



تأثیر کاربرد کودهای نانو، شیمیایی، زیستی و تنش خشکی آخر فصل بر صفات رویشی و عملکرد

کنجد (*Sesamum indicum* L.)

اکرم مهدوی خرمی^{۱*}، جعفر مسعود سینکی^۱، مجید امینی دهقی^۲، شهرام رضوان بیدختی^۱، علیرضا دشتبان^۱

۱- گروه کشاورزی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

۲- گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۵

چکیده

به منظور مطالعه صفات رویشی و عملکرد دانه کنجد تحت تأثیر کودهای نانو، شیمیایی و زیستی در شرایط قطع آبیاری، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه شاهد تهران در سال ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. عامل‌های آزمایشی شامل: رژیم‌های آبیاری به صورت قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی براساس BBCH (آبیاری کامل و قطع آبیاری در BBCH ۷۵ و ۶۵) به عنوان عامل اصلی، سه نوع کود نیتروژنه (نیتروکسین، اوره و ترکیب نیتروکسین با ۵۰ درصد اوره) و چهار سطح کود پتاسیم (عدم کوددهی، محلول‌پاشی و کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم (به ترتیب ۲ در هزار و ۲ کیلوگرم در هکتار) و دی اکسید پتاسیم (به میزان ۲ لیتر در هکتار)) بودند. اثر قطع آبیاری بر وزن خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک بوته معنی‌دار بود. همچنین ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر صفات وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک بوته و عملکرد دانه اثر معنی‌داری نشان داد. بیشترین وزن تر برگ در آبیاری کامل در کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم به همراه کود اوره با میانگین ۸۸/۱۶ گرم به ازای هر بوته بود که باعث افزایش ۵۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. بیشترین وزن تر بوته با میانگین ۳۲۱/۵۵ گرم در شرایط قطع آبیاری در BBCH ۷۵ و کاربرد کود اوره به دست آمد که باعث افزایش ۲۰/۵۵ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد گردید. بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۳۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی، عدم محلول‌پاشی پتاسیم به همراه کاربرد کود زیستی نیتروکسین بود که باعث افزایش ۳۶/۲۴ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد گردید. به طور کلی کاربرد نانو کلات پتاسیم و کود زیستی نیتروکسین توانست باعث بهبود شرایط رشد گیاه در وضعیت قطع آبیاری در BBCH ۷۵ (۵۰ درصد دانه‌بندی) شده و بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود که قابل توصیه برای کشاورزان در شرایط اقلیمی مشابه جنوب تهران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کنجد، نانو، پتاسیم، قطع آبیاری، نیتروژن، نیتروکسین

مقدمه

کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. به لیل تحمل به خشکی و گرما، اهمیت بسیاری در توسعه کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک به عنوان کشت تابستانه دارد (آئین، ۱۳۹۲). این گیاه به دلیل محتوی بالای روغن (۵۲-۴۲ درصد) و کیفیت مناسب آن (میزان کم کلسترول و وجود برخی آنتی اکسیدانها) نقش مهمی در سلامت انسان دارد و از طرف دیگر گیاهی است متحمل به کم آبی و تنش خشکی است (Afshari et al., 2014). حذف آبیاریهای غیرضروری در بعضی از مراحل مختلف رشد کنجد می تواند ضمن کاهش مصرف آب، باعث بهبود عملکرد گیاه گردد، بنابراین شناسایی این مراحل لازم و ضروری به نظر می رسد (آئین، ۱۳۹۲). اثر زمان اعمال تنش خشکی بر عملکرد دانه ممکن است به اندازه شدت تنش آب اهمیت داشته باشد. تنش شدید و نسبتاً کوتاه در طول رشد رویشی ممکن است، روی عملکرد تأثیر نداشته باشد (Jain et al., 2010).

تنش های خشکی به روش های مختلف اعمال می شود که قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی

یکی از آنهاست (Bagheri et al., 2013). BBCH^۱ مقیاسی است که به عنوان یک منبع برای گزارش دهی و آنالیز داده های رشته کشاورزی به کار می رود که مراحل فنولوژی گیاهان بر طبق کدهای BBCH تعریف می شود (Bagheri et al., 2013). در پژوهشی اعمال تیمار قطع آبیاری بر اساس BBCH بر روی گیاه کنجد بررسی و گزارش شد که قطع آبیاری در BBCH ۶۹ باعث کاهش معنی دار وزن تر و عملکرد دانه در ارقام مختلف کنجد گردید (Bagheri et al., 2013).

یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده های شیمیایی است (Sharma, 2002). نیتروکسین از جمله کودهای زیستی است که با افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات کشاورزی مؤثر بوده و حاوی ریز موجودات آزادی هستند که توانایی تبدیل عناصر غذایی پرمصرف را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته و منجر به توسعه سیستم ریشه-

1 - Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHEMical industry

غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شوند (Asghari *et al.*, 2014). دو ویژگی سطح ویژه و سطح واکنش‌کنندگی بالا، واکنش‌پذیری نانو ذرات را افزایش داده که نتیجه آن بهبود توان جذب نانو کودهاست (Chinnamithu & Murugesu Boopathi, 2009). اثر نانو کود بر ارتفاع بوته، وزن تر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کلزا معنی‌دار گزارش شد (بیاتی و همکاران، ۱۳۹۳). اثر محلول‌پاشی نانوکلات آهن بر وزن بوته، تعداد برگ، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کنجد معنی‌دار گزارش گردید (بقری و همکاران، ۱۳۹۳).

از ضرورت‌های اجرای این پژوهش می‌توان به اهمیت استفاده از تکنولوژی‌های نو در کشاورزی (کودهای زیستی و نانو)، نقش پتاسیم و نیتروژن به عنوان عناصر ماکرو، موقعیت اقلیمی ایران (منطقه خشک و نیمه خشک)، بحران آب در این منطقه، اهمیت دانه‌های روغنی و کیفیت بالای روغن دانه کنجد و مهم‌تر از همه حداکثر استفاده از زمین و طول فصل رشد (کشت دوم بعد از

ای و جوانه‌زنی بهتر بذور می‌گردد (Rajendran & Devaraj, 2004). از آنجا که کود زیستی نیتروکسین شامل دو باکتری تثبیت کننده نیتروژن است، با تلقیح این باکتری به بذور توان تثبیت زیستی نیتروژن، جذب بهینه آب و عناصر غذایی افزایش یافته که در نتیجه رشد کمی و کیفی گیاه تقویت شده و برآیند آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می‌شود (اعلمی میلانی و همکاران، ۱۳۹۳). شاکری و همکاران (۱۳۹۱) اثر کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد دانه، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ و شاخص برداشت را معنی‌دار گزارش کردند. با افزایش میزان کود شیمیایی نیتروژن ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کنجد به صورت معنی‌داری افزایش یافت (Malik *et al.*, 2003). رضوانی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۳) اثر کودهای مختلف نیتروژن را بر عملکرد دانه و وزن تر و خشک گیاه معنی‌دار گزارش کردند.

نانوکودها یکی از انواع جدید کودها در بازار می‌باشند که علاوه بر کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر

ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن (نیتروکسین، اوره براساس آزمون خاک و تلفیق ۵۰ درصد اوره براساس 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. کود بیولوژیک نیتروکسین مورد استفاده، حاوی باکتری‌های محرک رشد در ابتدای کاشت به صورت بذرمال (بر مبنای ۰/۵ لیتر برای ۹ کیلوگرم بذر در شرایط تاریکی) استفاده شد (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳). محلول‌پاشی و کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم از منبع نانو کود خضراء دارای ۲۷ درصد کلات پتاسیم به ترتیب به میزان ۲ در هزار (در طی دو مرحله در ابتدای گلدهی و ابتدای دانه‌بندی) و ۲ کیلوگرم در هکتار در ابتدای کاشت صورت گرفت. کود شیمیایی نیتروژن نیز از منبع اوره به میزان ۳۱/۲ گرم برای هر کرت براساس آزمایش خاک استفاده شد. بعد از برداشت گندم پاییزه (در هفته سوم خرداد ماه)، خاک مورد تجزیه قرار گرفت که دارای بافت لومی رسی شنی بود (جدول ۱). عملیات خاک-ورزی شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از

گندم) اشاره کرد (Sadeghian *et al.*, 2015; Bagheri *et al.*, 2013). با توجه به موارد ذکرشده، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر کاربرد ترکیب‌های مختلف از کودهای نیتروژن (شیمیایی و زیستی) و پتاسیم (شیمیایی و نانو) در رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات رشدی (وزن تر و خشک بوته، برگ و ساقه) و عملکرد دانه گندم در شرایط کشت دوم بعد از گندم و جو در منطقه جنوب تهران بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر ترکیبات مختلف کودهای نیتروژن (شیمیایی و زیستی) و پتاسیم (شیمیایی و نانو) پژوهشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت کشت دوم بعد از گندم اجرا گردید. در این تحقیق مراحل مختلف قطع آبیاری بر اساس BBCH به عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری کامل (شاهد)، BBCH ۶۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی) و BBCH ۷۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی) در کرت‌های اصلی قرار گرفت و کرت فرعی شامل

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 ۱۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌ها از هم
۴۵ سانتی‌متر بودند (Bagheri *et al.*, 2013).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

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

خشک برگ، ساقه و کل بوته بعد از قرار گرفتن
نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۰ درجه
سانتی‌گراد در آون با استفاده از ترازو تعیین
گردید (آئین، ۱۳۹۳). اندازه‌گیری عملکرد دانه
نیز از یک متر مربع در وسط کرت‌های آزمایشی
بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای صورت گرفت
(Afshari *et al.*, 2014). در نهایت تجزیه واریانس
داده‌ها به دست آمده و مقایسه میانگین آن‌ها به
روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح
احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1
انجام پذیرفت.

تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر
کلاس A صورت گرفت. بعد از اعمال تیمارهای
محلول‌پاشی، زمانی که حدوداً ۵۰ درصد کرت-
های مربوطه در مرحله گلدهی (برای اعمال
BBCH ۶۵) و یا در مرحله دانه‌بندی (برای اعمال
تیمار BBCH ۷۵) قرار داشتند، قطع آبیاری
صورت گرفت.
به منظور اندازه‌گیری صفات رشدی از هر کرت
آزمایشی سه بوته به صورت تصادف انتخاب و
بلافاصله وزن تر برگ، ساقه و بوته با استفاده از
ترازوی حساس اندازه‌گیری و یادداشت شد
(Farahbakhsh & Farahbakhsh, 2014). وزن

نتایج و بحث

وزن تر و خشک برگ

اثرات متقابل قطع آبیاری در نیتروژن، قطع آبیاری در پتاسیم و اثر سه‌گانه ترکیبات کود نیتروژن در کود پتاسیم در قطع آبیاری بر وزن تر و خشک برگ معنی‌دار بودند (جدول ۲). در بین سطوح مختلف آبیاری، آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی بیشترین (۱۴/۲۶ و ۱۲/۸۷ گرم به ازای هر بوته) و قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی کمترین میانگین وزن خشک برگ (۱۰/۶۴ گرم) را داشت (جدول ۳). کاربرد کود اوره و ترکیب ۵۰ درصد اوره به همراه کود زیستی نیتروکسین بیشترین وزن خشک برگ (۱۳/۶۵ و ۱۳/۳۱ گرم) و استفاده از کود زیستی نیتروکسین کمترین میانگین این صفت (۱۰/۸۱ گرم) بود (جدول ۴). بیشترین وزن تر برگ میانگین ۸۸/۱۶ گرم به ازای هر بوته بود در آبیاری کامل در شرایط کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم به همراه کود اوره با که باعث افزایش ۵۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳). گزارش شده است با کاربرد کود نیتروژن شیمیایی (اوره) میزان سطح برگ روند افزایشی در گیاه

کنجد نشان داد که به دنبال افزایش سطح برگ، وزن تر و خشک برگ افزایش می‌یابد (سجادی-نیک و یدوی، ۱۳۹۲). در پژوهش دیگری گزارش گردید که شاخص سطح برگ و وزن برگ برنج تحت تأثیر کاربرد انواع کود آلی، شیمیایی و زیستی افزایش یافته است (Sarker *et al* 2004) که با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد. از سوی دیگر باکتری‌های موجود در کود نیتروکسین، از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، توسعه اندام هوایی و تولید برگ در کنجد را تحت تأثیر قرار دادند (سجادی-نیک و یدوی، ۱۳۹۲). قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، با توجه به ریزش برگ‌ها و کاهش رشد کلی گیاه، در مجموع موجب کاهش وزن برگ در بوته گردید. (Eskandari *et al* (2010) گزارش نمودند که با افزایش شدت کمبود آب وزن کلی گیاه (اعم از برگ، بوته و دانه) در واحد سطح کاهش نشان داد که نتایج این پژوهش را تأیید نمود.

وزن تر و خشک ساقه

اثر قطع آبیاری و ترکیبات کودهای نیتروژن و پتاسیم بر وزن تر و خشک ساقه معنی‌دار بودند.

۶). در بین ترکیبات پتاسیم کاربرد کود نانو و شیمیایی در مقایسه با عدم کاربرد کود بیشترین وزن خشک ساقه را ایجاد کرد. کود شیمیایی نیتروژن (اوره)، آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی به ترتیب با ۵۲/۰۲، ۴۷/۷۳ و ۵۰/۵۱ گرم در بوته، بیشترین وزن خشک ساقه را ایجاد نمودند (جدول ۴). نتایج مطالعات پژوهشگران نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی، تعداد و سطح برگ افزایش می‌یابد که این امر باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی، سرعت رشد محصول و تولید ماده خشک بالاتر می‌گردد که نتیجه آن افزایش وزن خشک و تر ساقه می‌باشد (Gulser, 2005).

