



## به زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۷  
صفحه‌های ۲۸۱-۲۶۳

# اثر کودهای نانو، شیمیایی و بیولوژیک بر عملکرد و کیفیت دانه کنگد در رژیم‌های متفاوت آبیاری

اکرم مهدوی خرمی<sup>۱</sup>، جعفر مسعودسینکی<sup>۲\*</sup>، مجید امینی دهقی<sup>۳</sup>، شهرام رضوان<sup>۳</sup>، علی دماوندی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران.

۲. استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران.

۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۷

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۱/۳۱

### چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای شیمیایی، بیولوژیک و نانو بر عملکرد و کیفیت (میزان روغن و پروتئین) دانه کنگد در شرایط قطع آبیاری، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشگاه شاهد در سال ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. سطوح آبیاری شامل، آبیاری کامل (شاهد) و قطع آبیاری در BBCH ۷۵ و ۶۵ (کدهایی برای فنولوژیک گیاه که به ترتیب معادل ۵۰ درصد گل‌دهی و دانه‌بندی است) در کرت‌های اصلی و ترکیب‌های مختلف نیتروژن (نیتروکسین، اوره و تلفیق ۵۰ درصد اوره و نیتروکسین) و ترکیب‌های مختلف پتاسیم (عدم مصرف، محلول‌پاشی نانو پتاسیم (۲ در هزار)، مصرف آبی دی‌اکسید پتاسیم (۲ لیتر در هکتار) و مصرف خاکی نانو پتاسیم (۲ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار داشتند. بیشترین تعداد کپسول در بوته، در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی و مصرف اوره به همراه محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم (۱۹/۲۶ عدد) بود. بالاترین عملکرد دانه و همچنین عملکرد و درصد پروتئین در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در شرایط عدم استفاده از کود پتاسیم و کاربرد نیتروکسین (به ترتیب ۱۳۴۰/۵، ۲۷۶/۵۳ کیلوگرم در هکتار و ۲۰/۵ درصد) حاصل شد. بیشترین درصد و عملکرد روغن در آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی، و محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم به همراه سیستم تلفیقی ۵۰ درصد کود اوره به اضافه کود نیتروکسین به ترتیب با میانگین ۴۷/۹۶ درصد و ۵۵۰/۴۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین و محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم در شرایط قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی، باعث افزایش عملکرد دانه (حدود ۱۵ درصد نسبت به شاهد) و همچنین بهبود صفات کیفی دانه کنگد شد.

کلیدواژه‌ها: اوره، پروتئین، روغن، قطع آبیاری، نانو کلات، نیتروکسین.

## ۱. مقدمه

یکی از آثار تنش خشکی آخر فصل بر هم زدن تعادل تغذیه ای در گیاه است [۱۴و]. با مدیریت مصرف عناصر غذایی، می توان وضعیت رشد گیاه و در نهایت کیفیت محصول تولید را در شرایط تنش بهبود بخشید [۱۴و]. پتاسیم از عناصر ضروری گیاهان عالی و فراوان ترین عنصر موجود در پیکره گیاه پس از نیتروژن است که علاوه بر دخالت در فرایندهای فیزیولوژیکی، در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده است [۳۹]. اثر محلول پاشی و کاربرد خاکی نانو کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم معنادار گزارش شده است [۹]. در پژوهشی، استفاده از کود پتاسیم باعث تغییر در میانگین صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد برگ، تعداد غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاه گندم شد [۴۳]. اثر کود نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد دانه، تعداد شاخه، تعداد برگ، تعداد بذر در کپسول و تعداد دانه در بوته گندم، معنادار گزارش شده است [۴۴و ۴۰]. از آثار افزایش تعداد کپسول در بوته، افزایش تعداد دانه در بوته است که این افزایش تولید، تأثیر زیادی در عملکرد خواهد داشت [۱۷]. آثار مثبت و مفید استفاده از کودهای بیولوژیک مناسب، از طریق تأمین عناصر غذایی گیاه بر صفات کمی و کیفی و همچنین، جایگزینی برای کود شیمیایی در کشاورزی پایدار در گیاهان دارویی و روغنی مختلف گزارش شده است [۳۸]. گزارش های متعددی اثر مثبت استفاده از کود نیتروژن را بر عملکرد کمی و کیفی گیاه گندم ثابت کرده اند [۳۶]. استفاده از کودهای بیولوژیک موجب بهبود رشد گیاه در ارقام مختلف گندم شد [۱۷]. گندم (*Sesamum indicum* L.) گیاهی یکساله و روغنی (۴۵ درصد) با پروتئین بالا (۱۹ تا ۲۵ درصد) است [۲۳]. میزان روغن و پروتئین دانه گندم بسته به رقم و شرایط محیطی می تواند متغیر باشد. گندم، به عنوان گیاه

تنش خشکی در مقایسه با سایر تنش های زیستی و محیطی که گیاهان طی فصل رشد در معرض آن ها هستند، به مراتب اثر شدیدتری بر کاهش عملکرد دارد [۱۴]. بیش از نیمی از سطح کشور ایران دارای بارندگی های کمتر از ۱۵۰ میلی لیتر و حدود ۷۵ درصد آن کمتر از ۲۰۰ میلی متر در سال است. در نتیجه بخش عمده ای از آن از کم آبی رنج می برد [۳]. با توجه به کمبود منابع آبی، به ویژه در شرایط کشت دوم، در بسیاری از مناطق لازم است آب موجود برای آبیاری تنظیم شود که این امر موجب آبیاری ناکافی می شود. بنابراین، به منظور به دست آوردن حداکثر محصول از واحد سطح، استفاده کارآمد از آب در دسترس و جلوگیری از اتلاف آن ضروری است.

نانو کودها به دلیل آزادسازی آرام و کنترل شده مواد غذایی، به منظور تأمین عناصر مورد نیاز گیاه در هر دو روش جذب برگ و ریشه ای، نسبت به کودهای مرسوم برتری دارند [۴۶]. استفاده از نانو کودها، به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن آثار منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می انجامد [۲۶]. همچنین، به دلیل اینکه زمان و سرعت رهاسازی عناصر نیاز غذایی گیاه منطبق و هماهنگ می شود، لذا گیاه قادر به جذب بیشترین مقدار مواد غذایی بوده و در نتیجه ضمن کاهش آبتشویی عناصر، عملکرد محصول نیز افزایش می یابد. در زمینه آثار مثبت نانو کودها گزارش های محدودی درباره گیاهان بادام زمینی (باعث افزایش رشد ریشه و ساقه از طریق افزایش میزان کلروفیل و استقرار سریع تر گیاه) [۴۲] و نخود (باعث افزایش سرعت رشد گیاه) [۴۱] وجود دارد. اثر محلول پاشی نانوکلات آهن بر درصد روغن و عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم، معنادار گزارش شد [۷].

تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ روی ژنوتیپ داراب یک اجرا شد. تیمارها مشتمل بر مراحل مختلف قطع آبیاری براساس BBCH<sup>۱</sup>، عامل اصلی (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، BBCH<sup>۱</sup> ۶۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد گل دهی) و BBCH<sup>۱</sup> ۷۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی)) در کرت‌های اصلی و ترکیب‌های مختلف نیتروژن (نیتروکسین، اوره براساس آزمون خاک و تلفیق ۵۰ درصد اوره براساس آزمون خاک و نیتروکسین) و ترکیب‌های مختلف پتاسیم (عدم مصرف، محلول پاشی نانو کلات پتاسیم، کاربرد دی اکسید پتاسیم همراه با آب آبیاری و مصرف خاکی نانو کلات پتاسیم) در کرت‌های فرعی قرار داشتند که مقدار، منبع و روش استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. BBCH<sup>۱</sup> مقیاسی است که منبعی برای گزارش دهی و آنالیز داده‌های رشته کشاورزی به کار می‌رود. مراحل فنولوژی گیاهان بر طبق کدهای BBCH در فصل خاص خود تعریف می‌شود [۳۷].

با توجه به زمان کاشت کنجد بعد از گندم و شرایط اقلیمی منطقه اجرای طرح (جنوب تهران)، که در این فصل، هوا به شدت گرم می‌شود، این عوامل باعث کاهش رشد ریشه گیاه شده و به دنبال آن کاهش جذب مواد معدنی (مثل پتاسیم) از خاک اتفاق می‌افتد. بنابراین روش‌های مختلف کوددهی پتاسیم (محلول پاشی، استفاده با آب آبیاری و خاک پاش) در این طرح بررسی شد. دلیل استفاده از تیمار خاک پاش پتاسیم در ابتدای کاشت نیز به دلیل محدودیت کشت دوم و زیر کشت بودن محل آزمایش بود.

