

بررسی ارتباط برخی صفات کمی و کیفی مؤثر بر عملکرد کنبند تحت تأثیر نیتروژن، پتاسیم و تنش خشکی

اکرم مهدوی خرمی^۱، جعفر مسعود سینکی^{۲*}، مجید امینی دهقی^۳، شهرام رضوان بیدختی^۲، علی دماوندی^۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۶

۱- دانشجوی دکتری رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

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

۳- دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران، ایران

* مسئول مکاتبه: Email: jmsinaki2020@gmail.com

چکیده

به منظور مطالعه ارتباط صفات کمی و کیفی مؤثر بر عملکرد دانه کنبند در تیمارهای تغذیه‌ای با کودهای شیمیایی، زیستی و نانو و تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل رژیم‌های آبیاری به صورت قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی براساس معیار BCH، آبیاری کامل و قطع آبیاری در BBCH ۷۵ و ۶۵، سه نوع کود نیتروژنه شامل نیتروکسین، اوره و ترکیب نیتروکسین با ۵۰ درصد اوره و چهار ترکیب کود پتاسیم به صورت عدم کوددهی به عنوان شاهد، 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. بیشترین عملکرد دانه در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در عدم محلول‌پاشی پتاسیم و استفاده کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۳۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که باعث افزایش حدود ۳۵ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد گردید. عملکرد دانه با صفات قطر ساقه، وزن خشک بوته، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و درصد و عملکرد روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بین صفات مورفولوژیک و عملکردی همبستگی قابل توجه و معنی‌دار وجود نداشت. نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که حداکثر اختلاف عملکرد دانه را می‌توان به تعداد کل کپسول، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، عملکرد روغن و درصد روغن نسبت داد که ۹۹/۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کردند. محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم در شرایط قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (معادل BBCH ۷۵) و استفاده از کود زیستی نیتروکسین بالاترین عملکرد دانه در شرایط کشت دوم بعد از گندم را داشت و قابل استفاده برای اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیونی، عملکرد، قطع آبیاری، کنبند، نانو کلات پتاسیم، نیتروکسین

Investigation of Relationship between Some Quantitative and Qualitative Characteristics Affecting Sesame Yield under Nitrogen, Potassium and Drought Stress

Akram Mahdavi Khorami¹, Jafar Masoud Sinaki^{*2}, Majid Amini Dehaghi³, Shahram Rezvanbidokhti², Ali Damavandi²

Received: August 12, 2017 Accepted: March 17, 2018

1- PhD Students of Agronomy, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran.

2*- Agronomy Faculty, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran.

3- Assoc. Prof., Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

Corresponding author Email: jmsinaki2020@gmail.com

Abstract

In order to study the relationship between quantitative and qualitative traits with sesame grain yield in nutrient treatments as chemical, biological and nano fertilizers and drought stress, an experiment was conducted as factorial split plot based on randomized complete block design with three repetitions. The experiment factors including irrigation regimes, irrigation withholding at different stages of development based on BBCH, full irrigation and irrigation up 65 and 75 BBCH, three nitrogen fertilizers as nitroxin, urea and combination with nitroxin and 50 % urea and four combinations of potassium fertilizer, as non-fertilized as control, spraying and soil application of potassium nano-chelate (2 ppt and 2 kg.ha⁻¹ respectively) and potassium dioxide (2 l.ha⁻¹). The highest grain yield was obtained in irrigation up to 50 % seed ripening in non-application of potassium and use of nitroxin with average of 1340.5 kg.ha⁻¹ that about 35 % increased the average of this trait compared to the control treatment. The grain yield was positively and significantly correlated with stem diameter, plant dry weight, number of capsules, number of seeds per capsule, 1000-seed weight and oil percentage and yield. There was no significant correlation between morphological and yield traits. The results of stepwise regression showed that the maximum grain yield difference can be attributed to the total number of capsules, 1000 seed weight, number of seeds per capsule, oil yield and oil percentage which explained 91.1 % of the grain yield changes. The application of potassium nano- chelate in irrigation withholding at 50 % seed ripening (equivalent to 75 BBCH) and using of nitroxin bio-fertilizer had the highest grain yield in second cultivation after wheat and is suitable for dry and semi-arid climates.

Keywords: Irrigation Withholding, Nitroxin, Potassium Nano-Chelate, Regression Analysis, Sesame, Yield

مقدمه

داشته و گیاهی متحمل به کم آبی و تنش خشکی است (افشاری و همکاران ۲۰۱۴). کنجد جزء قدیمی ترین گیاهان زراعی بومی هندوستان بوده و از زمان های قدیم در کشور ما به صورت زراعت اصلی در بهار و یا به صورت کشت دوم بعد از غلات مورد توجه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی یکساله، خودگشن که به دلیل محتوی بالای روغن (۵۲-۴۲ درصد) و کیفیت مناسب آن (میزان کلسترول و وجود برخی آنتی اکسیدان ها) نقش مهمی در سلامت انسان

عملکرد گیاهان زراعی است، که ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (ردی و همکاران ۲۰۰۴). تنش خشکی به روش‌های مختلف اعمال می‌شود که قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی یکی از آنهاست که در طبیعت نیز به صورت خشکی‌های آخر فصل اتفاق می‌افتد (باقری و همکاران ۲۰۱۳).^۱ BBCH مقیاسی است که به عنوان یک منبع برای گزارش‌دهی و آنالیز داده‌های رشته کشاورزی به کار می‌رود و مراحل فنولوژی گیاهان بر طبق کدهای BBCH در فصل خاص خود تعریف می‌شود (مایکل و همکاران ۲۰۰۷). در مطالعه باقری و همکاران (۲۰۱۳) اثر اعمال تیماری آبیاری بر اساس BBCH بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد معنی‌دار گزارش شد.

تیمارهای مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، زیست توده، عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص برداشت کنجد نشان دادند (رضوانی‌مقدم و همکاران ۲۰۰۵). در بررسی اسکندری و همکاران (۲۰۰۹) رژیم‌های مختلف آبیاری به طور معنی‌داری عملکرد دانه، میزان روغن و پروتئین دانه کنجد را تحت تأثیر قرار داد. منساح و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تنش خشکی منجر به کاهش صفات رویشی و عملکرد دانه در گیاه کنجد شد. براساس گزارش کاسب و همکاران (۲۰۰۵) عملکرد دانه کنجد در اثر تنش خشکی حدود ۲۸ درصد کاهش نشان داد. اعمال تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در مراحل خاصی از رشد، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، اندازه کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و وزن خشک کنجد داشت (جین و همکاران ۲۰۱۰). فاضلی و همکاران (۲۰۰۷) و حسین و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک گیاه، میزان سرعت رشد برگ، تعداد برگ و مساحت برگ در گیاه کنجد گردید. در بررسی باقری و

کشاورزان قرار گرفته است (بهاتی و همکاران ۲۰۰۵، مهدی‌پور و همکاران ۲۰۱۷).

استفاده از روش‌های آماری در کمی‌سازی اطلاعات کشاورزی، در انجام برنامه‌ریزی‌های هدفمند برای کاهش مشکلات کشاورزان کمک شایسته‌ای کرده است (امیری و همکاران ۲۰۱۶). از جمله این روش‌ها، که امروزه در تمامی علوم، کاربرد گسترده‌ای دارد، روش رگرسیون چند متغیره و همبستگی بین صفات می‌باشد که به بررسی و مدل‌سازی رابطه بین متغیرها می‌پردازد (امیری و همکاران ۲۰۱۶). در بررسی رابطه بین عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره، نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که، عملکرد بیولوژیک، تعداد کاپیتول و شاخه فرعی و تعداد دانه در کاپیتول اصلی-ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه بودند (امیدی تبریزی ۲۰۰۶). در تجزیه رگرسیونی گام به گام در گیاه گندم، تعداد دانه به عنوان اولین متغیر، که وارد مدل گردید، درصد بیشتری از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود (قربانی ماندولاکانی و همکاران ۲۰۱۰).

امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان، کشاورزی رایج توانایی پاسخگویی به تمام نیازهای غذایی بشر را نداشته و تخریب ساختمان خاک، اختلال در حیات موجودات زنده خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی، کاهش تولید در درازمدت و افزایش هزینه‌های تولید را به همراه دارد (کوچکی و همکاران ۲۰۱۷). از طرف دیگر بحران کمبود آب یکی از معضلات اساسی کشور به خصوص در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (امیری و همکاران ۲۰۱۶). یافتن راهکاری برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی رایج و افزایش راندمان مصرف آب در تولید محصولات کشاورزی ضروری خواهد بود (سینگ و همکاران ۲۰۱۱، امیری و همکاران ۲۰۱۶).

تنش خشکی از عمده‌ترین چالش‌ها برای تولید موفق محصولات زراعی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک بوده و مهم‌ترین عامل محدود کننده‌ی رشد و

¹ Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry

گزارش شده است (احمد ۲۰۰۸). کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره بالاترین میانگین صفات رویشی، عملکردی و میزان روغن دانه را نشان داد (احمد ۲۰۰۸). بیژنی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند افزایش مصرف کود نیتروژن به شکل اوره تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه را در گیاه کنجد به ترتیب ۵۰، ۱۲، ۱۵، ۴۵ و ۱۱ درصد افزایش داد. کود نیتروژن به شکل‌های مختلف از جمله شیمیایی، بیولوژیک و دامی به خاک یا گیاه و به روش‌های مختلف اضافه می‌گردد (مومنی و همکاران ۲۰۱۴). در این ارتباط، کاشانی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که رشد و عملکرد دانه و عملکرد روغن در ژنوتیپ‌های کنجد به طور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های مختلف استفاده از کود نیتروژن قرار گرفت.

از آنجایی که کشاورزان جهت کسب حداکثر عملکرد، بیش از حد مجاز از کودهای شیمیایی استفاده می‌نمایند که این عامل سبب بروز مشکلات زیست محیطی شده و صدمات جبران ناپذیری به اکوسیستم وارد می‌سازد (ملور و همکاران ۲۰۰۸). یکی از راهکارها جهت کاهش مشکلات ذکر شده، استفاده از کودهای زیستی است (چن ۲۰۰۶). کودهای زیستی دارای برخی ریزموجودات مفید هستند که با هدف‌های خاصی همچون تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفر، پتاسیم و آهن، تولید شده معمولاً در اطراف ریشه به جذب عناصر غذایی از طریق همکاری متقابل کمک می‌کند (اصل ۲۰۱۷). 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 غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس، طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور می‌گردد (راجندران و دوارج ۲۰۰۴). در پژوهشی اثر کود زیستی نیتروکسین

همکاران (۲۰۱۳) بالاترین درصد روغن (۴۸/۲۶ درصد) دانه کنجد در شرایط بدون تنش آبی به دست آمد. آئین (۲۰۱۳) گزارش کرد که حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد، باعث کاهش عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد. در همین پژوهش قطع آبیاری در مرحله قبل از گلدهی، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد داشت و کمترین عملکرد دانه در این تیمار مشاهده گردید. نادم و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد را معنی‌دار گزارش و بیان داشتند که بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۳/۳۳ سانتی‌متر)، تعداد شاخه در بوته (۱۶/۴۴)، تعداد کپسول در بوته (۴۱/۲۲)، تعداد بذر در کپسول (۵۴/۵۶)، وزن بذر در بوته (۳۳/۲۲ گرم)، عملکرد بیولوژیک (۲۳۲۱/۲۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۷۴۸/۷۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط چهار مرحله آبیاری بود.

کشت گیاهان متحمل به کم‌آبی و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه از نظر عناصر غذایی با استفاده از کودهای دارای آثار زیست تخریبی کمتری دارند، دو راهکار مهم برای بهبود شرایط زیست‌محیطی و جلوگیری از تشدید بحران کمبود آب می‌باشد (کردی و همکاران ۲۰۱۶). نیتروژن و پتاسیم از عناصر مهم بوده که در شکل‌های مختلف شیمیایی، آلی، زیستی و نانو به صورت کود به خاک اضافه می‌گردد (شاکری و همکاران ۲۰۱۲). نیتروژن برای سنتز اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، ریبوزوم‌ها، پروتئین‌ها، کلروفیل و غیره لازم می‌باشد (گل و همکاران ۲۰۱۵). گیاه کنجد واکنش مثبتی به کاربرد کود نیتروژن نشان داده که برای رشد و تولید ماده خشک ضروری است و علاوه بر این، به جذب سایر عناصر نظیر فسفر و پتاسیم نیز در این گیاه کمک می‌کند (کاشانی و همکاران ۲۰۱۶). در پژوهش‌های مختلف اثر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین صفات رویشی کنجد معنی‌دار

صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد کپسول، طول کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه گردید. با توجه به موقعیت ایران که از نظر اقلیمی در منطقه خشک و نیمه خشک قرار داشته و وجود بحران آب در این منطقه، استفاده از گیاهان سازگار به شرایط خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (صادقیان و همکاران ۲۰۱۵). کنگد به عنوان یک گیاه روغنی کم توقع و کم نهاده مطرح بوده و از لحاظ خصوصیات زراعی و اقتصادی در کشاورزی معیشتی اکثر مناطق ایران (حتی مناطق خشک و نیمه خشک) حائز اهمیت است (مهدی پور و همکاران ۲۰۱۷). با توجه به اهمیت مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم در شرایط تنش خشکی آخر فصل و نقش پررنگ استفاده از کودهای زیستی و نانو و استفاده از کنگد به عنوان کشت دوم بعد از غلات گندم و جو، این پژوهش جهت بررسی ارتباط صفات کمی و کیفی با عملکرد دانه کنگد و تغییرات این صفات تحت تأثیر کاربرد ترکیب‌های مختلف از کودهای نیتروژن (شیمیایی و زیستی) و پتاسیم (شیمیایی و نانو) در رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط کشت دوم در جنوب استان تهران انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت کشت دوم بعد از گندم اجرا گردید. پلات اصلی شامل مراحل مختلف قطع آبیاری بر اساس BBCH به عنوان فاکتور اصلی، آبیاری کامل به عنوان شاهد، BBCH ۶۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی) و BBCH ۷۵ (آبیاری تا ۵۰ درصد دانه بندی) در کرت‌های اصلی و پلات‌های فرعی شامل 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

بر ارتفاع بوته، تعداد کپسول، تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کنگد معنی‌دار گزارش شد (شاکری و همکاران ۲۰۱۲). در پژوهشی کاربرد کود نیتروکسین به صورت بذرمال به طور معنی‌داری ارتفاع ساقه، تعداد شاخه جانبی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، کپسول در بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد پروتئین کنگد را در مقایسه با تیمار عدم تلقیح افزایش داد (بیژنی و همکاران ۲۰۱۵). اصل و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که اثر کود زیستی بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد غلاف، تعداد دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و شاخص برداشت کنگد معنی‌دار بود. دربانی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی نیتروکسین در شرایط قطع آبیاری اثر افزایش بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه نشان داد.

پتاسیم نقش ویژه‌ای در حیات و بقای گیاهان تحت تنش محیطی با افزایش فعالیت آنزیمی و سایر فرآیندهای فیزیولوژیکی بازی می‌کند (رامسوارپ و همکاران ۲۰۱۷). در شرایط کمبود پتاسیم حساسیت به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (کاکمک ۲۰۰۲). یومار (۲۰۰۶) گزارش نموده 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 (اهدایی و همکاران ۱۹۹۷). نانوکودها یکی از انواع جدید کودهای در بازار می‌باشد 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 (اصغری و همکاران ۲۰۱۴). جادا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد معنی‌دار بود و باعث افزایش

فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌ها از هم ۴۵ سانتی‌متر بودند (باقری و همکاران ۲۰۱۳). آبیاری کرت‌ها به صورت جوی و پشته‌ای و تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A (با توجه به بررسی منابع موجود در ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق) صورت گرفت. بعد از اعمال تیمارهای محلول‌پاشی، زمانی که 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.

مصرف، محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم، کاربرد دی-اکسید پتاسیم همراه با آب آبیاری و مصرف خاکی نانو کلات پتاسیم) است. مقدار، منبع و روش استفاده در جدول ۱ ارایه شده است.

