد. سپس صفات سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی از روابط ۲ و ۳ محاسبه گردید.

رابطه ۲ $= (K/N)\times100$ = درصد جوانه زنی

رابطه ۳ $=(Ni/Di)\times100$= سرعت جوانه زنی

در روابط فوق، N تعداد بذر جوانه زده در آخرین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

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 می‌باشند. همچنین شاخص کاهش درصد جوانه زنی برای هر ژنوتیپ از رابطه ۴ محاسبه گردید.

رابطه ۴

کاهش درصد جوانه زنی = [(Yp - Ys) / Yp] ×100

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

رابطه ۵ $TOL = (Yp - Ys)$

همچنین شاخص تحمل به تنش (Stress tolerance Index) پیشنهادی فرناندز (1992) مطابق فرمول زیر اندازه‌گیری شد.

رابطه ۶ $STI = (Yp \times Ys)/ (Ymp)^2$

که در رابطه ۶ Ymp، میانگین صفت برای کلیه ژنوتیپ‌ها 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 ساقه‌چه به ریشه‌چه و نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزارهای SAS و SPSS، و داده‌پردازی و ترسیم نمودارها و جداول به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت. برای ترسیم بای‌پلات از نرم‌افزار Stat Graphics و برای ترسیم پراکنش ژنوتیپ‌ها از نرم‌افزار Sigma Plot استفاده شد.

نتایج و بحث:

ارزیابی مزرعه‌ای: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین نمونه‌های ژرم پلاسم براسیکا از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). این تفاوت معنی‌دار برای صفات مورد مطالعه بیانگر وجود تنوع ژنتیکی زیاد بین ژرم پلاسم‌ها براسیکا می‌باشد که می‌تواند جهت انتخاب موثر برای بهبود عملکرد مفید باشد.

مقایسه میانگین‌ها 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 گونه‌های *B. carinata* و *B. rapa* به ترتیب دارای بیشترین وکمترین تعداد خورجین در بوته بودند (جدول ۳). از نظر صفت عملکرد دانه، گونه *B. carinata* دارای بیشترین وگونه *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 گونه‌ها از نظر صفت تعداد خورجین در شاخه اصلی نشان داد که گونه *B. fruticolosa* 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 گونه‌های *B. fruticulosa* و *B. nigra* به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را نشان‌دادند. 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 گونه‌های *B. napus* و *B. nigra* به ترتیب با میانگین‌های ۵/۵ و ۱/۲۷ سانتی متر دارای بیشترین و کمترین طول خورجین بودند (جدول ۳).

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

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$^{n.s}$	۰/۰۰۲$^{n.s}$	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

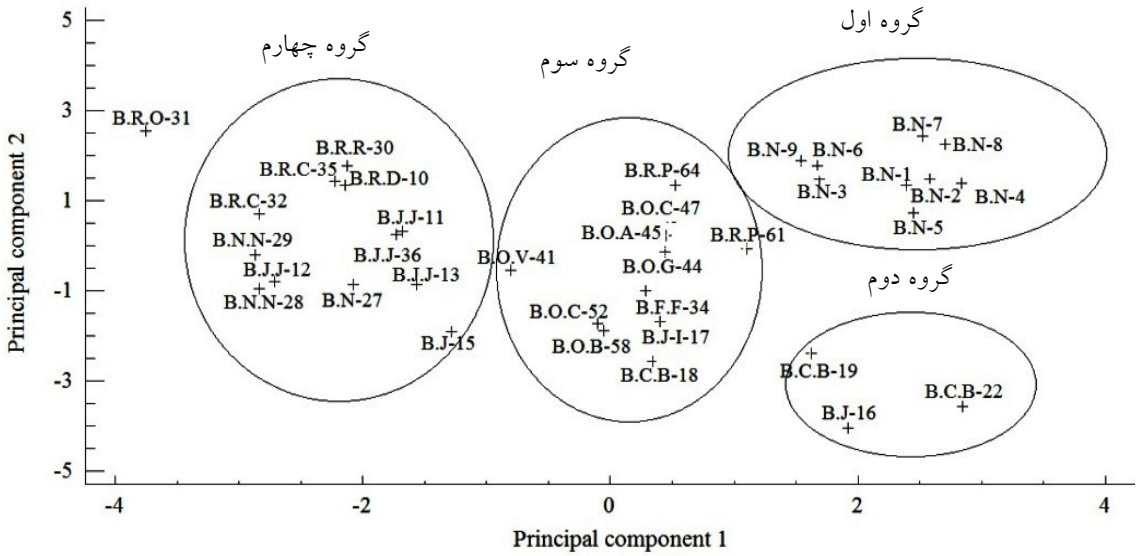
$^{n.s}$، * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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
B. napus	۹/۰۹	۲۴/۱۱	۴۵۳/۰	۵/۵۰	۱۸/۲۴	۳۱/۰۱	۳/۷۳	۱۱/۱۶
B. rapa	۸/۵۹	۲۴/۱۸	۸۴۰/۳	۳/۴۶	۱۸/۲۲	۵۰/۳۶	۱/۸۷	۱۱/۳۹
B. juncea	۱۰/۸۷	۲۲/۵۰	۷۳۷/۴	۲/۱۴	۱۴/۳۵	۳۴/۷۲	۱/۴۲	۱۱/۵۷
B. carinata	۱۶/۸۱	۱۵/۳۳	۱۸۱۳/۷	۴/۱۰	۵۹/۲۹	۳۷/۱۰	۳/۷۸	۸/۹۷
B. nigra	۱۱/۸۵	۲۰/۰۹	۸۷۷/۷	۱/۲۵	۳/۹۷	۳۶/۷۱	۱/۲۷	۳/۶۵
B. oleracea	۱۰/۴۵	۲۲/۰۹	۶۹۵/۱	۴/۹۸	۲۳/۸۳	۱۴/۴۶	۳/۵۱	۱۹/۵۵
B. fruticulosa	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

