اثر کاربرد کودهای نیتروژن و پتاسیم و رژیم‌های آبیاری بر صفات مؤثر بر عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.)

اکرم مهدوی خرمی[۱]، جعفر مسعود سینکی[۲*]، مجید امینی دهقی[۳]، شهرام رضوان[۲] و علی دماوندی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۳)

چکیده

به‌منظور مطالعه صفات مؤثر بر عملکرد دانه کنجد در شرایط کاربرد تیمارهای تغذیه‌ای و رژیم‌های آبیاری، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه شاهد تهران در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل رژیم‌های آبیاری آبیاری کامل و قطع آبیاری بر اساس کدهای BBCH ۷۵ و ۶۵، سه نوع کود نیتروژنه (نیتروکسین، اوره و ترکیب نیتروکسین با ۵۰ درصد اوره) و چهار سطح کود پتاسیم (عدم کوددهی به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی و کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم و کاربرد آبی دی‌اکسید پتاسیم) بودند. بر اساس نتایج، اثر متقابل سه‌گانه آبیاری در نیتروژن در پتاسیم بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی (BBCH ۷۵) در عدم محلول‌پاشی پتاسیم و کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۳۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که افزایش حدود ۳۵ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد داشت. علاوه بر این، عملکرد دانه با صفات قطر ساقه، وزن خشک بوته، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. بین صفات مورفولوژیک همبستگی ضعیفی مشاهده شد. همچنین بین صفات مورفولوژیک و عملکردی همبستگی قابل توجه و معنی‌دار آماری وجود نداشت. بر اساس نتایج رگرسیون گام‌به‌گام، حداکثر اختلاف عملکرد دانه را می‌توان به تعداد کل کپسول، وزن هزار دانه و تعداد دانه در کپسول نسبت داد که ۹۸/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کردند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیونی، همبستگی صفات، نانوکلات پتاسیم، نیتروکسین و قطع آبیاری

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی دکتری رشته زراعت و استادیاران گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، ایران
۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: jmsinaki2020@gmail.com

مقدمه

امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان، کشاورزی رایج توانایی پاسخگویی به تمام نیازهای غذایی بشر را ندارد. این نوع کشاورزی ضمن تخریب ساختمان خاک، اختلال در حیات موجودات زنده خاک و آلودگی آب‌های زیر زمینی، کاهش تولید در درازمدت و افزایش هزینه‌های تولید را به همراه دارد. از طرف دیگر بحران کمبود آب یکی از مشکلات اساسی کشور به خصوص در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است. بنابراین یافتن راهکاری برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی رایج و بهبود آب مصرفی در تولید محصولات کشاورزی ضروری است (۷ و ۳۸).

دو راهکار مهم برای بهبود شرایط زیست‌محیطی و جلوگیری از تشدید بحران کمبود آب، کشت گیاهان متحمل به کم‌آبی و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه از نظر عناصر غذایی است (۲۵). کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. یکی از گیاهان یکساله متحمل به کم‌آبی و تنش خشکی است که به‌دلیل محتوی بالای روغن (۵۲-۴۲ درصد) و کیفیت مناسب آن (میزان کلسترول و وجود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها) نقش مهمی در سلامت انسان دارد (۳). بر اساس آمارنامه جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۵، سطح زیر کشت کنجد در کشور حدود ۴۲ هکتار (حدود ۰/۳۶ درصد از سطح زیر کشت کشور) و میزان تولید آن حدود ۳۶ تن برآورد شده است.

برای بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان، اضافه کردن دو عنصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر به‌صورت کود و شکل‌های مختلف شیمیایی، آلی، زیستی و نانو، به خاک ضروری است. نیتروکسین از جمله کودهای زیستی است که با افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات کشاورزی مؤثر بوده و حاوی ریز موجودات آزادزی هستند که توانایی تبدیل عناصر غذایی پرمصرف را از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرایندهای بیولوژیکی داشته و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور می‌شود (۳۱). در پژوهشی اثر کود زیستی نیتروکسین بر ارتفاع بوته، تعداد کپسول، تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کنجد معنی‌دار گزارش شد (۳۷).

پتاسیم نقش ویژه‌ای در حیات و بقای گیاهان تحت تنش محیطی بازی می‌کند. در شرایط کمبود پتاسیم حساسیت به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (۱۳). یومار (۳۹) گزارش کرده است که با مصرف مقادیر بیشتر پتاسیم در شرایط تنش رطوبتی عملکرد دانه، ماده خشک و شاخص برداشت سورگوم افزایش یافت. نتایج پژوهش دیگری در مصر نشان داد که در شرایط تنش کمبود آب، کاربرد پتاسیم از افت عملکرد دانه گیاهان جلوگیری کرد (۱۶). نانوکودها یکی از انواع جدید کودهای در بازار است که علاوه بر کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شوند (۱۰).

در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های آماری در کمی‌سازی اطلاعات کشاورزی به‌منظور کاهش مشکلات کشاورزان، مورد توجه قرار گرفته است. روش تحلیل رگرسیون چند متغیره و همبستگی بین صفات، از جمله روش‌هایی است که امروزه در تمامی علوم کاربرد گسترده‌ای داشته و به بررسی و مدل‌سازی رابطه بین متغیرها می‌پردازد (۷). در پژوهشی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره بررسی و گزارش شد که با توجه به نتایج رگرسیون گام‌به‌گام، عملکرد بیولوژیک، تعداد غوزه و شاخه فرعی و تعداد دانه در غوزه اصلی‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه بودند (۳۰). در تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام در گیاه گندم، تعداد دانه اولین متغیری بود که وارد مدل شد و درصد بیشتری از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد (۲۰).

با توجه به موقعیت ایران که از نظر اقلیمی در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و بحران آب در این منطقه، استفاده از گیاهان سازگار به شرایط خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳۵). هدف از پژوهش حاضر بررسی ارتباط

رگرسیونی صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد با عملکرد دانه کنجد و تغییرات این صفات، تحت تأثیر کاربرد ترکیب‌های مختلف از کودهای نیتروژن (شیمیایی و زیستی) و پتاسیم (شیمیایی و نانو) در تنش خشکی آخر فصل بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌صورت کشت دوم بعد از گندم در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد تهران (۳۵°۳۴′N latitude and ۵۱°۳۴′E longitude) در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمار مراحل مختلف قطع آبیاری بر اساس مقیاس BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical industry BBCH) به‌عنوان فاکتور اصلی، که شامل سطوح، آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، BBCH ۶۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی) و BBCH ۷۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی) بود، در کرت‌های اصلی قرار داشت. این مقیاس به‌عنوان یک منبع برای گزارش‌دهی و آنالیز داده‌های رشته کشاورزی به‌کار می‌رود که مراحل فنولوژی گیاهان بر طبق کدهای BBCH در فصل خاص خود تعریف می‌شود (۲۷). پلات فرعی شامل ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن (نیتروکسین، اوره براساس آزمون خاک و تلفیق ۵۰ درصد اوره بر اساس آزمون خاک و نیتروکسین) و ترکیب‌های مختلف کود پتاسیم (عدم مصرف، محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم، کاربرد دی‌اکسید پتاسیم همراه با آب آبیاری و مصرف خاکی نانو کلات پتاسیم) بود. مقدار، منبع و روش استفاده از این کودها در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس توصیه کودی، مقدار کود اوره برای هر کرت ۳۱/۲ گرم محاسبه شد. برای عنصر پتاسیم از منابع تیماری مورد آزمایش و برای فسفر نیز از منبع سوپرفسفات در ابتدای کاشت بر مبنا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

بعد از برداشت گندم پاییزه (در هفته سوم خردادماه)، خاک محل اجرای آزمایش مورد تجزیه قرار گرفت که دارای بافت لومی‌رسی‌شنی بود (جدول ۲). عملیات خاک‌ورزی شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت دستی که در ۳۱ خردادماه بود، صورت گرفت. هر کرت آزمایشی به ابعاد ۲×۳ متر (دارای پنج ردیف کشت) و فاصله بین بلوک‌ها دو متر، فاصله کرت‌های در هر بلوک یک متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌ها از هم ۴۵ سانتی‌متر بودند (۱۱). کشت به‌صورت دستی و رقم مورد استفاده داراب ۱ بود. این رقم در سال ۱۳۸۸ معرفی شد که دارای میانگین عملکرد ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، طول دوره رویش ۱۲۰-۱۱۰ روز، متحمل به بیماری، وزن هزار دانه ۳ تا ۳/۴ گرم و میزان روغن دانه ۵۲ درصد است.