بعد از برداشت گندم پاییزه (در هفته سوم خرداد ماه)، خاک تجزیه شد که دارای بافت لومی رسی شنی بود (جدول ۲). عملیات خاک ورزی شامل شخم، دیسک و

دانه روغنی مقاوم به کم آبی مطرح است، ولی در مرحله استقرار گیاهچه و همچنین در دوره گل دهی تا پرشدن دانه به تنش کم آبی حساس است [۱۹]. در پژوهشی در منطقه خنج استان فارس اثر نانو کود (نانو کود بیوز) و کودهای بیولوژیک و همچنین رژیم‌های آبیاری (به‌صورت دور آبیاری) بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه کنجد (وزن هزار دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه) معنادار گزارش شد [۱]. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد واریته‌های مختلف کنجد معنادار گزارش شده است [۳۴].

آثار مراحل مختلف قطع آبیاری براساس مراحل مختلف فنولوژیک گیاه بر صفات ارتفاع بوته، درصد روغن، شاخص برداشت و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف کنجد، معنادار گزارش شده است [۲۷]. کاهش نزولات جوی و خشکسالی‌های پی‌درپی سال‌های اخیر باعث کاهش ذخیره رطوبتی خاک‌ها و فقر مواد آلی آن‌ها شده است. از این رو استفاده از موادی در خاک که علاوه بر تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، حفظ باروری و حاصل خیزی خاک و افزایش ذخیره رطوبتی آن، حداقل بتواند به کاهش مضرات ناشی از مصرف کودهای شیمیایی کمک کند، امری منطقی و ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این پژوهش بررسی اثر کودهای نانو، بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و میزان روغن و پروتئین دانه کنجد در شرایط قطع آبیاری و کشت دوم بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی کاربرد ساختارهای مختلف کودهای نیتروژن (شیمیایی و بیولوژیک) و پتاسیم (شیمیایی و نانو) بر عملکرد و صفات کیفی دانه کنجد در کشت دوم، آزمایشی به‌صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه

1. Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry

## اکرم مهدوی خرمی و همکاران

تسطیح قبل از کاشت دستی که در ۳۱ خرداد ماه بود، صورت گرفت. هر کرت آزمایشی به ابعاد ۳×۲ متر (دارای پنج ردیف کشت) و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر، فاصله کرت‌های در هر بلوک ۱ متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌ها از هم ۴۵ سانتی‌متر بودند [۲۷]. آبیاری کرت‌ها به صورت جوی و پشته‌ای و تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A (در ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه) صورت گرفت. بعد از اعمال تیمارهای محلول پاشی، زمانی که حدوداً ۵۰ درصد کرت‌های مربوطه در مرحله گل‌دهی (برای اعمال BBCH ۶۵) و یا در مرحله دانه بندی (برای اعمال تیمار BBCH ۷۵) قرار داشتند، قطع آبیاری صورت گرفت.

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

منبع مورد استفاده	زمان و مقدار مصرف	نوع کود
تهیه شده از شرکت مهر آسیا، حاوی باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر کروئوکوکوم <sup>۱</sup> ، ازتوباکتر آجیلیس <sup>۲</sup> ، آزوسپیریلیوم برازیلنس <sup>۳</sup> و آزوسپیریلیوم لیپوفر <sup>۴</sup> )	قبل از کاشت به صورت بذرمال ۰/۵ لیتر برای ۹ کیلوگرم بذر در شرایط تاریکی [۱۴]	کود بیولوژیک نیتروکسین
از منبع نانو کود خضراء دارای ۲۷ درصد کلات پتاسیم	به میزان ۲ در هزار در ۲ مرحله ابتدای گل‌دهی و ابتدای دانه‌بندی	محللول پاشی نانو کلات پتاسیم
از منبع نانو کود خضراء دارای ۲۷ درصد کلات پتاسیم	به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار در ابتدای کاشت (به دلیل محدودیت زیر کشت بودن مزرعه و کشت دوم بودن آزمایش)	نانو کلات پتاسیم به صورت خاک‌پاش
از منبع کود شیمیایی پتاکارب (حاوی ۵۲ درصد دی‌اکسید پتاسیم)	به میزان ۲ لیتر در هکتار براساس توصیه شرکت سازنده کود	دی‌اکسید پتاسیم همراه با آب آبیاری
از منبع اوره دارای ۴۶ درصد نیتروژن	به میزان ۳۱/۲ گرم برای هر کرت در طی دو مرحله در ابتدای کاشت و ابتدای گل‌دهی	کود شیمیایی نیتروژن

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

pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن کل (mg/kg)	کربن آلی (%)	بافت خاک
۷/۸	۳/۶۷	۲۵۰	۷/۴	۱۲۰۰	۰/۱۴	لوم رسی شنی

1. Azotobacter chroococcum
2. Azotobacter agillis
3. Azospirillum brasilense
4. Azospirillum lipoferum

بهره‌زایی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۷

۲۶۶

www.SID.ir

نشان داد (جدول ۴). در بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد ۴ رقم کنگد تحت تنش کم آبی، تنش شدید سبب کاهش ۴۲، ۳۷، ۴۸ و ۴۹ درصد به ترتیب در تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد [۲۳]. تنش خشکی در مرحله گل دهی با ریزش تعداد کپسول‌های تشکیل شده و عدم تشکیل آنها، باعث کاهش تعداد کپسول در بوته می‌شود [۳۳] که این مطلب در پژوهش‌های مختلف نیز گزارش شده است [۴]. استفاده از نانو کلات 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 کنگد محسوب می‌شود. تأثیر کود نیتروژن به صورت اوره و همچنین کودهای زیستی بر تعداد کل کپسول کنگد (با افزایش تعداد شاخه فرعی و همچنین بهبود رشد ریشه) در آزمایش‌های مختلف معنادار گزارش شده است [۱۷]. باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین (گونه‌های مختلف از توباکتر و آروسپرلیوم) می‌توانند به‌طور مستقیم بر رشد گیاه به‌وسیله افزایش جذب نیتروژن، سنتز فیتوهورمون‌ها و انحلال مواد معدنی مفید باشند. در شرایط فراوانی مواد آلی خاک، کارایی استفاده از کود بیولوژیک افزایش خیلی بیشتری خواهد داشت. در همین راستا گزارش شد، که نبود یا کمبود مواد آلی در خاک، کود بیولوژیک نیتروکسین تأثیری بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم نداشت [۳۲].

### ۲.۳. تعداد دانه در کپسول و بوته

اثر رژیم‌های آبیاری و کود نیتروژن بر تعداد دانه در بوته معنادار بود. همچنین، اثر متقابل آبیاری در کود نیتروژن، کود نیتروژن در پتاسیم و اثر متقابل سه گانه (نیتروژن در پتاسیم در آبیاری) بر تعداد دانه در کپسول و تعداد دانه در بوته معنادار بودند (جدول ۳).

بعد از رسیدگی فیزیولوژیک (در پنجم آبان و نشانه‌های این مرحله، خشک شدن و تغییر رنگ در ۵۰ درصد از کپسول‌ها)، بعد از حذف آثار حاشیه‌ای از هر کرت تعداد پنج 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 [۲۷ و ۳۴]. برای کم کردن خطای نمونه‌برداری و دقیق‌تر شدن محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری این پارامترها در واحد سطح با حذف آثار حاشیه‌ای صورت گرفت [۶]. در نهایت شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد [۲۷ و ۳۴]. اندازه‌گیری پروتئین با استفاده از روش برادفورد [۲۸] انجام شد. روغن کل دانه به روش لیپوریتز و همکاران [۳۵]، با استفاده از اتر انجام شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین و روغن نیز درصد پروتئین و روغن در عملکرد دانه ضرب شد. در نهایت داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار آماری SAS 9.2 تجزیه شد و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

## ۳. نتایج و بحث

### ۱.۳. تعداد کل کپسول در بوته

اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن، پتاسیم و رژیم‌های آبیاری و اثر متقابل رژیم‌های آبیاری در کود نیتروژن، کود نیتروژن در کود پتاسیم و اثر سه گانه (آبیاری در نیتروژن در پتاسیم) بر تعداد کل کپسول در بوته معنادار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سه گانه نشان داد که بیشترین تعداد کل کپسول در بوته در ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد دانه بندی (۷۵ BBCH) در مصرف نیتروژن به صورت اوره و محلول پاشی نانو کلات پتاسیم با میانگین ۱۹/۲۶ عدد بود که افزایش ۱۱/۴۲ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد را

