نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۶۰۷-۵۹۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No.4, Winter. 2014, p. 593-607

ارزیابی صفات مورفولوژیک ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها

علی اصغری[1*]- یاور درگاهی [2]- علی رسول‌زاده [3]- مریم احمدیان [4]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۹/۱۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۷/۷

چکیده

به منظور گروه‌بندی ارقام کنجد از نظر صفات مورفولوژیک تحت شرایط تنش کم‌آبی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی پارس آباد اجرا گردید. در این آزمایش آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح (۱۰۰ (شاهد)، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و ده رقم کنجد به عنوان عامل فرعی مورد بررسی قرار گرفت. برای محاسبه نیاز آبی کنجد از نرم افزار CROPWAT (روش پنمن-مانتیث) مطابق روش فائو-۵۶ استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که بین سطوح آبیاری و رقم‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اثر تنش کم‌آبی، عملکرد و اکثر صفات مورد مطالعه کاهش می‌یابد. در اکثر صفات، بیشترین مقدار در تیمار آبیاری کامل بدست آمد. در تیمار آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی، صفات مقدار کلروفیل برگ، طول ریشه، تعداد انشعابات ریشه و نسبت طول ریشه به ارتفاع بوته بیشترین مقدار را داشت. ارقام کرج۱، اولتان، ناز چند شاخه و IS در اکثر صفات در شرایط تنش و بدون تنش، برتر از ارقام دیگر بودند. در تجزیه به عامل‌ها در شرایط بدون تنش و تنش ۵ و ۴ عامل اول به ترتیب ۹۱/۳۶ و ۸۹/۵۲ درصد از تغییرات صفات را توجیه کردند. گروه‌بندی ارقام کنجد بر اساس اولین و دومین عامل در شرایط بدون تنش نشان داد که ارقام کرج۱، اولتان و ناز چندشاخه بهتر از ارقام دیگر بودند و در شرایط تنش، ارقام کرج۱ و اولتان به عنوان ارقام متحمل به تنش کم‌آبی و دارای خصوصیات مورفولوژیک مطلوب گروه‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تنش کم‌آبی، کنجد، نیاز آبی

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که آثار مخرب و زیان‌آوری روی مراحل مختلف رشدی گیاه، ساختار، اندام و فعالیت آنها دارد. تنش خشکی بر کلیه جنبه‌های رشد و نمو گیاه، به میزان مساوی اثر نمی‌گذارد. بعضی از فرایندها، نسبت به افزایش تنش خشکی خیلی حساس هستند. در حالی‌که، سایر فرایندها کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند (۲۶).

کنجد (*Sesamum indicum* L.) محصول خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است و معمولاً با تنش خشکی در طول فصل زراعی مواجه می‌شود. در تحقیقات متعددی گزارش شده است که در گیاه کنجد 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 (۳۱، ۳۲، ۳۳ و ۴۰). مقنی‌باشی و همکاران (۲۲) گزارش کردند که رژیم‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد روز تا سبز شدن، ۵۰ درصد گلدهی، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک نداشت. ولی تأثیر رژیم‌های آبیاری بر ارتفاع بوته و تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در رژیم آبیاری ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی و کمترین آن در رژیم آبیاری ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی بدست آمد. مهرابی و همکاران (۲۳) در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد ۴ رقم کنجد تحت تنش کم‌آبی به این نتیجه رسیدند که تأثیر رژیم آبیاری بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه در

۱ و ۲- دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email: ali_asgharii@yahoo.com)
۳- استادیار گروه علوم آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
۴- کارشناس ارشد علوم گیاهی، آموزش و پرورش استان اردبیل

کپسول معنی‌دار بود. تنش کم‌آبی باعث کاهش ۵۵، ۴۲، ۳۷، ۴۸ و ۴۹ درصد به ترتیب در شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک شد. منساه و همکاران (۳۸) بیان داشتند که در کنجد بین طولانی شدن دوره‌های آبیاری با کاهش ارتفاع و فاصله میان‌گره، کاهش سطح برگ، کاهش وزن خشک برگ و وزن خشک بوته، افزایش تعداد برگچه، کاهش تعداد انشعابات ساقه، کاهش تعداد کپسول در شاخه‌های فرعی و کاهش تعداد میان‌گره همبستگی وجود دارد.

در شرایط تنش، ریشه گیاهان به نقاط عمیق‌تر خاک که دارای آب قابل دسترس بیشتری است، نفوذ می‌کند. این موضوع یکی از دلایل افزایش توسعه و وزن خشک ریشه‌ها و یکی از ساز و کارهای تحمل به خشکی است (۳۷). هرچند بعضی از محققان بر این باورند که در اثر تنش خشکی وزن خشک ریشه (بسته به شدت تنش) کاهش می‌یابد (۳، ۲۴، ۲۵، ۳۶، ۴۲ و ۴۵). همچنین، نسبت ریشه به اندام‌های هوایی گیاه از مهم‌ترین خصوصیات گیاه در مقابله با تنش کم‌آبی محسوب می‌شود. به طوری‌که، نسبت ریشه به شاخه و برگ در شرایط تنش افزایش می‌یابد (۱۶ و ۳۷). افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی، یکی از راه‌های سازگاری گیاهان به شرایط خشک می‌باشد. زیرا، در چنین شرایطی میزان رشد ریشه به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از ساقه بوده و بدین ترتیب سطح تعرق کاهش می‌یابد (۱۲).

مطالعات زیادی در ارتباط با ارزیابی صفات و تعیین اهمیت و ارتباط آنها با استفاده از تجزیه به عامل‌ها در گیاهان زراعی انجام شده است، اما تعداد این مطالعات در کنجد کم است. عشقی و همکاران (۱۵) در ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد داخلی و خارجی از نظر تحمل به شرایط آبیاری محدود با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌ها تنوع ژنتیکی قابل توجهی وجود دارد و عامل‌های اصلی اول و دوم مجموعاً ۹۹/۷ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌کنند. محمدی و همکاران (۲۱) در ارزیابی صفات مهم برای بهبود عملکرد گندم تحت تنش کم‌آبی به این نتیجه رسیدند که تحت شرایط آبیاری کامل و تنش به ترتیب، سه عامل اول ۸۷/۴۸ و ۸۴/۱۵ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کنند. زینالی و همکاران (۱۰) در ذرت دانه‌ای با انجام تجزیه عاملی در مجموع ۷ عامل که ۷۹/۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کرد، شناسایی کردند و این عامل‌ها را به ترتیب عامل خصوصیات فنولوژیکی، عامل اندازه برگ بلال، رشد گیاه، اجزای عملکرد، تعداد و خصوصیات چوب بلال نام‌گذاری کردند. رمضانی و همکاران (۹) در ذرت با استفاده از تجزیه به عامل‌ها نشان دادند که ۴ عامل مجموعاً ۹۸/۰۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. در عامل اول که خصوصیات مورفولوژیکی نامیده شد، بزرگترین ضرایب عاملی مثبت متعلق به صفات قطر ساقه، مساحت برگ، عرض برگ، طول برگ بلال اصلی، طول بلال، وزن خشک بوته و تعداد روز تا خشک شدن کاکل بود. همچنین، در عامل دوم صفات نسبت ریشه به قسمت هوایی، تعداد برگ‌های بالای بلال اصلی، عمق دانه و قطر بلال و نیز عملکرد دانه در بوته دارای بزرگترین ضریب عاملی مثبت بودند و به نام عامل عملکرد نام‌گذاری گردید. عامل سوم و چهارم نیز به ترتیب عامل ویژگی‌های بلال و عامل تعداد بلال نام‌گذاری شد. حبیبی و همکاران (۵) در لوبیا قرمز در هر دو شرایط تنش و بدون تنش ۵ عامل را مشخص نمودند که در شرایط بدون تنش در مجموع بیش از ۷۴ درصد و در شرایط تنش بیش از ۷۳ درصد کل تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند.

با توجه به محدودیت منابع آبی و همچنین بدلیل قرار گرفتن منطقه مغان در اقلیم گرم و نیمه خشک، این مطالعه با هدف بررسی روابط صفات مختلف گیاه کنجد در شرایط تنش و بدون تنش کم‌آبی و مشخص نمودن ارقام مناسب برای کشت در منطقه مغان با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی پارس آباد واقع در ۱۳ کیلومتری جاده اردبیل با عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۷۲/۶ متر از سطح دریا و با بافت خاک رسی لومی انجام شد. منطقه مذکور دارای اقلیم کشاورزی نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های کمی سرد است. جدول ۱ داده‌های هواشناسی پارس‌آباد در طول فصل رشد گیاه را نشان می‌دهد.