آبیاری کرت‌ها به‌صورت جوی و پشته‌ای و تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A (در ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه) صورت گرفت. اعمال تیمارهای آبیاری بعد از تیمارهای محلول‌پاشی صورت گرفت، بدین صورت، زمانی‌که حدوداً ۵۰ درصد کرت‌های مربوطه در مرحله گل‌دهی (برای اعمال BBCH ۶۵) و یا در مرحله دانه‌بندی (برای اعمال تیمار BBCH ۷۵) قرار داشتند، قطع آبیاری صورت گرفت و تا مرحله برداشت کرت مورد نظر، آبیاری نشد.

بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (خشک شدن و تغییر رنگ در ۵۰ درصد از کپسول‌ها که در پنجم آبان‌ماه اتفاق افتاد)، از هر کرت تعداد سه بوته به تصادف انتخاب و صفات عملکردی شامل تعداد کل کپسول، وزن دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. برای کم کردن خطای نمونه‌برداری و دقیق‌تر شدن محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، اندازه‌گیری این پارامترها در واحد سطح با حذف اثرات حاشیه‌ای صورت گرفت. لازم به ذکر است نمونه‌گیری به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، قبل از خشک شدن گیاه (حدود دو هفته قبل از رسیدگی فیزیولوژیک) صورت گرفت. این صفات شامل ارتفاع بوته (با استفاده از متر)، قطر ساقه (با استفاده از کولیس)، تعداد شاخه جانبی، تعداد و سطح برگ (با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج Leaf area meter CI-۲۰۲)، وزن خشک برگ،

جدول ۱. تیماری‌های مختلف کودی، منابع تأمین و زمان مورد استفاده

نوع کود	زمان و مقدار مصرف	منبع مورد استفاده
کود بیولوژیک نیتروکسین	قبل از کاشت به صورت بذرمال ۰/۵ لیتر برای ۹ کیلوگرم بذر در شرایط تاریکی	تهیه شده از شرکت مهر آسیا، حاوی باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر کروئوکوکوم، ازتوباکترآجیلیس، آزوسپریلیوم برازیلنس و آزوسپریلیوم لیپوفرم)
محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	به‌میزان ۲ در هزار در دو مرحله ابتدای گل‌دهی و ابتدای دانه‌بندی	از منبع نانو کود خضراء دارای ۲۷ درصد کلات پتاسیم
نانوکلات پتاسیم به‌صورت خاک‌پاش	به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار در ابتدای کاشت (به‌دلیل محدودیت زیر کشت بودن مزرعه و کشت دوم بودن آزمایش)	از منبع نانو کود خضراء دارای ۲۷ درصد کلات پتاسیم
دی‌اکسید پتاسیم همراه با آب آبیاری	به‌میزان ۲ لیتر در هکتار بر اساس توصیه شرکت سازنده کود	از منبع کود شیمیایی پتاکارب (حاوی ۵۲ درصد دی‌کسید پتاسیم)
کود شیمیایی نیتروژن	به‌میزان ۳۱/۲ گرم برای هر کرت در طی دو مرحله در ابتدای کاشت و ابتدای گل‌دهی	از منبع اوره دارای ۴۶ درصد نیتروژن

جدول ۲. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک

بافت خاک	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	هدایت الکتریکی	pH
	(درصد)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			(دسی‌زیمنس برمتر)	
لوم رسی شنی	۰/۱۴	۱۲۰۰	۷/۴	۲۵۰	۳/۶۷	۷/۸

ساقه و کل بوته (۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون) بودند (۱ و ۱۸). اندازه‌گیری عملکرد دانه نیز از یک مترمربع از وسط کرت‌های آزمایشی انجام شد (۳).

برای تجزیه و تحلیل‌های آماری ابتدا نرمال بودن داده‌های صفات مختلف توسط نرم‌افزار Minitab ۱۶ مورد بررسی قرار گرفت، سپس تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین آنها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و در نهایت همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ برآورد شد. برای هر یک از روش‌های آبیاری، عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام برای شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه کنجد با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (IBM SPSS Statistics ۲۱) انجام شد.

نتایج و بحث

اثرات رژیم‌های مختلف قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی، ترکیبات مختلف کودهای نیتروژن و پتاسیم و برهم‌کنش رژیم آبیاری در کود نیتروژن و همچنین اثر متقابل سه‌گانه، رژیم آبیاری در کود نیتروژن در کود پتاسیم بر ارتفاع بوته معنی‌دار بودند (جدول ۳). کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم همراه با کود اوره و آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی (BBCH ۷۵) بالاترین ارتفاع بوته (۱۸۱/۳۳ سانتی‌متر) داشت که باعث افزایش حدود ۱۳ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). نکته قابل ذکر اینکه، تیمارهای مختلفی در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه وجود دارد که با بالاترین میانگین به‌دست آمده، اختلاف معنی‌دار آماری ندارند. کمترین میانگین ارتفاع بوته در آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی (BBCH ۶۵) در عدم مصرف کود پتاسیم و مصرف ترکیب ۵۰ درصد اوره بر اساس آزمون خاک به‌همراه کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۳۹/۶۶ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴).

در ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف کنجد، افزایش شدید تنش خشکی (کم‌آبیاری)، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در واحد سطح را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (۱۷). در شرایط یکسان محیطی، فراهم آوردن