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد در رژیم‌های مختلف آبیاری

میانگین مربعات (MS)							
منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی	تعداد کل کپسول	تعداد دانه در کپسول	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۴/۴۸ <sup>NS</sup>	۱۶/۶۹ <sup>NS</sup>	۲۶۹۴۴/۸ <sup>NS</sup>	۰/۲۳*	۵۵۳۴۲/۸*	۰/۰۵ <sup>NS</sup>
آبیاری (I)	۲	۱۴/۴۳**	۶۶/۶۹ <sup>NS</sup>	۷۷۱۸۶/۳*	۰/۲۵*	۲۹۹۸۰/۹ <sup>NS</sup>	۱۲/۹۳ <sup>NS</sup>
خطای اصلی	۴	۰/۳۳	۵۵/۹۳	۱۴۹۱۹/۳	۰/۱۶	۱۲۹۹۷/۶	۵/۷۸
نیتروژن (N)	۲	۱۵۰/۵۴**	۱۶/۸۶ <sup>NS</sup>	۸۶۵۹۴۴/۷**	۰/۰۶ <sup>NS</sup>	۴۴۹۸۱۷/۶**	۱۴/۹۶ <sup>NS</sup>
پتاسیم (K)	۳	۱۱/۷۸**	۳۹/۶۵ <sup>NS</sup>	۳۹۳۶۹/۷ <sup>NS</sup>	۰/۱ <sup>NS</sup>	۲۸۵۳۵/۳ <sup>NS</sup>	۴/۷۱ <sup>NS</sup>
I×N	۴	۱۸/۸۶**	۲۵۵/۰۵**	۲۴۴۸۸۹/۴**	۰/۲۳**	۱۸۲۸۴۵/۲**	۲۱/۲**
N×K	۶	۹/۵۶**	۹۷/۱*	۶۶۰۳۳/۷**	۰/۱۲ <sup>NS</sup>	۳۹۵۰۷/۳*	۱۱/۷۷ <sup>NS</sup>
I×K	۶	۱/۲۴ <sup>NS</sup>	۹۳/۵۳*	۱۲۱۴۳/۶ <sup>NS</sup>	۰/۱۹**	۲۰۰۹۷/۷ <sup>NS</sup>	۲/۲ <sup>NS</sup>
I×N×K	۱۲	۲۰**	۸۳/۰۹*	۱۵۰۷۹۴/۳**	۰/۰۷ <sup>NS</sup>	۸۶۹۱۴/۲**	۷ <sup>NS</sup>
خطا	۶۶	۲/۵۱	۴۲/۰۳	۱۹۹۱۰/۲	۰/۰۶	۱۵۸۷۱/۲	۵/۸۴
ضریب تغییرات (%)	—	۱۱/۷۶	۸/۸۲	۱۴/۲	۸/۵۸	۱۲/۸۸	۱۸/۱۲

ns \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح ۵ و ادرصد

بیولوژیک نیتروکسین به ترتیب با میانگین ۱۴۳۱/۷ و ۱۴۵۴ عدد بذر در بوته (به ترتیب افزایش ۱۵/۳۴ و ۱۷/۱۴ درصدی در قیاس با شاهد) به دست آمد (جدول ۴). علت افزایش تعداد دانه احتمالاً به دلیل فراهم شدن رشد سریع و تولید منابع فراوان برای فتوسنتز و ماده‌سازی بیشتر از طریق کاربرد کودهای شیمیایی و بیولوژیک، به افزایش رشد و تولید تعداد دانه در بوته بیشتر می‌انجامد [۲۱]. پژوهشگران اثر تنش خشکی را بر تعداد دانه کنگد معنادار گزارش کردند [۴].

بیشترین تعداد دانه در کپسول در ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی در محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم در استفاده از سیستم تلفیقی کود نیتروژن (۵۰ درصد اوره + نیتروکسین) با میانگین ۸۵ عدد (افزایش ۱۴/۵۱ درصدی در قیاس با تیمار شاهد) بود (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در بوته نیز در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه بندی در محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم در شرایط استفاده از اوره و در قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه بندی در عدم استفاده از کود پتاسیم در شرایط تلقیح با کود

اثر کودهای نانو، شیمیایی و بیولوژیک بر عملکرد و کیفیت دانه کنگد در رژیم‌های متفاوت آبیاری

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد

در رژیم‌های مختلف آبیاری

مراحل قطع آبیاری	کود پتاسیم	کود نیتروژن	تعداد کل کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)
آبیاری کامل	شاهد	نیتروکسین (N)	۱۰/۹۸ h-l	۷۵/۶۶ a-e	۸۲۹/۴ f-l	۸۵۴/۶ h-n	۴۹۰۰ h
		اوره (O)	۱۷/۰۶ abc	۷۲/۶۶ a-g	۱۲۴۱/۲ abc	۱۱۰۷/۶ a-g	۹۶۳۳ a-d
		N+50% O	۱۱/۲ h-l	۶۱ g	۶۹۲/۹ jkl	۷۵۰/۵ lmn	۷۱۰۰ c-h
	محلول پاشی نانو کلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۲/۳ f-j	۸۱/۶۶ abc	۱۰۰۱/۹ c-i	۹۵۹/۴ e-m	۷۳۶۷ b-h
		اوره (O)	۱۳/۱۴ d-i	۸۰ a-d	۱۰۴۳/۵ b-h	۹۵۲/۱ f-n	۸۰۵۸ a-h
		N+50% O	۸/۴۵ I	۷۲/۳ a_g	۶۱۸/۲ l	۷۲۴ mn	۵۰۳۳ gh
	مصرف آبی دی‌اکسید پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۴/۹۸ c-f	۷۵/۶ a_e	۱۱۲۸/۷ b-e	۱۱۶۱ a-f	۱۰۸۶۷ a
		اوره (O)	۱۴/۳ c-g	۷۳/۶۶ a_g	۱۰۵۷/۷ b-g	۱۰۱۲/۸ c-j	۸۲۶۷ a-h
		N+50% O	۱۰/۲ i-l	۷۲ a_f	۷۴۵/۷ i-l	۷۷۶/۳ j-n	۶۲۶۷ e-h
	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۳/۵۴ d-h	۷۹/۶۶ a_d	۱۰۷۴/۸ b-g	۱۰۴۶/۴ c-i	۷۹۳۳ a-h
		اوره (O)	۱۶/۸۵ abc	۷۱/۶۶ b-g	۱۲۰۷/۵ a-d	۱۲۲۹/۲ a-d	۹۷۰۰ a-d
		N+50% O	۹/۹۳ jkl	۷۰/۶ b-g	۷۰۲/۷ jkl	۷۶۶/۷ k-n	۶۰۰۰ fgh
آبیاری ۶۵ BBCH	شاهد	نیتروکسین (N)	۱۳/۳ i-h	۶۸/۶۶ c-g	۹۱۵/۲ f-k	۹۲۷ f-n	۷۴۰۰ b-h
		اوره (O)	۱۵/۵۴ b-e	۸۲/۶۶ ab	۱۲۸۴/۵ ab	۱۱۳۷/۷ a-f	۷۷۸۸ a-h
		N+50% O	۱۲/۸۸ e-j	۷۸/۶۶ a-e	۱۰۰۹/۷ b-h	۱۰۵۶ c-h	۷۰۶۷ c-h
	محلول پاشی نانو کلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۱/۰۹ h-l	۷۰ b-g	۷۷۱/۶ h-l	۸۰۲/۸ i-n	۵۹۰۰ fgh
		اوره (O)	۱۴/۴ c-g	۶۲/۳۳ fg	۸۹۶/۵ e-l	۸۷۷/۸ g-n	۸۳۰۴ a-g
		N+50% O	۱۳/۰۲ d-i	۸۵ a	۱۱۱۰/۶ b-e	۱۱۳۸/۲ a-f	۶۴۶۷ d-h
	مصرف آبی دی‌اکسید پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۲/۱۴ k	۶۷/۳۳ d-g	۸۱۳/۴ g-l	۸۴۸/۹ h-n	۶۸۰۰ d-h
		اوره (O)	۱۶/۹۲ abc	۷۱/۳۳ b-g	۱۲۱۶/۸ abc	۱۲۰۶/۹ a-e	۹۶۶۷ a-d
		N+50% O	۱۲/۹۷ d-j	۷۲ b-g	۹۳۵/۳ d-j	۹۹۳/۵ d-l	۶۱۳۳ fgh