همچنین اثر متقابل آبیاری در نیتروژن و آبیاری در پتاسیم بر وزن تر ساقه معنی‌دار بودند (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری در کود پتاسیم، بیشترین وزن تر ساقه در آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی در شرایط کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم با میانگین ۲۶۱/۵۶ گرم در بوته بود که باعث افزایش ۳۲/۵۴ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در کود نیتروژن، بیشترین وزن تر ساقه با میانگین ۲۶۴/۸۳ گرم در بوته در تیمار قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی و کاربرد اوره حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش ۲۰/۷۰ درصدی شد (جدول

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر ترکیب های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر وزن تر و خشک اندام های مختلف و عملکرد دانه در رژیم های مختلف آبیاری

میانگین مربعات (MS)											
عملکرد دانه	وزن خشک بوته	وزن خشک ساقيه	وزن تر ساقيه	وزن تر بوته	وزن تر بوته	وزن تر ساقيه	وزن خشک برگ	وزن خشک برگ	وزن تر برگ	درجه آزادی	منابع تغییر (S.O.V)
۵۵۳۴۲/۸*	۲۱۹/۹ ns	۱۴۸/۹ ns	۲۵۴۴/۳ ns	۵۵۴۹/۸ ns	۱۴۸/۹ ns	۲۵۴۴/۳ ns	۷/۶۳ ns	۵۹۲/۳*	۲	۲	پلوک
۲۹۹۸۰/۹ ns	۲۱۴/۸**	۱۲۶۹/۴**	۷۲۲۸/۱*	۹۰۸۶/۷*	۱۲۶۹/۴**	۷۲۲۸/۱*	۱۱۹/۹**	۳۲۲/۳ ns	۲	۲	آبیاری (I)
۱۲۹۹۷/۶	۳۸/۰	۵۴/۸	۱۹۶۵/۴	۳۱۲۶/۰	۵۴/۸	۱۹۶۵/۴	۴/۴۹	۲۶۴/۳	۴	۴	خطای اصلی
۴۴۹۸۱۷/۶**	۱۶۰۹/۴**	۱۱۰۷/۵**	۲۵۴۶۵/۳**	۴۳۲۸/۹**	۱۱۰۷/۵**	۲۵۴۶۵/۳**	۸۶/۴۸**	۳۴۶۹/۲**	۲	۲	نیتروژن (N)
۲۸۵۳۵/۳ ns	۷۵۲/۵**	۵۲۰/۶**	۱۱۴۷۱/۹**	۱۸۱۷۰/۴**	۵۲۰/۶**	۱۱۴۷۱/۹**	۲۲/۰ ns	۹۲۰/۱**	۳	۳	پتاسیم (K)
۱۸۲۸۴۵/۲**	۲۱۱/۷ ns	۱۶۸/۸ ns	۷۵۳۰/۳*	۱۰۸۳۱/۶*	۱۶۸/۸ ns	۷۵۳۰/۳*	۸/۴۶ ns	۶۸۶/۰**	۴	۴	I×N
۳۹۵۰۷/۳*	۶۴/۷ ns	۴۷/۶ ns	۳۰۶۶/۱ ns	۵۱۱۳/۶ ns	۴۷/۶ ns	۳۰۶۶/۱ ns	۱۱/۲۶ ns	۳۲۲/۸ ns	۶	۶	N×K
۲۰۰۹۷/۷ ns	۹۲/۴ ns	۸۱/۵ ns	۷۸۵۸/۵**	۱۱۳۵۰/۳**	۸۱/۵ ns	۷۸۵۸/۵**	۴/۷۳ ns	۳۵۱/۶*	۶	۶	I×K
۸۶۹۱۴/۳**	۷۴/۰ ns	۴۹/۳ ns	۳۰۰۶/۵ ns	۴۸۷۶/۶ ns	۴۹/۳ ns	۳۰۰۶/۵ ns	۶/۱۵ ns	۳۲۲/۶*	۱۲	۱۲	I×N×K
۱۵۸۷۱/۲	۹۹/۱۴	۷۷/۲۵	۲۱۲۰/۵	۲۹۹۹/۰	۷۷/۲۵	۲۱۲۰/۵	۸/۵۴	۱۶۱/۲	۶۶	۶۶	خطا
۱۲/۸۸	۱۷/۰۹	۱۸/۶۱	۲۱/۴۷	۲۰/۵۸	۱۸/۶۱	۲۱/۴۷	۲۳/۲۱	۲۴/۶۱	-	-	ضریب تغییرات (%)

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح ۵ و ۱ درصد می باشد.

وزن تر و خشک بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر آبیاری، کود نیتروژن و پتاسیم بر وزن تر و خشک بوته و اثر متقابل آبیاری در نیتروژن و آبیاری در پتاسیم بر وزن تر بوته معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین وزن تر بوته با ۳۲۴/۵۰ گرم در بوته در شرایط قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی و کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم بود که باعث افزایش ۳۰/۶۱ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر آبیاری در کود نیتروژن، بیشترین وزن تر بوته با میانگین ۳۲۱/۵۵ گرم در تیمار قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی و کاربرد کود اوره به دست آمد که باعث افزایش ۲۰/۵۵ درصدی نسبت به شاهد گردید (جدول ۶). بیشترین وزن خشک بوته در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (۶۲ و ۶۲/۳۸ گرم در بوته) حاصل گردید. در بین ترکیبات کودی نیز، کاربرد کود اوره و کاربرد تمامی ترکیبات کود پتاسیم بیشترین میانگین این صفت را داشتند (جدول ۳). تولید ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است. ماده خشک تولیدی یا به مصرف رشد گیاه رسیده