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

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 ^۱ ، ازتوباکتر آجیلیس ^۲ ، آزوسپیریلیوم برازیلنس ^۳ و آزوسپیریلیوم لیپوفر ^۴)	قبل از کاشت به صورت بذرمال ۰/۵ لیتر برای نه کیلوگرم بذر در شرایط تاریکی	کود بیولوژیک نیتروکسین
از منبع نانو کود خضراء دارای ۲۷ درصد کلات پتاسیم	به میزان ۲ در هزار در دو مرحله ابتدای گلدهی و ابتدای دانه‌بندی	محلول‌پاشی 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 ⁻¹)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن کل (mg.kg ⁻¹)	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 brasiliense*

⁴ *Azospirillum lipoferum*

نتایج و بحث

اثرات رژیم‌های مختلف قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی، ترکیبات مختلف کود نیتروژن و پتاسیم و اثر متقابل رژیم آبیاری در کود نیتروژن و اثر متقابل سه‌گانه رژیم آبیاری در کود نیتروژن در کود پتاسیم بر ارتفاع بوته معنی‌دار بودند (جدول ۳). کاربرد خاکی نانو کلات 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 گردید (جدول ۴). نکته قابل ذکر اینکه، ترکیب تیمارهای مختلفی در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه وجود داشت که با بالاترین میانگین به دست آمده، اختلاف معنی‌دار آماری نشان نداد. کمترین میانگین ارتفاع بوته در آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی (BBCH ۶۵) در عدم مصرف کود پتاسیم و مصرف ترکیب ۵۰ درصد اوره براساس آزمون خاک به همراه کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۳۹/۶۶ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۴). در ارزیابی تحمل به خشکی گیاه کنجد، افزایش شدید تنش خشکی (کم‌آبیاری)، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در واحد سطح را به طور معنی‌داری کاهش داد (اسکندری و همکاران ۲۰۱۰). در شرایط یکسان محیطی، فراهم آوردن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و در پی آن افزایش ارتفاع بوته شود (رضایی‌مودب و همکاران ۲۰۱۴). کاربرد نانو کلات پتاسیم و کود نیتروژن شیمیایی به صورت 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 می‌باشد، چرا که کاربرد این ترکیبات در مقادیر بهینه، رشد گیاه و همچنین مقدار عناصر غذایی پتاسیم و نیتروژن را در خاک بهبود می‌بخشد (اوودراگو و همکاران ۲۰۰۱، رضایی‌مودب و همکاران ۲۰۱۴).

به منظور اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد از قبیل 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)، وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته (بعد از قرار گرفتن ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون با استفاده از ترازو)، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه (با استفاده از ترازو)، تعداد سه بوته از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی با در نظر گرفتن حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب شد و صفات ذکر شده مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و میانگین آنها به عنوان عدد مورد نظر یادداشت گردید (آئین ۲۰۱۳؛ فرحبخش و فرحبخش ۲۰۱۴). اندازه‌گیری عملکرد دانه نیز از یک متر مربع در وسط کرت‌های آزمایشی صورت گرفت (افشاری و همکاران ۲۰۱۴). روغن کل دانه به روش پیشنهادی لیبوریتز و همکاران (۱۹۸۷) انجام شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین و روغن نیز درصد پروتئین و روغن در عملکرد دانه ضرب گردید. برای تجزیه و تحلیل‌های آماری ابتدا نرمال بودن داده‌های صفات مختلف توسط نرم‌افزار Minitab 16 مورد بررسی قرار گرفت، سپس تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین 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 ورژن ۹/۱ برآورد شد. برای هر یک از روش‌های آبیاری، عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و تجزیه رگرسیون گام به گام برای شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه کنجد با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (IBM SPSS Statistics 21) انجام شد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر صفات کمی و کیفی کنگد در رژیم‌های مختلف آبیاری

عملکرد روغن	درصد روغن	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه		وزن خشک		وزن خشک		تعداد		درجه آزادی	منابع تغییر	
				تعداد در کیسول	وزن ساقه	تعداد کیسول	وزن برگ	مساحت برگ	تعداد برگ	شماره جانبی	قطر ساقه			ارتفاع بوته
۲۲۱۱۱ ^{ns}	۳۵/۳۳ ^{ns}	۵۵۳۳۲/۸ ^o	۰/۳۳ ^o	۱۶/۶۹ ^{ns}	۴/۲۸ ^{ns}	۱۴۸/۹ ^{ns}	۷/۶۳ ^{ns}	۲۱۹/۹ ^{ns}	۲۶۶۸۷/۵ ^{ns}	۲۳۳/۰ ^{ns}	۱۴/۱۹ ^{ns}	۶/۴۰ ^{ns}	۲۳۵/۶ ^o	بلوک
۳۳۳۹/۸ ^{ns}	۲۳/۳۶ ^{ns}	۲۹۹۸۰/۹ ^{ns}	۰/۲۵ ^o	۶۶/۶۹ ^{ns}	۱۴/۴۳ ^{ns}	۱۳۶۹/۴ ^{ns}	۱۱۹/۹ ^{ns}	۲۱۴۸/۸ ^{ns}	۴۵۷۲۵۹/۳ ^{ns}	۲۷۰۳/۳ ^{ns}	۲/۵۸ ^{ns}	۲/۴۴ ^{ns}	۴۶۷/۰ ^{ns}	آبیاری (I)
۵۹۶/۷	۲۴/۷۲	۱۲۹۹۷/۶	۰/۱۶	۵۵/۹۳	۰/۳۳	۵۲/۸	۴/۴۹	۳۸/۰	۲۰۸۳۳/۳	۲۰۷/۹	۱/۶۱	۱/۷۳	۸۳/۷۳	خطای اصلی
۲۲۶۶۹/۹ ^{ns}	۷۶/۶۲ ^o	۴۴۹۸۱۷/۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۱۶/۸۶ ^{ns}	۱۵/۵۴ ^{ns}	۱۱۰۷/۵ ^{ns}	۸۶/۴۸ ^{ns}	۱۶۰۹/۳ ^{ns}	۶۸۲۵۹۷/۵ ^{ns}	۵۰۲۰/۷ ^{ns}	۹/۳۶ ^{ns}	۳۶/۰ ^{ns}	۶۳۹/۷ ^{ns}	نیتروژن (N)
۱۵۶۲/۱ ^{ns}	۶۰/۸۷ ^o	۲۸۵۳۵/۴ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۳۹/۶۵ ^{ns}	۱۱/۷۸ ^{ns}	۵۲۰/۶ ^{ns}	۲۷/۰ ^{ns}	۷۵۲/۵ ^{ns}	۲۵۵۶۱۷/۰ ^{ns}	۳۴۰۷/۶ ^{ns}	۶/۴۰ ^{ns}	۱۲/۷۷ ^o	۲۱۹/۳ ^o	پتاسیم (K)
۱۸۵۲۸/۵ ^{ns}	۱۲۹/۳ ^{ns}	۱۸۲۸۴۵/۲ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۲۵۵/۰۵ ^{ns}	۱۸/۸۶ ^{ns}	۱۶۸/۸ ^{ns}	۸/۴۶ ^{ns}	۲۱۱/۷ ^{ns}	۸۷۳۷۵/۷ ^{ns}	۱۹۵۶/۳ ^{ns}	۶/۰۶ ^{ns}	۱/۷۸ ^{ns}	۲۲۲/۵ ^o	I×N
۲۳۲۸۲/۵ ^{ns}	۱۵۴/۱۶ ^{ns}	۳۹۵۰۷/۳ ^o	۰/۱۲ ^{ns}	۹۷/۱ ^o	۹/۵۶ ^{ns}	۴۷/۶ ^{ns}	۱۱/۲۶ ^{ns}	۶۶/۷ ^{ns}	۵۱۱۱۲/۳ ^o	۷۲۱/۳ ^o	۲/۷۹ ^o	۲/۰۸ ^{ns}	۱۳۰/۱ ^{ns}	N×K
۱۲۲۴۴ ^{ns}	۱۱۱/۲۷ ^{ns}	۲۰۰۹۷/۷ ^{ns}	۰/۱۹ ^o	۹۳/۵۳ ^o	۱/۲۴ ^{ns}	۸۱/۵ ^{ns}	۴/۷۳ ^{ns}	۹۲/۴ ^{ns}	۶۶۲۱۲/۸ ^o	۱۳۴۱/۵ ^{ns}	۷/۵۷ ^{ns}	۸/۴۵ ^o	۹۸/۹ ^{ns}	I×K
۱۷۰۸۱ ^{ns}	۸۱/۰۳ ^{ns}	۸۶۹۱۴/۴ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۸۳/۰۹ ^o	۲۰/۰ ^{ns}	۴۹/۲ ^{ns}	۶/۱۵ ^{ns}	۷۴/۰ ^{ns}	۱۴۴۳۲/۵ ^{ns}	۵۹۵/۴ ^o	۳/۲۷ ^{ns}	۲/۸۲ ^{ns}	۲۳۵/۷ ^{ns}	I×N×K
۴۰۱۶/۳	۱۱/۰۶	۱۵۸۷۱/۲	۰/۰۶	۴۷/۰۳	۲/۵۱	۷۲/۲۵	۸/۵۴	۹۹/۱۴	۲۱۹۸۴/۴	۳۱۷/۰	۱/۱۵	۳/۳۶	۶۹/۳	خطا
۱۸/۰۰	۱۶/۰۶	۱۲/۸۸	۸/۵۸	۸/۸۲	۱۱/۷۶	۱۸/۶۱	۲۳/۲۱	۱۷/۰۹	۸/۴۸	۱۰/۵۶	۱۴/۱۹	۱۵/۲۸	۵/۱۳	ضریب تغییرات (%)