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد

در رژیم‌های مختلف آبیاری

مراحل قطع آبیاری	کود پتاسیم	کود نیتروژن	تعداد کل کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (kg/h)	عملکرد بیولوژیک (kg/h)
آبیاری تا ۷۵ BBCH	کاربرد خاکی	نیتروکسین (N)	۱۰/۵ h-l	۶۲ fg	۶۴۸/۳ kl	۷۳۳/۸ mn	۶۵۰۰ d-h
	نانو کلات	اوره (O)	۱۷/۲۴ abc	۷۴ a-g	۱۲۷۶/۳ abc	۱۲۴۲/۵ abc	۹۵۰۰ a-e
	پتاسیم	N+50% O	۱۵/۹۴ bcd	۶۹ c-g	۱۰۹۷/۱ b-f	۱۰۳۷/۴ c-i	۶۵۵۸ d-h
آبیاری تا ۷۵ BBCH	شاهد	نیتروکسین (N)	۱۸/۳۸ ab	۷۹ a-d	۱۴۵۴ a	۱۳۴۰/۵ a	۱۰۳۳۳ abc
	اوره (O)	اوره (O)	۱۳/۲۲ d-i	۷۷/۳۳ a-e	۱۰۲۰/۳ b-i	۱۰۲۵/۱ c-i	۷۲۳۳ b-h
	پتاسیم	N+50% O	۱۰/۵۸ h-l	۶۵/۶۶ efg	۶۹۳/۲ jkl	۷۰۶/۸ n	۶۲۳۳ f-h
آبیاری تا ۷۵ BBCH	محلول پاشی	نیتروکسین (N)	۹/۲۹ kl	۷۳/۶۶ a-g	۶۸۳/۶ jkl	۷۶۳/۵ k-n	۵۹۶۷ fgh
	نانو کلات	اوره (O)	۱۹/۲۶ a	۷۴/۶۶ a-e	۱۴۳۱/۷ a	۱۳۰۰/۸ ab	۱۰۴۳۳ ab
	پتاسیم	N+50% O	۱۱/۶ g-k	۷۵ a-f	۸۷۰/۶ e-l	۸۸۰/۲ g-n	۶۷۱۷ d-h
آبیاری تا ۷۵ BBCH	مصرف آبی	نیتروکسین (N)	۱۲/۵۶ e-j	۷۱/۳۳ b-g	۹۰۲/۴ e-k	۸۴۲ h-n	۷۳۰۰ b-h
	دی‌اکسید	اوره (O)	۱۶/۹۶ abc	۷۵ a-f	۱۲۶۷/۹ abc	۱۰۸۶/۷ b-h	۹۵۰۰ a-e
	پتاسیم	N+50% O	۱۲/۷۸ e-j	۸۱/۶۶ abc	۱۰۴۴/۲ b-h	۸۶۷/۹ g-n	۶۶۶۷ d-h
آبیاری تا ۷۵ BBCH	کاربرد خاکی	نیتروکسین (N)	۱۲/۱۷ f-k	۶۹ c-g	۸۳۴ f-l	۹۵۹ e-m	۶۲۳۳ e-h
	نانو کلات	اوره (O)	۱۴/۹۲ c-f	۷۴/۶۶ a-f	۱۱۱۶/۳ b-e	۱۰۶۹/۱ b-h	۹۱۶۷ a-f
	پتاسیم	N+50% O	۱۴/۶۶ c-f	۷۷/۳۳ a-e	۱۱۳۳/۵ b-e	۱۰۰۶/۸ e-k	۷۹۶۷ a-h

بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد دارند

برای تعدیل عملکرد و ثبات عملکرد اقدام به افزایش تعداد دانه در هر کپسول کرده است [۸]. تأثیر مثبت کود بیولوژیک نیتروکسین (شامل ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) در افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و نیز درصد و عملکرد پروتئین کنگد توسط محققان گزارش شده است [۱۶].

همچنین تنش خشکی در مرحله بذردهی باعث افزایش ۷ درصدی تعداد دانه در کپسول شد [۱۸]. علت این امر، گذراندن قسمت بیشتری از دوران رشد گیاه در شرایط بدون تنش بوده که تعداد زیادی کپسول تولید کرده است و پس از ایجاد تنش، به دلیل کاهش مخازن عمده دریافت مواد فتوسنتز جاری و انتقال مجدد (ریزش کپسول‌ها)،



### ۳.۳. عملکرد دانه و بیولوژیک

اثر ترکیب‌های کود نیتروژن و اثر متقابل سه‌گانه (کود نیتروژن در کود پتاسیم در آبیاری) بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود. همچنین، اثر متقابل کود نیتروژن در آبیاری و کود نیتروژن در کود پتاسیم بر عملکرد دانه معنادار به دست آمد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه با توجه به مقایسه میانگین اثر سه‌گانه، در ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در شرایط عدم استفاده از کود پتاسیم و کاربرد کود نیتروکسین با میانگین ۱۳۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (افزایش ۱۷/۳۷ درصدی در مقایسه با شاهد) که با ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم در کاربرد اوره براساس آزمون خاک با میانگین ۱۳۰۰/۸ کیلوگرم در هکتار بدر (افزایش ۱۴/۸۵ درصدی در قیاس با شاهد)، اختلاف معناداری نداشت و در بالاترین سطح قرار داشتند (جدول ۴). پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش سطوح تنش خشکی (تنش شدید) کاهش معناداری در میانگین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کنجد مشاهده شد [۴ و ۳۳].

دو صفت تعیین‌کننده میزان مشارکت ساقه در تأمین مواد پرورده برای دانه است. نخست، توانایی ساقه برای ذخیره مواد پرورده و دوم کارایی تبدیل و انتقال مجدد مواد ذخیره شده به دانه است [۲۴]. به نظر می‌رسد که در شرایط قطع آبیاری در BBCH ۷۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی) به دلیل افزایش قدرت منبع ثانویه برای ارسال مواد ذخیره شده به دانه (مقصد)، عملکرد دانه بیشتر شد [۱۸ و ۵]. از طرف دیگر گیاه کنجد مقاوم به کم‌آبی بوده و این امر هم می‌تواند دلیل دیگری باشد که تنش ملایم تأثیر کاهنده بر عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه نداشته، بلکه باعث تحریک و افزایش انتقال مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی به سمت اندام‌های زایشی شده و در

نهایت عملکرد افزایش یافته است. در شرایط تنش شدید (قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی) کاهش عملکرد دانه در هر بوته به علت کاهش مواد غذایی باشد، که این کاهش می‌تواند به علت کاهش ارتفاع و رشد رویشی و در نهایت کاهش سهم فتوسنتزی گیاه و کم شدن سهم دانه در دریافت کربوهیدرات باشد [۱۸]. در اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد دانه بین کمترین و بیشترین میانگین اختلاف حدودی ۱۹ درصدی وجود داشت ولی این تفاوت از لحاظ آماری و مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن غیرمعنادار شد.

در پژوهش حاضر کاربرد کود نیتروکسین به تنهایی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بالایی را در قیاس با کود نیتروژن و یا سیستم تلفیقی نشان داد. کاربرد کود نیتروژن می‌تواند با توسعه رشد رویشی، گسترش و دوام بیشتر سطح برگ، ساقه و نیز تولید شاخه بیشتر سبب افزایش عملکرد دانه شود [۲۳]. با وجود نقش مؤثر کودهای بیولوژیک بر عملکرد گیاهان، کارایی گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به‌طور محسوسی می‌تواند تحت تأثیر فراهمی مواد آلی در محیط رشد آن‌ها قرار گیرد [۱۵ و ۳۱]. به طوری که کمبود یا نبود مواد آلی در خاک ممکن است، به کاهش عدم تأثیرگذاری این کودهای زیستی در افزایش تولید گیاهان منجر شود. گزارش شده است که کاربرد نیتروژن در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث افزایش عملکرد دانه گلرنگ شد و این افزایش عملکرد را به علت اثر نیتروژن در بهبود فتوسنتز و تولید فتوآسیمیلات‌ها و تأثیر آن بر تسهیم‌بندی ماده خشک و رشد و نمو اندام‌ها دانستند [۲۹].

