



بررسی رابطه عملکرد دانه و روغن با برخی صفات مورفولوژیک در کنجد به وسیله روش‌های تجزیه چند متغیره

مهسا قاسمی پناه^۱، رقیه امینیان^{۲*}، مجید غلامحسینی^۳، فرهاد حبیب زاده^۴

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

^۲ ^۳ ^۴ استادیار گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

^۳ استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۳

چکیده

سابقه و هدف: بیش از ۹۰ درصد از کل روغن مصرفی کشور از خارج وارد می‌شود، لذا توسعه کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های پژوهشی در این زمینه باید مورد توجه قرار گیرد. تنش کمبود آب یکی از مهمترین تنش‌های محیطی می‌باشد که تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی را به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک با محدودیت روبرو ساخته است. کنجد یکی از مهمترین محصولات اقتصادی دانه‌ای است که سازگاری خوبی با نواحی خشک و نیمه خشکی مانند ایران دارد. از آنجایی که عملکرد یک صفت پیچیده و تحت کنترل تعداد زیادی ژن است، لذا اثر هر ژن کوچک بوده و عوامل محیطی می‌توانند تأثیر زیادی بر آن داشته باشند. بنابراین شناسایی اجزاء عملکرد که دارای وراثت پذیری بیشتری نسبت به عملکرد هستند و از طرفی همبستگی بالایی با عملکرد دارند می‌تواند کارایی انتخاب را افزایش دهد. پس در برنامه‌های به‌نژادی، بررسی اجزای عملکرد و نحوه تأثیرگذاری آنها بر یکدیگر برای رسیدن به عملکرد بالا اهمیت خاصی دارد. یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل اجزای عملکرد روش رگرسیون گام به گام است. در این روش صفاتی که بیشترین سهم را در تبیین تغییرات عملکرد دارند از بین تعداد بسیار زیادی صفت مشخص می‌شوند. شناسایی صفات مناسب و مؤثر بر عملکرد می‌تواند مبنای انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی باشد و برای افزایش عملکرد دانه مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، در تابستان سال ۱۳۹۵ اجرا گردید. دو عامل شامل رژیم آبیاری (عامل اصلی) و رقم (عامل فرعی) مورد بررسی قرار گرفتند. رژیم آبیاری در دو سطح شامل آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در خاک (بدون تنش) و آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در خاک (تنش خشکی) در کرت‌های اصلی و تعداد ۶ رقم کنجد به نام‌های هلیل، دشتستان ۲، داراب ۱، اولتان، یلو وایت و ناز تک شاخه در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. تجزیه همبستگی، رگرسیون گام به گام، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه علیت برای تجزیه و تحلیل اجزاء عملکرد استفاده شد. تجزیه همبستگی، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نمودارهای دو بعدی با نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۷ انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد دانه، وزن خشک گیاه، ارتفاع، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین دانه بودند.

* نویسنده مسئول: roghayehaminian@yahoo.com

یافته‌ها: در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی، بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد روغن مشاهده گردید. در شرایط بدون تنش، به ترتیب صفات تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در گیاه و درصد روغن به عنوان متغیرهای تأثیرگذار مثبت بر عملکرد دانه بودند. صفت وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر درصد روغن داشت. در شرایط تنش خشکی، درصد پروتئین و تعداد شاخه فرعی به ترتیب دارای بیشترین اثر منفی بر عملکرد دانه بودند. درصد پروتئین بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر درصد روغن روغن داشت. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که در شرایط بدون تنش صفات عملکرد دانه، تعداد کپسول، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین همبستگی بالایی با مؤلفه اصلی اول داشتند و ۵۱/۱ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. بر اساس این مؤلفه ارقام اولتان و دشتستان از نظر عملکرد دانه، روغن و پروتئین در وضعیت بهتری نسبت به سایر ارقام قرار داشتند. در شرایط تنش صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین همبستگی بالایی با مؤلفه اول داشتند و ۳۷/۵ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. ارقام هلیل، اولتان و یلوایت بر اساس این مؤلفه که مؤلفه عملکرد دانه، روغن و پروتئین نام گذاری شد وضعیت مطلوبی نداشتند.

نتیجه‌گیری: با افزایش عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین در واحد سطح نیز افزایش می‌یابد، پس برای افزایش عملکرد روغن می‌بایست از طریق افزایش عملکرد دانه توسط اجزاء مؤثر بر آن اقدام نمود. در شرایط بدون تنش با بهبود تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در گیاه، وزن هزار دانه و درصد روغن می‌توان به ارقام با عملکرد بالا دست یافت. از آنجایی که تعداد شاخه فرعی در شرایط تنش خشکی اثر منفی روی عملکرد دانه داشت، انتخاب ارقام با تعداد شاخه فرعی کمتر داراب و دشتستان ۲ می‌تواند در شرایط تنش کم آبی منجر به عملکرد دانه و روغن بالاتر شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه علیت، تنش، رگرسیون گام به گام

مقدمه

عالی روغن که دارای بوی مطبوع و مزه خوبی است این دانه را ملکه دانه‌های روغنی می‌نامند. در ایران نیز برای آن ارزش غذایی زیادی قائل هستند (۹). روغن کنجد مایع و در مقابل اکسیداسیون بسیار مقاوم است. این ویژگی مربوط به فنلی است به نام سسامول که از هیدرولیز ماده دیگری به نام سسامولین که در خود روغن وجود دارد بدست می‌آید (۲۷).

یکی از تنش‌هایی که آثار مخرب و زیان‌آوری بر مراحل مختلف رشدی گیاهان دارد، تنش خشکی می‌باشد (۲۸). تنش شدید آب ممکن است منجر به کاهش فتوسنتز و اختلال در متابولیسم شود (۱۵). در محصولات مختلف، پاسخ فیزیولوژیکی به خشکسالی بسته به نوع ژنوتیپ متفاوت است (۶).

عملکرد نتیجه فعالیت تعداد زیادی از فرآیندهای رشد است. از آنجایی که عملکرد یک صفت پیچیده و تحت کنترل تعداد زیادی ژن است، اثر هر ژن کم بوده

افزایش مصرف سرانه‌ی روغن‌های نباتی، روند رو به رشد واردات آن و صرف هزینه زیاد برای تأمین کسری روغن نباتی و کنجاله دانه‌های روغنی، از جمله عوامل مهمی می‌باشند که ما را به توسعه کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های علمی و تحقیقاتی در این زمینه‌ها سوق می‌دهند (۲۲). یکی از قدیمی‌ترین گیاهان روغنی که سازگاری خوبی با نواحی خشک و نیمه خشکی مانند ایران دارد، گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) می‌باشد (۱۷). از نظر اقتصادی کنجد یکی از مهمترین محصولات دانه روغنی است که به طور گسترده‌ای در بسیاری از بخش‌های جهان مورد کشت قرار می‌گیرد (۲۱). حدود ۷۵ درصد دانه کنجد را پروتئین و چربی تشکیل می‌دهد. روغن کنجد از روغن‌های نیمه خشک و با مرغوبیت زیاد است و به موجب کیفیت

جهت گزینش متغیرهای با ارزش از بین تعداد زیادی صفت اندازه گیری شده به جهت تعیین صفاتی که بیشترین سهم را در تبیین عملکرد دارند استفاده می‌شود (۱۶). با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام می‌توان اثر صفات غیر مؤثر یا کم اثر روی عملکرد را در مدل رگرسیونی حذف نموده و تنها صفاتی را که میزان قابل توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند، شناسایی کرد (۱).