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و وزن خشک بوته را در گیاه مریم گلی به طور معنی‌داری افزایش داد.

بیشترین تعداد برگ در بوته در آبیاری کامل و محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم به همراه 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 گلدی در عدم استفاده از کود پتاسیم به همراه کاربرد ۵۰ درصد اوره به همراه کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۱۶ عدد به دست آمد (جدول ۴). بیشترین مساحت برگ در آبیاری کامل به همراه محلول‌پاشی با نانو کلات پتاسیم با میانگین ۱۹۴۶ سانتی‌متر مربع به دست آمد که باعث افزایش حدود ۱۹ درصدی میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد گردید. کمترین میانگین مساحت برگ نیز در قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدی و عدم استفاده از کود پتاسیم با میانگین ۱۴۸۱/۵ سانتی‌متر مربع بود (جدول ۶). تنش خشکی باعث کاهش تعداد و سطح برگ (به علت پیری و ریزش برگ-ها) می‌گردد (جعفری و همکاران ۲۰۱۴).

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 به دست آمد و کمترین میانگین این صفات قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدی 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 از کود پتاسیم باعث ایجاد بالاترین وزن خشک بوته و وزن خشک ساقه گردید (جدول ۵). افشاری و همکاران

بیشترین قطر ساقه در قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدی (BBCH ۶۵) در کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم با میانگین ۱۳/۸۸ میلی‌متر بود که باعث افزایش حدود ۲۰ درصدی میانگین قطر ساقه در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۶). لازم به ذکر است که تیمارهای آبیاری کامل در محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم و آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در کاربرد خاکی دی اکسید پتاسیم و کاربرد خاکی نانو کلات 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). قطر ساقه صفتی است که بیشترین رشد آن در مراحل اولیه تا ابتدای گلدی صورت می‌گیرد و به همین دلیل اکثر تیمارهای اعمالی به غیر از کود زیستی و کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم، فرصت لازم برای تأثیر بر روی این صفت را نداشته و به همین دلیل کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم نتیجه مطلوبی در قیاس با سایر ترکیبات پتاسیم داشت.

بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته در آبیاری تا ۵۰ درصد گلدی در کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم به همراه 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 گردید (جدول ۴). کودهای زیستی با تأمین عناصر پرمصرف و کم مصرف 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 به وسیله باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، موجب رشد و نمو بیشتر گیاه از جمله تعداد شاخه جانبی می‌شوند (فاطمه و همکاران ۲۰۰۸). پژوهشگران در پژوهش‌های خود در مورد گیاه کنگد، نتایج حاصل از این پژوهش را ارائه و تأیید نمودند (شاکری و همکاران ۲۰۱۲). یوسف و

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی کنگد در سطوح قطع آبیاری و ترکیب‌های مختلف کود نیتروژن و پتاسیم