و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع می‌یابد که می‌تواند تعیین کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد (سجادی‌نیک و یدوی، ۱۳۹۲). دسترسی نداشتن به منابع تکمیلی نیتروژن کافی در مراحل رشد، در سطح کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی به دلیل رشد کمتر اندام هوایی منجر به تولید ماده فتوسنتزی کمتر و در نتیجه وزن بیولوژیک اندک گردیده است. در پژوهشی گزارش شده است که افزایش مصرف کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش سطح برگ، شاخص سطح برگ و دوام برگ بیشتر در گندم گردیده که این افزایش منجر به تولید ماده خشک بیشتر می‌شود (Banziger *et al.*, 1994). نیتروکسین می‌تواند با افزایش فتوسنتز و عناصر غذایی درون گیاه تأثیر مثبتی بر سطح برگ، رشد، تولید ماده خشک گیاه و وزن خشک بوته داشته باشد (سجادی‌نیک و یدوی، ۱۳۹۲). در پژوهشی گزارش شد که تیمارهای مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن بوته، زیست توده و عملکرد دانه کنگد داشت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Rezvani *et al.*, 2005). با توجه به این‌که در مرحله رشد رویشی تجمع ماده خشک بیشتری

در اندام‌های مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها و برگ‌ها صورت می‌گیرد، بنابراین قطع آبیاری در این مرحله سبب کاهش فتوسنتز و تجمع ماده خشک در اندام‌های گیاهی گردید (Eskandari *et al.*, 2010).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر وزن تر برگ و عملکرد دانه در

رژیم‌های مختلف آبیاری

مراحل قطع آبیاری	کود پتاسیم	کود نیتروژن	وزن تر برگ در بوته (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری کامل (شاهد)	شاهد	نیتروکسین (N)	۴۳/۸۰ d-g	۸۵۴/۶ h-n
		اوره (O)	۷۴/۰۷ a-d	۱۱۰۷/۶ a-g
		N+50% O	۲۸/۲۰ g	۷۵۰/۵ lmn
	محلول پاشی نانو کلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۴۰/۸۰ efg	۹۵۹/۴ e-m
		اوره (O)	۷۹/۱۰ abc	۹۵۲/۱ f-n
		N+50% O	۵۳/۶۶ a-g	۷۲۴ mn
	محلول پاشی دی‌اکسید پتاسیم	نیتروکسین (N)	۴۹/۶۳ b-g	۱۱۶۱ a-f
		اوره (O)	۴۲/۲۲ d-g	۱۰۱۲/۸ c-j
		N+50% O	۴۴/۲۶ d-g	۷۷۶/۳ j-n
	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	نیتروکسین (N)	۴۷/۵۴ c-g	۱۰۴۶/۴ c-i
		اوره (O)	۸۸/۱۶ a	۱۲۲۹/۲ a-d
		N+50% O	۵۰/۲۱ b-g	۷۶۶/۷ k-n
قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی (۶۵ BBCH)	شاهد	نیتروکسین (N)	۳۵/۵۲ fg	۹۲۷ f-n
		اوره (O)	۵۰/۰۵ b-g	۱۱۳۷/۷ a-f

۱۰۵۶ c-h	۴۷/۸۹ c-g	N+50% O		
۸۰۲/۸ i-n	۳۹/۸۴ efg	(N) نیتروکسین	محلول پاشی نانو کلات پتاسیم	
۸۷۷/۸ g-n	۴۴/۸۴ d-g	اوره (O)		
۱۱۳۸/۲ a-f	۵۲/۱۳ b-g	N+50% O		
۸۴۸/۹ h-n	۳۷/۵۸ efg	(N) نیتروکسین	محلول پاشی دی‌اکسید پتاسیم	
۱۲۰۶/۹ a-e	۴۶/۲۶ c-g	اوره (O)		
۹۹۳/۵ d-l	۳۴/۷۹ fg	N+50% O		
۷۳۳/۸ mn	۴۲/۰۲ efg	(N) نیتروکسین	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	
۱۲۴۲/۵ abc	۸۱/۸۹ ab	اوره (O)		
۱۰۳۷/۴ c-i	۶۴/۹۳ a-f	N+50% O		
۱۳۴۰/۵ a	۵۶/۷۶ a-g	(N) نیتروکسین	شاهد	قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (۷۵ BBCH)
۱۰۲۵/۱ c-i	۶۸/۱۱ a-e	اوره (O)		
۷۰۶/۸ n	۵۱/۹۱ b-g	N+50% O		
۷۶۳/۵ k-n	۴۴/۵۴ d-g	(N) نیتروکسین	محلول پاشی نانو کلات پتاسیم	
۱۳۰۰/۸ ab	۶۲/۵۲ a-f	اوره (O)		
۸۸۰/۲ g-n	۴۴/۶۲ d-g	N+50% O		
۸۴۲ h-n	۵۵/۶۰ a-g	(N) نیتروکسین	محلول پاشی دی‌اکسید پتاسیم	
۱۰۸۶/۷ b-h	۵۰/۷۰ b-g	اوره (O)		
۸۶۷/۹ g-n	۴۴-۵۹ d-g	N+50% O		
۹۵۹ e-m	۵۹/۸۵ a-f	(N) نیتروکسین	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	
۱۰۶۹/۱ b-h	۴۵/۵۴ d-g	اوره (O)		
۱۰۰۶/۸ e-k	۵۳/۲۳ a-g	N+50% O		

حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری و ترکیبات مختلف از کودهای نیتروژن و پتاسیم بر برخی صفات اندازه‌گیری شده

فاکتورهای آزمایش	وزن خشک برگ (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر بوته (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)
مراحل قطع آبیاری					
آبیاری کامل (شاهد)	۱۴/۲۶ a	۲۲۶/۹۷ a	۴۷/۷۳ a	۲۷۵/۴۴ a	۶۲/۰۰ a
قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی (BBCH ۶۵)	۱۰/۶۴ b	۲۰۵/۵۳ b	۳۸/۷۱ b	۲۵۳/۶۷ b	۴۹/۳۶ b
قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (BBCH)	۱۲/۸۷ a	۲۳۰/۷۸ a	۵۰/۵۱ a	۲۸۳/۹۴ a	۶۲/۳۸ a
ترکیبات مختلف نیتروژن					
نیتروکسین	۱۰/۸۱ b	۲۰۰/۶۷ b	۴۱/۹۱ b	۲۴۶/۷۹ b	۵۲/۷۳ b
اوره	۱۳/۶۵ a	۲۴۵/۰۸ a	۵۲/۰۲ a	۳۰۶/۲۱ a	۶۵/۶۸ a
۵۰ درصد اوره و نیتروکسین	۱۳/۳۱ a	۱۹۷/۵۳ b	۴۳/۰۲ b	۲۴۵/۰۶ b	۵۶/۳۳ b
ترکیبات مختلف پتاسیم					
عدم کوددهی	-	۲۰۱/۶۷ b	۳۹/۳۶ b	۲۵۲/۳۷ b	۵۰/۷۵ b
محلول پاشی نانو کلات پتاسیم	-	۲۲۶/۴۱ ab	۴۹/۵۵ a	۲۷۷/۷۵ ab	۶۳/۰۷ a
محلول پاشی دی اکسید پتاسیم	-	۱۹۲/۸۱ b	۴۷/۱۴ a	۲۳۷/۸۹ b	۵۹/۰۶ a
کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	-	۲۳۶/۸۱ a	۴۶/۵۵ a	۲۹۶/۰۸ a	۶۰/۱۲ a

حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

وزن تر بوته (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	اثر رژیم‌های آبیاری × ترکیب‌های کود پتاسیم	
۲۲۵/۱۴ c	۱۷۶/۴۴ c	عدم مصرف (شاهد)	آبیاری کامل (شاهد)
۳۱۱/۳۰ ab	۲۵۳/۴۴ ab	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	
۲۲۲/۰۴ c	۱۷۶/۶۷ c	محلول‌پاشی دی‌اکسید پتاسیم	
۲۸۳/۳۰ abc	۲۲۱/۳۳ abc	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	
۲۲۵/۲۶ c	۱۸۰/۷۸ c	عدم مصرف (شاهد)	قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی (معادل BBCH ۶۵)
۲۴۵/۶۰ bc	۲۰۰/۰۰ bc	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	
۲۱۹/۳۲ c	۱۷۹/۷۸ c	محلول‌پاشی دی‌اکسید پتاسیم	
۳۲۴/۵۰ a	۲۶۱/۵۶ a	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	
۳۰۶/۷۱ ab	۲۴۷/۷۸ ab	عدم مصرف (شاهد)	قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (معادل BBCH ۷۵)
۲۷۶/۳۴ abc	۲۲۵/۷۸ abc	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	
۲۷۲/۳۰ abc	۲۲۲/۰۰ abc	محلول‌پاشی دی‌اکسید پتاسیم	
۲۸۰/۴۳ abc	۲۲۷/۵۶ abc	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	

حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود نیتروژن، پتاسیم و اثر متقابل آبیاری در نیتروژن، نیتروژن در پتاسیم و آبیاری در نیتروژن در پتاسیم بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند (جدول ۲). در مقایسه اثر متقابل سه‌گانه، بیشترین عملکرد دانه با ۱۳۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی، عدم محلول-پاشی پتاسیم و کاربرد کود زیستی نیتروکسین حاصل شد که افزایش ۳۶/۲۴ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد 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 (الیاسی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Farahbakhsh & Farahbakhsh, 2014). از طرف دیگر گیاه کنگد 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 یافت. در شرایط تنش شدید (قطع آبیاری در مرحله گلدهی)، کاهش عملکرد دانه در هر بوته به علت کاهش مواد غذایی می‌باشد، که این کاهش می‌تواند به علت نزول ارتفاع، رشد رویشی، سهم فتوسنتزی گیاه و در نهایت کم شدن سهم دانه در دریافت کربوهیدرات باشد (Farahbakhsh & Farahbakhsh, 2014). گزارشات متعددی وجود دارد که حاکی از آن است که زمان وقوع تنش کم‌آبی مهم‌تر از شدت تنش است و تنش شدید و نسبتاً کوتاه در طول دوره رشد رویشی ممکن است، اثری بر عملکرد دانه نداشته باشد (آئین، ۱۳۹۳). کود زیستی نیتروکسین حاوی دو نوع باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم می‌باشد که این باکتری‌ها به صورت هترتروف از بقایای آلی موجود در خاک استفاده می‌کنند (Ahmad et al., 2010). در همین جهت گزارش شده است که تلقیح بذور با باکتری‌های آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر باعث افزایش ۳۵ و ۲۱ درصدی عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید (Soleymanifar & Siadat, 2011).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر برخی صفات

اندازه‌گیری شده

وزن تر بوته (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	اثر رژیم‌های آبیاری × ترکیب‌های کود نیتروژن
۲۵۵/۴۴ bcd	۲۱۰/۰۰ bcd	نیتروکسین
۳۱۶/۸۹ ab	۲۴۶/۰۰ ab	آبیاری کامل (عدم تنش) اوره
۲۰۹/۰۰ d	۱۶۴/۹۲ d	نیتروکسین + اوره
۲۱۱/۲۴ cd	۱۷۲/۵۰ cd	نیتروکسین
۲۸۰/۱۸ ab	۲۲۴/۴۲ ab	اوره قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی (معادل BBCH ۶۵)
۲۶۹/۶۰ a-d	۲۱۹/۶۷ abc	نیتروکسین + اوره
۲۷۳/۶۹ abc	۲۱۹/۵۰ abc	نیتروکسین
۳۲۱/۵۵ a	۲۶۴/۸۳ a	اوره قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (معادل BBCH ۷۵)
۲۵۶/۵۹ bcd	۲۰۸/۰۰ bcd	نیتروکسین + اوره

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

نتیجه‌گیری

اهمیت باشد. کود زیستی نیتروکسین (حاوی

باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) با توان

تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه،

کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید

هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها باعث

مدیریت حاصلخیزی خاک با استفاده از

کودهای نانو پتاسیم و کود زیستی نیتروکسین

می‌تواند در پیشبرد هدف رسیدن به حداکثر

عملکرد و حاصلخیزی پایدار خاک بسیار دارای

میزان آهن و درصد روغن دانه کنگد رقم داراب-

۱۴. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳ (۱۸): ۶۹-۷۹.

بیاتی، ف.، ا. آینه‌بند، و ا. فاتح. ۱۳۹۳. بررسی

تأثیر مقادیر و زمان‌های کاربرد کود آهن نانو بر

عملکرد و اجزای عملکرد کلزا. پژوهش‌های زراعی

ایران. ۱۲(۴): ۸۱۲-۸۰۵.

رضوانی‌مقدم، پ.، م.ب. امیری، و س.م. سیدی.

۱۳۹۳. اثر مصرف کودهای آلی و زیستی بر

عملکرد، میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب

روغن کنگد. علوم زراعی ایران. ۱۶(۳): ۲۲۱-

۲۰۹.

سجادی‌نیک، ر.، و ع. یدوی. ۱۳۹۲. بررسی اثر

کود نیتروژن، ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر

شاخص‌های رشد، مراحل فنولوژیک و عملکرد

دانه کنگد. تولید گیاهان زراعی. ۶ (۲): ۹۹-۷۳.

شاکری، ا.، م. امینی‌دهقی، س. ع. طباطبایی، و

س. م. مدرس‌ثانوی. ۱۳۹۱. تأثیر کود شیمیایی

و بیولوژیک بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد

روغن و پروتئین ارقام کنگد. دانش کشاورزی و

تولید پایدار. ۲۲(۱): ۸۵-۷۲.

افزایش وزن بوته شده و تجمع ماده خشک را

افزایش می‌دهد که نتیجه آن به صورت افزایش

عملکرد نمایان می‌گردد. از طرف دیگر، کشت

کنجد بعد از گندم به عنوان کشت دوم نتایج

بسیار قابل قبولی در منطقه مورد آزمایش نشان

داد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که گیاه تحمل

بسیار خوبی به کم آبیاری (به صورت قطع آبیاری

در ۵۰ درصد دانه‌بندی معادل BBCH ۷۵)

داشته و عملکرد بسیار بالایی تولید نموده است.