تاریخ کشت کنجد در ایران به ۴۰۰۰ سال قبل بر می‌گردد، ولی تحقیقات صورت گرفته روی این گیاه نسبت به سایر گیاهان خیلی کم می‌باشد (۲۳). با توجه به اهمیت روز افزون تنش خشکی و کاهش عملکرد دانه در این شرایط و با عنایت به اهمیت کشت دانه‌های روغنی به ویژه گیاه کنجد، تحقیق حاضر با هدف بررسی تعیین مهم‌ترین خصوصیات مورفولوژیکی مؤثر بر عملکرد کنجد در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش به منظور دستیابی به معیارهایی برای انتخاب، بهبود عملکرد دانه و روغن این گیاه در برنامه‌های به‌زراعی و به‌نژادی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، واقع در محمد شهر کرج اجرا گردید. اقلیم منطقه نیمه خشک با متوسط درجه حرارت و بارندگی سالانه به ترتیب ۱۴ درجه سانتی‌گراد و ۲۵۰ میلی‌متر گزارش شده است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آب مورد استفاده برای آبیاری مزرعه با pH حدود ۷/۵ و هدایت الکتریکی برابر ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر، کیفیت مطلوبی برای استفاده داشت.

و عوامل محیطی تاثیر زیادی بر عملکرد دارند. لذا گزینش غیر مستقیم عملکرد از طریق صفات مهم زراعی که توارث پذیری بالا و همبستگی بالایی با عملکرد دارند می‌تواند نسبت به گزینش مستقیم آن مؤثرتر باشد (۱۰).

شناخت درست روابط بین عملکرد و اجزای سازنده آن می‌تواند به‌طور چشمگیری کارایی برنامه به‌نژادی را از طریق انتخاب مناسب شاخص‌های انتخاب بهبود بخشد (۲۴). به عبارتی اگر اجزای مؤثر بر عملکرد که نسبت به خود عملکرد توارث پذیری بالاتری دارند و از طرفی همبستگی بالایی نیز با عملکرد دارند، با روش‌های آماری موجود شناسایی شوند می‌توانند به عنوان معیار انتخاب منجر به عملکرد دانه بالاتر شوند.

روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل اجزاء عملکرد وجود دارد که محقق بسته به هدف مطالعه، از بین آنها یکی را انتخاب می‌کند. روش‌های تجزیه واریانس، همبستگی ساده، مدل‌های رگرسیونی و تجزیه ضرایب مسیر برای تجزیه و تحلیل اجزاء عملکرد به کار می‌رود (۲۵). در برنامه‌های به‌نژادی بررسی روابط عملکرد و اجزای عملکرد و نحوه تأثیرگذاری آنها بر یکدیگر برای رسیدن به عملکرد بالا اهمیت خاصی دارد (۵).

همبستگی بین صفات ممکن است متخصصان به‌نژادی را در گزینش غیر مستقیم برای صفات مهم زراعی از طریق صفات دیگر که اندازه‌گیری آنها آسان‌تر است یاری نماید (۲۹). هر چند ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیکی در تعیین اجزای عملکرد مفید است ولی ارتباط صفات را به درستی بیان نمی‌کند و لازم است در برنامه‌های به‌نژادی اثرات مستقیم و غیرمستقیم بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه شناخته شود (۲۰ و ۲۹). از رگرسیون گام به گام

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Soil physical and chemical properties

رطوبت اشباع (درصد)	Saturation moisture (%)	36	رس (درصد)	Clay (%)	27
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	EC (dS/m)	2.22	سیلت (درصد)	Silt (%)	49
اسیدیته	pH	7.24	شن (درصد)	Sand (%)	24
مواد خنثی شونده (درصد)	T.N.V (%)	10	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Fe (mg/kg)	5.02
کربن آلی (درصد)	O.C (%)	0.58	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Zn (mg/kg)	0.32
نیتروژن کل (درصد)	Total N (%)	0.06	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Cu (mg/kg)	1.47
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Available P (mg/kg)	12.6	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Mn (mg/kg)	2.37
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	Available K (mg/kg)	256	بور (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	B (mg/kg)	0.94
بافت	Texture	C.L-L			

متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی ۸ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۶۰ سانتی‌متر لحاظ گردید. فاصله ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر، فاصله بذور روی ردیف ۸ سانتی‌متر در نظر و تراکم ۲۰ بوته در مترمربع گرفته شد.

برای آبیاری مزرعه از لوله‌های پلی‌اتیلنی همراه با تیپ‌های آبیاری قطره‌ای با یک کنتور حجمی برای اندازه‌گیری مقدار آب مصرف شده استفاده گردید. در این آزمایش آبیاری زمانی صورت گرفت که ۴۰ و ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب در رژیم آبیاری بدون تنش و تنش، بوسیله گیاه و یا تبخیر از سطح خاک تخلیه می‌گردید. تعیین مقدار رطوبت قابل استفاده نیز از تفاوت درصد حجمی رطوبت (در عمق توسعه ریشه) در نقطه ظرفیت زراعی (FC) از درصد حجمی رطوبت در نقطه پژمردگی دائمی (PWP) بدست آمد. مجموع آب مصرف شده در طول اجرای آزمایش برابر ۴۴۳۰ و ۲۴۳۰ مترمکعب در هکتار به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بود. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از دستگاه T.D.R مدل SOIL MOISTURE 6050 X1 ساخت شرکت

این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش دو عامل شامل رژیم آبیاری (عامل اصلی) و رقم (عامل فرعی) مورد بررسی قرار گرفتند. رژیم آبیاری در دو سطح شامل آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده در خاک (بدون تنش) و آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در خاک (تنش خشکی) در کرت‌های اصلی و تعداد ۶ رقم کنگد به نام‌های هلیل، دشتستان ۲، داراب ۱، اولتان، یلو وایت و ناز تک شاخه در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. شش رقم انتخاب شده مهمترین ارقام تجاری کنگد می‌باشند که تحت نظر موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، بذور طبقه مادری آنها تهیه و توزیع می‌گردد، ولی مستندات علمی درباره پاسخ این ارقام به تنش خشکی بویژه به وسیله روش‌های تجزیه چند متغیره در اختیار نیست، به این دلیل از این ارقام استفاده گردید.