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	سطح برگ	وزن خشک بوته	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	تعداد کپسول	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
بلوک	۲	۲۳۵/۶*	۶/۴۰ns	۱۴/۱۹**	۲۳۳/۰ns	۲۶۶۸۷/۵ns	۲۱۹/۹ns	۷/۶۳ns	۱۴۸/۹ns	۴/۴۸ns	۱۶/۶۹ns	۰/۲۳*	۵۵۳۴۲/۸*
آبیاری (I)	۲	۴۶۷/۰**	۲/۴۴ns	۲/۵۸ns	۲۷۰۳/۳**	۴۵۷۲۵۹/۳**	۲۱۴۸/۸**	۱۱۹/۹**	۱۳۶۹/۴**	۱۴/۴۳**	۶۶/۶۹ns	۰/۲۵*	۲۹۹۸۰/۹ns
خطای اصلی	۴	۸۳/۷۳	۱/۷۳	۱/۶۱	۲۰۷/۹	۲۰۸۲۳/۳	۳۸//۰	۴/۴۹	۵۴/۸	۰/۳۳	۵۵/۹۳	۰/۱۶	۱۲۹۹۷/۶
نیتروژن (N)	۲	۶۳۹/۷**	۳۶/۰۰**	۹/۳۶**	۵۰۲۰/۷**	۶۸۲۵۹۷/۵**	۱۶۰۹/۴**	۸۶/۴۸**	۱۱۰۷/۵**	۱۵۰/۵۴**	۱۶/۸۶ns	۰/۰۶ns	۴۴۹۸۱۷/۶**
پتاسیم (K)	۳	۲۱۹/۳*	۱۲/۷۷*	۶/۴۰**	۴۴۰۷/۶**	۲۵۵۶۱۲/۰**	۷۵۲/۵**	۲۲/۰ns	۵۲۰/۶**	۱۱/۷۸**	۳۹/۶۵ns	۰/۱ns	۲۸۵۳۵/۲ns
I×N	۴	۲۲۲/۵*	۱/۷۸ns	۶/۰۶**	۱۹۵۶/۳**	۸۷۳۷۵/۷**	۲۱۱/۷ns	۸/۴۶ns	۱۶۸/۸ns	۱۸/۸۶**	۲۵۵/۰۵**	۰/۲۳**	۱۸۲۸۴۵/۲**
N×K	۶	۱۳۰/۱ ns	۲/۰۸ns	۲/۷۹*	۷۲۱/۲*	۵۱۱۱۲/۳*	۶۴/۷ns	۱۱/۲۶ns	۴۷/۶ns	۹/۵۶**	۹۷/۱*	۰/۱۲ns	۳۹۵۰۷/۳*
I×K	۶	۹۸/۹ ns	۸/۴۵*	۷/۵۷**	۱۳۴۱/۵**	۶۶۲۱۴/۸*	۹۲/۴ns	۴/۷۳ns	۸۱/۵ns	۱/۲۴ns	۹۳/۵۳*	-۰/۱۹*	۲۰۰۹۷/۷ns
I×N×K	۱۲	۲۳۵/۷**	۲/۸۲ns	۳/۲۷**	۵۹۵/۴*	۱۴۴۳۲/۵ns	۷۴/۰ns	۶/۱۵ns	۴۹/۲ns	۲۰/۰۰**	۸۳/۰۹*	۰/۰۷ns	۸۶۹۱۴/۲**
خطا	۶۶	۶۹/۳	۳/۳۶	۱/۱۵	۳۱۷/۰	۲۱۹۸۴/۴	۹۹/۱۴	۸/۵۴	۷۲/۲۵	۲/۵۱	۴۲/۰۳	۰/۰۶	۱۵۸۷۱/۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۵/۱۳	۱۵/۲۸	۱۴/۱۹	۱۰/۵۶	۸/۴۸	۱۷/۰۹	۲۳/۲۱	۱۸/۶۱	۱۱/۷۶	۸/۸۲	۸/۵۸	۱۲/۸۸

ns، * و ** : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در رژیم‌های مختلف آبیاری

مراحل قطع آبیاری	کود پتاسیم	کود نیتروژن	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد کل کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	عملکرد دانه (kg he)
آبیاری کامل		نیتروکسین (N)	۱۶۰/۶۶ b-e	۷/۰۰ c-g	۱۴۵/۵۷ k-o	۱۰/۹۸ h-l	۷۵/۶۶ a-e	۸۵۴/۶ h-n
	شاهد	اوره (O)	۱۶۹/۶۶ a-d	۶/۶۶ d-g	۱۶۰/۰۰ f-n	۱۳/۱۴ d-i	۸۰ a-d	۱۱۰۷/۶ a-g
		N+۵۰٪ O	۱۴۶/۶۶ gf	۷/۳۳ c-g	۱۳۰/۶۷ no	۱۱/۲ h-l	۶۱ g	۷۵۰/۵ lmn
	محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۶۸/۶۶ a-d	۷/۰۰ c-g	۱۵۸/۰۰ g-n	۱۲/۳ f-j	۸۱/۶۶ abc	۹۵۹/۴ e-m
		اوره (O)	۱۶۸/۶۶ a-d	۸/۶۶ a-d	۲۲۵/۳۳ a	۱۳/۰۲ d-i	۸۵ a	۹۵۲/۱ f-n
		N+۵۰٪ O	۱۵۴/۰۰ d-g	۸/۰۰ b-f	۱۷۶/۰۰ b-i	۸/۴۵ l	۷۲/۳ ag	۷۲۴ mn
	مصرف آبی دی‌اکسید پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۶۷/۶۶ a-d	۶/۶۶ d-g	۱۷۵/۶۷ c-j	۱۴/۹۸ c-f	۷۵/۶ ae	۱۱۶۱ a-f
		اوره (O)	۱۶۴/۰۰ a-f	۵/۳۳ g	۱۸۱/۶۷ b-h	۱۴/۳ c-g	۷۳/۶۶ag	۱۰۱۲/۸ c-j
		N+۵۰٪ O	۱۵۷/۰۰ c-g	۷/۰۰ c-g	۱۶۸/۰۰ d-l	۱۰/۲ i-l	۷۲af	۷۷۶/۳ j-n
	کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۵۹/۶۶ b-f	۵/۶۶ fg	۱۳۵/۳۶ mno	۱۳/۵۴ d-h	۷۹/۶۶ad	۱۰۴۶/۴ c-i
		اوره (O)	۱۶۶/۶۶ a-e	۹/۳۳ abc	۱۹۳/۳۳ a-e	۱۶/۸۵ abc	۷۱/۶۶b-g	۱۲۲۹/۲ a-d
		N+۵۰٪ O	۱۴۸/۶۶ efg	۸/۶۶ a-d	۱۶۶/۳۳ e-m	۹/۹۳ jkl	۷۰/۶ b-g	۷۶۶/۷ k-n
آبیاری BBCH ۶۵		نیتروکسین (N)	۱۵۴/۳۳ d-g	۶/۰۰ efg	۱۴۶/۰۰ j-o	۱۳/۳ i-h	۶۸/۶۶ c-g	۹۲۷ f-n
	شاهد	اوره (O)	۱۶۰/۰۰ b-f	۷/۰۰ c-g	۱۳۲/۰۰ no	۱۵/۵۴ b-e	۸۲/۶۶ ab	۱۱۳۷/۷ a-f
		N+۵۰٪ O	۱۳۹/۶۶ g	۶/۶۶ d-g	۱۱۶/۰۰ o	۱۲/۸۸ e-j	۷۸/۶۶ a-e	۱۰۵۶ c-h
	محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۶۷/۰۰ a-e	۶/۰۰ efg	۱۶۷/۰۰ e-m	۱۱/۰۹ h-l	۷۰ b-g	۸۰۲/۸ i-n
		اوره (O)	۱۵۴/۳۳ d-g	۸/۰۰ b-f	۱۷۰/۰۰ d-l	۱۴/۴ c-g	۶۲/۳۳ fg	۸۷۷/۸ g-n
		N+۵۰٪ O	۱۵۴/۶۶ d-g	۸/۰۰ b-f	۱۶۵/۳۳ f-m	۱۷/۰۶ abc	۷۲/۶۶ a-g	۱۱۳۸/۲ a-f
	مصرف آبی دی‌اکسید پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۵۶/۶۶ c-g	۷/۰۰ c-g	۱۷۴/۰۰ d-k	۱۲/۱ f-k	۶۷/۳۳ d-g	۸۴۸/۹ h-n
		اوره (O)	۱۶۲/۶۶ a-f	۶/۶۶ d-g	۱۵۰/۳۳ ln	۱۶/۹۲ abc	۷۱/۳۳ b-g	۱۲۰۶/۹ a-e
		N+۵۰٪ O	۱۶۶/۶۶ a-e	۸/۳۳ b-e	۱۵۵/۰۰ l-n	۱۲/۹۷ d-j	۷۲ b-g	۹۹۳/۵ d-l
	کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۶۶/۰۰ a-e	۸/۰۰ b-f	۱۷۵/۳۳ c-k	۱۰/۵ h-l	۶۲ fg	۷۳۳/۸ mn
		اوره (O)	۱۵۴/۳۳ d-g	۹/۳۳ abc	۱۹۱/۶۷ b-e	۱۷/۲۴ abc	۷۴ a-g	۱۲۴۲/۵ abc
		N+۵۰٪ O	۱۵۹/۰۰ b-g	۱۱/۳۳ a	۱۷۹/۶۷ b-i	۱۵/۹۴ bcd	۶۹ c-g	۱۰۳۷/۴ c-i
آبیاری تا BBCH ۷۵		نیتروکسین (N)	۱۷۴/۶۶ abc	۷/۶۶ b-g	۱۷۰/۰۰ d-l	۱۸/۳۸ ab	۷۹ a-d	۱۳۴۰/۵ a
	شاهد	اوره (O)	۱۵۳/۶۶ d-g	۱۰/۰۰ ab	۱۹۷/۶۷ a-d	۱۳/۲۲ d-i	۷۷/۳۳ a-e	۱۰۲۵/۱ c-i
		N+۵۰٪ O	۱۶۱/۳۳ b-f	۶/۶۶ d-g	۱۵۶/۶۷ g-n	۱۰/۵۸ h-l	۶۵/۶۶ efg	۷۰۶/۸ n
	محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۶۸/۶۶ a-d	۷/۳۳ c-g	۱۷۶/۰۰ b-i	۹/۲۹ kl	۷۳/۶۶ a-g	۷۶۳/۵ k-n
		اوره (O)	۱۷۵/۳۳ ab	۸/۶۶ a-d	۲۰۶/۳۳ abc	۱۹/۲۶ a	۷۴/۶۶ a-e	۱۳۰۰/۸ ab
		N+۵۰٪ O	۱۵۸/۰۰ b-g	۷/۶۶ b-g	۱۷۰/۶۷ d-l	۱۱/۶ g-k	۷۵ a-f	۸۸۰/۲ g-n
	مصرف آبی دی‌اکسید پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۶۳/۰۰ a-f	۷/۶۶ b-g	۱۸۸/۰۰ b-e	۱۲/۵۶ e-j	۷۱/۳۳ b-g	۸۴۲ h-n
		اوره (O)	۱۶۸/۳۳ a-d	۹/۳۳ abc	۱۸۵/۰۰ b-g	۱۶/۹۶ abc	۷۵ a-f	۱۰۸۶/۷ b-h
		N+۵۰٪ O	۱۶۸/۰۰ a-d	۶/۶۶ d-g	۱۴۳/۳۳ l-o	۱۲/۷۸ e-j	۸۱/۶۶ abc	۸۶۷/۹ g-n
	کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۷۴/۶۶ abc	۸/۰۰ b-f	۲۰۷/۳۳ ab	۱۲/۱۷ f-k	۶۹ c-g	۹۵۹ e-m
		اوره (O)	۱۸۱/۳۳ a	۶/۳۳ d-g	۱۷۳/۳۳ d-l	۱۴/۹۲ c-f	۷۴/۶۶ a-f	۱۰۶۹/۱ b-h
		N+۵۰٪ O	۱۶۰/۳۳ b-f	۷/۳۳ c-g	۱۵۵/۶۷ g-n	۱۴/۶۶ c-f	۷۷/۳۳ a-e	۱۰۰۶/۸ e-k

بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و در پی آن افزایش ارتفاع بوته شود (۳۲). کاربرد نانوکلات پتاسیم و کود نیتروژن شیمیایی به‌صورت اوره، بیشترین تأثیر را در افزایش ارتفاع بوته داشتند که با توجه به قابلیت‌های این کودها از جمله بهبود تغذیه گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک تا حد زیادی توجیه‌پذیر است، چرا که کاربرد این ترکیبات در مقادیر بهینه، رشد گیاه و همچنین مقدار عناصر غذایی پتاسیم و نیتروژن را در خاک بهبود می‌بخشد (۲۹ و ۳۲).

قطر ساقه تحت تأثیر ترکیبات مختلف کود نیتروژن، پتاسیم و اثر متقابل رژیم‌های آبیاری در کود پتاسیم قرار گرفت (جدول ۳). لازم به ذکر است که تیمارهای آبیاری کامل در محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم و آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در کاربرد خاکی دی‌اکسید پتاسیم و کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم نیز دارای بالاترین میانگین این صفت از لحاظ آماری بودند. در بین ترکیبات نیتروژن، کاربرد اوره بالاترین قطر ساقه را ایجاد کرد (جدول ۵). بیشترین قطر ساقه در قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی (BBCH ۶۵) در کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم با میانگین ۱۳/۸۸ میلی‌متر بود که باعث افزایش حدود ۲۰ درصدی میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۶). قطر ساقه صفتی است که بیشترین رشد آن در مراحل اولیه تا ابتدای گل‌دهی صورت می‌گیرد و به همین دلیل بیشتر تیمارهای اعمالی به غیر از کود زیستی و کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم، فرصت لازم برای تأثیر بر روی این صفت را نداشته و به خاطر کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم نتیجه مطلوبی در قیاس با سایر ترکیبات پتاسیم داشت.

تعداد شاخه‌های جانبی تحت تأثیر ترکیبات مختلف کود پتاسیم و نیتروژن و همچنین اثرات متقابل آبیاری در نیتروژن، نیتروژن در پتاسیم، آبیاری در پتاسیم و آبیاری در پتاسیم در نیتروژن تغییر معنی‌دار داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته در تیمار آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی در کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم به‌همراه ۵۰ درصد اوره و کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۱/۳۳ عدد بود که در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش حدود ۳۸ درصدی در میانگین این صفت شد (جدول ۴).

کودهای زیستی با تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، گسترش مناسب سیستم ریشه‌ای گیاه با بهبود ساختار خاک و افزایش خلل و فرج خاک، تولید هورمون‌های گیاهی به‌وسیله باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، موجب رشد و نمو بیشتر گیاه از جمله تعداد شاخه جانبی می‌شوند (۱۹). پژوهشگران در پژوهش‌های خود در مورد گیاه کنجد، نتایج حاصل از این پژوهش را ارائه و تأیید کردند (۳۷). یوسف و همکاران (۴۱) نیز گزارش کردند که کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و وزن خشک بوته را در گیاه مریم‌گلی به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

تعداد و سطح برگ تحت تأثیر کود نیتروژن، پتاسیم، رژیم آبیاری و اثرات متقابل آبیاری در نیتروژن، نیتروژن در پتاسیم و آبیاری در پتاسیم تغییرات معنی‌دار نشان داد. همچنین اثر متقابل سه‌گانه آبیاری در نیتروژن در پتاسیم بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد برگ در بوته در آبیاری کامل و محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم به‌همراه کاربرد اوره با میانگین ۲۲۵/۳۳ عدد بود که باعث افزایش حدود ۳۵ درصدی در میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد و کمترین تعداد برگ در آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی در عدم استفاده از کود پتاسیم به‌همراه کاربرد ۵۰ درصد اوره به‌همراه کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۱۶ عدد به‌دست آمد (جدول ۴). بیشترین سطح برگ در آبیاری کامل به همراه محلول‌پاشی با نانوکلات پتاسیم با میانگین ۱۹۴۶ سانتی‌متر مربع به‌دست آمد که باعث افزایش حدود ۱۹ درصدی میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد. کمترین میانگین سطح برگ نیز در قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی و عدم استفاده از کود پتاسیم با میانگین ۱۴۸۱/۵ سانتی‌متر مربع بود (جدول ۶). تنش خشکی باعث کاهش تعداد و سطح برگ (به‌علت پیری و ریزش برگ‌ها) می‌شود (۲۴).