در این آزمایش، ده رقم کنجد به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. عامل اصلی سطوح آبیاری، شامل سه سطح آبیاری به مقدار ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عامل فرعی، ده رقم کنجد شامل ارقام پاناما، هندی ۱۴، مغان ۱۷، یلووایت، IS، ورامین ۳۷، چینی، ناز چندشاخه، کرج ۱ و اولتان بود. برای اجرای آزمایش ابتدا زمین شخم و دیسک زده شد. بر اساس نقشه آزمایش، چاله‌هایی به عمق ۱۲۰ سانتی‌متر با استفاده از بیل مکانیکی در وسط هر کرت آزمایشی کنده شد. در این چاله‌ها، لوله‌های به قطر ۸ اینچ و از جنس پلی‌اتیلن به صورت عمودی جاگذاری (در هر کرت دو عدد در کنار هم) و لوله‌ها و اطراف آن‌ها با خاک مزرعه پر شد. نهایتاً در کرت‌ها جوی و پشته ایجاد گردید و هر رقم در چهار خط ۲ متری با فاصله ردیف ۶۰ و فاصله بوته‌ها روی خطوط در حدود ۲۰-۱۵ سانتی‌متر کشت گردید.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی منطقه پارس‌آباد مغان از تیرماه تا پایان آبان‌ماه سال ۱۳۸۸

پارامترها	ماه				
	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
حداقل مطلق دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۲/۰	۹/۴	۷/۸
حداکثر مطلق دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۳۹/۸	۳۷/۴	۳۲/۴	۲۷/۰	۲۴/۴
متوسط حداقل دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۱۹/۸	۱۹/۸	۱۷/۸	۱۳/۰	۱۰/۷
متوسط حداکثر دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۳۴/۹	۳۵/۳	۲۷/۶	۲۳/۴	۱۶/۸
متوسط کل دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۲۷/۴	۲۷/۵	۲۲/۷	۱۸/۲	۱۳/۸
بارندگی (میلی متر)	۶/۶	۲/۳	۴۸/۳	۷۴/۳	۸۴/۲
متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۵۵/۰	۵۵/۹	۶۸/۱	۷۶/۱	۸۳/۵
متوسط تبخیر (میلی‌متر در روز)	۸/۲	۹/۲	۵/۰	۱/۹	۰/۹
متوسط ساعت آفتابی (ساعت در روز)	۸/۴	۱۰/۷	۷/۳	۷/۱	۲/۴

آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز آبیاری و دور آبیاری محاسبه شده با نرم افزار CROPWAT، با پمپ آبیاری، انجام شد. برای تعیین مقدار و زمان آبیاری در رژیم‌های آبیاری مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT-4 (روش پنمن-مانتیث) مطابق روش فائو-۵۶ (۴۱)، ابتدا با استفاده از پارامترهای هواشناسی مؤثر در تبخیر و تعرق، نیاز آبی گیاه مرجع چمن (ETo) برآورد گردید و با اعمال ضریب گیاهی (Kc) کنجد، نیاز آبی گیاه کنجد محاسبه شد. در نهایت با در نظر گرفتن باران مؤثر، نیاز آبیاری کنجد برای آبیاری کامل (بدون تنش) محاسبه گردید (۸). در هنگام برداشت، لوله‌های پلی‌اتیلن از زمین بیرون آورده شد. سپس، بوته‌ها (دو بوته داخل لوله‌ها در هر کرت) همراه با ریشه کامل از خاک جدا و اندازه‌گیری و یادداشت برداری صفات ریشه در آن دو بوته در آزمایشگاه انجام گرفت و میانگین آن‌ها برای هر صفت در هر تکرار منظور گردید. صفات اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: عملکرد دانه (کیلوگرم)، وزن هزار دانه (گرم)، تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، قطر کپسول، مقدار کلروفیل برگ (SPAD)، ارتفاع بوته، قطر ساقه، فاصله میان‌گره اول از سطح زمین، تعداد میان‌گره، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع شاخه‌بندی (فاصله اولین شاخه از سطح زمین)، ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، طول ریشه اصلی، تعداد انشعابات ریشه، وزن تر و خشک ریشه، قطر ریشه اصلی، حجم ریشه، سطح ریشه، نسبت وزن تر ریشه به اندام‌های هوایی، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی و نسبت طول ریشه اصلی به ارتفاع بوته. صفات ریشه به صورت زیر اندازه‌گیری شدند:

پس از در آوردن ریشه‌ها از خاک و شستشوی آنها، مستقیماً طول ریشه اصلی بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد ریشه‌های منشعب شده از ریشه اصلی دو بوته برداشت شده، شمارش و میانگین آنها محاسبه گردید. وزن تر ریشه‌ها از توزین ریشه‌های دو بوته برداشت شده بدست آمد و برای محاسبه وزن خشک، پس از قرار دادن ریشه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. برای اندازه‌گیری قطر ریشه‌ها از کولیس استفاده شد. برای این کار قطر ریشه اصلی به فاصله ۲ سانتی‌متر پایین‌تر از طوقه گیاه، اندازه‌گیری شد. حجم ریشه‌ها از طریق غوطه‌ور ساختن ریشه‌ها در آب مقطر در درون استوانه مدرج با حجم یک لیتر اندازه‌گیری شد. به طوری‌که، اختلاف حجم اولیه آب و حجم آب پس از غوطه‌ور ساختن ریشه‌ها، تعیین‌کننده حجم ریشه بود. سطح ریشه‌ها نیز با استفاده از روش اتکینسون از فرمول زیر محاسبه شد (۱۶):

$$\text{سطح ریشه‌ها } (cm^2) = ۲ \times ((\text{حجم ریشه‌ها } (cm^3)) \times \pi \times (\text{طول ریشه‌ها } (cm)))^{۰/۵}$$

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. سپس تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی و چرخش واریماکس بر روی داده‌های هر یک از رژیم‌های آبیاری انجام شد. اختصاص صفات یا متغیرها به عوامل مستقل و مختلف با توجه به مقدار ضریب عاملی، بعد از چرخش واریماکس عامل‌ها صورت گرفت. ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت آن به عنوان ضریب معنی‌دار برای هر عامل مستقل در نظر گرفته شد. گروه‌بندی ارقام با استفاده از دو عامل اصلی اول که بیشترین درصد تغییرات را توجیه می‌کردند، صورت گرفت. برای تجزیه داده‌ها و ترسیم نمودارها از نرم‌افزارهای $SPSS_{16}$ و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

بین سطوح مختلف آبیاری از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در

سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اثر اعمال تنش کم‌آبی، عملکرد و اکثر صفات مورد مطالعه کاهش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل برگ، طول ریشه، تعداد انشعابات ریشه و نسبت طول ریشه به ارتفاع بوته در تیمار آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی بدست آمد. در بقیه صفات بیشترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری کامل بود (جدول ۲). اختلاف بین رقم‌های مورد مطالعه از نظر همه صفات و اثر متقابل آبیاری در رقم برای صفات وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، حجم، سطح، وزن تر و خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

اثر متقابل آبیاری در رقم نشان می‌دهد که رقم‌ها در محیط‌های مختلف از نظر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی واکنش متفاوتی از خود نشان دادند. بنابراین، می‌توان رقم‌های برتر از نظر صفات فوق را برای شرایط مختلف آبیاری به طور مجزا انتخاب نمود. بیشترین فاصله میان‌گره اول از سطح زمین به رقم‌های کرج ۱ و اولتان (۱۰/۳۶ سانتی‌متر) و کمترین آن به رقم ناز چندشاخه (۷/۷۸ سانتی‌متر) اختصاص داشت. همچنین، بیشترین تعداد میان‌گره به رقم‌های کرج ۱ (۲۰/۷۸) و اولتان (۲۰/۰۰) و کمترین آن به رقم هندی ۱۴ (۱۶/۳۳) اختصاص داشت (جدول ۳). نتایج این تحقیق با یافته‌های قدسی و همکاران (۱۷) در گیاه گندم مبنی بر کاهش فاصله میان‌گره‌ها در اثر تنش کم‌آبی مطابقت دارد.

بیشترین مقدار عدد SPAD برگ را رقم چینی (۵۱/۵۹) و کمترین مقدار آن را رقم پاناما (۴۱/۸۷) داشت (جدول ۳). بطور کلی، با افزایش تنش عدد SPAD به عنوان شاخصی از میزان کلروفیل افزایش یافت. اصولاً، تأثیر تنش خشکی بر مقدار کلروفیل برگ بسیار متغیر بوده و به ژنوتیپ و شرایط محیطی گیاه بستگی دارد. در بعضی از گونه‌ها، تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل برگ (۱۴، ۳۰ و ۴۲) و در گونه‌های دیگر باعث افزایش مقدار کلروفیل برگ شده (۷ و ۲۰) و در برخی گونه‌ها محتوای کلروفیل برگ تغییری نمی‌کند (۴۳). در تعدادی از گونه‌ها مقدار کلروفیل برگ تا حد معینی افزایش و سپس ثابت می‌ماند (۳۸). در توجیه این گزارش‌های متفاوت می‌توان گفت که زمان نمونه‌برداری و نحوه اعمال تنش در پاسخ گیاه بسیار مهم است. به طوری‌که، اگر نمونه‌برداری در زمان حداکثر مقدار کلروفیل برگ انجام شود، نتیجه متفاوتی نسبت به زمانی حاصل خواهد شد که نمونه‌برداری قبل و یا بعد از این دوره انجام شود. همچنین، اگر تنش شدید و طولانی مدت اعمال شود، به طور حتم مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد (۴). به نظر می‌رسد که افزایش مقدار کلروفیل در اثر تنش ملایم در اثر افزایش وزن مخصوص برگ باشد. وقوع تنش میزان سطح برگ را کاهش می‌دهد که ناشی از کاهش اندازه سلول‌ها است. بنابراین، در طی بروز تنش ملایم به دلیل وجود سلول‌های بیشتر در واحد وزن برگ، میزان کلروفیل نیز افزایش می‌یابد. در تنش‌های شدید با وجود افزایش وزن مخصوص برگ، تخریب کلروفیل نیز افزایش می‌یابد که به تلفات کلروفیل منجر خواهد شد (۱). شهریاری و کریمی (۱۱) نیز گزارش کردند که پس از تنش، مقدار کلروفیل برگ در گیاه گندم در برگ‌های رقم حساس کاهش و در ارقام مقاوم افزایش نشان می‌دهد و برگ‌های ارقام مقاوم نسبت به ارقام حساس رنگ سبز تیره‌تری دارند.

بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رقم‌های کرج ۱ (۱۰۱/۳۹ سانتی‌متر) و اولتان (۱۰۰/۹۴ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به رقم‌های یلووایت (۸۸/۳۹ سانتی‌متر)، هندی ۱۴ (۸۹/۵۳ سانتی‌متر) و IS (۸۹/۶۷ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). افزایش ارتفاع ناشی از افزایش تعداد گره و فاصله میان‌گره‌ها در گیاه است و واضح است که ساقه‌های بلندتر با تعداد گره بیشتر، تعداد و سطح برگ بیشتری را دارا می‌باشند. همچنین، بین طولانی شدن دوره تنش خشکی و کاهش ارتفاع بوته همبستگی وجود دارد (۱۲) و با کاهش آبیاری در مراحل مختلف رشد، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (۲۵). در چنین شرایطی میزان رشد ریشه به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از ساقه بوده و بدین ترتیب سطح تعرق کاهش یافته (۱۲) و گیاه بهتر می‌تواند تنش کم‌آبی را تحمل نماید. اسکندری و همکاران (۲) نیز گزارش کردند که با افزایش شدت کمبود آب، ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته کاهش می‌یابد. این صفات همبستگی مثبت با عملکرد داشته وکاهش هر یک از این صفات می‌تواند اثر زیان‌باری بر عملکرد کنجد در مزرعه داشته باشد. در این تحقیق نیز با کاهش میزان آب آبیاری از ارتفاع بوته‌ها کاسته شد.

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین قطر ساقه اصلی به رقم اولتان (۰/۶۶ سانتی‌متر) و کمترین آن به رقم‌های هندی ۱۴ (۰/۴۹ سانتی‌متر) و یلووایت (۰/۴۹ سانتی‌متر) اختصاص داشت. همچنین، بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به رقم اولتان (۴/۳۹) و کمترین آن مربوط به رقم هندی ۱۴ (۳/۲۲) بود (جدول ۳). در اثر تنش کم‌آبی، تعداد شاخه‌های فرعی در بوته‌ها کاهش یافت (جدول ۲). این نشان می‌دهد گیاه برای کاستن از میزان تعرق و تحمل تنش، ارتفاع، قطر ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی خود را کاهش می‌دهد.

بیشترین ارتفاع شاخه‌بندی مربوط به رقم IS (۳۱/۵۷ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به رقم کرج ۱ و اولتان (۲۵/۸۹ سانتی‌متر) بود. با اعمال تنش کم‌آبی، بیشترین ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین از رقم یلووایت (۴۴/۲۰ سانتی‌متر) و کمترین آن از رقم ناز چندشاخه (۳۷/۰۸ سانتی‌متر) بدست آمد. همچنین، بیشترین وزن تر و خشک اندام‌های هوایی به رقم اولتان و کمترین آن به رقم هندی ۱۴ اختصاص داشت (جدول ۳). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در سطح آبیاری کامل و ۷۵ درصد نیاز آبی، رقم اولتان و در سطح آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، رقم IS، بیشترین وزن تر و خشک اندام‌های هوایی را دارا بودند. کمترین وزن تر و خشک

اندام‌های هوایی در آبیاری کامل و ۷۵ درصد نیاز آبی مربوط به رقم هندی ۱۴ و در آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی مربوط به رقم یلووایت بود. از آنجایی که کمبود رطوبت سبب کاهش رشد اندام‌های هوایی می‌گردد (۳۷)، در نتیجه وزن تر اندام‌های هوایی نیز به تبع آن می‌تواند کاهش یابد. کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی در سایر مطالعات مانند برنج (۴۷)، فلفل قرمز (۳۴ و ۳۶)، فلفل (۲۹)، نخود (۳۵) نیز گزارش شده است. همچنین، بین طولانی شدن تنش خشکی و کاهش وزن خشک بوته همبستگی وجود دارد (۳۸). نیاکان و قربانلی (۲۴) در بررسی خود در سویا دریافتند که در اثر تنش کم‌آبی، وزن خشک ریشه در هر دو رقم کاهش یافت ولی این کاهش برای تنش شدید کم‌آبی بیشتر از تنش ملایم و شاهد بود.

بیشترین عملکرد مربوط به رقم‌های اولتان (۱۰۰۵/۱۸ کیلوگرم در هکتار) و کرج ۱ (۱۰۰۱/۲۱ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین آن به رقم هندی ۱۴ (۳۸۸/۵۵ کیلوگرم در هکتار) اختصاص داشت (جدول ۴). بیشترین وزن هزار دانه به رقم‌های کرج ۱ (۳/۴۵ گرم) و اولتان (۳/۳۵ گرم) و کمترین آن به رقم هندی ۱۴ (۲/۰۱ گرم) اختصاص داشت (جدول ۴). همچنین، رقم چینی بیشترین (۹۵/۲۶) و رقم ناز چند شاخه کمترین (۷۴/۲۲) تعداد دانه در کپسول را داشتند (جدول ۴). سیناکی و همکاران (۴۴) اظهار نمودند که اعمال تنش کم‌آبی بر روی سویا، باعث ایجاد وزن دانه به میزان ۳/۱ میلی‌گرم گردید، ولی همین میزان تحت شرایط کنترل، ۳/۳ میلی‌گرم بدست آمد که از لحاظ آماری معنی‌دار بود. دلخوش و همکاران (۶) نیز اعلام کردند که اگر کمبود آب وجود داشته باشد، تعداد دانه در کپسول کاهش می‌یابد و در جبران آن، وزن دانه افزایش پیدا می‌کند، ولی هیچ وقت امکان جبران کامل افت عملکرد وجود نخواهد داشت.

در این تحقیق بیشترین تعداد کپسول در بوته در رقم ناز چندشاخه (۹۲/۶۷) و کمترین مقدار آن در رقم هندی۱۴ (۴۳/۵۰) بدست آمد. همچنین، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین طول کپسول در بوته به رقم اولتان (۲/۷۷ سانتی‌متر) و کمترین آن به رقم هندی ۱۴ (۲/۲۶ سانتی‌متر) اختصاص داشت. بیشترین قطر کپسول در بوته نیز در رقم اولتان (۰/۵۰ سانتی‌متر) و کمترین آن در رقم‌های یلووایت و IS (۰/۴۵ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۴). دلخوش و همکاران (۶) گزارش کردند که تنش کم‌آبی تاثیر معنی‌دار بر تعداد کپسول در ساقه اصلی، تعداد کپسول در بوته و طول کپسول دارد. همچنین، اثر متقابل بین آبیاری و رقم روی تعداد کپسول در ساقه اصلی و بوته و طول کپسول معنی‌دار بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین سطوح آبیاری از نظر صفات مورفولوژیک مورد مطالعه

سطح آبیاری	میانگین مربعات									
	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته	طول کپسول (سانتی‌متر)	قطر کپسول (سانتی‌متر)	فاصله میان‌گره اول (سانتی‌متر)	تعداد میان‌گره	مقدار کلروفیل برگ (میکروگرم بر گرم)
آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی	۸۱۸/۱۱	۳/۲۲	۹۳/۴۲	۸۶/۸۳	۲/۶۹	۰/۵۰	۱۰/۷۸	۲۰/۰۵	۴۳/۷۳
آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی	۷۰۹/۰۵	۲/۸۳	۸۷/۷۸	۷۵/۴۵	۲/۴۸	۰/۴۷	۸/۹۳	۱۸/۲۳	۴۶/۲۱
آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی	۶۰۵/۴۷	۲/۴۵	۸۲/۲۷	۶۳/۸۲	۲/۲۸	۰/۴۴	۷/۲۹	۱۶/۴۵	۴۸/۹۳
LSD (٪۵)	۲۴/۵۰	۰/۱۰	۳/۰۰	۴/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۴۰	۰/۶۶	۲/۱۹

ادامه جدول ۲

سطح آبیاری	میانگین مربعات								
	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه اصلی (سانتی‌متر)	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع شاخه‌بندی (سانتی‌متر)	ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین (سانتی‌متر)	قطر ریشه اصلی (سانتی-متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	تعداد انشعابات ریشه	نسبت طول ریشه به ارتفاع بوته (درصد)
آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی	۱۰۷/۸۶	۰/۶۷	۴/۶۸	۳۴/۳۴	۴۶/۴۶	۰/۷۴	۶۶/۷۷	۷۴/۸۸	۶۱/۹۸
آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی	۹۲/۸۰	۰/۵۶	۳/۹۰	۲۸/۳۶	۳۹/۲۹	۰/۶۲	۷۶/۹۴	۹۱/۱۸	۸۳/۲۳
آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی	۸۲/۲۹	۰/۴۶	۳/۱۰	۲۳/۷۸	۳۴/۷۲	۰/۵۲	۸۵/۴۲	۱۱۴/۸۰	۱۰۴/۲۱
LSD (٪۵)	۴/۶۱	۰/۰۴	۰/۴۷	۱/۴۸	۴/۳۲	۰/۰۵	۲/۵۶	۷/۰۵	۴/۵۵

جدول ۳- مقایسه میانگین رقم‌های کنجد مورد مطالعه از نظر صفات مورفولوژیک اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شده