مرحله 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.ha ⁻¹)	درصد روغن	عملکرد روغن (kg.ha ⁻¹)
آبیاری کامل (شاهد)	شاهد	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	۳۲/۵ h-n	۲۷۴/۸ hij
	شاهد	اوره (O)	۱۶۹/۶۶ a-d	۷/۶۶ d-g	۱۶۰/۰۰ f-n	۱۳/۱۴ d-i	۸۰ a-d	۱۱۰۷/۶ a-g	۳۲/۷ g-n	۳۷۳/۵ b-i
	محلول‌پاشی	N+50% O	۱۴۶/۶۶ gf	۷/۳۳ c-g	۱۳۰/۶۷ no	۱۱/۲ h-l	۶۱ g	۷۵۰/۵ lmn	۳۷ d-l	۲۷۹/۴ g-j
	نانو کلات	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	۳۷/۸ d-j	۳۶۲/۷ b-i
	پتاسیم	اوره (O)	۱۶۸/۶۶ a-d	۸/۶۶ a-d	۲۲۵/۳۳ a	۱۳/۰۲ d-i	۸۵ a	۹۵۲/۱ f-n	۳۸/۷ c-i	۳۶۵/۲ b-i
	دی‌اکسید	N+50% O	۱۵۴/۰۰ d-g	۸/۰۰ b-f	۱۷۶/۰۰ b-i	۸/۴۵ l	۷۲/۳ a_g	۷۲۴ mn	۴۱/۷ a-g	۳۰۴/۷ f-j
	پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۶۷/۶۶ a-d	۷/۶۶ d-g	۱۷۵/۶۷ c-j	۱۴/۹۸ c-f	۷۵/۶ a_e	۱۱۶۱ a-f	۴۰ b-h	۴۶۵/۸ abc
	کاربرد خاکی	اوره (O)	۱۶۴/۰۰ a-f	۵/۳۳ g	۱۸۱/۶۷ b-h	۱۴/۳ c-g	۷۳/۶۶a_g	۱۰۱۲/۸ c-j	۴۳/۵ a-e	۴۳۵ a-e
	پتاسیم	N+50% O	۱۵۷/۰۰ c-g	۷/۰۰ c-g	۱۶۸/۰۰ d-l	۱۰/۲ i-l	۷۲a_f	۷۷۶/۳ j-n	۳۳/۵ h-n	۲۵۸/۶ ij
	کاربرد خاکی	نیتروکسین (N)	۱۵۹/۶۶ b-f	۵/۶۶ fg	۱۳۵/۳۶ mno	۱۳/۵۴ d-h	۷۹/۶۶a_d	۱۰۴۶/۴ c-i	۳۲/۱ h-n	۳۳۹/۰ c-j
نانو کلات	اوره (O)	۱۶۶/۶۶ a-e	۹/۳۳ abc	۱۹۳/۳۳ a-e	۱۶/۸۵ abc	۷۱/۶۶b-g	۱۲۲۹/۲ a-d	۳۰/۹ i-n	۳۸۹/۴ b-h	
پتاسیم	N+50% O	۱۴۸/۶۶ efg	۸/۶۶ a-d	۱۶۶/۳۳ e-m	۹/۹۳ jkl	۷۰/۶ b-g	۷۶۶/۷ k-n	۳۶ e-m	۲۷۷/۷ hij	
قطع آبیاری در ۶۵ BBCH	شاهد	نیتروکسین (N)	۱۵۴/۳۳ d-g	۷/۰۰ efg	۱۴۶/۰۰ j-o	۱۳/۳ i-h	۶۸/۶۶ c-g	۹۲۷ f-n	۳۷/۴ d-k	۳۴۸/۲ c-j
	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	۲۸/۶ mn	۳۲۷/۶ d-j
	محلول‌پاشی	N+50% O	۱۳۹/۶۶ g	۷/۶۶ d-g	۱۱۶/۰۰ o	۱۲/۸۸ e-j	۷۸/۶۶ a-e	۱۰۵۶ c-h	۲۹/۶ k-n	۳۱۰/۹ e-j
	نانو کلات	نیتروکسین (N)	۱۶۷/۰۰ a-e	۷/۰۰ efg	۱۶۷/۰۰ e-m	۱۱/۰۹ h-l	۷۰ b-g	۸۰۲/۸ i-n	۳۷/۱ e-m	۲۸۹/۷ g-j
	پتاسیم	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	۳۴/۲ f-m	۳۰۱/۱ f-j
	دی‌اکسید	N+50% O	۱۵۴/۶۶ d-g	۸/۰۰ b-f	۱۶۵/۳۳ f-m	۱۷/۰۶ abc	۷۲/۶۶ a-g	۱۱۳۸/۲ a-f	۴۷/۹ a	۵۵۰/۴ a
	پتاسیم	نیتروکسین (N)	۱۵۶/۶۶ c-g	۷/۰۰ c-g	۱۷۴/۰۰ d-k	۱۲/۱۴ f-k	۶۷/۳۳ d-g	۸۴۸/۹ h-n	۳۹/۶ b-h	۳۳۵/۸ d-j
	کاربرد خاکی	اوره (O)	۱۶۲/۶۶ a-f	۷/۶۶ d-g	۱۵۰/۳۳ ln	۱۶/۹۲ abc	۷۱/۳۳ b-g	۱۲۰/۶۹ a-e	۲۶/۱ n	۳۲۲ d-j
	پتاسیم	N+50% O	۱۶۶/۶۶ a-e	۸/۳۳ b-e	۱۵۵/۰۰ l-n	۱۲/۹۷ d-j	۷۲ b-g	۹۹۳/۵ d-l	۲۹/۷ k-n	۲۹۱ g-j
	کاربرد خاکی	نیتروکسین (N)	۱۶۶/۰۰ a-e	۸/۰۰ b-f	۱۷۵/۳۳ c-k	۱۰/۵ h-l	۶۲ fg	۷۳۲/۸ mn	۴۷/۴ ab	۳۴۸/۹ c-j
نانو کلات	اوره (O)	۱۵۴/۳۳ d-g	۹/۳۳ abc	۱۹۱/۶۷ b-e	۱۷/۲۴ abc	۷۴ a-g	۱۲۴۲/۵ abc	۳۴/۴ f-m	۴۲۸/۶ b-f	
پتاسیم	N+50% O	۱۵۹/۰۰ b-g	۱۱/۳۳ a	۱۷۹/۶۷ b-i	۱۵/۹۴ bcd	۶۹ c-g	۱۰۳۷/۴ c-i	۳۲/۶ j-n	۳۴۰/۱ c-j	
قطع آبیاری در ۷۵ BBCH	شاهد	نیتروکسین (N)	۱۷۴/۶۶ abc	۷/۶۶ b-g	۱۷۰/۰۰ d-l	۱۸/۲۸ ab	۷۹ a-d	۱۳۴۰/۵ a	۳۵/۹ e-m	۴۷۹/۶ ab
	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	۴۴/۲ a-d	۴۵۰ a-d
	محلول‌پاشی	N+50% O	۱۶۱/۳۳ b-f	۷/۶۶ d-g	۱۵۶/۶۷ g-n	۱۰/۵۸ h-l	۶۵/۶۶ efg	۷۰/۶۸ n	۴۰ b-h	۲۸۰/۳ g-j
	نانو کلات	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	۲۹ lmn	۲۲۲ j
	پتاسیم	اوره (O)	۱۷۵/۳۳ ab	۸/۶۶ a-d	۲۰۶/۳۳ abc	۱۹/۲۶ a	۷۴/۶۶ a-e	۱۳۰/۸ ab	۳۴/۲ f-m	۴۴۶/۳ a-d
	دی‌اکسید	N+50% O	۱۵۸/۰۰ b-g	۷/۶۶ b-g	۱۷۰/۶۷ d-l	۱۱/۶ g-k	۷۵ a-f	۸۸۰/۲ g-n	۴۶/۴ abc	۴۰۹ b-g
	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	۳۳ h-n	۲۸۲/۶ g-j
	کاربرد خاکی	اوره (O)	۱۶۸/۳۳ a-d	۹/۳۳ abc	۱۸۵/۰۰ b-g	۱۶/۹۶ abc	۷۵ a-f	۱۰۸۶/۷ b-h	۲۹/۹ j-n	۳۳۱/۴ d-j
	پتاسیم	N+50% O	۱۶۸/۰۰ a-d	۷/۶۶ d-g	۱۴۳/۳۳ l-o	۱۲/۷۸ e-j	۸۱/۶۶ abc	۸۶۷/۹ g-n	۴۳/۳ a-e	۳۷۸/۷ b-g
	کاربرد خاکی	نیتروکسین (N)	۱۷۴/۶۶ abc	۸/۰۰ b-f	۲۰۷/۳۳ ab	۱۲/۱۷ f-k	۶۹ c-g	۹۵۹ e-m	۴۱/۹ a-f	۴۰۴/۲ b-h
نانو کلات	اوره (O)	۱۸۱/۳۳ a	۷/۳۳ d-g	۱۷۳/۳۳ d-l	۱۴/۹۲ c-f	۷۴/۶۶ a-f	۱۰۶۹/۱ b-h	۳۶ e-m	۳۸۳/۵ b-i	
پتاسیم	N+50% 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	۲۸/۳ mn	۲۸۳/۶ g-j	

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

افزایش حدود ۴۰ درصدی در میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول 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 معنی‌دار گزارش شده است (شاکری و همکاران ۲۰۱۲).

(۲۰۱۴) گزارش کردند که وزن خشک گیاه تحت تأثیر تنش شدید کم‌آبی کاهش معنی‌دار نشان داد که نتایج حاصل از پژوهش حاضر را تأیید می‌نماید. همچنین این پژوهشگران گزارش کردند که ارقام مختلف کنگد تحمل نسبی خوبی در مقابل با شرایط کم‌آبیاری دارند و قطع آبیاری در مراحل پایانی رشد کاهش معنی‌دار در رشد و عملکرد گیاه نخواهد داشت.

بیشترین تعداد کپسول در بوته در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم در اوره با میانگین ۱۹/۲۶ عدد در بوته بود که باعث

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیک در سطوح قطع آبیاری و ترکیبات مختلف کودهای نیتروژن و پتاسیم

فاکتورهای آزمایش	وزن خشک تک بوته (g)	وزن خشک برگ (g)	وزن خشک ساقه (g)
مراحل قطع آبیاری			
آبیاری کامل (شاهد)	۶۲/۰۰ a	۱۴/۲۶ a	۴۷/۷۳ a
قطع آب در ۵۰ درصد گلدهی (BBCH ۶۵)	۴۹/۳۶ b	۱۰/۶۴ b	۳۸/۷۱ b
قطع آب در ۵۰ درصد دانه‌بندی (BBCH ۷۵)	۶۲/۳۸ a	۱۲/۸۷ a	۵۰/۵۱ a
ترکیبات مختلف نیتروژن			
نیتروکسین	۵۲/۷۳ b	۱۰/۸۱ b	۴۱/۹۱ b
اوره	۶۵/۶۸ a	۱۳/۶۵ a	۵۲/۰۲ a
۵۰ درصد اوره و نیتروکسین	۵۶/۳۳ b	۱۳/۳۱ a	۴۳/۰۲ b
ترکیبات مختلف پتاسیم			
عدم کوددهی	۵۰/۷۵ b	-	۳۹/۳۶ b
محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم	۶۳/۰۷ a	-	۴۹/۵۵ a
دی اکسید پتاسیم	۵۹/۰۶ a	-	۴۷/۱۴ a
کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم	۶۰/۱۲ a	-	۴۶/۵۵ a

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

کپسول در بوته کنگد 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 بذر با ریز موجودات کودهای زیستی زمانی تأثیرگذار است که علاوه بر شناسایی نژاد مؤثری از این موجودات،

در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه بیشترین میانگین این صفت در آبیاری کامل در محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم به همراه اوره با میانگین ۸۵ عدد بود که باعث افزایش حدود ۱۱ درصدی میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۴). کود زیستی نیتروکسین بر تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول تأثیر مثبتی داشت که در این رابطه سجادی نیک و همکاران (۲۰۱۲) ضمن مشاهده افزایش معنی‌دار تعداد

و زراعی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. 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 (کومار و همکاران ۱۹۹۶؛ افشاری و همکاران ۲۰۱۴). تنش خشکی آخر فصل میانگین وزن هزار دانه را در طی دو سال آزمایش به ترتیب ۴۶/۵ و ۳۸/۵ درصد در گندم کاهش داد (افیونی و همکاران ۲۰۱۵). در مطالعات دیگری، میزان کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل بسته به رقم، شرایط آب و هوایی، شدت تنش و شرایط تغذیه گیاه متفاوت بود (دستفال و همکاران ۲۰۱۱، احمدی‌لاهیجانی و امام ۲۰۱۳). وزن هزار دانه مستقیماً تحت تأثیر جریان بعد از گرده افشانی است. این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه-ها، برگ‌ها و یا کپسول‌ها تأمین شوند (احمدی و برهانی ۲۰۰۹). افزایش میزان مواد غذایی قابل دسترس به وسیله کاربرد کودهای شیمیایی و کودهای زیستی توانسته است تا حد زیادی به افزایش وزن هزار دانه منجر شود (شاکری و همکاران ۲۰۱۲).