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 مولفه‌ی اول بودند. اما گروه سوم دارای کمترین مقدار برای مولفه ی اول و بیشترین مقدار برای مولفه‌ی دوم بود. گروه سوم حدواسط مولفه‌ی اول و دوم قرار داشت. استفاده از روش 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]



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

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 متغییر 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 (۱۳۹۱) در کلزا گزارش گردیده است. علت طویل 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* وکمترین 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. nigra*، *B. oleracea* و *B. juncea* می‌توانند پس از مطالعات بیشتر به عنوان منبعی از ژنهای مفید برای انتقال ژنهای تحمل به خشکی به گونه زراعی باشند.

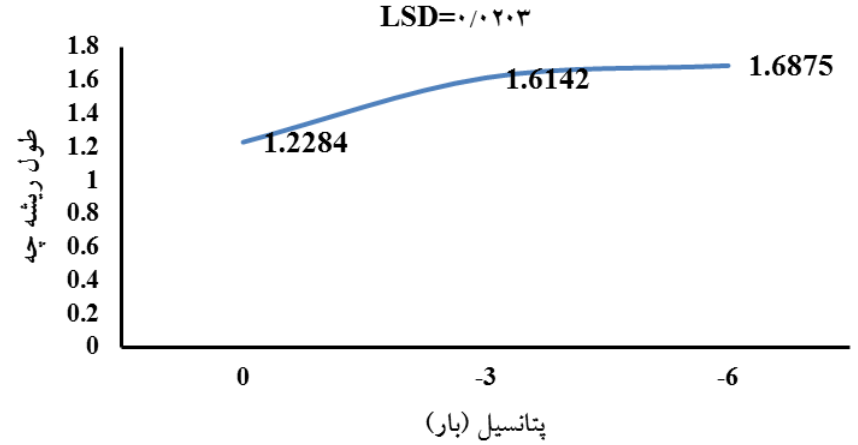
بمنظور تمایز گونه‌های متحمل و حساس از شاخص های TOL (حساسیت به خشکی) و STI (تحمل به خشکی) برای صفت درصد جوانه‌زنی استفاده شد (جدول ۵). برای صفت مورد مطالعه در تمامی سطوح خشکی، بیشترین مقدار شاخص TOL مربوط به گونه‌های *B. fruticulosa* و *B. carinata* بود که تاییدی بر حساسیت بالای این دو گونه به تنش خشکی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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

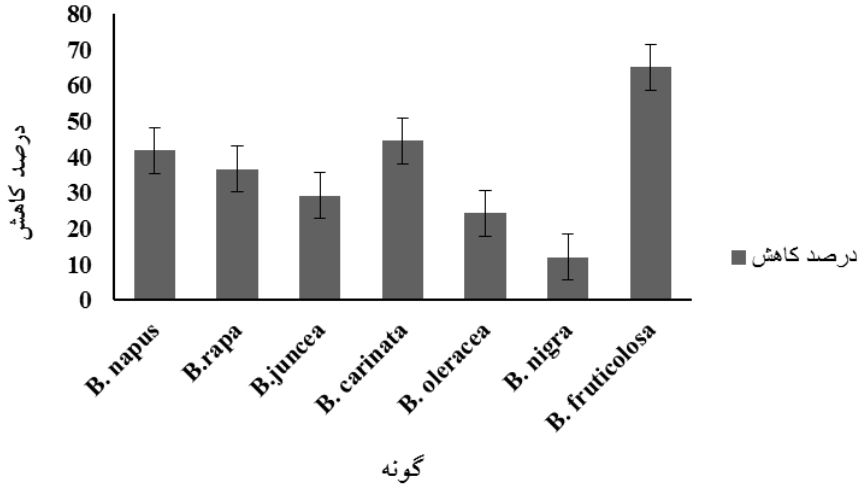
جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیرسطوح تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه زنی و رشد گیاهچه هفت گونه‌ی جنس براسیکا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		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**	۰/۰۰۰۰۸**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۴**
ژنوتیپ × تنش	۷۰	۲۱۲/۷۹**	۳/۸۵**	۰/۹۴**	۰/۷۶^{ns}	۲/۴۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}
خطا	۲۱۶	۱۱۵/۷۱	۱/۶۱	۰/۵۷	۰/۶۱	۱/۹۶	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲
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 ریشه‌چه (سانتی‌متر) در گونه‌های جنس براسیکا