منابع

اعلمی میلانی، م.، ر. امینی، و ع. بنده‌حق.

۱۳۹۳. اثرات کاربرد کودهای زیستی در ترکیب

با کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد

دانه لوبیا چیتی. دانش کشاورزی و تولید پایدار.

ویژه‌نامه: ۲۹-۱۵.

آئین، ا. ۱۳۹۲. اثر حذف آبیاری در مراحل مختلف

رشد بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی دو

ژنوتیپ کنگد. مجله به زراعی نهال و بذر. ۲-

۲۹(۱): ۶۷-۷۹.

بقری، م.، ح. شمسی‌محمودآبادی، و ا. مروتی.

۱۳۹۳. اثر نانو کلات آهن بر اجزای عملکرد،

- of several sesame seeds in Kerman conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 12(4): 776-783.
- Gulser, F.** 2005. Effect of ammonium sulphate and urea on NO₃ and NO₂ accumulation nutrient contents and yield criteria in spinach. Sci. Hortic. (Amsterdam). 106: 330-340.
- Jain, S., R. Yue-Lioang, L. E. Mei-wang, Y. Ting-Xian, Y. Xiao-Wen, and Z. Hong-Ving.** 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.
- Rajendran, K. and P. Devaraj.** 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farmland. Biomass & Bioenergy. 26: 235-249.
- Sarker, M.A.R., G.M.Y.A. Pramanik, M. Faruk, and M.Y. Ali.** 2004. Effect of green manures and levels of nitrogen on some growth attributes of transplant Aman rice. Pak. J. Biol. Sci. 7: 739-742.
- Sharma, A.K.** 2002. Bio-fertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India 407 p.
- Soleymanifard, A. and S.A. Siadat.** 2011. Effect of inoculation with bio-fertilizer in different nitrogen levels on yield and yields components of safflower under dry land conditions. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 11: 473-477.
- 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.
- Ahmed, A.G., S.A. Orabi, and M.S. Gaballah.** 2010. Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. Inter. J. Acad. Res. 2: 271-277.
- 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 indicum*) cultivars. Iranian Journal of Plant Physiology. 3(4):809-816.
- Banziger, M., B. Feil, and P. Stamp.** 1994. Competition between nitrogen accumulative and grain growth for carbohydrates during grain filling of wheat. Crop Sci. 34: 440-446.
- Eskandari, H., S. Zehtab Salmasi, and K. Ghasemi-Golozani.** 2010. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. Journal of Sustainable Agriculture Science. 2/20 (1): 39-51
- Farahbakhsh, S. and H. Farahbakhsh.** 2014. Study of the effects of low irrigation on yield and yield components

Effect of nano, chemical and biological fertilizers application and end of season drought stress on morphological traits and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.)

A. Mahdavi Khorami^{1*}, J. Masoud Sinaki¹, M. Amini Dehaghi², S. Rezvanbidokhti¹, A. Dashtban¹

1- Department of Agriculture, Damghan branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

2- Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

Abstract

In order to study of morphological traits and yield of sesame yield under effect of nano, chemical and biological fertilizers in irrigation withholding conditions, an experiment was conducted as a split plot factorial based on completely randomized blocks design with three replications at Shahed University during 2016-2017. The experiments factors included irrigation withholding levels (full irrigation (control) and irrigation withholding at 65 and 75 BBCH), different nitrogen combinations (Nitroxin, urea, and a mix of 50% Nitroxin plus urea), various combinations of potassium (Non using, nano-potassium foliar application (2 per thousand), irrigated use of potassium dioxide (2 L. ha⁻¹) and soil application of nano-potassium (2 kg. ha⁻¹). The effect of irrigation withholding was significant on leaf dry weight, stem fresh and dry weight and plant fresh and dry weight. Also, different nitrogen fertilizer treatments had significant effect on leaf fresh and dry weight, stem fresh and dry weight, plant fresh and dry weight and grain yield. The highest leaf fresh weight was achieved in full irrigation in the application of nano-potassium chelate (Soil application) with urea fertilizer by an average of 16.18 g per plant, which increased 50% compared to the control treatment. The highest plant fresh weight was obtained in irrigation withholding in 75 BBCH and urea fertilizer application with mean of 321.55 g/plant, which increased by 20.55% compared to control treatment. The highest grain yield was achieved in irrigation up to 50% of seed ripening in non application of potassium, with application of nitroxin fertilizer by an average of 1340.5 kg/ha, which increased 36.24% compared to control treatment. In general, application of nano potassium and nitroxin biological fertilizer were able to improve the plant growth conditions in irrigation withholding in 75 BBCH equal to 50% of seed ripping and had the highest grain yield, which is recommended for farmers in similar climatic conditions in southern Tehran.

Keywords: Irrigation withholding, Nano, Nitrogen, Nitroxin, Potassium, Sesame (*Sesamum indicum* L.)

* Corresponding author (mahdavi1379@gmail.com)