شرایط محیطی و بستر خاک نیز مناسب باشد (رضوانی‌مقدم و همکاران ۲۰۱۴). گزارش شد که تنش خشکی در مرحله بذردهی باعث افزایش هفت درصدی تعداد دانه در کپسول گردید (فرحبخش و فرحبخش ۲۰۱۴). 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 به دلیل 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 (بهداد و همکاران ۲۰۰۹).

اثر 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 به جز آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در کاربرد آبی دی اکسید 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 تحت تأثیر ژنتیک گیاه بوده ولی توسط عوامل محیطی

جدول ۶- مقایسه میانگین برخی صفات کنگد در رژیم‌های آبیاری و ترکیبات مختلف کود پتاسیم

وزن هزار دانه (g)	مساحت برگ (cm ²)	قطر ساقه (mm)	اثر رژیم‌های آبیاری × ترکیب‌های کود پتاسیم
۲/۸۴ ab	۱۵۷۳/۶ fg	۱۱/۵۴ bcd	آبیاری کامل (شاهد) / عدم مصرف (شاهد)
۲/۸۵ ab	۱۹۴۶/۰ a	۱۳/۰۰ ab	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم
۲/۹۶ ab	۱۹۱۶/۲ ab	۱۱/۴۶ bcd	دی اکسید پتاسیم
۳/۰۴ ab	۱۸۶۶/۰ a-d	۱۲/۰۷ bcd	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم
۲/۹۷ ab	۱۴۸۱/۵ g	۱۱/۵۸ bcd	عدم مصرف (شاهد) / قطع آبیاری در ۵۰ درصد
۲/۹۵ ab	۱۷۰۹/۵ c-e	۱۱/۰۴ cd	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم / گلدھی (معادل BBCH)
۳/۰۸ a	۱۶۱۱/۳ efg	۱۰/۳۶ d	دی اکسید پتاسیم / (۶۵)
۲/۹۸ ab	۱۶۷۳/۶ d-g	۱۴/۸۸ a	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم
۲/۸۷ ab	۱۷۸۴/۴ a-e	۱۲/۰۸ bcd	عدم مصرف (شاهد) / قطع آبیاری در ۵۰ درصد
۲/۹۴ ab	۱۸۷۳/۶ abc	۱۱/۴۰ bcd	محلول‌پاشی نانو کلات پتاسیم / دانه‌بندی (معادل BBCH)
۲/۵۳ b	۱۸۱۷/۸ a-d	۱۲/۴۵ abc	دی اکسید پتاسیم / (۷۵)
۲/۹۸ ab	۱۷۲۶/۴ b-f	۱۳/۰۲ ab	کاربرد خاکی نانو کلات پتاسیم

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

تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی از طریق حفظ فشار آماس و کاهش تعرق بسیار مؤثر خواهد بود (اندرسون و همکاران ۱۹۹۲). فراهمی نیتراست 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 دارند که در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا می‌کنند (نجات‌زاده ۲۰۱۵). کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارایی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز نقش بسزایی ایفاء می‌نمایند که افزایش رشد و گلدهی و در نتیجه آن عملکرد را به دنبال خواهد داشت (هان و لی ۲۰۰۶).

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 به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب باعث افزایش ۳۲/۲۳ و ۵۰/۰۷ درصدی شد. کمترین درصد روغن در شرایط آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی در کاربرد اوره و کاربرد دی‌اکسید پتاسیم بود (جدول ۴). کومار و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کود زیستی به همراه نیمی از کود شیمیایی، عملکرد روغن دانه کنگد را از ۲۱۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد، به ۴۹۶ کیلوگرم در هکتار افزایش داد که مطابق با نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد. محققین با مشاهده افزایش معنی‌دار 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 (مهرابی و احسان‌زاده ۲۰۱۱).

همبستگی صفات

در جدول (۷) ضرایب همبستگی ساده صفات ارائه شده است. ارتفاع بوته با صفات قطر ساقه، تعداد برگ،

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 کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۱۳۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که باعث افزایش حدود ۳۵ درصدی در میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۴). لازم به ذکر است که ترکیب تیمارهای مختلفی در سطوح آبیاری کامل و آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی و دانه‌بندی عملکرد دانه بالاتری و هم گروه از لحاظ آماری با بالاترین میانگین وجود داشت. کمترین عملکرد در آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی در عدم کاربرد کود پتاسیم در استفاده از کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۹۲۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. 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 می‌گردد، بنابراین علاوه بر کاهش فتوسنتز، منجر به نقصان عملکرد دانه نیز می‌شود که این امر بسته به میزان تنش وارده به گیاه است (هاریس و تیلور ۲۰۱۳). 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 (فرحبخش و فرحبخش ۲۰۱۴). تیمارهای مصرف پتاسیم نیز احتمالاً به دلیل نقش عموم که پتاسیم در برقراری تعادل بار الکتریکی در بافت‌های گیاهی و نیز حفظ آماس سلول دارد، باعث بهبود رشد گیاه می‌شود (لارکی و همکاران ۲۰۱۵). در واقع می‌توان گفت که با مصرف پتاسیم، عملکرد دانه از طریق افزایش طول دوره پر شدن دانه بهبود می‌یابد (ریشی و همکاران ۲۰۰۷). پتاسیم علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول باعث مقاومت گیاهان به تنش کم‌آبی می‌شود (ولدآبادی و علی‌آبادی فراهانی ۲۰۱۰). گزارش شده است مصرف کود پتاسیم در

کل کپسول، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، عملکرد روغن و درصد روغن به ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند. مدل پیشنهادی در سطح یک درصد معنی‌دار و دارای $R^2=0/991$ بود که نشان می‌دهد ۹۱/۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را صفات مذکور قابل توجیه است. 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 مورفولوژیکی مورد اندازه‌گیری شده 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. با توجه به اینکه عملکرد روغن از ضرب درصد روغن در عملکرد دانه حاصل می‌گردد، این رابطه در مورد عملکرد روغن و عملکرد دانه قابل پیش‌بینی بود. معادله رگرسیونی به دست آمده به صورت $Y=58.82+184.72 X_1-517.54 X_2-1106.48 X_3-1077.9 X_4-380.02 X_5$ بود. همکاران و ابراهیمی (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که وزن غلاف گیاه لوبیا 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 (امیری و همکاران ۲۰۰۹). در تجزیه رگرسیونی گام به گام در مورد گیاه کنجد گزارش شد که چهار صفت تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، تعداد شاخه جانبی و تعداد دانه در کپسول به ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند (احمدی و همکاران ۲۰۱۲).

وزن خشک بوته، وزن خشک ساقه و تعداد کپسول همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، ولی این همبستگی از میانگین بالایی برخوردار نبود و دارای ضریب بسیار پایینی در تمامی صفات بود. تعداد برگ نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، مساحت برگ، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه و درصد و عملکرد روغن داشت. عملکرد دانه با صفات قطر ساقه، وزن خشک بوته، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و درصد و عملکرد روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۷). نتایج همبستگی ساده پیرسون حاکی از این امر بود که بین صفات مورفولوژیکی همبستگی ضعیفی وجود داشت و عملاً بین صفات مورفولوژیک و عملکردی همبستگی قابل توجهی و معنی‌دار آماری وجود نداشت ولی در مورد صفات کیفی همبستگی مثبتی نشان داد. در مطالعه برخی از محققین نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و اجزای آن گزارش شده است (گوئرتین و بیلی ۱۹۸۵؛ قربانی ماندولاکانی و همکاران ۲۰۱۰) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. همبستگی عملکرد دانه با تعداد کپسول (**۰/۸۵) بیش از همبستگی با تعداد دانه در کپسول (**۰/۴۸)، وزن هزار دانه (**۰/۴۴) و عملکرد روغن (**۰/۷۰) بود. این بدان معناست که با افزایش عملکرد دانه تعداد کپسول در بوته بیش از تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه افزایش نشان داد. احمدی و بحرانی (۲۰۰۹) و شاکری و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که در کنجد تعداد کپسول در بوته جز مؤثر عملکرد است و همبستگی مثبت بسیار معنی‌داری با سایر اجزای عملکرد دارد که نتایج حاصل از پژوهش حاضر را تأیید می‌نماید.