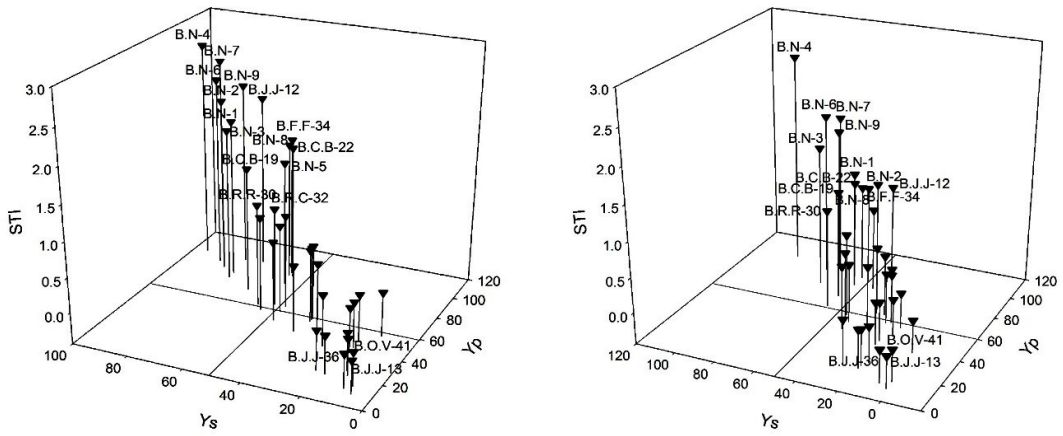
شکل۳ - درصد کاهش درصد جوانه‌زنی هفت گونه براسیکا در سطح تنش ۶- بار نسبت به شاهد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

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

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



(b) (a)

شکل۴ - 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)

تایید نتایج مربوط به شاخص کاهش درصد جوانه زنی بود. Ashkani و Pakniyat (۲۰۰۴) گزارش کردند که از شاخص‌های MP،GMP، TOL 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 شاخصSTI نسبت به گونه‌های دیگر بیشترین مقدار را داشت (جدول ۵). این شاخص به شدت به میزان صفت در دو شرایط تنش و عدم تنش بستگی دارد. در بین گونه های 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 می باشد.

نمودار سه‌بعدی نمونه‌های گونه‌های جنس براسیکا براساس شاخص STI برای صفت درصد جوانه‌زنی در سطح تنش ۳- بار ترسیم شد (شکل۴a). در این نمودار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

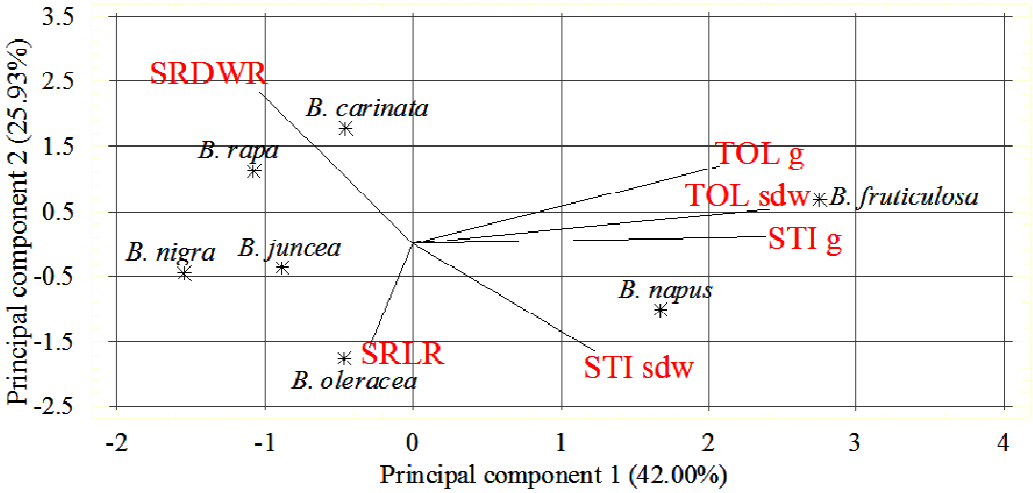
تفکیک نمونه‌های مورد بررسی براساس چهار منطقه تعریف شده توسط فرناندز (1992) و شاخص STI نشان داده شده است. نمونه‌های گونه‌ی *B. napus*، دو نمونه از *B. carinata*، دو نمونه از گونه *B. rapa* و یک نمونه از گونه *B. juncea* در ناحیه A قرار گرفتند یعنی دارای درصد جوانه زنی بالا در دو شرایط تنش و عدم تنش می‌باشند. سایر نمونه ها 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 ۴b) 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 گروه ها 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 مؤلفه اصلی برای بررسی روابط بین تمام شاخص‌ها در دو شرایط تنش و عدم تنش صورت گرفت. در سطح تنش ۳- بار اولین مؤلفه اصلی، مؤلفه‌ی 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 مؤلفه‌های اول و دوم در شکل ۵ حاکی از آن است که تغییرات زیادی بین 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 تحملرین گونه‌های مورد مطالعه در نظر گرفت. از نظر مولفه دوم نیز این گونه‌ها مقادیر پایینی داشتند که نشان می‌دهد این ژنوتیپ‌ها علی رغم 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 می‌توانند در مطالعات ژنتیکی تکمیلی مورد استفاده قرار گیرند.