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین، بذور کنگد در ۲۳ خرداد ماه در کرت‌های آزمایشی کشت شدند. هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به طول ۵

در هر مرحله از آبیاری، کرت‌ها به‌طور مساوی (بوسیله قرائت کنتور) به روش قطره‌ای آبیاری گردیدند. کود نیتروژن‌دار (اوره) به مقدار ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار، به صورت تقسیط شده در دو مرحله، یک دوم در مرحله سه تا چهار برگی کنجد و مابقی به صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت، در مرحله هفت تا ده برگی کنجد به کار برده شد. با توجه به کافی بودن مقادیر پتاسیم، فسفر و سایر عناصر ریز مغذی قابل دسترس خاک هیچ‌گونه کود دیگری مصرف نشد.

EQUIPMEN استفاده شد. داده‌های دستگاه T.D.R به‌طور روزانه یا یک روز در میان در طول دوره رشد گیاه ثبت گردید. قبل از اجرای آزمایش با نمونه‌گیری از اعماق مختلف خاک در زمان‌های متفاوت و از طریق روش وزنی، درصد حجمی رطوبت خاک تعیین گردید. سپس درصد حجمی رطوبت خاک در همین نقاط بوسیله دستگاه T.D.R اندازه‌گیری شد و یک معادله رگرسیونی بین دو سری از داده‌ها برآزش داده شد که برای کالیبره کردن دستگاه T.D.R مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۲- مقدار بارندگی و همچنین تغییرات ماهانه دمایی (در فصل کشت و میانگین دراز مدت)

Table 2- Rainfall as well as monthly temperature changes (in the growing season and long term average)

ماه Month	بارندگی (۱۳۹۵) Precipitation (2016) (mm)	بارندگی (میانگین سی سال گذشته) Precipitation (Average of last thirty years) (mm)	میانگین دما (۱۳۹۵) Average temperature (2016) (°C)	دما (میانگین سی سال گذشته) Temperature (Average of last thirty years) (°C)
خرداد June	0.3	8.3	24	24.1
تیر July	0.2	3.4	27.5	27.4
مرداد August	0	3.02	27.6	27.9
شهریور September	0	1.8	25.1	25.1
مهر October	0	12.7	18.2	19.5

جدول ۳- ویژگی ارقام مورد استفاده در آزمایش

Table 3- Cultivar characteristics used in this experiment

ارقام Cultivars	اولتان Oltan	داراب ۱ Darab1	دشتستان ۲ Dashtestan 2	ناز تک شاخه Naz Tak Shakheh	یلوایت Yellow white	هلیل Halil
سال معرفی Introduction year	۱۳۷۸ 1999	۱۳۸۸ 2009	۱۳۸۵ 2006	۱۳۸۰ 2001	۱۳۸۵ 2006	۱۳۹۲ 2013
مبدا Origin	توده محلی مغان Moghan local mass	توده محلی داراب Darab local mass	توده محلی دشتستان Dashtestan local mass	توده محلی مازندران Mazandaran local mass	کشور پاکستان Pakistn local mass	توده محلی جیرفت و کهنوج Jiroft and Kahnij local mass
شاخه‌بندی Branching	چند شاخه Several branches	چند شاخه Several branches	چند شاخه Several branches	تک شاخه Single branch	چند شاخه Several branches	چند شاخه Several branches
رنگ دانه Seed color	قهوه‌ای تیره Dark brown	قهوه‌ای روشن Light brown	قهوه‌ای روشن Light brown	کرم Cream	کرم روشن Light cream	قهوه‌ای Brown
وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	2.9-3.4	3-3.4	4	2.6-2.9	2.7-2.9	3.4

بررسی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در جدول ۴ مشخص گردیده است. در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، عملکرد ماده خشک و پس از آن عملکرد دانه بیشترین دامنه تغییرات را داشتند. بنابراین بین ارقام تنوع کافی از لحاظ این صفات وجود دارد. کمترین دامنه تغییرات مربوط به وزن هزار دانه بود. ارقام مورد بررسی اختلاف چندانی از نظر اکثر صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی کاهش یافتند. براساس گزارش‌ها با اعمال تنش کم‌آبی از مرحله گلدهی تا پایان فصل رشد، عملکرد، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (۱۱ و ۳).

ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات اندازه‌گیری شده روی ارقام مورد مطالعه نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در بین تمامی صفات، بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد روغن مشاهده گردید ($r=0.986^{**}$ و $r=0.989^{**}$) به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش خشکی. در شرایط بدون تنش همبستگی عملکرد دانه با صفات تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن مثبت و معنی‌دار بود. در همین شرایط بین عملکرد روغن با صفات عملکرد دانه، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد پروتئین همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی همبستگی عملکرد دانه با صفات عملکرد روغن و عملکرد پروتئین مثبت و معنی‌دار و با درصد پروتئین دانه منفی و معنی‌دار بود. همبستگی عملکرد روغن نیز با صفات عملکرد دانه و عملکرد پروتئین مثبت و معنی‌دار و با درصد پروتئین دانه منفی و معنی‌دار بود (جدول ۵).

در تاریخ ۲۰ مهرماه سال ۱۳۹۵ برداشت ارقام به‌صورت دستی و با داس از فاصله ۴ تا ۵ سانتی‌متری سطح زمین انجام گرفت. مساحت برداشت شده هر کرت از چهار ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر چهار مترمربع بود. جهت تعیین اجزاء عملکرد از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، ۴ بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و تعداد کپسول در بوته اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در کپسول از هر کرت ۲۰ کپسول به‌طور تصادفی انتخاب و پس از بوجاری و شمارش تعداد بذور موجود در آن‌ها، متوسط تعداد دانه در کپسول برای هر واحد آزمایشی مشخص شد. برای تعیین وزن هزار دانه نیز دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذور هر یک از کرت‌ها شمارش و توزین گردید و بر اساس آن، وزن هزار دانه محاسبه شد. پس از خشک کردن دانه‌ها، با استفاده از دستگاه (Minispec NMR (mq series, Bruker, Germany درصد روغن دانه اندازه‌گیری شد. از روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه اتوماتیک کجل تک اتو آنالایزر (Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator) غلظت نیتروژن کل در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری شد. سپس درصد پروتئین دانه از حاصل ضرب درصد نیتروژن دانه در ۶/۲۵ بدست آمد. پس از جمع‌آوری کامل داده‌ها، تجزیه‌های آماری شامل تجزیه همبستگی، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت با نرم افزار SPSS نسخه ۲۳، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نمودارهای دو بعدی با نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۷ انجام شد. اطلاعات شرایط اقلیمی منطقه در جدول ۲ و خصوصیات ارقام کشت شده در جدول ۳ بیان شده است.