شماره رقم	نام رقم	فاصله میان‌گره اول (سانتی‌متر)	تعداد میان-گره	مقدار کلروفیل برگ (میکروگرم بر گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	قطر ساقه اصلی (سانتی-متر)	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع شاخه‌بندی (سانتی-متر)	ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین (سانتی‌متر)
۱	پاناما	۹/۲۵	۱۷/۶۷	۴۱/۸۸	۹۳/۰۵	۰/۵۳	۴/۱۱	۳۰/۹۴	۳۹/۵۶
۲	هندی ۱۴	۸/۸۳	۱۶/۳۳	۴۴/۴۵	۸۹/۵۳	۰/۴۹	۳/۲۲	۳۰/۳۷	۴۱/۷۳
۳	مغان ۱۷	۸/۰۶	۱۸/۶۱	۴۷/۶۲	۹۶/۱۶	۰/۵۷	۴/۱۱	۲۸/۲۸	۳۸/۰۱
۴	یلووایت	۸/۶۴	۱۷/۵۶	۴۹/۵۱	۸۸/۳۹	۰/۵۰	۳/۷۲	۳۰/۹۸	۴۴/۲۰
۵	IS	۸/۱۷	۱۸/۵۰	۴۸/۳۴	۸۹/۶۷	۰/۵۹	۳/۸۹	۳۱/۵۷	۴۰/۴۴
۶	ورامین ۳۷	۹/۴۴	۱۷/۱۱	۴۲/۹۱	۹۷/۳۶	۰/۵۵	۴/۰۶	۲۷/۰۰	۳۹/۰۰
۷	چینی	۹/۱۱	۱۷/۲۲	۵۱/۶۰	۹۴/۲۸	۰/۵۲	۳/۳۹	۲۸/۵۶	۳۷/۸۱
۸	ناز چندشاخه	۷/۷۸	۱۸/۶۷	۴۳/۸۷	۹۲/۳۹	۰/۵۹	۳/۹۴	۲۸/۸۰	۳۷/۰۸
۹	کرج ۱	۱۰/۳۶	۲۰/۷۸	۴۶/۱۶	۱۰۱/۳۹	۰/۶۲	۴/۱۱	۲۵/۸۹	۴۱/۰۰
۱۰	اولتان	۱۰/۳۶	۲۰/۰۰	۴۶/۵۵	۱۰۰/۹۴	۰/۶۶	۴/۳۹	۲۵/۸۹	۴۲/۷۳
LSD(٪۵)		۰/۷۳	۱/۲۱	۵/۵۵	۹/۷۳	۰/۰۶	۰/۶۳	۴/۲۷	۵/۵۸

جدول ٤- مقایسه میانگین رقم‌های کنجد مورد مطالعه از نظر عملکرد و اجزای عملکرد

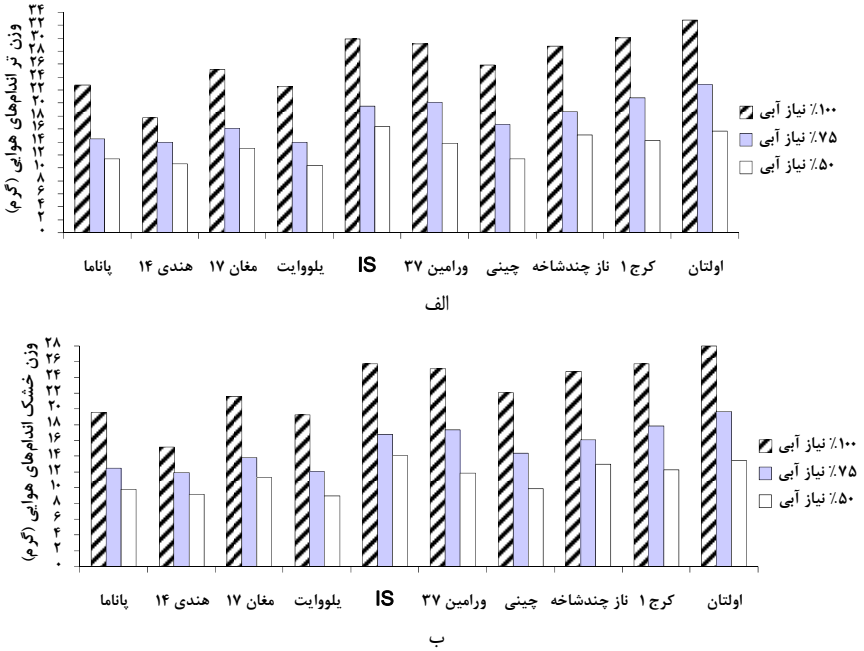
شماره رقم	نام رقم	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته	طول کپسول (سانتی‌متر)	قطر کپسول (سانتی‌متر)
۱	پاناما	۵۷۴/۴۱	۲/۵۹	۸۸/۱۸	۶۷/۱۱	۲/۴۷	۰/۴۵
۲	هندی ۱۴	۳۸۸/۵۵	۲/۰۱	۸۸/۰۲	۴۳/۵۰	۲/۲۷	۰/۴۷
۳	مغان ۱۷	۶۵۹/۲۶	۲/۴۲	۹۳/۲۷	۸۹/۹۴	۲/۵۱	۰/۴۶
۴	یلووایت	۴۸۵/۶۶	۲/۳۷	۸۷/۷۶	۸۰/۰۶	۲/۳۴	۰/۴۵
۵	IS	۹۴۱/۳۸	۳/۱۶	۸۷/۲۷	۷۵/۷۸	۲/۵۷	۰/۴۵
۶	ورامین ۳۷	۶۵۵/۵۷	۳/۱۶	۸۶/۵۹	۷۲/۱۷	۲/۵۳	۰/۴۶
۷	چینی	۶۰۹/۹۶	۲/۴۷	۹۵/۲۶	۶۷/۵۰	۲/۴۲	۰/۴۶
۸	ناز چندشاخه	۷۸۷/۵۸	۳/۳۲	۷۴/۲۲	۹۲/۶۷	۲/۴۴	۰/۴۷
۹	کرج ۱	۱۰۰۱/۲۱	۳/۴۵	۸۳/۹۸	۸۳/۵۰	۲/۵۵	۰/۴۹
۱۰	اولتان	۱۰۰۵/۱۸	۳/۳۵	۹۳/۷۲	۸۱/۴۴	۲/۷۷	۰/۵۰
LSD(٪۵)		۴۴/۷۳	۰/۱۸	۵/۴۹	۷/۳۷	۰/۱۹	۰/۰۳

مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد که بیشترین قطر ریشه اصلی به رقم اولتان (۰/۷۳ سانتی‌متر) و کمترین آن به رقم هندی ۱۴ (۰/۵۳ سانتی‌متر) اختصاص داشت. همچنین، بیشترین طول ریشه مربوط به رقم‌های کرج ۱ (۸۶/۸۹ سانتی‌متر) و اولتان (۸۵/۸۶ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به رقم‌های پاناما (۶۷/۳۶ سانتی‌متر) و هندی ۱۴ (۶۵/۸۶ سانتی‌متر) بود (جدول ۵). عمق ریشه و توانایی جذب مداوم آب، از مهمترین فاکتورها در شرایط دیم می‌باشد. بسیاری از محققان گزارش کردند که در اثر تنش کم‌آبی طول ریشه افزایش می‌یابد (۱۸، ۲۵ و ۴۷).

در هر سه سطوح آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، رقم اولتان (به ترتیب با ۱۳/۶۷، ۱۲/۳۳ و ۱۰/۱۷ سانتی‌متر مکعب) بیشترین و رقم هندی ۱۴ (به ترتیب با ۷/۰۰، ۵/۳۳ و ۴/۰۰ سانتی-متر مکعب) کمترین حجم ریشه را داشتند (شکل ۲- الف). همچنین، در هر سه سطح آبیاری، رقم اولتان (به ترتیب با ۱۱۲/۸۲، ۱۱۶/۳۹ و ۱۱۰/۲۱ سانتی‌متر مربع) بیشترین و رقم هندی ۱۴ (به ترتیب با ۷۱/۱۰، ۶۷/۲۲ و ۶۰/۳۱ سانتی‌متر مربع) کمترین سطح ریشه را داشتند (شکل ۲- ب). بنجامین و نیلسن (۲۷) در بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر توزیع و پراکندگی ریشه سویا، نخود فرنگی و نخود بیان نمودند که تأثیر تنش کم‌آبی و آبیاری بر سطح ریشه در هر دو مرحله اواخر گل‌دهی و اواسط پر شدن نیام در نخود فرنگی و نخود مشابه بود و اختلاف بین شرایط آبیاری و تنش، معنی‌دار نبود.