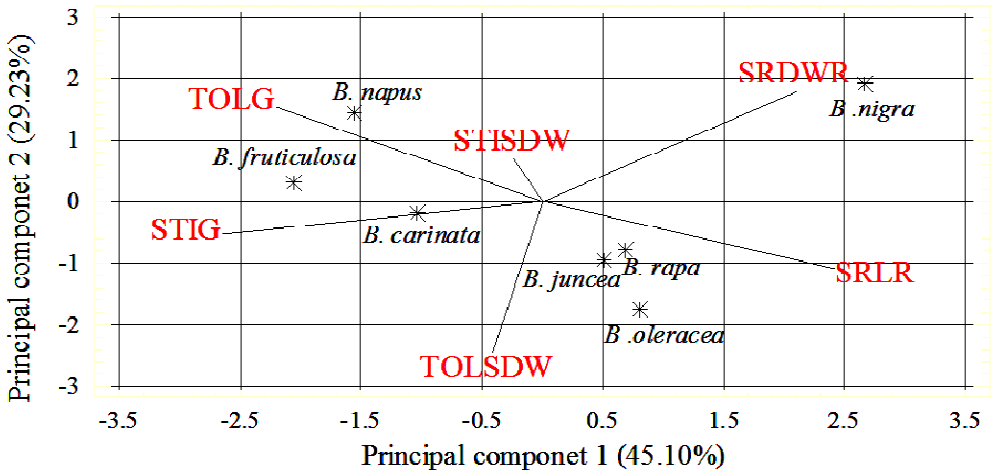
با توجه به نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی در سطح تنش۶- بار مولفه اول مولفه دوم به ترتیب مولفه تحمل به خشکی و مولفه توسعه اندام هوایی نامیده شد (جدول نشان داده نشده است). گونه *B. nigra* در سطح تنش ۶- بار از نظر مولفه اول و دوم دارای مقادیر بالا بود که به عنوان گونه مقاوم شناسایی شد. گونه‌های *B. napus* 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 گونه ی 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) مؤلفه‌ی اول همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های STI، GMP و عملکرد ژنوتیپ‌ها داشت و به عنوان مؤلفه‌ی پتانسیل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]



شکل۵- نمودار بای‌پلات 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)



شکل۶- نمودار بای‌پلات 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)

عملکرد و تحمل به تنش خشکی نام‌گذاری شد. در مطالعات مجیدی (۱۳۹۱) در کلزا و Golabadi و همکاران (۲۰۰۶) درگندم استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای پلات برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش مورد تأکید قرار گرفت.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

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 گونه های *B. oleracea* و *B. juncea* تحمل بسیار 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 می گردد.

تشکر و قدردانی:

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

منابع:

زبر جدی، ع. ر.، سهیلی خواه، ژ.، قاسمپور، ح. ر. و ویسی پور، ا. (۱۳۹۱) تاثیر تنش خشکی اعمال شده توسط ۶۰۰۰PEG 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) دانه های روغنی. ترجمه ناصری، ف. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد.

ویسی مال امیری، ا.، حق‌پرست، ر.، آقایی سربرزه، م.، فرشادفر، ع. و رجبی، 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.

Albuguerque, M. F. E. and Carvalho, N. M. (2003) Effects of the type of environmental stress on the emergence of sunflower *(Helinanthus annus*), 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.

Bouslama, 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 Gurrra, 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) Evalution of phenotypic variation in a world wide germplasm collection of safflower (*Carthamus tincturius* L.) grown under organic

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]

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. deserticila* 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.Food outlook.com.

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.3.6]