نتایج و بحث

مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین صفات مورد

جدول ۴- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین صفات در کنجد در شرایط تنش خشکی و بدون تنش

صفات Traits	واحد Unit	بدون تنش Non-stress			تنش stress		
		حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean
عملکرد دانه Seed Yield	کیلوگرم درهکتار kg.ha ⁻¹	617.00	2339.00	1521.43	320.90	827.50	612.69
عملکرد ماده خشک Biological Yield	کیلوگرم درهکتار kg.ha ⁻¹	5160.00	9560.00	7672.22	3760.00	5880.00	4894.78
ارتفاع گیاه Plant Height	سانتی متر cm	107.00	154.00	136.80	81.25	130.00	106.16
تعداد شاخه های فرعی Number of Secondary Branches	عدد No.	0.00	11.00	5.60	0.00	6.50	4.52
تعداد کپسول در گیاه Number of Capsule per Plant	عدد No.	40.00	121.00	76.17	28.25	79.00	52.91
تعداد دانه در کپسول Number of Seed per Capsule	عدد No.	48.30	75.08	59.68	25.27	54.93	40.70
وزن هزار دانه 1000 Seed Weight	گرم g	2.15	3.42	2.67	1.56	1.41	2.96
درصد روغن دانه Oil Percent	درصد %	45.58	59.65	54.08	47.31	55.17	50.29
عملکرد روغن Oil Yield	کیلوگرم درهکتار kg.ha ⁻¹	281.18	1231.95	826.50	156.65	456.55	305.68
درصد پروتئین دانه Seed Protein Percent	درصد %	22.03	32.94	27.18	24.87	30.50	27.47
عملکرد پروتئین Protein Yield	کیلوگرم درهکتار kg.ha ⁻¹	167.23	650.74	417.86	92.584	251.931	164.59

تعداد کپسول و عملکرد بیولوژیک اثر مثبت و معنی دار بر عملکرد دانه داشتند (۴). در گزارشات دیگری بیان شده است که عملکرد دانه در کنجد به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه بستگی دارد و افزایش دفعات آبیاری به طور معنی داری تعداد دانه در کپسول را در کنجد افزایش می دهد (۸). زینلی و همکاران (۲۰۰۶) در آزمایشی که در شرایط بدون تنش روی کنجد انجام دادند، گزارش کردند که

در شرایط تنش خشکی تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه تاثیر مثبتی بر عملکرد دانه و عملکرد روغن نداشت، در حالی که اثر این صفات در شرایط بدون تنش بر عملکرد دانه و روغن مثبت بوده است. در مطالعه روی ۱۲ ژنوتیپ کنجد در دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش، در شرایط بدون تنش صفات تعداد برگ در بوته، وزن هزار دانه و وزن کپسول بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. در شرایط تنش آبیاری صفات

عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی داری با تعداد کپسول در گیاه می باشد (۳۰). در پژوهش دیگری بر توده های گیاه کنجد در شرایط همزیستی با دو گونه فارچ میکوریزا، نتایج تجزیه همبستگی

مجموع داده های آزمایش (بدون تنش، تنش ملایم و شدید) نشان داد که عملکرد دانه با عملکرد روغن و پروتئین همبستگی مثبت و معنی دار داشت (۱۲ و ۱۳) که با نتایج این تحقیق منطبق است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 5- Correlation coefficients between traits under non-stress and drought stress condition

صفات Variable	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد ماده خشک Biological yield	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد شاخه های فرعی Secondary branches	تعداد کپسول در گیاه Number of capsule per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seed per plant	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	درصد روغن Oil (%)	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد پروتئین Protein yield
SY	1	0.178	0.265	0.223	0.609**	0.563**	0.423*	0.285	0.989**	0.080	0.916**
BY	0.375	1	0.245	0.116	0.223	-0.015	0.678**	0.480*	0.239	0.145	0.201
PH	0.048	-0.194	1	0.593**	-0.254	0.228	-0.057	-0.023	0.139	-0.642**	0.083
SB	-0.365	-0.162	0.332	1	-0.201	0.288	0.051	0.271	0.259	-0.771**	-0.100
NC	0.169	-0.375	0.460*	0.263	1	0.103	0.437*	0.137	0.595**	0.505*	0.746**
NSC	-0.103	0.312	-0.164	-0.066	-0.093	1	0.246	-0.174	0.511*	-0.107	0.462*
1000 SW	0.155	0.120	0.148	-0.136	0.631**	0.186	1	0.547**	0.493*	0.028	0.411*
OP	0.415	0.115	0.452	0.212	0.050	-0.209	-0.312	1	0.416	-0.085	0.717**
OY	0.947**	0.378	0.199	-0.282	0.125	-0.180	0.011	0.590**	1	0.048	0.892**
PP	-0.478*	-0.044	-0.502*	-0.441*	-0.298	0.361	0.102	-0.645**	-0.564**	1	0.461*
PY	0.915**	0.425	-0.005	-0.531*	0.046	-0.077	0.093	0.312	0.929**	-0.258	1

قسمت بالا و پایین قطر جدول به ترتیب همبستگی در حالت بدون تنش و تنش خشکی.

* و **: به ترتیب همبستگی معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

The top and bottom parts of table's diameter are the correlations in non-stress and drought stress conditions, respectively.

*and **: significant correlation at the 5 % and 1 % of probability levels, respectively

SY: عملکرد دانه، BY: عملکرد ماده خشک، PH: ارتفاع گیاه، SB: تعداد شاخه های فرعی، NC: تعداد کپسول در گیاه، NSC: تعداد دانه در

کپسول، 1000SW: وزن هزار دانه، OP: درصد روغن دانه، OY: عملکرد روغن، PP: درصد پروتئین دانه، PY: عملکرد پروتئین

SY: Seed Yield, BY: Biological Yield, PH: Plant Height, SB: Secondary Branches, NC: Number of Capsule per Plant, NSC: Number of Seed per Capsule, 1000SW: 1000 Seed Weight, OP: Oil Percent, OY: Oil Yield, PP: Seed Protein Percent, PY: Protein Yield

مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۷). در پژوهش دیگری روی ۹۶ ژنوتیپ کنجد تعداد کپسول در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (۱۹). در آزمایش زینلی و همکاران (۲۰۰۶) روی ژنوتیپ های کنجد در شرایط بدون تنش نتایج رگرسیون مرحله ای نشان داد که صفات تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول، تعداد گره ساقه اصلی و وزن صد دانه طی چهار مرحله وارد مدل شده و

بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام در شرایط بدون تنش، به ترتیب صفات تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و درصد روغن، به عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر عملکرد دانه در سه مرحله وارد مدل نهایی شدند. این صفات در مجموع ۶۵/۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند (جدول ۶). همچنین تعداد دانه در کپسول و پس از آن تعداد کپسول در گیاه و درصد روغن به ترتیب بیشترین اثر

در پژوهش دیگری نتایج رگرسیون گام به گام صفت وابسته عملکرد در هشت جمعیت کنجد نشان داد که صفات تعداد کپسول در گیاه، وزن هزار دانه و وزن دانه در کپسول ۸۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را شامل شدند (۱۸).

بیشترین تغییرات عملکرد دانه را شامل شدند ولی در نهایت وزن صد دانه در مدل باقی ماند و ۷۳ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. تعداد کپسول در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه اثر مستقیم مثبت و معنی داری بر عملکرد تک بوته‌ها داشتند (۳۰).