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیکی و ترکیبات مختلف از کودهای نیتروژن و پتاسیم بر برخی صفات مورفولوژیک

فاکتورهای آزمایش	قطر ساقه (میلی‌متر)	وزن خشک بوته (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)
مراحل قطع آبیاری				
آبیاری کامل	–	۶۲/۰۰^{a}	۱۴/۲۶^{a}	۴۷/۷۳^{a}
قطع در ۵۰ درصد گل‌دهی (۶۵ BBCH)	–	۴۹/۳۶^{b}	۱۰/۶۴^{b}	۳۸/۷۱^{b}
قطع در ۵۰ درصد دانه‌بندی (۷۵ BBCH)	–	۶۲/۳۸^{a}	۱۲/۸۷^{a}	۵۰/۵۱^{a}
ترکیبات مختلف نیتروژن				
نیتروکسین	۱۱/۹۸^{b}	۵۲/۷۳^{b}	۱۰/۸۱^{b}	۴۱/۹۱^{b}
اوره	۱۳/۰۰^{a}	۶۵/۶۸^{a}	۱۳/۶۵^{a}	۵۲/۰۲^{a}
۵۰ درصد اوره و نیتروکسین	۱۱/۰۰^{c}	۵۶/۳۳^{b}	۱۳/۳۱^{a}	۴۳/۰۲^{b}
ترکیبات مختلف پتاسیم				
عدم کوددهی	۱۱/۷۴^{b}	۵۰/۷۵^{b}	-	۳۹/۳۶^{b}
محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم	۱۱/۸۱^{b}	۶۳/۰۷^{a}	-	۴۹/۵۵^{a}
کاربرد آبی دی‌اکسید پتاسیم	۱۱/۴۲^{b}	۵۹/۰۶^{a}	-	۴۷/۱۴^{a}
کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم	۱۲/۹۹^{a}	۶۰/۱۲^{a}	-	۴۶/۵۵^{a}

بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیرمشابه، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و ترکیبات مختلف کود پتاسیم بر برخی صفات کنجد

اثر رژیم‌های آبیاری × ترکیب‌های کود پتاسیم		قطر ساقه (میلی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)
آبیاری کامل (عدم تنش)	عدم مصرف (شاهد)	۱۱/۵۴ ^{bcd}	۱۵۷۳/۶ ^{fg}	۲/۸۴ ^{ab}
	محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم	۱۳/۰۰ ^{ab}	۱۹۴۶/۰ ^{a}	۲/۸۵ ^{ab}
	کاربرد آبی دی‌اکسید پتاسیم	۱۱/۴۶ ^{bcd}	۱۹۱۶/۲ ^{ab}	۲/۹۶ ^{ab}
	کاربرد خاکی نانوکلات پتاسیم	۱۲/۰۷ ^{bcd}	۱۸۶۶/۰ $^{a-d}$	۳/۰۴ ^{ab}
قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی (معادل ۶۵ BBCH)	عدم مصرف (شاهد)	۱۱/۵۸ ^{bcd}	۱۴۸۱/۵ ^{g}	۲/۹۷ ^{ab}
	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	۱۱/۰۴ ^{cd}	۱۷۰۹/۵ $^{c-e}$	۲/۹۵ ^{ab}
	کاربرد آبی دی اکسید پتاسیم	۱۰/۳۶ ^{d}	۱۶۱۱/۳ ^{efg}	۳/۰۸ ^{a}
	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	۱۳/۸۸ ^{a}	۱۶۷۳/۶ $^{d-g}$	۲/۹۸ ^{ab}
قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (معادل ۷۵ BBCH)	عدم مصرف (شاهد)	۱۲/۰۸ ^{bcd}	۱۷۸۴/۴ $^{a-e}$	۲/۸۷ ^{ab}
	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	۱۱/۴۰ ^{bcd}	۱۸۷۳/۶ ^{abc}	۲/۹۴ ^{ab}
	کاربرد آبی دی اکسید پتاسیم	۱۲/۴۵ ^{abc}	۱۸۱۷/۸ $^{a-d}$	۲/۵۳ ^{b}
	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	۱۳/۰۲ ^{ab}	۱۷۲۶/۴ $^{b-f}$	۲/۹۸ ^{ab}

بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

وزن خشک بوته، ساقه و برگ تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و ترکیبات مختلف کود نیتروژن قرار گرفت. همچنین ترکیبات مختلف کود پتاسیم بر وزن خشک بوته و وزن خشک ساقه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). آبیاری کامل و آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی، بالاترین وزن خشک بوته، برگ و ساقه را داشت و کمترین میانگین این صفات در قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی بود (جدول ۵). در بین ترکیبات کود نیتروژن، کاربرد اوره بیشترین وزن خشک بوته، برگ و ساقه را داشت. در بین ترکیبات پتاسیم نیز، استفاده از هر نوع کود پتاسیم باعث ایجاد بالاترین وزن خشک بوته و وزن خشک ساقه شد (جدول ۵). افشاری و همکاران (۳) گزارش کردند که وزن خشک گیاه تحت تأثیر تنش شدید کم‌آبی کاهش معنی‌دار نشان داد که نتایج حاصل از پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. همچنین این پژوهشگران گزارش کردند که ارقام مختلف کنجد تحمل نسبتاً مطلوبی در مقابله با شرایط کم‌آبیاری دارند و قطع آبیاری در مراحل پایانی رشد، کاهش معنی‌دار در رشد و عملکرد گیاه را در پی نخواهد داشت.

تعداد کپسول تحت تأثیر آبیاری، نیتروژن، پتاسیم، آبیاری در نیتروژن، نیتروژن در پتاسیم و آبیاری در نیتروژن در پتاسیم تغییر معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). بیشترین تعداد کپسول در بوته در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی (BBCH ۷۵) به‌همراه محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم و کاربرد اوره با میانگین ۱۹/۲۶ عدد در بوته بود که باعث افزایش حدود ۴۰ درصدی در میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). استفاده از نانوکلات پتاسیم در قیاس با سایر ترکیب‌های پتاسیم، تعداد کپسول در بوته بالایی را ایجاد کرد. چنانچه در بالا ذکر شد، تعداد کپسول در بوته از اجزای مهم عملکرد دانه در گیاه کنجد محسوب می‌شود. تأثیر کاربرد کود نیتروژن به‌صورت اوره و همچنین کودهای زیستی بر تعداد کل کپسول کنجد (با افزایش تعداد شاخه فرعی و همچنین بهبود رشد ریشه) در آزمایش‌های مختلف معنی‌دار گزارش شده است (۳۷).

تعداد دانه در کپسول تغییر معنی‌داری در اثر متقابل آبیاری در نیتروژن، نیتروژن در پتاسیم، آبیاری در پتاسیم و اثر متقابل سه‌گانه آبیاری در پتاسیم در نیتروژن نشان داد (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه بیشترین میانگین این صفت در آبیاری کامل به همراه محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم و کاربرد اوره بود که باعث افزایش حدود ۱۱ درصدی میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). کود زیستی نیتروکسین بر تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول تأثیر مثبتی داشت که در این رابطه، سجادی‌نیک و همکاران (۳۶) ضمن مشاهده افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته کنجد در نتیجه کاربرد نیتروکسین، این تأثیر را ناشی از فراهمی بیشتر نیتروژن در محیط ریشه گیاه دانستند. یکی از دلایل تأثیر کم کود زیستی می‌تواند فراهمی پایین ماده آلی خاک و شرایط اقلیمی منطقه باشد که در این رابطه گزارش شده است که در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک، تلقیح بذرها با ریز موجودات کودهای زیستی زمانی تأثیرگذار است که علاوه بر شناسایی نژاد مؤثری از این موجودات، شرایط محیطی و بستر خاک نیز مناسب باشد (۳۳). گزارش شد که تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی باعث افزایش هفت درصدی تعداد دانه در کپسول شد (۱۸). علت این امر می‌تواند این باشد که گیاه قسمت زیادی از دوران رشد خود را در شرایط بدون تنش گذرانده است و تعداد زیادی کپسول تولید کرده است که پس از ایجاد تنش به‌دلیل کاهش مخازن عمده دریافت مواد فتوسنتز جاری و انتقال مجدد (ریزش کپسول‌ها)، برای تعدیل عملکرد و ثبات عملکرد اقدام به افزایش تعداد دانه در هر کپسول کرده است (۱۲).