بیشترین تعداد انشعابات ریشه نیز به رقم کرج ۱ (۱۱۲/۰۰) و

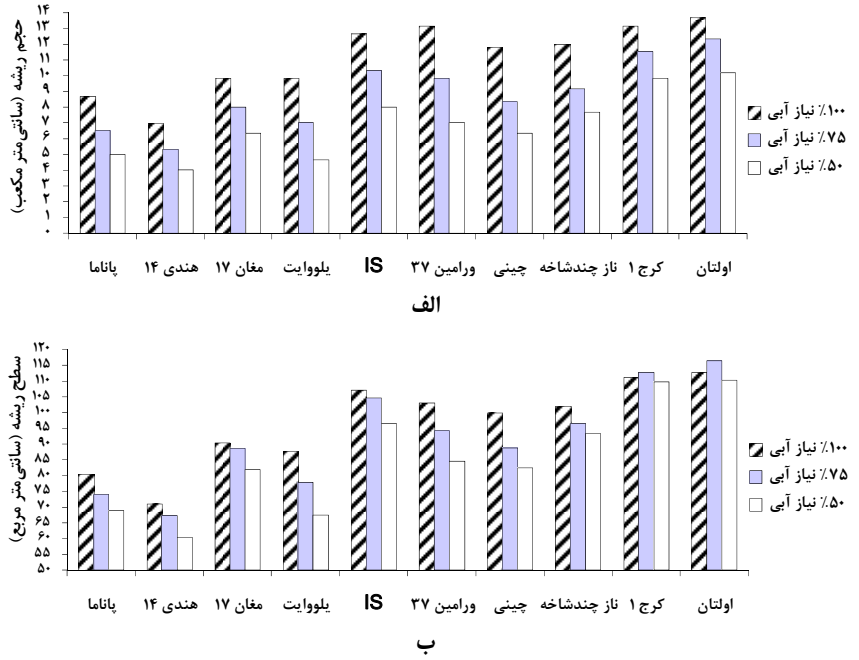
کمترین آن به رقم هندی ۱۴ (۷۴/۱۷) اختصاص داشت (جدول ۵). تعداد انشعابات ریشه یک صفت ایده‌آل در توصیف کمی ریشه نمی‌باشد. زیرا، در این روش ریشه‌های کوتاه و بلند هر دو به عنوان واحدهای یکسان در نظر گرفته می‌شوند. در صورتی که، در شرایط تنش کم‌آبی، ریشه بسیاری از گیاهان زراعی، ریشه‌های فرعی زیادی تولید می‌کنند که سطح این ریشه‌ها کوچک بوده و شامل تارهای کشنده تک‌سلولی می‌باشند. وجود این ریشه‌های فرعی به توسعه سیستم ریشه‌ای کمک نموده و موجب افزایش توانایی آن در جذب آب می‌شود. از طرفی مقاومت گیاهان زراعی در مقابل خشکی بسته به عمق و فراوانی انشعابات سیستم‌های ریشه‌ای است تا بتوانند آب مورد نیاز خود را از توده بیشتری از خاک جذب نمایند (۱۶).



شکل ۱- وزن تر اندام‌های هوایی بر حسب گرم ($LSD_{٪۵}$ =۳/۰٤) (الف) و وزن خشک اندام‌های هوایی بر حسب گرم ($LSD_{٪۵}$ =۲/٤۵) (ب) در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه

جدول ۵- مقایسه میانگین رقم‌های کنجد مورد مطالعه از نظر صفات ریشه

شماره رقم	نام رقم	قطر ریشه اصلی (سانتی‌متر)	طول ریشه اصلی (سانتی‌متر)	تعداد انشعابات ریشه	نسبت طول ریشه به ارتفاع بوته (درصد)
۱	پاناما	۰/۶۱	۶۷/۳۶	۹۱/۲۲	۷۴/۱۹
۲	هندی ۱۴	۰/۵۳	۶۵/۸۶	۷۴/۱۷	۷۴/۵۴
۳	مغان ۱۷	۰/۶۳	۷۶/۲۸	۹۱/۸۳	۸۰/۷۹
۴	یلووایت	۰/۵۶	۶۹/۸۱	۷۹/۲۸	۸۱/۱۹
۵	IS	۰/۶۷	۸۲/۹۷	۱۰۶/۷۲	۹۴/۵۶
۶	ورامین ۳۷	۰/۶۱	۷۲/۵۳	۹۴/۲۸	۷۷/۱۹
۷	چینی	۰/۵۹	۷۵/۹۲	۸۳/۱۷	۸۳/۳۳
۸	ناز چندشاخه	۰/۶۶	۸۰/۲۸	۹۹/۶۷	۸۹/۴۶
۹	کرج ۱	۰/۶۹	۸۶/۸۹	۱۱۲/۰۰	۸۸/۷۹
۱۰	اولتان	۰/۷۳	۸۵/۸۶	۱۰۳/۸۹	۸۷/۳۶
LSD(٪۵)		۰/۰۸	۸/۰۵	۱۶/۱۸	۱۰/۰۱



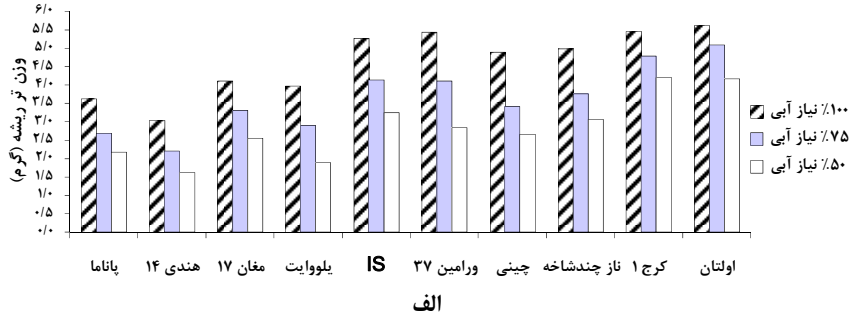
شکل ۲- حجم ریشه بر حسب سانتی‌متر مکعب ($LSD_{\%۵}$=۰/۸۷) (الف) و سطح ریشه بر حسب سانتی‌متر مربع ($LSD_{\%۵}$=۵/۷۵) (ب) در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه

با اعمال تنش کم‌آبی، وزن تر و خشک ریشه در رقم‌های مورد مطالعه کاهش یافت. همان‌طور که، در شکل ۳ مشاهده می‌شود، در سطح آبیاری کامل و آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی، رقم اولتان و در آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی رقم کرج۱ بیشترین وزن تر و خشک ریشه را دارا بودند و در هر سه سطح آبیاری، رقم هندی۱۴ کمترین وزن تر و خشک ریشه را داشتند. این نشان می‌دهد که اگرچه رقم کرج ۱ در آبیاری کامل و آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی، وزن تر و خشک ریشه کمتری نسبت به رقم اولتان داشت، ولی در شرایط آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی توانست با توسعه ریشه‌های عمیق، وزن تر و خشک ریشه خود را نسبت به رقم اولتان و سایر رقم‌ها کمتر کاهش داده و از بیشترین مقدار این صفت در این شرایط آبیاری برخوردار باشد. کاهش وزن ریشه در شرایط تنش کم‌آبی در سایر تحقیقات مانند پنبه (۱۹)، سویا (۲۴)، برنج (۲۵)، عدس (۴۲)، گندم (۴۵)، فلفل قرمز (۳۶) و نخود فرنگی (۳۹) نیز گزارش شده است.

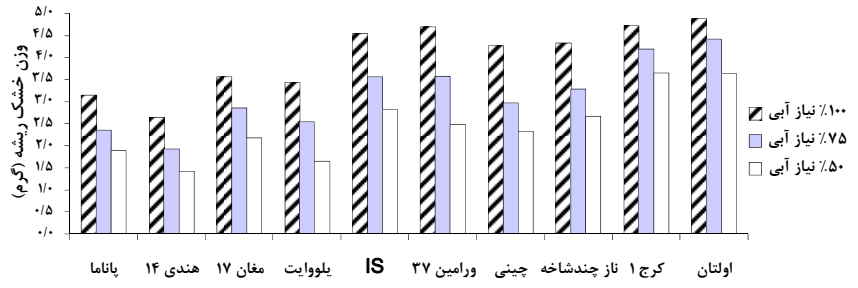
در سطح آبیاری کامل رقم چینی (۱۹/۲۸ درصد) و در آبیاری به مقدار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی، رقم کرج ۱ (به ترتیب با ۲۳/۶۱ و ۲۹/۸۳ درصد) بیشترین نسبت وزن تر ریشه به اندام‌های هوایی را دارا بودند و در سطح آبیاری کامل، رقم پاناما (۱۶/۱۱ درصد) و در آبیاری به مقدار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی رقم هندی ۱۴ (به ترتیب با ۱۵/۹۳ و ۱۵/۱۸ درصد) کمترین نسبت وزن تر ریشه به اندام‌های هوایی را داشتند (شکل ۴- الف).

همان‌طور که، در شکل ۴- ب مشاهده می‌شود، در سطح آبیاری کامل رقم چینی (۱۹/۶۷ درصد) و در آبیاری به مقدار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی، رقم کرج۱ (به ترتیب با ۲۳/۹۸ و ۲۹/۸۹ درصد) بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی را دارا بودند و در سطح آبیاری کامل، رقم پاناما (۱۶/۲۷ درصد) و در آبیاری به مقدار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی رقم هندی ۱۴ (به ترتیب با ۱۶/۲۳ و ۱۵/۵۲ درصد) کمترین نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی را داشتند. افزایش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در اثر اعمال تنش کم‌آبی در آفتاب‌گردان (۱۳)، گندم (۲۸ و ۳۷)، فلفل قرمز (۳۶) و کتان (۳ و ۴۶) گزارش شده است.

بین رقم‌های مورد مطالعه از نظر نسبت طول ریشه به ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار وجود داشت، اما اثر متقابل آبیاری در رقم معنی‌دار نبود. بیشترین نسبت طول ریشه به ارتفاع بوته به رقم IS (۹۴/۵۵ درصد) و کمترین آن به رقم‌های ورامین ۳۷ (۷۷/۱۹ درصد)، هندی ۱۴ (۷۴/۵۴ درصد) و پاناما (۷۴/۱۹ درصد) اختصاص داشت (جدول ۵). افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی، یکی از راه‌های سازگاری گیاهان به شرایط خشک می‌باشد (۱۲) و با افزایش طول ریشه اصلی، گیاه می‌تواند مقداری از آب مورد نیاز خود را از آب‌های زیر زمینی تأمین کند.