محلول‌پاشی یکی از روش‌های سریع برای پاسخ گیاهان به افزودن کود است که به صرفه‌جویی در مصرف کود نیز منجر می‌شود و همچنین استفاده از فرم‌های کلاته که به واسطه واکنش نمک‌های فلزی با کمپلکس‌های

## اکرم مهدوی خرمی و همکاران

مصنوعی و طبیعی حاصل می‌شوند، به افزایش میزان کارایی کود می‌انجامد [۱۰]. در پژوهشی تأثیر مصرف خاکی و محلول پاشی نانو کلات آهن بر عملکرد دانه آفتابگردان معنادار نبود، ولی باعث افزایش عملکرد دانه شد [۲۲]. در پژوهش حاضر نیز، محلول پاشی نانو کلات پتاسیم و کاربرد آبی دی اکسید پتاسیم در مقایسه با مصرف خاکی آن آثار مثبت بیشتری بر صفات مورد مطالعه نشان داد. گزارش شده که استفاده از کود پتاسیم میزان جذب فسفر خاک را افزایش می‌دهد [۱۱] و از این طریق نیز باعث بهبود عملکرد دانه می‌شود.

نتایج به دست آمده از جدول همبستگی (جدول ۵) بین صفات نشان داد که عملکرد دانه به عنوان مهم ترین بخش اقتصادی گیاه با صفات تعداد کل کپسول، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن همبستگی مثبت و معنادار در سطح احتمال ۱ درصد داشت.

جدول ۵. همبستگی ساده بین صفات کمی و کیفی در گیاه کنجد تحت تأثیر کاربرد کودهای مختلف نیتروژن و پتاسیم در شرایط قطع آبیاری

	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱											۱
۲										۰/۱۴	۱
۳									۰/۵۲**	۰/۹۱**	۱
۴								۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۸	۱
۵							۰/۴۴**	۰/۹۲**	۰/۴۸**	۰/۸۵**	۱
۶						۰/۷۲**	۰/۱۰	۰/۷۵**	۰/۱۶	۰/۸۰**	۱
۷					۰/۶۱**	۰/۰۶	۰/۳۴*	-۰/۰۶	۰/۳۰*	-۰/۲۱	۱
۸				۰/۱۵	-۰/۱۰	-۰/۰۰۸	۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۰۴	۱
۹			۰/۵۲**	-۰/۰۳	۰/۶۷**	۰/۸۴**	۰/۳۷*	۰/۷۷**	۰/۴۱**	۰/۷۰**	۱
۱۰		۰/۰۵	-۰/۳۰*	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱۶	۰/۰۵	-۰/۲۱	-۰/۰۴	-۰/۲۳	۱
۱۱	۰/۵۷**	۰/۶۵**	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۵۱**	۰/۷۰**	۰/۴۲**	۰/۶۰**	۰/۳۸*	۰/۵۱**	۱

بدون علامت غیرمعنادار، \* و \*\*: به ترتیب معنادار در سطوح ۵ و ۱ درصد

۱. تعداد کل کپسول، ۲. تعداد دانه در کپسول، ۳. تعداد دانه در بوته، ۴. وزن هزار دانه، ۵. عملکرد دانه، ۶. عملکرد بیولوژیک، ۷. شاخص برداشت، ۸. درصد پروتئین، ۹. عملکرد پروتئین، ۱۰. درصد روغن، ۱۱. عملکرد روغن.

خشک تجمعی و در نهایت عملکرد بیولوژیک می‌شود، در حالی که قطع آبیاری در مراحل پایانی رشد میزان خسارت کمتری خواهد داشت [۲۱].

#### ۴.۳. درصد و عملکرد پروتئین

نتایج به‌دست آمده نشان داد که اثر آبیاری و پتاسیم بر درصد پروتئین و اثر نیتروژن، اثر متقابل آبیاری در نیتروژن، اثر آبیاری در پتاسیم و اثر متقابل سه گانه (آبیاری در نیتروژن در پتاسیم) بر درصد و عملکرد پروتئین معنادار بودند (جدول ۶). بالاترین درصد و عملکرد پروتئین در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه بندی در عدم مصرف کود پتاسیم در شرایط تلقیح با کود زیستی نیتروکسین به ترتیب با میانگین ۲۰/۵ درصد و ۲۷۶/۵۳ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب باعث افزایش ۲۹/۷۴ درصدی در درصد پروتئین و دو برابر شدن عملکرد پروتئین) به‌دست آمد. در هر دو صفت، کمترین میانگین در آبیاری تا ۵۰ درصد گل دهی در عدم استفاده از کود پتاسیم در شرایط استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین بود (جدول ۷).

بیشترین عملکرد بیولوژیک که شامل کل وزن خشک اندام هوایی گیاه است در آبیاری کامل در کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین در کاربرد دی اکسید پتاسیم با میانگین ۱۰۸۶۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (افزایش ۱۱/۳۵ درصدی) و کمترین میانگین این صفت در شرایط آبیاری کامل در عدم استفاده از کود پتاسیم و استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین بود (کاهش ۴۹/۱۳ درصدی) (جدول ۴). قطع آبیاری در مرحله BBCH ۷۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد دانه بندی) در اکثر صفات نظیر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، درصد و عملکرد پروتئین، بالاترین میانگین را داشت. احتمالاً ترشح هورمون‌های محرک رشد گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی (از طریق محلول کردن فسفر و پتاسیم خاک) توسط باکتری‌های موجود در کودهای زیستی، در تحریک رشد گیاه، افزایش ماده خشک و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک مؤثر بوده است [۴۵]. کاهش عملکرد بیولوژیک ناشی از تجمع ماده خشک است. قطع آبیاری در مراحل اولیه رشد زایشی که گیاه تقریباً سرعت بسیاری در تجمع ماده خشک دارد، باعث آسیب شدید به ماده

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر صفات کیفی دانه کنگد در رژیم‌های مختلف آبیاری

میانگین مربعات					منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	درصد روغن	عملکرد روغن
۲۲۱۲۱**		۳۵/۳۴ <sup>ns</sup>		۵۰۲۳/۶**	۷/۱۷ <sup>ns</sup>	۲	بلوک			
۳۳۳۹/۷ <sup>ns</sup>		۲۳/۳۶ <sup>ns</sup>		۷۰۹/۳ <sup>ns</sup>	۲۳/۶۲**	۲	آبیاری (I)			
۵۹۶۱/۷		۲۴/۷۲		۸۹۹/۱	۴/۱۲	۴	خطای اصلی			
۲۲۶۲۶/۹**		۷۶/۶۲*		۶۹۱۲/۳**	۱۱/۴۷*	۲	نیتروژن (N)			
۱۵۶۳/۱ <sup>ns</sup>		۶۰/۸۷*		۱۴۲۲/۶ <sup>ns</sup>	۱۷/۵**	۳	پتاسیم (K)			
۱۸۵۲۸/۵**		۱۲۹/۳**		۶۷۴۳/۶**	۹/۵۴*	۴	I×N			
۲۳۲۸۲/۵**		۱۵۴/۱۶**		۱۳۸۰/۴ <sup>ns</sup>	۳/۶۱ <sup>ns</sup>	۶	N×K			
۱۲۴۲۴**		۱۱۱/۲۷**		۲۶۸۳**	۱۳/۱۴**	۶	I×K			
۱۷۰۸۱**		۸۱/۰۲**		۴۷۳۰/۹**	۶/۲*	۱۲	I×N×K			
۴۰۱۶/۳		۱۱/۰۶		۷۸۶/۸	۲/۶۳	۶۶	خطا			
۱۸		۱۶/۰۶		۱۶/۸۱	۹/۵۱	—	ضریب تغییرات (%)			

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح ۵ و ۱ درصد

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر صفات کیفی کنگد در رژیم‌های مختلف آبیاری