جدول ۶- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه کنجد به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط بدون تنش
Table 6- Stepwise regression stages for sesame seed yield as a dependent variable and other traits as independent variables under non-stress conditions

متغیر اضافه شده به مدل Added variable to model	مراحل رگرسیون گام به گام Stepwise regression stages		
	1	2	3
عرض از مبدأ Intercept	500.46	-1011.19	-3454.95*
تعداد کپسول در گیاه Number of capsule per plant	13.40**	12.26**	11.17**
تعداد دانه در کپسول Number of seed per plant	-	26.79**	29.97**
درصد روغن Oil (%)	-	-	43.21*
ضریب تبیین اصلاح شده (درصد) Adjusted R ² (%)	33.1	57.3	65.6

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*and **: significant at the 5 % and 1 % of probability levels, respectively

جدول ۷- تجزیه علیت برای عملکرد دانه کنجد در شرایط بدون تنش

Table 7- Path analysis for seed yield under non-stress conditions

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم Indirect effect			اثر کل (همبستگی) Total effect (Correlation)
		تعداد کپسول در گیاه Number of capsule per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seed per plant	درصد روغن Oil (%)	
تعداد کپسول در گیاه Number of capsule per plant	0.508**	-	0.058	0.043	0.609**
تعداد دانه در کپسول Number of seed per plant	0.565**	0.052	-	-0.054	0.563**
درصد روغن Oil (%)	0.314*	0.070	-0.099	-	0.285

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*and **: significant at the 5 % and 1 % of probability levels, respectively

توجیه کردند (جدول ۸). درصد پروتئین دانه و تعداد شاخه‌های فرعی به ترتیب بیشترین اثر مستقیم و منفی را بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۹).

در شرایط تنش خشکی صفات درصد پروتئین دانه و تعداد شاخه‌های فرعی طی دو مرحله وارد مدل شدند و ۵۹/۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را

جدول ۸- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه کنجد به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در شرایط تنش خشکی

Table 8- Stepwise regression stages for sesame seed yield as a dependent variable and other traits as independent variables under drought stress conditions

متغیر اضافه شده به مدل Added variable to model	Stepwise regression stages گام به گام	
	1	2
عرض از مبدأ Intercept	1720.07**	2676.15**
درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	-40.31**	-66.96**
تعداد شاخه‌های فرعی Secondary branches	-	-49.57**
ضریب تبیین اصلاح شده (درصد) Adjusted R ² (%)	18.0	59.3

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*and **: significant at the 5 % and 1 % of probability levels, respectively

جدول ۹- تجزیه علیت برای عملکرد دانه کنجد در شرایط تنش خشکی

Table 9- Path analysis for seed yield of sesame under drought stress conditions

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم Indirect effect		اثر کل (همبستگی) Total effect (Correlation)
		درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	تعداد شاخه‌های فرعی Secondary branches	
درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	-0.794**	-	0.316	-0.478*
تعداد شاخه‌های فرعی Secondary branches	-0.716**	0.351	-	-0.365

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*and **: significant at the 5 % and 1 % of probability levels, respectively

ارتفاع بوته، ارتفاع شاخه‌بندی، ارتفاع زاینده، ارتفاع زاینده کپسول، طول دوره رویشی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد روغن، همبستگی درصد روغن تنها با وزن هزار دانه و طول دوره رویشی مثبت و معنی‌دار بود (۲۶). در پژوهش دیگری که روی ۹۶ ژنوتیپ کنجد انجام شد وزن دانه هر کپسول بیشترین اثر مستقیم مثبت و قطر کپسول بیشترین اثر مستقیم منفی را بر درصد روغن داشت (۱۹). در گیاه کلزا نیز عملکرد روغن با هیچ یک از صفات اندازه گیری شده در آزمایش شامل صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف همبستگی نداشت (۱۴). بنابراین ممکن است صفات دیگری غیر از صفات مورد بررسی در این آزمایش مانند صفات فیزیولوژیک،

در نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای صفت وابسته درصد روغن مشاهده شد که در شرایط بدون تنش در بین صفات مورد بررسی فقط صفت وزن هزار دانه وارد مدل شد و ۲۵/۶ درصد تغییرات عملکرد روغن را توجیه نمود. اثر مستقیم این صفت (ضریب استاندارد) بر درصد روغن مثبت بود (جدول ۱۰). در شرایط تنش در اولین مرحله رگرسیون گام به گام درصد پروتئین بذریه نهایی مهم‌ترین متغیری بود که ۳۸ درصد تغییرات درصد روغن را تبیین نمود (جدول ۱۱). در پژوهشی که روی ۱۶ ژنوتیپ کنجد (۱۴ لاین برتر به همراه رقم اولتان و توده محلی بیرجند) انجام شد. در بین صفات مورد بررسی شامل درصد سبزی کردن، تعداد گل در محور، تعداد شاخه فرعی، طول کپسول، تعداد کپسول در بوته، ارتفاع اولین کپسول،

صفات فنولوژیک و یا صفات بیوشیمیایی بر درصد روغن دانه کنجد تاثیر داشته باشند.

جدول ۱۰- مراحل رگرسیون گام به گام برای درصد روغن کنجد به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در شرایط بدون تنش

Table 10- Stepwise regression stages for oil yield of sesame as a dependent variable and other traits as independent variables under non-stress conditions

متغیر اضافه شده به مدل Added variable to model	ضرایب غیر استاندارد Unstandardized Coefficients	ضرایب استاندارد Standardized Coefficients
عرض از مبدأ Intercept	41.319**	-
وزن هزار دانه 1000 SW	4.775*	0.547**
ضریب تبیین اصلاح شده (درصد) Adjusted R ² (%)	25.6	

* و ** به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*and **: significant at the 5 % and 1 % of probability levels, respectively

جدول ۱۱- مراحل رگرسیون گام به گام برای درصد روغن کنجد به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل

در شرایط تنش خشکی

Table 11- Stepwise regression stages for oil yield of sesame as a dependent variable and other traits as independent variables under drought stress conditions

متغیر اضافه شده به مدل Added variable to model	ضرایب غیر استاندارد Unstandardized Coefficients	ضرایب استاندارد Standardized Coefficients
عرض از مبدأ Intercept	73.63	-
درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	0.849	0.645
ضریب تبیین اصلاح شده (درصد) Adjusted R ² (%)	38.0	

گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی و درصد پروتئین دانه بود که سه صفت اول دارای ضرایب منفی بالا و درصد پروتئین دانه دارای ضریب مثبت بالا در این مؤلفه بودند. این مؤلفه نیز مربوط به رشد رویشی می‌باشد. بنابراین با گسترش شاخ و برگ و ارتفاع گیاه درصد پروتئین دانه کاهش پیدا می‌کند. در مؤلفه سوم صفات عملکرد ماده خشک و وزن هزار دانه دارای ضرایب منفی بالا و تعداد دانه در کپسول در گیاه دارای ضریب مثبت بالا بودند. این مؤلفه هم مربوط به عملکرد ماده خشک و دانه‌های گیاه می‌باشد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ۱۰۵ جمعیت کنجد در شرایط بدون تنش نشان داد که چهار مؤلفه حدود ۶۵ درصد از تغییرات را توجیه نمودند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات اندازه گیری شده ارقام مورد بررسی در شرایط بدون تنش (جدول ۱۲) و تنش خشکی (جدول ۱۳) انجام شد و نمودار دو بعدی براساس دو مؤلفه اول رسم گردید (شکل ۱ و ۲). در شرایط بدون تنش سه مؤلفه که دارای ریشه مشخصه بزرگتر از یک بودند ۹۱/۷ درصد از تغییرات را توجیه نمودند.