تجزیه رگرسیون گام به گام

برای حذف اثر صفات غیر مؤثر یا کم تأثیر در مدل رگرسیونی بر روی عملکرد دانه از رگرسیون گام به گام استفاده شد. نتایج رگرسیون گام به گام در جداول (۸ و ۹) ارائه شده است. براساس این نتایج مدل رگرسیونی ارائه شده معنی‌دار بود و پنج صفت تعداد

جدول ۷- همبستگی ساده بین صفات کمی و کیفی در گیاه کنجد تحت تأثیر کودهای نیتروژن و پتاسیم در شرایط قطع آبیاری

۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
													۱	۱
												۱	۰/۳۳**	۲
												۰/۴۲**	۰/۰۳	۳
										۱	۰/۴۱**	۰/۴۷**	۰/۲۲**	۴
									۱	۰/۴۹**	۰/۳۸**	۰/۲۳*	۰/۰۴	۵
								۱	۰/۵۵**	۰/۵۶**	۰/۳۱**	۰/۴۲**	۰/۳۸**	۶
							۱	۰/۷۰**	۰/۵۲**	۰/۴۲**	۰/۲۸**	۰/۳۶**	۰/۱۳	۷
						۱	۰/۵۳**	۰/۹۷**	۰/۵۰**	۰/۵۴**	۰/۲۹**	۰/۴۲**	۰/۲۹**	۸
					۱	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۰*	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۳۸**	۰/۲۴**	۹
				۱	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۹*	-۰/۰۳	-۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۳	۱۰
			۱	۰/۰۶	۰/۰۸	-۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۰۴	-۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۰۸	-۰/۰۲	۱۱
		۱	۰/۴۴**	۰/۴۸**	۰/۸۵**	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۹*	۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۲۷**	۰/۱۸	۱۲
	۱	-۰/۱۶*	۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۲۳*	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۲۴**	۰/۱۰	۰/۰۷	-۰/۰۸	۱۳
۱	۰/۵۷**	۰/۷۰**	۰/۴۲**	۰/۳۸**	۰/۵۱**	۰/۱۸*	۰/۱۷	۰/۲۰*	۰/۲۱*	۰/۲۷**	۰/۲۱*	۰/۲۷**	۰/۰۸	۱۴

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

۱- ارتفاع بوته، ۲- قطر ساقه، ۳- تعداد شاخه جانبی، ۴- تعداد برگ، ۵- مساحت 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، ۱۳- درصد روغن، ۱۴- عملکرد روغن

جدول ۸- تجزیه ANOVA مدل رگرسیونی عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات کمی و

کیفی به عنوان متغیر مستقل

Sig.	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	صفات وارد شده به مدل
۰/۰۰۰	۲۸۲/۵	۳۱۹۰۵۱۹/۷	۱	رگرسیون
		۱۱۲۹۱/۰	۱۰۶	باقی مانده
۰/۰۰۰	۳۴۷/۹	۱۹۰۶۰۷۴/۴	۲	رگرسیون
		۵۴۷۸/۲	۱۰۵	باقی مانده
۰/۰۰۰	۲۸۱۰/۰	۱۴۴۴۶۳۳/۷	۳	رگرسیون
		۵۱۴/۰	۱۰۴	باقی مانده
۰/۰۰۰	۲۱۷۶/۷	۱۰۸۴۰۱۸/۱	۴	رگرسیون
		۴۹۸۷/۰	۱۰۳	باقی مانده
۰/۰۰۰	۲۴۰۷/۶	۸۷۰۱۰۰/۹	۵	رگرسیون
		۳۶۱/۳	۱۰۲	باقی مانده
			۱۰۷	کل

جدول ۹- رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات کمی و کیفی به عنوان متغیر مستقل

صفت اضافه شده به مدل	۱	۲	۳	۴	۵
عدد ثابت	۱۸۴/۷۲	-۵۱۷/۵۴	-۱۱۰/۶/۴۸	-۱۰۷۷/۹	-۳۸۰/۰۲
تعداد کل کپسول	۵۸/۸۲	۵۶/۵۵	۵۳/۰۵	۵۲/۰۹	۳۵/۵۸
وزن هزار دانه		۲۵۰/۶۹	۲۳۹/۷۱	۲۳۲/۰۹	۱۵۲/۴۹
تعداد دانه در کپسول			۹/۰۹	۸/۸۵	۵/۷۶
عملکرد روغن				۰/۰۷۰	۰/۹۳۰
درصد روغن					-۸/۷۸
ضریب تبیین* (R^2)	۰/۷۲۵	۰/۸۶۶	۰/۹۸۷	۰/۹۸۸	۰/۹۹۱

* Adjusted R square

نتیجه‌گیری کلی

یکی از روش‌های افزایش تولیدات کشاورزی در برنامه‌های مدیریت گیاهان زراعی، بهبود کارایی مصرف کودها می‌باشد که برای رسیدن به این هدف بایستی به مقادیر مطلوب کاربرد کود بر ای هر گیاه زراعی، براساس نیازهای غذایی گیاه در طی فصل رشد و محتوی عناصر غذایی موجود در خاک و از طرف دیگر به نوع کود به کار گرفته شده برای جبران این کمبود و جلوگیری از ایجاد هر نوع خسارت زیست‌محیطی، توجه گردد. نتایج به دست آمده نشان داد کود نیتروژن موجب افزایش در میانگین صفات مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته، قطر ساقه، مساحت و تعداد برگ و صفات عملکردی از قبیل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه گردید و این افزایش‌ها، منجر به افزایش عملکرد دانه شد و از طرف دیگر بهبود صفات کیفی (درصد و عملکرد روغن) را باعث گردید. کاربرد کود زیستی نیتروکسین می‌تواند تا حد زیادی (۵۰ درصد) جایگزین کود شیمیایی

منابع مورد استفاده

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. (In Persian).

نیتروژن گردد. از بین ترکیبات پتاسیم نیز، استفاده از نانو کلات پتاسیم به صورت محلول‌پاشی در ابتدای گلدهی و به صورت خاکی در ابتدای کشت توانست صفات مورفولوژیکی، عملکردی و کیفی را بهبود بخشد. نتایج همبستگی صفات در مورد ارتباط صفات مورفولوژیکی با عملکردی دارای ضرایب بسیار پایینی بود که نتایج به دست آمده از تجزیه رگرسیون را تأیید نمود. به طور کلی کشت کنجد در اقلیم‌های گرم و خشک (شبه جنوب تهران) به صورت کشت دوم بعد از کشت غلات نتیجه مطلوبی داشت و عملکرد قابل قبولی نیز به دست 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 می‌گردد این پژوهش بر روی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد در سایر تنش‌های محیطی دیگر اجرا گردد.