عملکرد	درصد	عملکرد	درصد	کود نیتروژن	کود پتاسیم	مراحل قطع آبیاری
روغن	روغن	پروتئین	پروتئین			
(kg/ha)		(kg/ha)				
۲۷۴/۸ hij	۳۲/۵ h-n	۱۳۲/۷ ghi	۱۵/۸ e-i	نیتروکسین (N)		
۳۷۳/۵ b-i	۳۳/۷ g-n	۱۸۹/۸ b-f	۱۷ b-g	اوره (O)	شاهد	
۲۷۹/۴ g-j	۳۷ d-l	۱۴۷/۷ e-i	۱۹/۵ abc	N+50% O		
۳۶۲/۷ b-i	۳۷/۸ d-j	۱۶۴ d-i	۱۷/۱ b-g	نیتروکسین (N)		
۳۶۵/۲ b-i	۳۸/۷ c-i	۱۹۱/۵ b-f	۲۰ ab	اوره (O)	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	
۳۰۴/۷ f-j	۴۱/۷ a-g	۱۲۷/۵ hi	۱۷/۶ a-g	N+50% O		
۴۶۵/۸ abc	۴۰ b-h	۲۰۷/۱ bcd	۱۷/۸ a-g	نیتروکسین (N)		
۴۳۵ a-e	۴۳/۵ a-e	۱۶۷/۴ c-i	۱۶/۳ c-h	اوره (O)	مصرف آبی دی اکسید پتاسیم	
۲۵۸/۶ ij	۳۳/۵ h-n	۱۳۵/۲ f-i	۱۷/۳ a-g	N+50% O		آبیاری کامل
۳۳۹/۰ c-j	۳۲/۱ h-n	۱۸۲ c-h	۱۷/۲ a-g	نیتروکسین (N)		
۳۸۹/۴ b-h	۳۰/۹ i-n	۲۱۹/۹ bc	۱۷/۸ a-g	اوره (O)	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	
۲۷۷/۷ hij	۳۶ e-m	۱۴۹/۷ e-i	۱۹/۶ abc	N+50% O		
۳۴۸/۲ c-j	۳۷/۴ d-k	۱۱۷/۵ i	۱۲/۷ i	نیتروکسین (N)		
۳۲۷/۶ d-j	۲۸/۶ mn	۱۷۳/۶ c-i	۱۵/۱ f-i	اوره (O)	شاهد	
۳۱۰/۹ e-j	۲۹/۶ k-n	۱۵۶/۳ d-i	۱۴/۸ ghi	N+50% O		
۲۸۹/۷ g-j	۳۶/۱ e-m	۱۲۹/۹ ghi	۱۶/۱ d-g	نیتروکسین (N)		
۳۰۱/۱ f-j	۳۴/۲ f-m	۱۳۸/۲ f-i	۱۵/۷ e-i	اوره (O)	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	
۵۵۰/۴ a	۴۷/۹ a	۲۰۰/۴ b-e	۱۷/۷ a-g	N+50% O		
۳۳۵/۸ d-j	۳۹/۶ b-h	۱۳۰ ghi	۱۵/۳ e-i	نیتروکسین (N)		
۳۲۲ d-j	۲۶/۱ n	۲۰۶/۱ bcd	۱۶/۹ b-g	اوره (O)	مصرف آبی دی اکسید پتاسیم	
۲۹۱ g-j	۲۹/۷ k-n	۱۶۸ c-i	۱۶/۶ c-g	N+50% O		آبیاری
۳۴۸/۹ c-j	۴۷/۴ ab	۱۴۴/۹ e-i	۱۹/۵ abc	نیتروکسین (N)		BBCH ۶۵
۴۲۸/۶ b-f	۳۴/۴ f-m	۱۹۱/۸ b-f	۱۵/۴ e-i	اوره (O)	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	
۳۴۰/۱ c-j	۳۲/۶ j-n	۱۸۶/۴ c-g	۱۷/۹ a-g	N+50% O		

اثر کودهای نانو، شیمیایی و بیولوژیک بر عملکرد و کیفیت دانه کتجد در رژیم‌های متفاوت آبیاری

ادامه جدول ۷. مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر صفات کیفی کتجد در رژیم‌های مختلف آبیاری

مراحل قطع آبیاری	کود پتاسیم	کود نیتروژن	عملکرد درصد پروتئین	عملکرد درصد روغن	عملکرد
		(N) نیتروکسین	۲۰/۵ a	۲۷۶/۵ a	۴۷۹/۶ ab
	شاهد	اوره (O)	۱۵/۶ e-i	۱۵۹/۶ d-i	۴۵۰ a-d
		N+50% O	۱۷/۹ a-g	۱۲۷/۳ hi	۲۸۰/۳ g-j
		(N) نیتروکسین	۱۸/۶ a-e	۱۴۲/۵ f-i	۲۲۲ j
	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	اوره (O)	۱۸/۵ a-f	۲۴۰/۳ ab	۴۴۶/۳ a-d
		N+50% O	۱۹/۱ a-d	۱۶۸/۶ c-i	۴۰۹ b-g
		(N) نیتروکسین	۱۶/۶ c-g	۱۴۱/۵ f-i	۲۸۲/۶ g-j
	مصرف آبی دی اکسید پتاسیم	اوره (O)	۱۳/۳ hi	۱۴۴/۲ e-i	۳۳۱/۴ d-j
		N+50% O	۱۵/۲ f-i	۱۳۲/۷ ghi	۳۷۸/۷ b-g
آبیاری تا ۷۵ BBCH		(N) نیتروکسین	۱۷/۵ a-g	۱۶۷/۶ c-i	۴۰۴/۲ b-h
	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	اوره (O)	۱۵/۶ e-i	۱۶۸/۲ c-i	۳۸۳/۵ b-i
		N+50% O	۱۷/۸ a-g	۱۷۸ c-h	۲۸۳/۶ g-j

بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

متابولیسمی را در گیاه افزایش داده‌اند و منجر به بهبود رشد گیاه و افزایش ماکرومولکول‌ها می‌شود [۴۳]. در واقع باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی غذایی مورد نیاز گیاه با تولید مواد محرک رشد نظیر انواع هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد باعث بهبود رشد و نمو گیاه کتجد می‌شود [۲۴]. با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و نیتروکسین، از طریق جلوگیری از هدرروی نیتروژن به علت وجود کود زیستی، نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و لذا میزان پروتئین نیز افزایش می‌یابد [۲۵]. کودهای نیتروژنه احتمالاً مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های

با توجه به این نکته که کود نیتروژنه (بیولوژیک و شیمیایی) از جمله مهم‌ترین عناصر مؤثر در افزایش درصد نیتروژن دانه است، به نظر می‌رسد که افزایش کاربرد کود نیتروژن، تجمع این عنصر در دانه و همچنین کل گیاه را افزایش می‌دهد [۱۲]. از طرف دیگر نیتروژن موجود در دانه از مهم‌ترین عناصر در تشکیل آمینواسیدهاست که این وضعیت در نهایت، به افزایش درصد پروتئین دانه منجر می‌شود [۱۲].

در واقع با افزایش قابلیت دسترسی به نیتروژن، درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد [۳۰]. کودهای بیولوژیک، کارایی تنظیم‌کنندگی رشد، فعالیت فیزیولوژیک و

روغن را ۳۲/۱۴ درصد افزایش داد. محققان با مشاهده افزایش معنادار عملکرد دانه و روغن کنگد در نتیجه مصرف کود بیولوژیک نیتروکسین، اظهار داشتند که کاربرد کود بیولوژیک می‌تواند در راستای کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن مفید باشد [۲۳]. کاربرد کود نیتروژن عامل مهمی در دیررسی کنگد بوده و ممکن است تجمع مواد هیدروکربنه در روغن را تحت تأثیر قرار دهد [۲]. گزارش شده است که با افزایش مصرف نیتروژن شیمیایی تشکیل پیش‌ماده‌های نیتروژن‌دار بیشتر شده و تشکیل پروتئین افزایش و در نتیجه میزان مواد لازم برای تبدیل به روغن کاهش می‌یابد، ولی در شرایط استفاده از سیستم تلفیقی کود، تعادلی بین میزان تشکیل پروتئین و روغن در گیاه ایجاد می‌شود [۲۰].

عملکرد روغن با عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد پروتئین و درصد روغن همبستگی مثبت و معناداری نشان داد. بین درصد روغن و درصد پروتئین همبستگی منفی وجود داشت (جدول ۵)، این نتایج با یافته‌های سایر محققان در این زمینه هم‌خوانی دارد [۱۳]. وجود همبستگی منفی بین این دو صفت می‌تواند به دلیل تفاوت زمانی در تشکیل ماکرومولکول‌ها باشد، در طول روند پر شدن دانه نخست پروتئین و سپس روغن تشکیل می‌شود. هر چقدر طول دوره پر شدن دانه طولانی باشد، روغن بیشتری تشکیل می‌شود و حتی در مراحل آخر، پروتئین‌ها نیز به روغن تبدیل می‌شوند. ولی اگر طول دوره، پر شدن دانه کوتاه باشد فرصت کافی برای تشکیل روغن وجود نداشته و چون پروتئین‌ها در مراحل زودتر تشکیل می‌شود، درصد بیشتری خواهند داشت. از طرفی افزایش روغن در بذر به خاطر ثابت بودن حجم دانه باعث کاهش پروتئین دانه می‌شود [۳].

رویشی به دانه را افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌شود [۴۷].

درباره صفات کیفی روغن و پروتئین، استفاده از سیستم تلفیقی (۵۰ درصد کود نیتروژن به همراه استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین) در قیاس با سطوح دیگر، درصد بیشتری داشتند (جدول ۷). در برخی صفات مثل درصد و عملکرد پروتئین و عملکرد دانه عدم کاربرد کود پتاسیم، میانگین بالاتری در مقایسه با کاربرد آن داشت. بعضی محققان بیان داشتند که کنگد در برابر مصرف کودهای شیمیایی واکنش چندانی نشان نمی‌دهد. این موضوع به علت کودپذیری کم ارقام کنگد است که با شرایط محیطی سازگاری یافته‌اند [۱۶].