صفات عملکرد دانه، تعداد کپسول، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین همبستگی بالایی با مؤلفه اصلی اول داشتند. بنابراین این مؤلفه مربوط به عملکرد دانه، روغن و پروتئین است. در تجزیه همبستگی نیز بین این صفات همبستگی بالایی مشاهده شد. مؤلفه اصلی دوم شامل صفات عملکرد ماده خشک، ارتفاع

جدول ۱۲- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات کنگد در شرایط بدون تنش

Table 12- Principal components analysis for traits of sesame under non-stress conditions

صفات	Traits	مؤلفه اول First Principal Components	مؤلفه دوم Second Principal Components	مؤلفه سوم Third Principal Components
عملکرد دانه	Seed yield (SY)	<u>0.423</u>	-0.115	0.151
عملکرد ماده خشک	Biological yield (BY)	0.061	<u>-0.420</u>	<u>-0.595</u>
ارتفاع گیاه	Plant height (PH)	-0.188	<u>-0.441</u>	0.131
تعداد شاخه‌های فرعی	Number of secondary branches (SB)	-0.126	<u>-0.473</u>	0.384
تعداد کپسول در گیاه	Number of capsule per plant (NC)	<u>0.432</u>	0.063	-0.112
تعداد دانه در کپسول	Number of seed per capsule (NSC)	0.298	-0.218	<u>0.453</u>
وزن هزار دانه	1000 seed weight (1000 SW)	0.257	-0.347	<u>-0.457</u>
عملکرد روغن	Oil Yield (OY)	<u>0.410</u>	-0.161	0.108
درصد پروتئین دانه	Seed protein percent (SNP)	0.265	<u>0.440</u>	-0.071
عملکرد پروتئین	Protein yield (PY)	<u>0.432</u>	0.019	0.119
مقدار ویژه	Eigen value	5.11	2.84	1.22
درصد واریانس	Percentage of variance	0.511	0.284	0.122
درصد تجمعی واریانس	Cumulative percentage of variance	0.511	0.795	0.917

روغن و عملکرد پروتئین همبستگی بالایی با مؤلفه اول داشتند. بنابراین این مؤلفه مربوط به عملکرد دانه، روغن و پروتئین است. صفات ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی همبستگی بالایی با مؤلفه دوم داشتند و این مؤلفه مربوط به رشد رویشی می‌باشد. صفات تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه همبستگی بالا ولی منفی با مؤلفه سوم داشتند و این مؤلفه نیز مربوط به صفات دانه می‌باشد. وزن خشک گیاه و تعداد دانه در کپسول نیز همبستگی بالایی با مؤلفه چهارم داشتند. این مؤلفه هم مؤلفه عملکرد ماده خشک و تعداد دانه نام‌گذاری گردید.

ارتفاع گیاه، روز تا گلدهی، تعداد کپسول در گیاه و عملکرد دانه در بوته عوامل تعیین کننده تنوع ژنتیکی در مجموعه بودند. مؤلفه اول شامل صفات روز تا شروع گلدهی، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه، مؤلفه دوم شامل صفات شاخه‌های اولیه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه گیاه، مؤلفه سوم شامل روز تا شروع گلدهی، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا رسیدگی، طول کپسول و عملکرد دانه و مؤلفه چهارم شامل صفات روز تا رسیدگی و طول کپسول بود (۲). در شرایط تنش خشکی صفات عملکرد دانه، عملکرد

جدول ۱۳- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات کنجد در شرایط تنش خشکی

Table 13- Principal components analysis for traits of sesame under drought stress conditions

صفات	Traits	مؤلفه اول First Principal Components	مؤلفه دوم Second Principal Components	مؤلفه سوم Third Principal Components	مؤلفه چهارم Fourth Principal Components
عملکرد دانه	Seed yield (SY)	<u>0.487</u>	-0.179	0.042	0.140
عملکرد ماده خشک	Biological yield (BY)	-0.141	0.078	0.215	<u>0.790</u>
ارتفاع گیاه	Plant Height (PH)	0.219	<u>0.522</u>	0.011	0.026
تعداد شاخه‌های فرعی	Number of secondary branches (SB)	-0.121	<u>0.537</u>	0.146	0.163
تعداد کپسول در گیاه	Number of capsule per plant (NC)	0.213	0.353	<u>-0.502</u>	-0.080
تعداد دانه در کپسول	Number of seed per capsule (NSC)	-0.197	-0.198	<u>-0.414</u>	<u>0.516</u>
وزن هزار دانه	1000 Seed weight (1000 SW)	0.116	0.103	<u>-0.666</u>	0.098
عملکرد روغن	Oil yield (OY)	<u>0.492</u>	-0.130	0.099	0.150
درصد پروتئین دانه	Seed protein percent (SNP)	-0.382	-0.330	-0.232	-0.112
عملکرد پروتئین	Protein yield (PY)	<u>0.442</u>	-0.316	-0.022	0.108
مقدار ویژه	Eigen value	3.75	2.54	1.97	1.170
درصد واریانس	Percentage of variance	0.375	0.254	0.197	0.117
درصد تجمعی واریانس	Cumulative percentage of variance	0.375	0.629	0.826	0.943

اول قرار می‌گیرند به ترتیب دارای ارتباط مثبت و منفی با این مؤلفه هستند. طول بردارها نیز میزان رابطه و همبستگی بین بردار صفات و مؤلفه را نشان می‌دهد. به همین ترتیب بردارهای صفاتی که در بالا و پایین محور افقی یا به عبارتی مؤلفه دوم قرار دارند به ترتیب دارای ارتباط مثبت و منفی با این مؤلفه هستند و هرچه زاویه بین محور هر مؤلفه با بردار صفت کمتر باشد همبستگی آن صفت با مؤلفه بیشتر است.