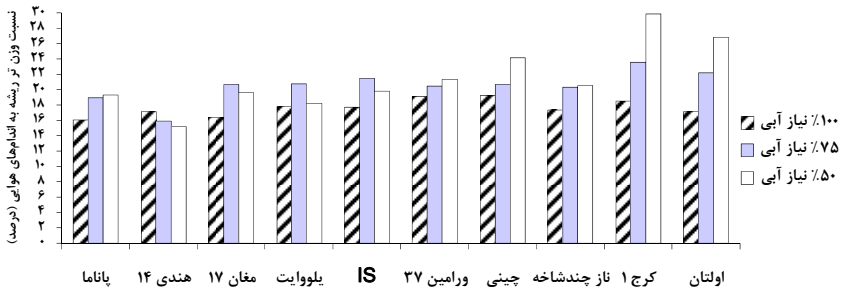


الف

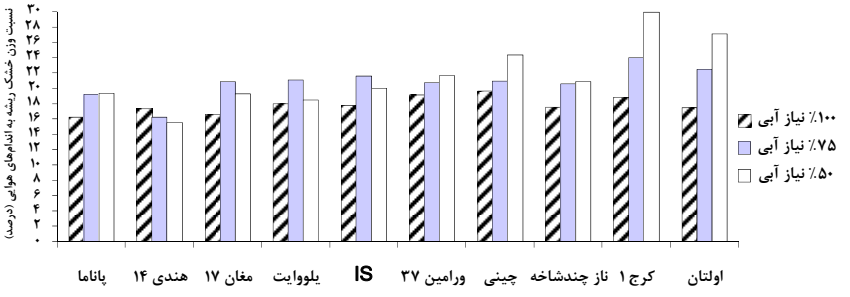


ب

شکل ۳- وزن تر ریشه بر حسب گرم ($LSD_{۵٪}$ =۰/۴۲) (الف) و وزن خشک ریشه بر حسب گرم ($LSD_{۵٪}$ =۰/۳۷) (ب) در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه



الف



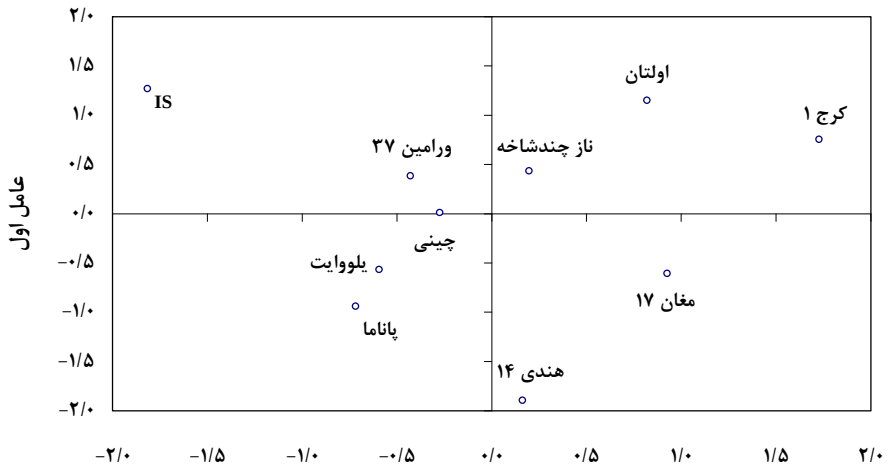
ب

شکل ٤- نسبت وزن تر ریشه به اندام‌های هوایی بر حسب درصد ($LSD_{۵٪}$ =۳/۸۸) (الف) و نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی بر حسب درصد ($LSD_{۵٪}$ =۳/۹٦) (ب) در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه

در این مطالعه، تجزیه به عامل‌ها در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی با استفاده از داده‌های استاندارد شده نشان داد که پنج عامل اول دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک بوده و در مجموع ۹۱/۳۶ درصد تغییرات کل را شامل بودند. عامل اول که ۵۳/۳۴ درصد تغییرات کل را توجیه نمود، دارای رابطه مثبت و بالایی با عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد کپسول در هر بوته، طول کپسول، قطر ساقه، تعداد میان-گره، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، قطر ریشه اصلی، طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه، تعداد انشعابات ریشه و وزن تر و خشک ریشه بود. این در حالی است که این عامل با صفات تعداد دانه در هر کپسول و ارتفاع شاخه‌بندی رابطه منفی داشت (جدول ۶). با توجه به ضرایب کم صفات تعداد دانه در هر کپسول، قطر کپسول، مقدار کلروفیل برگ، ارتفاع بوته، فاصله میان‌گره اول از سطح زمین، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع شاخه‌بندی و ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین در این عامل، این صفات تأثیر زیادی بر روی عامل اول نداشتند و در انتخاب رقم‌ها از طریق عامل اول، صفات ذکر شده از اهمیت کمتری برخوردار هستند (جدول ۶). همچنین، با توجه به اینکه عامل اول بیشترین میزان تغییرات بین داده‌ها را توجیه می‌نماید، می‌توان برای انتخاب بهترین رقم‌ها از این عامل استفاده کرد. عامل دوم ۱۳/۵۱ درصد تغییرات کل را شامل بود. صفات قطر کپسول، ارتفاع بوته، تعداد میان‌گره و فاصله میان‌گره اول با ضرایب مثبت و بالا و ارتفاع شاخه‌بندی با ضریب منفی و بالا از اهمیت زیادی در این عامل برخوردار بودند (جدول ۶). بنابراین، در انتخاب رقم‌ها از طریق عامل دوم صفات ذکر شده از اهمیت بیشتری برخوردار بودند. این عامل نشان دهنده رقم‌هایی با قطر کپسول و ارتفاع بوته بیشتر و با ارتفاع شاخه‌بندی کم بود.

جدول ٦- بردارهای ویژه، مقادیر ویژه و تغییرات تجمعی پنج عامل اول و میزان ضرایب عاملی صفات در هر عامل بر اساس کلیه صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی در کنجد

صفات	بردار ویژه				
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم
عملکرد دانه	۰/۹۱	۰/۲۹	-۰/۰۹	۰/۰۹	-۰/۰۶
وزن هزار دانه	۰/۸۸	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۵	-۰/۴۲
تعداد دانه در هر کپسول	-۰/۳۴	-۰/۰۷	۰/۴۳	۰/۱۹	۰/۷۳
تعداد کپسول در هر بوته	۰/۵۲	۰/۲۷	-۰/۵۲	۰/۳۴	۰/۲۱
طول کپسول	۰/۷۸	-۰/۰۱	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۰۴
قطر کپسول	۰/۱۹	۰/۷۸	۰/۲۷	-۰/۲۷	-۰/۲۸
میزان کلروفیل برگ	۰/۱۰	-۰/۱۱	-۰/۱۳	-۰/۴۰	۰/۸۷
ارتفاع بوته	۰/۵۲	۰/۶۹	۰/۲۸	۰/۲۰	۰/۰۱
قطر ساقه	۰/۸۸	۰/۳۶	۰/۰۲	۰/۱۱	-۰/۰۵
فاصله میان‌گره اول از سطح زمین	۰/۱۸	۰/۵۷	۰/۷۹	۰/۰۴	-۰/۰۸
تعداد میان‌گره	۰/۶۸	۰/۵۳	-۰/۱۱	۰/۱۷	-۰/۰۲
تعداد شاخه فرعی	۰/۱۱	۰/۱۱	-۰/۰۳	۰/۹۷	-۰/۱۷
ارتفاع شاخه‌بندی	-۰/۳۲	-۰/۸۵	-۰/۰۵	-۰/۲۶	-۰/۰۱
ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۷۷	۰/۰۰	۰/۱۲
وزن تر اندام‌های هوایی	۰/۹۷	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۱۳	-۰/۰۷
وزن خشک اندام‌های هوایی	۰/۹۷	۰/۱۶	۰/۰۱	۰/۱۲	-۰/۰۸
قطر ریشه اصلی	۰/۹۳	۰/۲۱	-۰/۱۴	۰/۱۴	-۰/۰۷
طول ریشه	۰/۹۱	۰/۳۴	-۰/۱۲	-۰/۰۷	۰/۱۱
حجم ریشه	۰/۹۶	۰/۱۳	۰/۱۲	-۰/۰۳	۰/۰۲
سطح ریشه	۰/۹۷	۰/۱۹	۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۰۶
تعداد انشعابات ریشه	۰/۸۶	۰/۱۹	-۰/۱۸	۰/۲۱	-۰/۲۳
وزن تر ریشه	۰/۹۶	۰/۱۳	۰/۱۱	-۰/۰۵	-۰/۰۱
وزن خشک ریشه	۰/۹۶	۰/۱۴	۰/۱۲	-۰/۰۵	-۰/۰۰
مقادیر ویژه	۱۲/۲۷	۳/۱۱	۲/۱۱	۱/۷۹	۱/۷۴
تغییرات تجمعی	۵۳/۳۴	۶۶/۸۶	۷۶/۰۱	۸۳/۷۸	۹۱/۳۶



شکل ۵- گروه‌بندی ۱۰ رقم کنجد بر اساس اولین و دومین عامل اصلی حاصل از کلیه صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی

عامل سوم ۹/۱۵ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود و دارای رابطه مثبت با صفات فاصله میان‌گره اول و ارتفاع اولین کپسول و رابطه منفی با تعداد کپسول در بوته بود. نمودار دو بعدی بر اساس دو عامل اول و دوم در سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان داد که رقم‌های کرج ۱، اولتان و ناز چندشاخه از ضرایب بالایی برای این دو عامل برخوردار بوده و جزء بهترین رقم‌ها بودند. رقم‌های چینی، یلووایت و پاناما نیز از ضرایب پایینی برای عامل‌های اول و دوم برخوردار بودند (شکل ۵).