### ۵.۳. درصد و عملکرد روغن

اثر نیتروژن، نیتروژن در آبیاری، نیتروژن در پتاسیم، آبیاری در پتاسیم و اثر متقابل سه گانه نیتروژن در پتاسیم در آبیاری بر درصد و عملکرد روغن در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بودند (جدول ۶). بیشترین درصد و عملکرد روغن در ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی در محلول‌پاشی از نانو کلات پتاسیم در شرایط سیستم تلفیقی کود ۵۰ درصد اوره و کود بیولوژیک نیتروکسین به ترتیب با میانگین ۴۷/۹۶ درصد و ۵۵۰/۴۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. کمترین درصد روغن در شرایط آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی در کاربرد اوره و کاربرد دی‌اکسید پتاسیم بود و کمترین عملکرد روغن در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در شرایط کاربرد نیتروکسین در محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۷). با توجه به اینکه عملکرد روغن دانه تابعی از درصد روغن و عملکرد دانه است، در شرایط تنش شدید، میزان افزایش درصد روغن (حدود ۴۲/۱۳ درصدی در قیاس با شاهد) به حدی بود که افت عملکرد دانه در این سطح از تنش را جبران و عملکرد

#### ۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت اعمال تیمار قطع آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیکی (BBCH)، مصرف تلفیقی کودهای نیتروژن (بیولوژیک و شیمیایی) و مصرف پتاسیم (نانو و شیمیایی) از طرق مختلف (خاک پاش، با آب آبیاری و محلول پاشی) می تواند تأثیرات مطلوبی را در عملکرد و اجزای عملکرد به جای گذاشته و اثر معناداری را به همراه داشته باشد. به طوری که بالاترین میانگین صفات عملکرد مثل تعداد کل کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در رژیم آبیاری تا ۵۰ درصد دانه بندی یا مرحله BBCH ۷۵ بوده است. به نظر می رسد که در شرایط تنش رطوبتی استفاده از روش تغذیه برگی کود نانو کلات پتاسیم میزان پتاسیم در دسترس و جذب و انتقال آن را در گیاه افزایش داده است. همچنین نانو کود به دلیل آزادسازی آرام و کنترل شده مواد غذایی، افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود را به دنبال دارد. بنابراین، برای تأمین عنصر پتاسیم استفاده از روش تغذیه برگی، نتیجه بهتری به همراه دارد، از طرفی مصرف کود تلفیقی نیتروژن (۵۰ درصد اوره + کود نیتروکسین) به همراه نانو کلات پتاسیم باعث افزایش معنادار میزان روغن و پروتئین دانه شد که به دلیل فراهم شدن شرایط تغذیه ای مناسب تر برای گیاه کنجد (رقم داراب ۱) بوده است. از این رو پیشنهاد می شود در شرایط کم آبیاری در مناطق گرم و خشک شبیه جنوب تهران و کشت دوم در دوره فنولوژیکی مناسب با مدیریت بهینه استفاده از کودهای نیتروژنه (بیولوژیک و شیمیایی) و پتاسه (نانو و شیمیایی) می توان ضمن کاهش مصرف آب، به عملکرد مطلوب تری رسید.

#### تشکر و قدردانی

بدین وسیله، از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه

شاهد و استادان گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، قدردانی می شود.

#### منابع

۱. احمدی ص، باقری ع ر و جعفری حقیقی ب (۱۳۹۴) اثر کودهای آلی، نانو کودهای بیولوژیک و رژیم های آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه کنجد در منطقه خنج استان فارس. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۰: ۱۴۰-۱۵۰.
۲. احمدی م و بحرانی م ج (۱۳۸۸) تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن دانه ارقام کنجد در منطقه بوشهر. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳(۴۸): ۱۲۳-۱۳۱.
۳. امیری ا، سیروس مهر ع ر، یداللهی پ، اصغری پور م ر و اسماعیل زاده بهابادی ص (۱۳۹۵) تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر رنگیزه های فتوسنتزی و آنزیم های آنتی اکسیدان کلرنک. به زراعی کشاورزی. ۱۸(۲): ۴۵۳-۴۶۶.
۴. آئین ا (۱۳۹۲) اثر حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی دو ژنوتیپ کنجد. به زراعی نهال و بذر. ۲-۲۹(۱): ۶۷-۷۹.
۵. الیاسی ش، ارادتمند اصلی د و روحی ا (۱۳۸۹) تأثیر تنش خشکی قبل و بعد از گل دهی بر انتقال مجدد مواد در ارقام مختلف گندم آبی. زراعت و اصلاح نباتات. ۱(۱): ۱۷-۲۸.
۶. باقری ا، مسعود سینیکی ج، برداران فیروز آبادی م و عابدینی اسفهلانی م (۱۳۹۵) اثر تنش قطع آبیاری و محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی ارقام کنجد. پژوهش های به زراعی. ۸(۳): ۲۵۹-۲۷۴.

۷. بقری م، شمسی محمودآبادی ح و مروتی ا (۱۳۹۳) اثر نانو کلات آهن بر اجزای عملکرد، میزان آهن و درصد روغن دانه کنجد رقم داراب-۱۴. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳(۱۸): ۶۹-۷۹.
۸. بهداد م، پاک نژاد ف، وزان س، اردکانی م ر و نصری م (۱۳۸۸) اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در مراحل مختلف رشد ارقام گندم. تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. ۱(۲): ۱۴۳-۱۵۷.
۹. جعفرزاده ر، جامی معینی م و حکم آبادی م (۱۳۹۲) واکنش عملکرد و اجزای عملکرد گندم به مصرف خاکی و محلول پاشی نانوکود پتاسیم. پژوهش‌های به‌زراعی. ۵(۲): ۱۸۹-۱۹۷.
۱۰. جوکار ل و رونقی ع (۱۳۹۴) اثر محلول پاشی سطوح و منابع مختلف آهن بر رشد و غلظت برخی عناصر غذایی در گیاه سورگوم. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۲۲(۶): ۱۶۳-۱۷۳.
۱۱. حسن زاده ا، قاجار سپانلو م و بهمنیار م ع (۱۳۹۲) تأثیر کاربرد پتاسیم و کود دامی بر عملکرد و غلظت برخی عناصر پرمصرف در گندم تحت تنش آبی. مهندسی زراعی، ۳۶(۱): ۷۷-۸۵.
۱۲. حسینی ر، گالشی س، سلطانی ا، کلاته م و زاهد م (۱۳۹۲) اثر کود نیتروژن بر شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن در ارقام گندم. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱(۲): ۳۰۰-۳۰۶.
۱۳. دینی ترکمانی م ر و کاراپتیان ژ (۱۳۸۶) بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم دانه در ده رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.). مجله زیست‌شناسی ایران. ۲۰(۴): ۳۲۷-۳۳۳.
۱۴. دیوسالار م، طهماسبی سروستانی ز، مدرس ثانوی س ع و حمیدی آ (۱۳۹۵) بررسی اثر تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در مراحل رشد زایشی بر عملکرد کمی و کیفی ارقام سویا. به‌زراعی کشاورزی. ۱۸(۲): ۴۸۱-۴۹۳.
۱۵. رضوانی مقدم پ، امیری م ب و سیدی س م (۱۳۹۳) اثر مصرف کودهای آلی و زیستی بر عملکرد، میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن کنجد. علوم زراعی ایران. ۱۶(۳): ۲۰۹-۲۲۱.
۱۶. سجادی‌نیک ر، یدوی ع، بلوچی ح ر و فرجی ه (۱۳۹۰) مقایسه تأثیر کودهای شیمیایی (اوره)، آلی (ورمی کمپوست) و زیستی (نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.). دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۱(۲): ۸۷-۱۰۱.
۱۷. شاکری ا، امینی‌دهقی م، طباطبایی س ع و مدرس ثانوی س م (۱۳۹۱) تأثیر کود شیمیایی و بیولوژیک بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و پروتئین ارقام کنجد. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲(۱): ۷۲-۸۵.
۱۸. فرحبخش ص و فرحبخش ح (۱۳۹۳) بررسی اثرات کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چند توده بومی کنجد در شرایط کرمان. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲(۴): ۷۷۶-۷۸۳.
۱۹. کاظمی ک، خواجه حسینی م، نظامی ا و اسکندری ح (۱۳۹۵) تأثیر پرایمینگ بذر بر جوانه زنی، عملکرد و کیفیت دانه کنجد در شرایط آبیاری محدود. به‌زراعی کشاورزی. ۱۸(۲): ۳۷۳-۳۸۸.
۲۰. کوثری‌فر م، خواجه‌نژاد غ، مقصودی‌مودع ا و قنبری ج (۱۳۹۴) اثر کاربرد تیمارهای کودی بر عملکرد کمی و کیفی ارقام کنجد (*Sesamum*