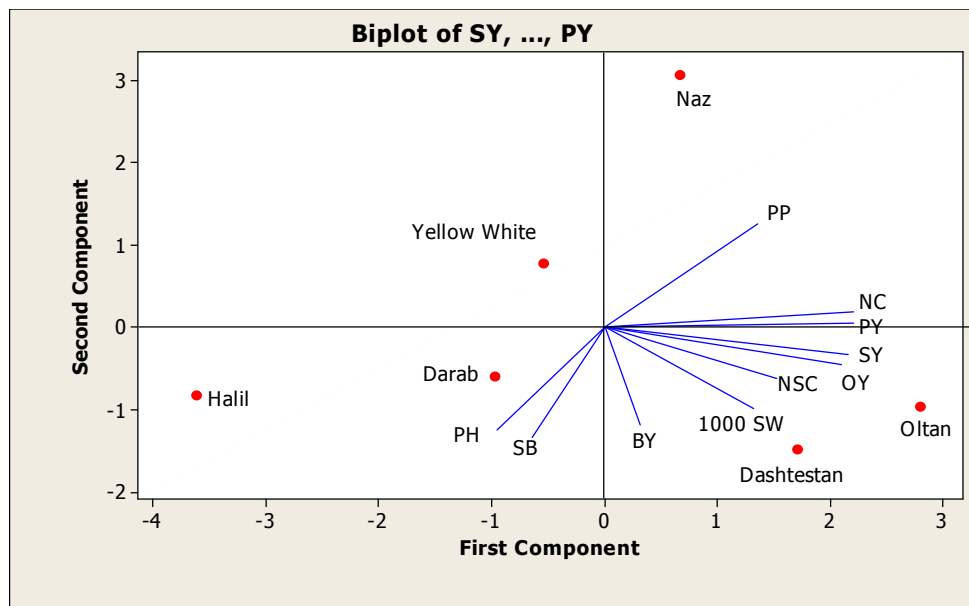
در شرایط بدون تنش صفات عملکرد دانه، تعداد کپسول، عملکرد روغن، عملکرد پروتئین، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه دارای بردارهای با زاویه حاده کوچکتری نسبت به سایر صفات می‌باشند

در نمودار دو بعدی زاویه حاده بین بردارهای صفات نشان می‌دهد که همبستگی بالایی بین این صفات وجود دارد. به عبارتی جهت نمودارها برای صفات مرتبط با هم در یک جهت و همسو بوده و برای صفاتی که رابطه عکس دارند غیر همسو می‌باشد. ژنوتیپ‌هایی که در مجاورت یا در امتداد بردارها قرار دارند، از نظر آن صفات در وضعیت بهتری نسبت به سایر صفات می‌باشند. اگر بای پلات را به وسیله دو محور عمود بر هم به چهار قسمت تقسیم کنیم و مؤلفه اصلی اول محور عمودی باشد و مؤلفه اصلی دوم را محور افقی در نظر بگیریم. بردارهایی که در سمت راست و چپ مؤلفه اصلی

همبستگی مثبت و بالای این صفات با این مؤلفه است. در حالی که بردار درصد پروتئین دانه که در سمت مخالف قرار دارد دارای همبستگی بالا و منفی با مؤلفه اول است. پس در شرایط تنش ارقام داراب و دشتستان عملکرد بیشتری نسبت به سایر ارقام داشتند. در پژوهشی به منظور بررسی تحمل تنش خشکی در ده رقم کنگد تجزیه کلاستر، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودار دو بعدی بر اساس ده رقم کنگد و هشت شاخص تحمل به خشکی انجام شد. نتایج نشان داد رقم اولتان بر محصول و متحمل به تنش خشکی است در حالی که رقم یلووایت حساس ترین رقم نسبت به تحمل خشکی بود. در شرایط تنش خشکی این آزمایش ارقام هلیل، اولتان و یلووایت بر اساس مؤلفه اول که مؤلفه عملکرد دانه، روغن و پروتئین نام گذاری شده بود وضعیت مطلوبی نداشتند (۷).

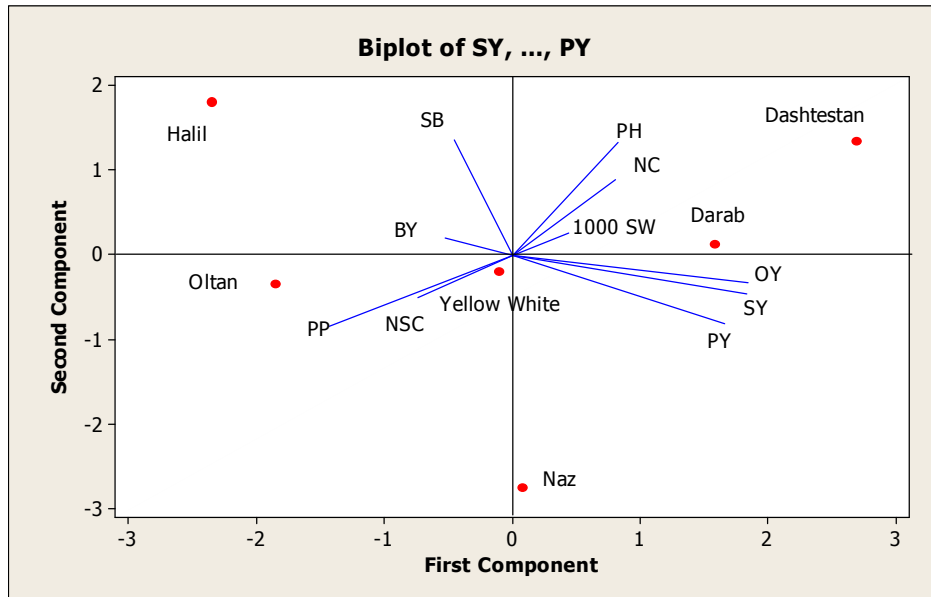
(شکل ۱) و همانطور که در جدول تجزیه همبستگی (جدول ۵ - اعداد بالای قطر) مشاهده شد این صفات دارای همبستگی بالایی نیز با یکدیگر هستند در حالی که بردارهای صفات ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی که در سوی مخالف قرار دارند نشان می‌دهند که بین این صفات و صفات قبلی رابطه‌ای وجود ندارد. شکل یک همچنین نشان می‌دهد که ارقام اولتان و دشتستان که به بردارهای عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین نزدیک‌تر هستند و با مؤلفه اول زاویه حاده کوچکی دارند، از نظر عملکرد دانه، روغن و پروتئین در وضعیت بهتری نسبت به سایر ارقام می‌باشند.

در شرایط تنش خشکی نیز بین بردارهای صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین و خط افقی که از محور مختصات عبور می‌کند (مؤلفه اول) زاویه حاده کوچکی وجود دارد که نشان دهنده



شکل ۱- نمودار دو بعدی صفات مورد بررسی در ۶ رقم کنگد براساس دو مؤلفه اول در شرایط بدون تنش

Figure 1- Biplot of evaluated traits in 6 sesame cultivars based on two first components under non-stress conditions



شکل ۲- نمودار دو بعدی صفات مورد بررسی در ۶ رقم کنجد براساس دو مؤلفه اول در شرایط تنش خشکی

Figure 2- Biplot of evaluated traits in 6 sesame cultivars based on two first components under drought stress conditions

اصلی نشان داد که در شرایط بدون تنش صفات عملکرد دانه، تعداد کپسول، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین همبستگی بالایی با مؤلفه اول داشتند. در شرایط تنش خشکی هم صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین همبستگی بالایی با مؤلفه اول داشتند. با افزایش عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین در واحد سطح نیز افزایش می‌یابد، پس برای افزایش عملکرد روغن می‌بایست از طریق افزایش عملکرد اجزاء مؤثر بر آن اقدام نمود. در برنامه‌های به‌نژادی صفت عملکرد مطلوب محققین می‌باشد و سعی بر این است که با تغییر و اصلاح صفاتی که ارتباط نزدیکی با هم و با عملکرد دارند بتوان صفت عملکرد را بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری کلی