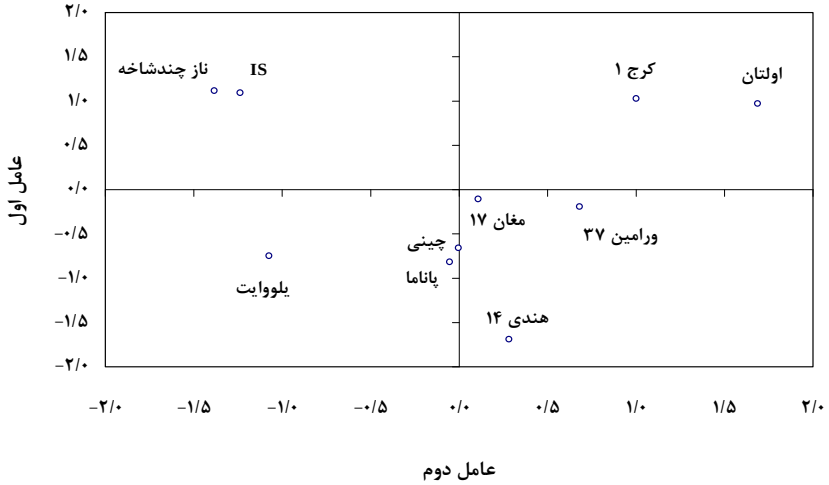
تجزیه به عامل‌ها در سطح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی بطور جداگانه انجام شد. چون نتایج حاصل روند مشابهی داشت، لذا، نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در سطح آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی ارایه گردید. نتایج حاصل نشان داد که چهار عامل اول با مقادیر ویژه بالاتر از یک در مجموع ۸۹/۵۲ درصد تغییرات کل را شامل بودند (جدول ۷). در این بررسی اولین عامل که ۵۷/۲۷ درصد تغییرات کل را توجیه نمود، دارای رابطه مثبت و بالایی با عملکرد دانه وزن هزار دانه، تعداد کپسول در هر بوته، طول کپسول، قطر ساقه، تعداد میان‌گره، تعداد شاخه فرعی، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، قطر ریشه اصلی، طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه، تعداد انشعابات ریشه و وزن تر و خشک ریشه بود (جدول ۷). عامل دوم ۱۹/۴۳ درصد تغییرات کل را تبیین نمود. صفات قطر کپسول، ارتفاع بوته و فاصله میان‌گره اول از سطح زمین با ضرایب مثبت و بالا و ارتفاع شاخه‌بندی با ضریب منفی و بالا از اهمیت زیادی در این عامل برخوردار بودند (جدول ۷). عامل سوم ۷/۱۱ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود و صفات تعداد دانه در هر کپسول و میزان کلروفیل برگ با ضرایب مثبت و بالا از صفات با اهمیت در این عامل بودند (جدول ۷). از دو عامل اصلی اول که در مجموع ۷۶/۷۰ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کردند، برای گروه بندی ارقام استفاده شد. نمودار دو بعدی نشان داد که رقم‌های کرج ۱ و اولتان دارای مقادیر بالایی برای این دو عامل بوده و بهتر از رقم‌های دیگر بودند. رقم‌های چینی، یلووایت و پاناما نیز از ضرایب پایینی برای عامل‌های اول و دوم برخوردار بودند (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد که بین سطوح آبیاری و رقم‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل آبیاری در رقم برای صفات وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، حجم، سطح، وزن تر و خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در اثر تنش کم‌آبی، عملکرد و اکثر صفات مورد مطالعه کاهش می‌یابد. در اکثر صفات، بیشترین مقدار در تیمار آبیاری کامل بدست آمد. در تیمار آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی، صفات مقدار کلروفیل برگ، طول ریشه، تعداد انشعابات ریشه و نسبت طول ریشه به ارتفاع بوته بیشترین مقدار را داشت. ارقام کرج۱، اولتان، ناز چند شاخه و IS در اکثر صفات در شرایط تنش و بدون تنش، برتر از ارقام دیگر بودند.

جدول ۷- بردارهای ویژه، مقادیر ویژه و تغییرات تجمعی چهار عامل اصلی و میزان ضرایب عاملی صفات در هر عامل بر اساس کلیه صفات اندازه-گیری شده در سطح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی در کنجد

صفات	بردار ویژه			
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
عملکرد دانه	۰/۹۲	۰/۲۸	۰/۰۶	۰/۱۳
وزن هزار دانه	۰/۹۳	۰/۱۸	-۰/۱۷	-۰/۱۰
تعداد دانه در هر کپسول	-۰/۱۱	۰/۵۶	۰/۶۹	۰/۲۳
تعداد کپسول در هر بوته	۰/۸۳	-۰/۱۴	۰/۰۶	-۰/۲۵
طول کپسول	۰/۷۸	۰/۵۱	۰/۰۹	-۰/۱۶
قطر کپسول	۰/۳۲	۰/۸۴	۰/۰۷	۰/۱۳
میزان کلروفیل برگ	۰/۰۸	-۰/۰۸۹	۰/۹۷	-۰/۰۴
ارتفاع بوته	۰/۴۱	۰/۸۵	-۰/۰۳	-۰/۰۹
قطر ساقه	۰/۸۸	۰/۴۲	-۰/۰۱	۰/۰۲
فاصله میان‌گره اول از سطح زمین	۰/۰۹	۰/۷۳	۰/۱۰	۰/۳۱
تعداد میان‌گره	۰/۸۳	۰/۳۷	۰/۰۶	۰/۲۳
تعداد شاخه فرعی	۰/۸۹	۰/۱۹	-۰/۰۹	۰/۰۴
ارتفاع شاخه‌بندی	-۰/۴۰	-۰/۷۱	۰/۱۱	۰/۲۰
ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۹۶
وزن تر اندام‌های هوایی	۰/۹۲	۰/۰۷	-۰/۰۹	-۰/۰۵
وزن خشک اندام‌های هوایی	۰/۹۳	۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۵
قطر ریشه اصلی	۰/۸۸	۰/۳۷	۰/۰۸	۰/۰۴
طول ریشه	۰/۹۴	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۰۳
حجم ریشه	۰/۹۰	۰/۴۱	۰/۰۹	۰/۰۱
سطح ریشه	۰/۹۲	۰/۳۵	۰/۱۲	-۰/۰۱
تعداد انشعابات ریشه	۰/۹۴	۰/۲۳	-۰/۱۳	۰/۱۱
وزن تر ریشه	۰/۸۸	۰/۴۵	۰/۰۹	۰/۰۴
وزن خشک ریشه	۰/۸۷	۰/۴۴	۰/۰۹	۰/۰۴
مقادیر ویژه	۱۳/۱۷	۴/۴۷	۱/۶۴	۱/۳۲
تغییرات تجمعی	۵۷/۲۷	۷۶/۷۰	۸۳/۸۰	۸۹/۵۲



شکل ٦- گروه‌بندی ۱۰ رقم کنجد بر اساس اولین و دومین عامل اصلی حاصل از کلیه صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری به مقدار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی

در تجزیه به عامل‌ها در شرایط بدون تنش و تـنش ۵ و ۴ عامـل اول به ترتیـب ۹۱/۳۶ و ۸۹/۵۲ درصـد از تغییـرات صـفات را توجیـه کردند. گروه‌بندی ارقام کنجـد بـر اسـاس اولـین و دومـین عامـل در شرایط بدون تنش نشان داد که ارقام کرج۱، اولتـان و نـاز چندشـاخه بهتر از ارقام دیگر بودند و رقم‌هـای چینـی، یلووایـت و پانامـا نیـز از ضرایب پایینی برای عامل‌های اول و دوم برخوردار بودنـد. در شـرایط تنش نیز ارقام کرج۱ و اولتان به عنوان ارقام متحمل به تنش کم‌آبـی و دارای خصوصیات مورفولوژیک مطلوب گروه‌بندی شدند. رقـم‌هـای چینی، یلووایت و پاناما نیز از ضرایب پایینی بـرای عامـل‌هـای اول و دوم برخوردار بودند.

منابع

۱- احمدی، ع. و ع. سی و سه مرده. ۱۳۸۳. اثر تنش خشکی بر کربوهیدرات‌های محلول، کلروفیل و پرولین در چهار رقم گنـدم سـازگار بـا شـرایط متفاوت اقلیمی ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵(۳): ۷۶۳-۷۵۳.

۲- اسکندری، ح. ا.، س. زهتاب سلماسی و ک. قاسمی گلعذانی. ۱۳۸۹. ارزیابی کارآیی مصرف آب و عملکرد دانـه ارقـام کنجـد در شـرایط آبیـاری متفاوت به عنوان کشت دوم. مجله دانش کشاورزی پایدار، ۲۰(۲): ۵۱-۳۹.

۳- ایران‌نژاد، ح.، ز. جوانمردی، م. گلباشی و م. ضرابی. ۱۳۸۸. اثر سطوح مختلف خشکی بر جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه ارقام کتان. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی، ص ۱۲۰.

۴- پورموسوی، س. م.، م. گلوی، ج. دانشیان، ا. قنبری و ن. بصیرانی. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر تنش خشکی و کود دامـی بـر محتـوای رطوبـت، میـزان پایداری غشاء سلول و محتوای کلروفیل برگ سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۴): ۱۳۴-۱۲۵.

۵- حبیبی، غ.ر.، م. ر. قنادها، ع. ر. سوهانی و ح. ر. دری. ۱۳۸۵. بررسی روابط عملکرد دانه با برخی صفات مهـم زراعـی لوبیـا قرمـز بـا روش‌هـای مختلف آماری در شرایط آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۳): ۶۰-۵۲.