- sesame (*Sesamum indicum*) cultivars. Iranian Journal of Plant Physiology. 3(4):809-816.
28. Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review of Biochemistry. 72:248-254.
29. Dordas CA and Sioulas C (2008) Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain conditions. Indian Crops Production. 27(1): 75-85.
30. Ghani A, Hussain M and. Hassan A (2000) Interactive effect of nitrogen and water stress on leaf area of sunflower. Pakistan Journal of Biological Sciences. 3: 989-990.
31. Gryndler M, Larsen J, Hrselova H, Rezacova V, Gryndlerova H and Kubat J (2006) Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of Arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. Mycorrhiza. 16: 159-166.
32. Herman MAB, Nault BA and Smart CD (2008) Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on bell pepper production and green peach aphid infestation in New York. Crop Protection. 27: 996-1002.
33. Jain S, Yue-Lioang R, Mei-Wang LE, Ting-Xian Y, Xiao-Wen Y and Hong-Ving Z (2010) Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. Chinese Journal of Oil Crops Sciences 4: 42-48.
34. Kassab OM, Mehanna HM and Aboelill A (2012) Drought impact on growth and yield of some Sesame varieties. Journal of Applied Sciences Research. 8(8): 4544-4551.
- indicum* L. در شرایط آب و هوایی کرمان. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۳(۲): ۳۷۸-۳۹۰.
۲۱. محسن نیا ا و جلیلیان ج (۱۳۹۱) اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۳): ۲۳۵-۲۴۵.
۲۲. مرادی‌زاده م، شمس‌ی محمودآبادی ح و مروتی ا (۱۳۹۱) تأثیر نانو کلات آهن بر خواص کمی و کیفی آفتابگردان رقم سیرنا در منطقه میبد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، ۶۷ ص.
۲۳. مهربانی ز و احسان‌زاده پ (۱۳۹۰) بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت رژیم‌های رطوبتی خاک. به زراعی کشاورزی. ۱۳(۲): ۷۵-۸۸.
۲۴. میری ح ر (۱۳۸۹) تأثیر تنش خشکی بعد از گل دهی بر میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه ارقام گندم. تولید گیاهان زراعی. ۳(۱): ۱-۱۹.
۲۵. یوسف‌پور ز و یدوی ع (۱۳۹۳) تأثیر کود زیستی و شیمیایی نیتروژنه و فسفره بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۴(۱): ۹۵-۱۱۲.
26. Asghari S, Moradi H and Afshari K (2014) Evaluation of some physiological and morphological characteristics of *Narcissus tazetta* under BA treatment and Nano-potassium fertilizer. Journal of Chemical Health Risks. 4(4):63-70.
27. Bagheri E, Masood Sinaki J, Baradaran Firoozabadi M and Abedini Esfhlani M (2013) Evaluation of salicylic acid foliar application and drought stress on the physiological traits of

35. Leiboritz HE, Benqerson DA, Mouqle PD and Simpson KL (1987) Effects of Artemia lipid fraction on growth and survival of larval in land liver sides. 469- 476. In: Sorgeloss P, Begtson DA, Deelier W and Japers E (Eds.) و Artemia research and its application. Universal Press, Wetteven. Belgium, 763p.
36. Malik MA, Saleem MF, Akhtar Cheema MA and Ahmed S (2003) Influence of different nitrogen levels on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. International Journal of Agriculture and Biology. 4: 490- 492.
37. Michel V, Zink G, Schmidtke J and Anderl A (2007) PIAF and PIAF stat, 278-279. In: Bleiholder, H. Piepho H.P. (Ed.): Agricultural Field Trials, Today and Tomorrow. Proceedings of the International Symposium 08-10 October, Stuttgart-Hohenheim, Germany. Verlag Grauer, Beuren Stuttgart, 284 p.
38. Mirzakhani M, Ardakani MR, Aeeneband A, Rejali F and Shirani-Rad AH (2009) Response of spring safflower to Co-inoculation with *Azotobacter chroococum* and *Glomus interaradices* under different levels of nitrogen and phosphorus. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(3): 255-261.
39. Mojid MA, Wyseure GCL and Biswas SK (2012) Requirement of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers for wheat cultivation under irrigation by municipal wastewater. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 12(4): 655-665.
40. Muhamman MA, Gungula DT and Sajo AA (2009) Phonological and yield characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) as affected by nitrogen and phosphorus rates in Mubi, Northern Guinea savanna ecological zone of Nigeria. Emirate Journal of Food Agriculture. 21(1): 1-9.
41. Pandey AC, Sanjay SS and Yadav RS (2010) Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicero arietinum* L. Journal of Experimental Nano. 5: 488-497.
42. Prasad TNVKV, Sudhakar P, Sreenivasulu Y, Latha P, Munaswamy V, Raya Reddy K, Sreeprasad TS, Sajanalal PR and Pradeep T (2012) Effect of Nano scales zinc oxide on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition. 35(1): 905-927.
43. RamRao DM, Kodandaramaiah J and Reddy MP (2007) Effect of VAM fungi and bacterial bio fertilizers on mulberry leaf quality and silkworm cocoon characters under semiarid conditions. Caspian Journal Environment Science 5(2): 111-117.
44. Shehu HE, Kwari JD and Sandane MK (2010) Nitrogen, phosphorus and potassium nutrition of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Mubi, Nigeria. New York Science Journal. 3(12):21-27.
45. Sturz AV and Christie BR (2003) Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil and Tillage Research. 72:107-123.
46. Wurth B (2007) Emissions of engineered and initially produced nanoparticles to the soil, Diploma thesis, ETH Zurich department of environmental Sciences, Switzerland.
47. Yasari E and Patwardhan A (2007) Effects of azotobacter and azosprillium inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Science. 6(1): 77-82.



## Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 1 ■ Spring 2018

### Effect of nano, chemical, and biological fertilizers on the yield and quality of sesame seeds under different irrigation regimes

Akram Mahdavi Khorami<sup>1</sup>, Jafar Masoud Sinaki<sup>2\*</sup>, Majid Amini Dehaghi<sup>3</sup>, Shahrām Rezvan<sup>2</sup>, Ali Damavandi<sup>2</sup>

1. Ph.D Student, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran
2. Assistant Professor, Agriculture Department, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran
3. Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Shahed University, Tehran, Iran

Received: April 20, 2017

Accepted: June 7, 2017

#### Abstract

In order to evaluate the effects of chemical, biological and nano fertilizers on the yield and quality traits (oil and protein) of sesame seeds under different irrigation regimes an experiment was conducted as a split-plot factorial based on completely randomized blocks design with three replications at Shahed University during 2015-2016 growing seasons. Irrigation withholding levels (full irrigation (control) and irrigation withholding at 65 and 75 BBCH (codes of phenological stages that are equivalent to 50% of flowering and seed ripening respectively) were assigned as main plot and different nitrogen combinations (nitroxin, urea, and a mix of 50% nitroxin plus urea), various combinations of potassium (not used, nano-potassium foliar application (2 per thousand), irrigated use of potassium dioxide (2 L ha<sup>-1</sup>) and soil application of nano-potassium (2 kg ha<sup>-1</sup>) were allocated in the subplots. The highest number of per-plant capsules (19.26 numbers) was observed with irrigation up to 50% seed ripening and the use of urea together with the potassium nano chelate foliar application. The greatest grain yield and protein content and yield were obtained in irrigation up to 50% seed ripening in the absence of potassium fertilizer and nitroxin usage (1340.5, 276.53 kg ha<sup>-1</sup> and 5-20%, respectively). The oil yield was utmost in irrigation up to 50% flowering and foliar application of potassium nano chelate together with the mixed system of 50% urea fertilizer plus nitroxin with average values of 47.96% and 550.46 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. The use of nitroxin as a nano-bio-fertilizer and foliar application of chelated nano potassium in irrigation withholding conditions up to 50% grain aggregation resulted in increased grain yield (approx. 15% compared to the control) as well as improved quality of sesame seeds.

**Keywords:** irrigation withholding, nano-chelate, nitroxin, oil, protein, urea.