در شرایط بدون تنش، به‌ترتیب صفات تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در گیاه و درصد روغن به‌عنوان متغیرهای تاثیرگذار مثبت بر عملکرد دانه بودند. صفت وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر درصد روغن داشت. بنابراین در شرایط بدون تنش ارقامی که دارای مقادیر بالایی برای این صفات باشند، دارای عملکرد دانه و روغن بالاتری خواهند بود. در شرایط تنش خشکی صفات درصد پروتئین دانه و تعداد شاخه‌های فرعی به ترتیب دارای بیشترین اثر منفی بر عملکرد دانه بودند. بنابراین ارقامی که در شرایط تنش عملکرد دانه کمتری داشتند درصد پروتئین دانه بیشتری داشتند. همچنین در شرایط تنش خشکی درصد پروتئین دانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر درصد روغن داشتند. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های

References

1. Agrama, H.A.S. 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. *Plant Breed.* 115: 343-346.
2. Akbar, F., Rabbani, M.A., Shinwari, Z.K., and Khan, S.J. 2011. Genetic

divergence in sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces based on qualitative and quantitative traits. *Pakistan J. Bot.* 43: 6. 2737-2744.

3. Asghari, A., Dargahi, Y., Rasulzadeh, A., and Ahmadian, M. 2013. Study of sesame (*Sesame indicum* L.) cultivars

- based on morphological characteristics under water deficit stress condition using factor analysis. Iran. J. Filed Crop Sci. 11: 4. 593-607. (In Persian)
4. Askari, A., Zabet, M., Ghaderi, M.G., Samadzadeh, A.R., and Shorvazdi, A. 2016. Choose the most important traits affecting on yield of some sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in normal and stress conditions. J. Crop Breed. 8: 18. 78-87. (In Persian)
 5. Blum, A. 2010. Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer press, New York, 272 p.
 6. Costa, J.M., Ortuno, M.F., Lopes, C.M., and Chaves, M.M. 2012. Grapevine varieties exhibiting differences in stomatal response to water deficit. Funct. Plant Biol. 39: 179-189.
 7. Dargahi, Y., Asghari, A., Shokrpour, M., Rasulzadeh, A., Garib Eshgi A., and Shiri, M.R. 2011. Evaluation of water stress tolerance in sesame varieties based on tolerance indices. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 21: 3. 111-133. (In Persian)
 8. Dilip, K., Ajumdar, M., and Roy, S. 1991. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation, row spacing and plant population. Indian J. Agro. 37: 758-762.
 9. Dini-Torkamani, M.R., and Carapetion, J. 2008. An Investigation of physical and chemical characteristics of seed in ten Sesame (*Sesamum indicum* L.) Varieties. Iran. J. Biol. 20: 4. 327-333. (In Persian)
 10. Falconer, D.S. 1960. Introduction to quantitative genetics. The Ronald press company, New York, 365p.
 11. Farahbakhsh, S., and Farahbakhsh, H. 2014. Effect of drought stress on yield and yield components of sesame cultivars under kerman condition (*Sesamum indicum* L.). Iran. J. Field Crops Res., 12: 4. 776-783. (In Persian)
 12. Gholinezhad, E. 2017a. Effect of two species mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces in different levels of drought stress. Iran. J. Field Crops Res. 15: 1. 150-167. (In Persian)
 13. Gholinezhad, E. 2017 b. Using the productivity effort, quantity and quality yield to identify sesame tolerant landraces to drought in symbiosis with mycorrhiza. Elect. J. Crop Prod. 10: 1. 75-94. (In Persian)
 14. Hatamzadeh, H. 2011. Determining of effective traits on rapeseed seed yield under semi cold rainfed conditions. Iran. J. Field Crops Res. 9: 2. 248-257. (In Persian)
 15. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M.A., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. Colloids Surf. B: Bio interfaces, 61: 298-303.
 16. Johnson, R.A., and Wichern, D.W. 1996. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall press, India. 773p.
 17. Khajepur, M.R. 1999. Production of industrial crops. Jahad-e-Daneshgahi press. 272p. (In Persian)
 18. Manivannan, N., Alagarsamy, R., Ganesa, J., and Sivasubra-manian, V. 1993. Multiple regression analysis in sesame. Sesame and safflower News Letter. 8: 58-59.
 19. Masoudi, B. 2019. An evaluation of the relationship between seed yield and oil percentage with some important agronomic traits in sesame by using path analysis and principal component analysis. Iran. J. Field Crops Res. 17: 1. 99-110. (In Persian)
 20. Moosavi, S.S., Abdollahi, M.R., Ghanbari, F., and Kanouni, H. 2016. Detection and selection of effective traits on seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under normal moisture condition. J. Plant Prod. 39: 1. 119-131. (In Persian)
 21. Morris, J.B. 2002. Food, industrial nutraceutical and pharmaceutical uses of sesame genetic resources. In: Trends in New Crops and New Uses, Janick, J., and Whipkey A. (Eds.). ASHS Press, Alexandria, V.A. Pp: 153-156.
 22. Omidi, A.H. 2009. Effect of Drought Stress at Different Growth Stages on Seed Yield and some Agro-physiological Traits of Three Spring Safflower Cultivars. Seed and Plant Prod. J. 25: 1. 15-25. (In Persian)
 23. Parsaeian, M., Mirlohi, A., and Saeedi, G. 2011. Study of genetic variation in

- sesame (*Sesamum indicum* L.) using agro-morphological traits and ISSR markers. Russ. J. Genet. 47: 3. 314-321.
24. Rafiq, C.M., Rafique, M., Hussain, A., and Altaf, M. 2010. Studies on heritability, correlation and path analysis in maize (*Zea mays* L.). J. Agric. Res. 48: 35-38.
25. Rahimi, M.H., Houshmand, S., and Khodambashi, M. 2016. Determination of the most important agronomic traits affecting seed yield in lentil (*Lens culinaris* Medik.) recombinant inbred lines. Iran. J. Crop Sci. 18: 2. 161-177. (In Persian)
26. Ramazani, S.H.R., and Mansouri, S. 2017. Relationships of Quantitative Traits in Advanced Lines of Sesame. J. Crop Breed. 9: 23. 58-66. (In Persian)
27. Suja, K.P., Abraham, J.T., Thamizh, S.N., Jayalekshmy, A., and Arumughan, C. 2004. Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. Food Chem. 84: 393-400.
28. Ucan, K., Killi, F., Gencoglan, C., and Merdun, H. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesame indicum* L.) under field conditions. J. Field Crops Res. 101: 249-258.
29. Zahedi, F., Mohammadi, M., Nabati Ahmadi, D., and Karimizadeh, R. 2016. Path analysis to study morpho-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain fed condition. J. Plant Prod. 39: 2. 71-89. (In Persian)
30. Zeinali, H., Mirlohi, A., and Safaii, L. 2006. Evaluation of relationship between grain yield and yield components in sesame (*Sesamum indicum* L.). Res. Agri. Sci. 2: 1-9. (In Persian)