اثرات آبیاری، آبیاری در نیتروژن و آبیاری در پتاسیم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در پتاسیم، همه تیمارها به‌جز آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در کاربرد آبی دی‌اکسید پتاسیم که کمترین میانگین وزن هزار دانه را داشت، بقیه ترکیب‌های تیماری، بالاترین میانگین این صفت را نشان دادند (جدول ۶). صفت وزن هزار دانه بیشتر تحت تأثیر ژنتیک گیاه بوده ولی، عوامل محیطی و زراعی نیز می‌توانند بر آن تأثیرگذار باشند. در مطالعات قبلی نیز کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (۳). تنش

خشکی آخر فصل، میانگین وزن هزار دانه را در طی دو سال آزمایش به‌ترتیب ۴۶/۵ و ۳۸/۵ درصد در گندم کاهش داد (۲). در مطالعات دیگری، میزان کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل بسته به رقم، شرایط آب‌وهوایی، شدت تنش و شرایط تغذیه گیاه متفاوت بود (۴ و ۱۴). وزن هزار دانه مستقیماً تحت تأثیر جریان بعد از گرده‌افشانی است. این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها و یا کپسول‌ها تأمین شوند (۶).

عملکرد دانه تحت تأثیر کود نیتروژن، آبیاری در نیتروژن، نیتروژن در پتاسیم و اثر متقابل سه‌گانه آبیاری در نیتروژن در پتاسیم تغییر معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در عدم محلول‌پاشی پتاسیم و استفاده از کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۳۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که باعث افزایش حدود ۳۵ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). کمترین عملکرد در آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی در عدم کاربرد کود پتاسیم به‌همراه استفاده از کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۹۲۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. به‌طورکلی، آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی کمترین میانگین را در مقایسه با سطوح تیماری دیگر داشت. تنش آب ناشی از قطع آبیاری در مراحل خاص از رشد، باعث کاهش انتقال مواد غذایی از برگ‌ها و سایر قسمت‌های گیاه به دانه می‌شود و نیز باعث تسریع رسیدگی دانه‌ها می‌شود، بنابراین علاوه بر کاهش فتوسنتز، منجر به نقصان عملکرد دانه نیز می‌شود که این امر بسته به میزان تنش وارده به گیاه است (۲۳). در شرایط تنش شدید (قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی) کاهش عملکرد دانه در هر بوته می‌تواند به علت کاهش مواد غذایی باشد، که به‌طور غیرمستقیم آن نیز به‌دلیل کاهش ارتفاع و رشد رویشی و در نهایت کاهش سهم فتوسنتزی گیاه و کم شدن سهم دانه در دریافت کربوهیدرات است (۱۸). مصرف پتاسیم نیز احتمالاً به‌دلیل نقش آن در برقراری تعادل بار الکتریکی در بافت‌های گیاهی و نیز حفظ آماس سلول دارد، باعث بهبود رشد گیاه می‌شود (۲۶). درواقع می‌توان گفت که با مصرف پتاسیم، عملکرد دانه از طریق افزایش طول دوره پر شدن دانه بهبود می‌یابد (۳۴). پتاسیم علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول باعث مقاومت گیاهان به تنش کم‌آبی می‌شود (۴۰). گزارش شده است مصرف کود پتاسیم در تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی از طریق حفظ فشار آماس و کاهش تعرق بسیار مؤثر است (۹). فراهمی نیترات موجود در انواع کودها در رشد و نمو اندام‌های هوایی تأثیر بسزایی داشته اما در محیط ریشه گیاه، نیتروکسین (ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) توانایی ساخت و ترشح برخی مواد بیولوژیکی فعال مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، ویتامین‌های گروه ب، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین و غیره را دارد که در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا می‌کند (۲۸). کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارایی این عنصر در فرایند فتوسنتز و تولید سطح سبز نقش بسزایی ایفا می‌کند که افزایش رشد و گل‌دهی و در نتیجه آن عملکرد را به‌دنبال خواهد داشت (۲۲).

همبستگی صفات

در جدول (۷) نتایج ضرایب همبستگی ساده صفات ارائه شده است. بر اساس این نتایج، ارتفاع بوته با صفات قطر ساقه، تعداد برگ، وزن خشک بوته، وزن خشک ساقه و تعداد کپسول همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، ولی این همبستگی دارای ضریب بسیار پایینی در تمامی صفات بود. تعداد برگ نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، سطح برگ، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه داشت. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات قطر ساقه، وزن خشک بوته، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه مشاهده شد (جدول ۷). نتایج همبستگی ساده پیرسون حاکی از این امر بود که بین صفات مورفولوژیک همبستگی ضعیفی وجود داشت و عملاً بین صفات مورفولوژیک و عملکردی همبستگی قابل توجه و معنی‌دار آماری وجود نداشت. در مطالعه برخی از پژوهشگران نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و اجزای آن گزارش شده است (۲۰ و ۲۱) که با نتایج حاصل از این

جدول ۷. همبستگی ساده بین صفات مورفولوژیک و عملکردی در گیاه کنجد تحت تأثیر کاربرد کودهای مختلف نیتروژن و پتاسیم در شرایط قطع آبیاری

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۱											
۲	۰/۳۳**	۱										
۳	۰/۰۳	۰/۴۲**	۱									
۴	۰/۲۲*	۰/۴۷**	۰/۴۱**	۱								
۵	۰/۰۴	۰/۲۳*	۰/۲۸**	۰/۴۹**	۱							
۶	۰/۲۸**	۰/۴۲**	۰/۳۱**	۰/۵۶**	۰/۵۵**	۱						
۷	۰/۱۳	۰/۲۶**	۰/۲۸**	۰/۴۲**	۰/۵۲**	۰/۷۰**	۱					
۸	۰/۲۹**	۰/۴۲**	۰/۲۹**	۰/۵۴**	۰/۵۰**	۰/۹۷**	۰/۵۳**	۱				
۹	۰/۲۴**	۰/۲۸**	۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۲۰*	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۶	۱			
۱۰	۰/۰۳	۰/۰۸	−۰/۰۷	−۰/۰۳	۰/۱۹*	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۴	۱		
۱۱	−۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۱	−۰/۱۱	۰/۰۰۴	۰/۰۶	−۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۶	۱	
۱۲	۰/۱۸	۰/۲۷**	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۱۹*	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۸۵**	۰/۴۸**	۰/۴۴**	۱

بدون علامت: غیر معنی‌دار، * و ** : به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح پنج و یک درصد

۱- ارتفاع بوته، ۲- قطر ساقه، ۳- تعداد شاخه جانبی، ۴- تعداد برگ، ۵- سطح برگ، ۶- وزن خشک بوته، ۷- وزن خشک برگ، ۸- وزن خشک ساقه، ۹- تعداد کپسول، ۱۰- تعداد دانه در کپسول، ۱۱- وزن هزار دانه، ۱۲- عملکرد دانه

پژوهش مطابقت دارد. همبستگی عملکرد دانه با تعداد کپسول (۰/۸۵**) دارای ضریب همبستگی بالاتر در مقایسه با تعداد دانه در کپسول (۰/۴۸**) و وزن هزار دانه (۰/۴۴**) بود. افزایش تعداد کپسول در بوته بیش از تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه موجب افزایش عملکرد شد. احمدی و بحرانی (۶) و شاکری و همکاران (۳۷) گزارش کردند که در کنجد، تعداد کپسول در بوته جز مؤثر در عملکرد دانه گیاه است و همبستگی مثبت بسیار معنی‌داری با سایر اجزای عملکرد دارد که نتایج حاصل از پژوهش حاضر را تأیید می‌کند.

تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام

برای حذف اثر صفات غیر مؤثر یا کم تأثیر در مدل رگرسیونی روی عملکرد دانه، از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام در جداول (۸ و ۹) ارائه شده است. بر اساس این نتایج مدل رگرسیونی ارائه شده در سطح یک درصد معنی‌دار و دارای R^2=۰/۹۸۸ بود که نشان می‌دهد، ۹۸/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه با صفات تعداد کل کپسول، وزن هزار دانه و تعداد دانه در کپسول قابل توجیه است. به این دلیل که سه صفت مذکور به‌ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند. در مدل پیشنهادی بیشترین درصد از تغییرات عملکرد دانه، مربوط به تعداد کل کپسول در بوته (۷۲/۵ درصد) بود که تأییدی است بر نتایج همبستگی بین صفات، که در آن نیز بین عملکرد دانه و تعداد کپسول همبستگی بسیار بالایی (۰/۸۵**) وجود داشت. از طرف دیگر، هیچ یک از صفات مورفولوژیک وارد مدل رگرسیونی نشده‌اند که این نکته نیز به نوعی در همبستگی بین صفات ارائه شده بود. قابل ذکر است بین صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار وجود نداشت. معادله رگرسیونی به‌دست آمده به صورت $Y = ۵۸/۸۲ + ۱۸۴/۷۲X_۱ - ۵۱۷/۵۴X_۲ - ۱۱۰۶/۴۸X_۳$ بود. ابراهیمی و همکاران (۱۵) نیز گزارش کردند که وزن غلاف به تنهایی بالاترین توجیه عملکرد دانه (۹۶ درصد) را داشت. همان‌طور که در تجزیه همبستگی ممکن است برخی از صفات با عملکرد رابطه معنی‌داری نداشته باشند، در تجزیه رگرسیونی نیز

ممکن است برخی از متغیرهای تأثیر معنی‌داری روی تابع نداشته باشند (۸). در تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام در مورد گیاه کنجد گزارش شد که چهار صفت تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، تعداد شاخه جانبی و تعداد دانه در کپسول به‌ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند (۵).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان داد کود نیتروژن موجب افزایش صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح و تعداد برگ، و صفات عملکردی از قبیل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه شد و از این طریق عملکرد دانه را بهبود بخشیدند. کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین می‌تواند تا حد زیادی (۵۰ درصد) جایگزین کود شیمیایی نیتروژن شود. از بین ترکیبات پتاسیم نیز، استفاده از نانوکلات پتاسیم به‌صورت محلول‌پاشی در ابتدای گل‌دهی و به‌صورت خاکی در ابتدای کشت توانست صفات مورفولوژیک و عملکردی را بهبود بخشد. نتایج این تحقیق نشان داد که بین صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، قطر ساقه، وزن خشک گیاه، بوته و برگ ارتباط معنی‌دار آماری با عملکرد دانه وجود ندارد. نتایج همبستگی صفات نیز در مورد ارتباط صفات مورفولوژیک با صفات عملکردی، نیز دارای ضرایب بسیار پایینی بود که نتایج به‌دست آمده از تجزیه رگرسیون را تأیید کرد. به‌طورکلی کشت کنجد در اقلیم‌های گرم و خشک (شبیه جنوب تهران) به‌صورت کشت دوم بعد از غلات نتیجه مطلوبی داشت و عملکرد قابل قبولی نیز به‌دست آمد. از آنجایی که ژنوتیپ‌های مختلف کنجد نسبت به تیمارهای قطع آبیاری و شرایط تغذیه‌ای با ترکیبات مختلف کودهای پتاسیم (نانو و شیمیایی) و نیتروژن (زیستی و شیمیایی) واکنش‌های مختلفی نشان می‌دهند، پیشنهاد می‌شود این پژوهش روی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد اجرا شود. به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی از این پژوهش، کاربرد تلفیقی کود نیتروژن (نیتروکسین به‌همراه ۵۰ درصد اوره) به‌همراه نانوکلات پتاسیم، تحت شرایط آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی، عملکرد دانه مطلوبی در کنجد رقم داراب ۱ داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شاهد و اساتید گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Aein, A. 2013. Effect of eliminating of irrigation at different growth stage on seed yield and some agronomic traits of two sesame genotype. *Seed and Plant Production Journal* 29(2):67-79.
2. Afiuni, D., I. Allahdadi, GH. A. Akbari and G. Najafian. 2015. Evaluation of tolerance of bread wheat genotypes to terminal drought stress based on agronomic traits. *Arid Biome Scientific and Research Journal* 5(1): 1-16.
3. Afshari, F., P. Golkar and GH. Mohammadinejad. 2014. Evaluation of drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotype at different growth stages. *Arid Biom Scientific and Research Journal* 4(2): 90-94.
4. Ahmadi Lahijani, M. and Y. Emam. 2013. The response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. *Journal of Crop Production and Processing* 3(9): 163-176.
5. Ahmadi, J., M. M. Seyfi and M. Amini. 2012. Effect of spraying micronutrients Fe, Zn and Ca on grain and oil yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties. *Electrical Journal of Crop Production* 5(3): 115-130.
6. Ahmadi, M. and M. J. Bohrani. 2009. Effect of different amount of nitrogen on yield and yield components and seed oil content in Bushehr regain. *Journal of Water and Soil Science* 48(13): 123-131.
7. Amiri, M. B., P. Rezvani Moghaddam and M. Jahan. 2016. Study the morphological characteristics affecting the yield of *Echium amoenum* under different organic and chemical fertilizers and plant densities. *Iranian Journal of Horticultural Science* 47(1): 55-69.
8. Amiri, S., S. Noormohamadi, A. A. Jafari and R. Chugan. 2009. Correlation, regression and path analysis for grain yield and yield components on early maturing hybrids of grain corn. *Journal of Plant Production* 16(2): 99-112.
9. Andersen, M. N., C. R. Jansen and R. Losch. 1992. The interaction effects of potassium and drought in field-grown