۶- دلخوش، ب.، ا. ح. شیرانی‌راد، ق. نورمحمدی و ف. درویش. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخـی صـفات زراعـی و فیزیولوژیـک ارقام کلزا. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، ۱۱(۲): ۱۷۷-۱۶۵.

۷- دلخوش، ب.، ا. ح. شیرانی‌راد، ق. نورمحمدی و ف. درویش. ۱۳۸۵. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و مقـدار کلروفیـل ارقـام کلـزا. مجلـه علمـی پژوهشی علوم کشاورزی، ۱۲(۲): ۳۶۸-۳۵۹.

۸- درگاهی، ی.، ا. اصغری، م. شکرپور، ع.رسول‌زاده، ا. غریب‌عشقی و م. ر. شیری. ۱۳۹۰. ارزیابی تحمل تنش کم‌آبـی در ارقـام کنجـد بـر اسـاس شاخص‌های تحمل. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۱(۳): ۱۳۳-۱۱۹.

۹- رمضانی، م.، ح. ا. سمیع‌زاده لاهیجی، ح. ابراهیمی کولایی و ع. کافی قاسمی. ۱۳۸۷. مطالعه صفات زراعـی و مورفولوژیـک هیبریـدهای ذرت از طریق تجزیه به عامل‌ها در همدان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۵): ۱۰۸-۹۹.

۱۰- زینالی، ح.، ع. نصرآبادی، ه. حسین‌زاده، ر. چوگان و م. سبک‌دست. ۱۳۸۴. تجزیه به عامل‌ها در ارقام هیبرید ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۴): ۹۰۲-۸۹۵.

۱۱- شهریاری، ر. و ا. کریمی. ۱۳۸۰. ارزیابی مقاومت به سرما در ژرم‌پلاسم‌های گندم با اندازه‌گیری محتـوای کلروفیـل و رنـگ بـرگ‌هـا. چکیـده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ۱۶-۱۳ شهریور، ص ۵۰۷.

۱۲- صباغ‌پور، ح. ۱۳۸۵. شاخص‌ها و مکانیزم‌های مقاومت به تنش خشکی در گیاهان. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی خشکی و خشکسالی معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی.

۱۳- ضرابی، م.، ح. شریعتمداری و م. گلباشی. ۱۳۸۸. ارزیابی واکنش رقم اروفلو آفتاب‌گردان به تنش شوری و خشکی در مرحله جوانه‌زنی. همـایش ملی اصلاح الگوی مصرف در کشاورزی و منابع طبیعی، ص ۱۶۰.

۱۴- عباس‌زاده، ب.، ا. شریفی عاشور آبادی، م. ح. لباسچی، م. نادری حاجی باقر کندی و ف. مقدمی. ۱۳۸۶. اثر تـنش خشـکی بـر میـزان پـرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Mellissa officinalis* L.). فصل‌نامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویـی و معطر ایران، ۲۳(۴): ۵۱۳-۵۰۴.

۱۵- عشقی، ا. غ.، ج. مظفری و ا. عزیز اف. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد داخلی و خارجی از نظر تحمل به شـرایط آبیـاری محـدود بـا استفاده از روش‌های تجزیه چند متغیره. اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی، دانشگاه زنجان، ۲۱-۱۹ شهریور، ص ۵۸.

۱۶- علیزاده، ا. ۱۳۹۰. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. ۶۱۵ ص.

۱۷- قدسی، م.، م. ر. جلال کمالی، م. ر. چائی‌چی و د. مظاهری. ۱۳۸۲. تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ارقام گندم تحت تنش رطوبت در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی در شرایط مزرعه‌ای. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۱(۲): ۲۱۶-۲۰۵.

۱۸- کارگر، س. م. ع.، م. ر.قنادها، ر. بزرگی‌پور، ا. ع. خواجه‌احمد عطاری و ح. ر. بابایی. ۱۳۸۳. ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا در شرایط آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵(۱): ۱۴۲-۱۲۹.

۱۹- گالشی، س.، س. فرزانه و ا. سلطانی. ۱۳۸۴. بررسی تحمل به خشکی در چهل ژنوتیپ پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در مرحله گیاهچه. مجله نهال و بذر، ۲۱(۱): ۷۹-۶۵.

۲۰- مجیدیان، م.، ا. قلاوند، ع. ا. کامگار حقیقی و ن. ع. کریمیان. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل‌متر، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل‌کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران، ۱۰(۳): ۳۳۰-۳۰۳.

۲۱- محمدی، ح.، ع. احمدی، ف. مرادی، ع. ر. عباسی، ک. پوستینی، م. جودی و ف. فاتحی. ۱۳۹۰. ارزیابی صفات مهم برای بهبود عملکرد گندم تحت تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۲): ۳۸۵-۳۷۳.

۲۲- مقنی‌باشی، م. و ج. رزمجو. ۱۳۹۱. تأثیر تیمار کردن بذر با پلی اتیلن گلیکول و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و روغن دانه کنجد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۰ (۱): ۹۹-۹۱.

۲۳- مهرابی، ز. و پ. احسان‌زاده. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد (*Sesame indicum* L.) تحت رژیم‌های رطوبتی خاک. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۳(۲): ۸۸-۷۵.

۲۴- نیاکان، م. و م. ل. قربانلی. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد، فاکتورهای فتوسنتزی، میزان پروتئین و محتوای یونی در بخش‌های هوایی و زیرزمینی دو رقم سویا. مجله رستنی‌ها، ۸(۱): ۳۲-۱۷.

25- Asch, F., M. Dingkuhn, A. Sow and A. Audebert. 2005. Drought-induced changes in rooting patterns and assimilate partitioning between root and shoot in upland rice. Field Crops Res., 93: 223-236.

26- Bajji, M., S. Lutts, and J. M. Kinet. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum Desf*) under arid condition. Plant Sci., 160: 669-681.

27- Benjamin, J. G. and D. C. Nielsen. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Res., 97: 248-253.

28- Dhanda, S. S., G. S. Sethi and R. K. Behl. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages plant growth. Agron. Crop Sci., 190: 6-12.

29- Dorji, K., M. H. Behboudian, and J. A. Zegbe-Domiez. 2005. Water relations, growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying. Sci. Hort., 104: 137-149.

30- Fotovat, R., M. Valizadeh and M. Toorehi. 2007. Association between water-use-efficiency components and total chlorophyll content (SPAD) in wheat (*Triticum aestivum* L.) under well-watered and drought stress conditions. J. Food. Agric. Environ., 5(3,4): 225-227.

31- Golestani, M. and H. Pakniat. 2007. Evaluation of drought tolerance indices in *Sesamum indicum* L. lines. J. Sci. Tech. Agri. Nat. Res., 41: 141-149.

32- Hassanzadeh, A., A. Ebadi, M. Panahyan-e-Kivi, Sh. Jamaati-e-Somarin, M. Saeidi and A. Gholipouri. 2009. Investigation of water stress on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Moghan region, Res. J. Environ. Sci., 3 (2): 239- 244.

33- Heidari, M., M. Galnvi and M. Hassani. 2011. Effects of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in Sesame (*Sesarnnni indrcnrn* L.) under water stress. African J. Biotech., 10 (44):8816- 8822.

34- Ismail, M. R., W. J. Davies, and H. A. Mohammad. 2002. Leaf growth and stomatal sensitivity to ABA in droughted pepper plants. Sci. Hort., 96: 313-327.

35- Kashiwagi, J., L. Krishnamurthy, J. H. Crouch, and R. Serraj. 2006. Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress. Field Crops Res., 95: 171–181.

36- Kulkarni, M. and P. Swati. 2009. Evaluating variability of root size system and its constitutive traits in hot pepper (*Capsicum annum* L.) under water stress. Sci. Hort., 120: 159-166.

37- Liu, H. S., Li, F. M. and H. Xu. 2004. Deficiency of water can enhance root respiration rate of drought-sensitive but not drought-tolerance spring wheat. Agric. Water Manag., 64: 41-48.

38- Mensah, J. K., B. O. Obadoni, P. G. Eroutor and F. Onome-Irieguna. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesame indicum* L.). African. J. Biotech., 5(13): 1249-1253.

39- Okcu, G., M. D. Kaya and M. Atak. 2005. Effects of salt and drouth stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish J. Agric., 29: 237-242.

40- Pouresmaiel, H. A., M. H. Saberi and H. R. Fanaei. 2013. Evaluation of terminal drought stress tolerance of *Sesamum Indicum* L. genotypes under the Sistan region conditions, Int. J. Sci. Engin. Invest., 2: 58- 61.

41- Richard, G. A., L. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy, 304p.
42- Salehpour, M., A. Ebadi, M. Izadi and S. Jamaati-e-Somarin. 2009. Evaluation of water stress and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. J. Environ. Sci., 3 (1): 103-109.
43- Schelmmer, M. R., D. D. Francis, J. F. Shanaban and J. S. Schepers. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agron. J., 97: 106-112.
44- Sinaki, J. M., E. Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, G. H. Noormohammadi and G. H. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian. J. Agric. Environ. Sci., 2(4): 417-422.
45- Tavakol, E. and H. Pakniyat. 2007. Evaluation of some drought criteria seedling stage in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Pakistan J. Biol. Sci., 10 (7): 1113-1117.
46- Turk, M. A., A. R. M. Tahawa and K. D. Lee. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian J. Plant Sci., 3: 394-397.
47- Wang, H., J. Siopongco, L. Wade and A. Yamauchi. 2009. Fractal analysis on root systems of rice plants in response to drought stress. Environ. Exp. Botany, 65: 338-344.