barley. I. Yield, water-use efficiency, and growth. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science* 42: 34-44.
10. Asghari, S., H. Moradi and K. Afshari. 2014. Evaluation of some physiological and morphological characteristics of *Narcissus tazatta* under BA treatment and Nano-potassium fertilizer. *Journal of Chemical Health Risks* 4(4): 63-70.
11. Bagheri, E., J. Masood Sinaki, M. Baradaran Firoozabadi and M. Abedini Esfhlani. 2013. Evaluation of salicylic acid foliar application and drought stress on the physiological traits of sesame (*Sesamum indicium*) cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology* 3(4): 809-816.
12. Behdad, M., F. Paknezhad, S. Vazan, M. R. Ardakani and M. Nasri. 2009. Effect of drought stress on yield and yield components of wheat in the different growth stage. *Journal of Environmental Stress in Plant Science* 1(2): 143-157.
13. Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant and Soil* 247: 3-24.
14. Dastfal, M., V. Barati, Y. Emam, H. Haghighatnia and M. Ramazanpour. 2011. Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under terminal drought stress conditions in darab region. *Seed and Plant Production Journal* 27(2):195-217.
15. Ebrahimi, M., M. Golbashy, M. R. Bihamta, A. Hoseinzade and F. Khialparast. 2011. Evaluation of relation of grain yield with important agronomic traits of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using different analyses methods under normal and water stress conditions. *Journal of Crops Improvement* 13(2): 27-40.
16. Eihadi, H., K. M. Ismail and M. A. Akahawy. 1997. Effect of Potassium on the Drought Resistance of Crops in Egyptian Conditions. In: Food Security in the WANA Region, the Essential Need for Balanced Fertilization. International Potash Institute, Basel, pp. 328-336.
17. Eskandari, H., S. Zehtab Salmasi and K. Ghasemi Golezami. 2010. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science* 2(1): 39-51.
18. Farahbakhsh, S. and H. Farahbakhsh. 2014. Study of the effects of low irrigation on yield and yield components of several sesame seeds in Kerman conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(4): 776-783.
19. Fatma, A. G., A. M. Lobna and N. M. Osman. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology* 10(4): 381–387.
20. Ghorbani Mandolakani, H., M. Khodarahmi, F. Darvish and M. Taeb. 2010. Study the relationship of important agronomic traits with grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Journal of Crops Improvement* 12(1): 59-67.
21. Guertin, W. H. and J. P. Bailey. 1985. Introduction to Modern Factor Analysis. Edward. Brothers. Inc., Michigan.
22. Han, H. S. and K. D. Lee. 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment* 52: 130–136.
23. Harris, N. S. and G. J. Taylor. 2013. Cadmium uptake and partitioning in durum wheat during grain filling. *BMC Plant Biology* 103: 1-16.
24. Jafari, N., M. Esfahani and A. Fallah. 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) application, nitrogen, and zinc sulfate fertilizer on yield and nitrogen uptake in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agroecology* 5(4): 341-352.
25. Kordi, S., M. Daneshvam, M. Sayyahfar and GH. Shah Karami. 2016. Study of correlation and path analysis of yield, yield components and some morphological traits in corn hybrids under differents fertilizer application methods. *Agronomy Journal (Pashouhesh and Sazandeghi)* 111: 66-74. (In Farsi).
26. Larki, S., A. Rahnama and A. Aynehband. 2015. Effect of application of potassium fertilizers on physiological traits and cadmium accumulation in grain of two durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum (Desf.) Husn.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences* 17(3): 223 -235.
27. Michel, V., G. Zink, J. Schmidtke and A. Anderl. 2007. PIAF and PIAF stat, pp: 278-279. *In:* Bleiholder, H. and H. P. Piepho (Eds.): Agricultural Field Trials, Today and Tomorrow. *In:* Proceedings of the International Symposium, Stuttgart-Hohenheim, Germany. Verlag Grauer, Beuren Stuttgart.
28. Nejatzadeh, F. 2015. Effect of biological and chemical nitrogen fertilizers on growth, yield and oil components of *Anethum graveolens* L. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal* 19(5): 77-84.
29. Ouedraogo, E., A. Mando and N. P. Zombre. 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84: 259-266.
30. Omidi Tabrizi, A. H. 2003. Study of Yield and other Agronomic Characters of New Spiny and Spinless Safflower Genotypes (Final Report of Research). Research, Education, and Extension Organization. Agriculture Jahad Ministry. Iran.
31. Rajendran, K. and P. Devaraj. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of Casuarina equi-setifolia inoculated with biofertilizers in farmland. *Biomass and Bioenergy* 26: 235-249.
32. Rezaei Moadab, A., M. Nabavi Kalat and R. Sadrabadi Haghighi. 2014. Effects of biological fertilizer and vermicompost on vegetative yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.) under Mashhad climatic conditions. *Agroecology* 5(4): 350-362.

33. Rezvani Moghaddam, P., M. B. Amiri and S. M. Seyyedi. 2014. Effect of organic and biofertilizers application on yield, oil content and fatty acids composition of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 16(3): 209-221.
34. Rishi, M., C. Singh Lal, M. Prasad, Z. Abdin and K. Arun. 2007. Combining ability analysis for grain filling duration and yield traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). *Genetic and Molecular Biology* 30(2): 411-416.
35. Sadeghian Dehkordi, S. A., A. Tadayyon, M. R. Tadayon and A. Saffar. 2015. Effect of drought stress and bio-fertilizers and chemical fertilizers on some morphological and physiological characteristic of linseed. *Arid Biom Scientific and Research Journal* 5(2): 83-92.
36. Sajjadi Nik, R., A. Yadavi, H. R. Baloochi and H. Faraji. 2012. Effect comparison of chemical (urea), organic (vermicompost) fertilizers and biofertilizer (nitroxin) on the quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Sustainable Agriculture Production Science* 21: 87–101.
37. Shakeri, E., M. Amini Dehaghi, S. A. Tabatabaei and S. A. M. Modares Sanavi. 2012. Effect of chemical fertilizer and biofertilizer on seed yield, its components, oil and protein percent in sesame varieties. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 22(1): 72-85.
38. Singh, J. S., V. C. Pandey and D. P. Singh. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 339-353.
39. Umar, S. 2006. Alleviating adverse effects of water stress on the yield of sorghum, mustard, and groundnut by potassium application. *Pakistan Journal of Botany* 38: 1373-1380.
40. Valadabadi, S. A. R. and H. Aliabadi Farahani. 2010. Studying the interactive effect of potassium application and individual field crops on root penetration under drought condition. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development* 2: 82-86.
41. Youssef, A. A., A. E. Edris and A. M. Gomaa. 2004. A comparative study of some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant. *Annals of Agricultural Science* 49: 299-311.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 1, Spring 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

The Effect of Using Nitrogen and Potassium Fertilizers and Irrigation Regimes on Grain Yield Related traits of Sesame (*Sesamum indicum* L.)

A. Mahdavi Khorami[1], J. Masoud Sinaki[2*], M. Amini Dehaghi[3], S. Rezvan[2] and A. Damavandi[2]

(Received: October 8-2017; Accepted: July 4-2018)

Abstract

In order to study the grain yield attributes of sesame in the presence of nutritional treatments and different irrigation regimes, a factorial split-plot experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in Shahed University of Tehran, Iran during 2015-2016. The treatments included irrigation regimes (full irrigation and irrigation up to 65 and 75 BBCH scales), three types of nitrogen fertilizers (nitroxin, urea, and the combination of nitroxin and 50% urea) and four levels of potassium fertilizer (non-fertilized as control, spraying and soil application of potassium nano-chelate and potassium dioxide). The triple interaction effect of irrigation × nitrogen × potassium was significant on plant height, the number of lateral branches, capsules, seeds per capsule, and grain yield. The highest grain yield was obtained from plants irrigated up to 50% of seed ripening (75 BBCH) in the absence of application of potassium and use of nitroxin with an average of 1340.5 kg ha^{-1} leading to 35% increase, compared to the control treatment. In addition, the grain yield was positively and significantly correlated with stem diameter, plant dry weight, number of capsules and seeds per capsule, and 1000-seed weight. A weak correlation was observed among the morphological traits. Further, there was no significant correlation between morphological and yield attributes. Based on the results of stepwise regression, the maximum grain yield difference was related to the total number of capsules, 1000-seed weight, and number of seeds per capsule, together explaining 98.8% of the grain yield changes.

Keywords: Correlation of traits, Irrigation withhold; Nitroxin; Potassium nano-chelate, Regression Analysis

1, 2. PhD. Student and Assistant Professors, Respectively, Faculty of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.
*Corresponding Author Email: jmsinaki2020@gmail.com