- Afiuni D, Allahdadi I, Akbari GhA and Najafian G, 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. (In Persian).
- Afshari F, Golkar P and Mohammadinejad GH, 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. (In Persian).
- Ahmad M, 2008. Response of two sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars to nitrogen and phosphorous fertilization under rain fed conditions. PhD. Thesis of University of Khartoum.
- Ahmadi J, Seyfi MM and Amini M, 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. (In Persian).
- Ahmadi Lahijani M and Emam Y, 2013. Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. *Journal of Crop Production and Processing*, 3 (9), 163-176. (In Persian).
- Ahmadi M and Bohrani MJ. 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. (In Persian).
- Amiri MB, Rezvani Moghaddam P and Jahan M, 2016. Study the morphological characteristics affecting yield of *Echium amoenum* under different organic and chemical fertilizers and plant densities. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(1):55-69. (In Persian).
- Amiri S, Noormohamadi S, Jafari AA and Chugan R, 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.
- Andersen MN, Jansen CR and Losch R, 1992. The interaction effects of potassium and drought in field-grown barley. I. Yield, water -use efficiency, and growth. *Soil Plant Science*. 42: 34-44.
- Asghari S, Moradi H, and Afshari K, 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.
- Asl AN, 2017. Effects of nitrogen and phosphate bioferti-lizers on morphological and agronomic characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Open Journal of Ecology*, 7:101-111.
- 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 sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3(4):809-816.
- Behdad M, Paknezhad F, Vazan S, Ardakani MR and Nasri M, 2009. Effect of drought stress on yield and yield components of wheat in different growth stage. *Journal of Environmental stress in Plant Science*, 1(2):143-157. (In Persian).
- Bhatti L, Ahmad HR and Shafi-Nazir M, 2005. Agronomic traits of sesame as affected by grain legumes intercropping and planting patterns. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 42(1): 10-20.
- Bijani M, Yadollahi P, Asgharpour MR, Soleimani S and Latifi M, 2015. Effects of nitrogen and biological fertilizer on yield, oil and protein content of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Oil Plant Production*, 1(2):67-78. (In Persian).
- Cakmak I, 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil*, 247: 3-24.
- Chen J, 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or bio fertilizer for crop growth and soil fertility. *International Workshop on Sustained Management of the soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use*. October. 16 -20, Thailand 11.Pp.
- Darbani M, Masoud Sinaki J, Dashtban A and Pazoki A, 2017. Effects of Nitroxin fertilizer on physiological characters Forage Millet under irrigation cessation. *Journal of Chemical Health Risks*, 7:1-5.

- Dastfal M, Barati V, Emam Y, Haghghatnia H and Ramazanpour M, 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. (In Persian).
- Ebrahimi M, Golbashy M, Bihamta MR, Hoseinzade A and Khialparast F, 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. (In Persian).
- Eihadi H, Ismail KM and Akahawy MA, 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.
- Eskandari H, Zehtab Salmasi S and Ghasemi Golezami K, 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. (In Persian).
- Eskandari H, Zehtab-Salmasi S, Ghassemi-Golezani K and Hussein Gharineh M, 2009. Effects of water limitation on grain and oil yields of sesame cultivars. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(2):339-342.
- Farahbakhsh S and Farahbakhsh H, 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.
- Fatma AG, Lobna AM and Osman NM, 2008. Effect of compost and bio fertilizers on growth yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10(4): 381-387.
- Fazeli F, Ghorbanli M and Niknam V, 2007. Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars. *Biologia Plantarum*, 51: 98-103.
- Ghorbani Mandolakani H, Khodarahmi M, Darvish F and Taeb M, 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. (In Persian).
- Guertin WH and Bailey JP, 1985. *Introduction to modern factor analysis*. Edward. Brothers. Inc., Michigan.
- Gul S, Khan MH, Khanday BA and Nabi S, 2015. Effect of sowing methods and NPK levels on growth and yield of rainfed maize (*Zea mays* L.). *Scientifica*.?
- Han HS and Lee KD, 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil & Environment*, 52: 130-136.
- Harris NS and Taylor GJ, 2013. Cadmium uptake and partitioning in durum wheat during grain filling. *BMC Plant Biology*, 103: 1-16.
- Hussein Y, Amin G, Azad A and Gahin H, 2015. Induction of drought stress resistance in sesame (*Sesamum indicum* L.) plant by salicylic acid and Kinetin. *Journal of Plant Science*, 10(4):128-141.
- Jadav DP, Padamani DR, Polara KB, Parmar KB, Babaria NB, 2010. Effect of different level of sulphur and potassium on growth, yield and yield attributes of sesame (*Sesamum indicum* L.). *An Asian Journal of Soil Science*, 5(1):106-108.
- Jafari N, Esfahani M and Fallah A, 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) application, nitrogen, and zinc sulphate fertilizer on yield and nitrogen uptake in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agroecology*, 5(4):341-352.
- 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

- Kashani H, Din S, Kandhro MN, Ahmed N, Saeed Z and Nadeem A, 2016. Seed yield and oil content of sesame genotypes in response to different methods of nitrogen application. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(30):1-5.
- Kassab OM, El-Noemani AA and El-Zeiny HA, 2005. Influence of some irrigation systems and water regimes on growth and yield of sesame plants. *Journal of Agronomy*, 4:220-224.
- Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Moradi R and Mansoori H, 2017. Strategies of transition to sustainable agriculture in Iran, I-Improving resources use efficiency. *Journal of Agroecology*, 9(3):618-637. (In Persian).
- Kordi S, Daneshvam M, Sayyahfar M and Shah Karami Gh, 2016. Study of correlation and path analysis of yield, yield components and some morphological traits in corn hybrids under different fertilizer application methods. *Agronomy Journal (Pashouhesh and Sazandeghi)*, 111:66-74. (In Persian).
- Kumar S, Pandey P and Maheshwari DK, 2009. Reduction in dose of chemical fertilizers and growth enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) with application of rhizospheric competent *Pseudomonas aeruginosa* LES4. *European Journal of Soil Biology*, 45:334-340.
- Larki S, Rahnema A and Aynehband A, 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. (In Persian)
- Leiboritz HE, Benqrson 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: *Artemia research and its application*, Sorgeloss P, Begtson DA, Deelier W and Japers E (Eds.). Universal press, wetteven. Belgium, 763p.
- Mehdipour H, Abbasi R and Abbasian A, 2017. Interaction of density and management of Mungbean (*Vigna radita* L.) on sesame (*Sesamum indicum* L.) seed yield and weeds control. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, (2):37-48. (In Persian).
- Mehrabi Z and Ehsanzadeh P, 2011. Study of physiological characteristics and yield of four sesame cultivars under soil moisture regimes. *Journal of Crops Improvement*, 13(2): 88-75.
- Melero S, Vanderlinden K, Ruiz JC and Madejon E, 2008. Long-term effect on soil biochemical status of a Vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. *European Journal of Soil Biology*, 44(4): 437-442.
- Mensah JK, Obadoni BO, Eruotor P and Onome-Trieguna F, 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame. *African Journal of Biotechnology*, 13:1249-1253.
- Michel V, Zink G, Schmidtke J and Anderl A, 2007. PIAF and PIAF stat, 278-279. In: Bleiholder, H., H.P. Piepho (Ed.): *Agricultural Field Trials, Today and Tomorrow*. Proceedings of the International Symposium 08-10 October, Stuttgart-Hohenheim, Germany. Verlag Grauer, Beuren Stuttgart, p:284.
- Momeni AA, Bahmanyar MA and Pirdashti H, 2014. Effect of different methods application of green, organic, and biological fertilizers on nitrogen dynamics in soil, leaf and grain of corn. *Journal of Agroecology*, 6(3):595-606. (In Persian).
- Nadeem A, Kashani S, Ahmad N, Buriro M, Saeed Z, Mohammad F and Ahmad S, 2015. Growth and yield of sesame under the influence of planting geometry and irrigation regimes. *American Journal of Plant Sciences*, 6:980-986.
- 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.
- Omidi Tabrizi AH, 2006. Stability and adaptability estimates of some sofflower cultivars and lines in different environmental conditions. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 8:141-151.

- Ouedraogo E, Mando A and Zombre NP, 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.
- Rajendran K and Devaraj P, 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farmland. *Biomass & Bioenergy*, 26: 235-249.
- Ramswaroop J, Sita RN, Rajsingh C and Irfan M, 2017. Effect of potassium and sulphur on quality of sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Current Microbiology Application of Science*, 6(4): 1876-1878.
- Reddy AR, Chaitanya KV and Vivekanandanb M, 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161: 1189–1202.
- Rezaei Moadab A, Nabavi Kalat M and Sadrabadi Haghghi R, 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.
- Rezvani Moghaddam P, Amiri MB and Seyyedi SM, 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. (In Persian).
- Rishi M, Singh Lal C, Prasad M, Abdin Z and Arun K, 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.
- Sadeghian Dehkordi SA, Tadayyon A, Tadayon MR and Saffar A, 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. (In Persian).
- Sajjadi Nik R, Yadavi A, Baloochi HR and Faraji H, 2012. Effect comparison of chemical (urea), organic (vermicompost) fertilizers and biofertilizer (nitroxin) on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 21: 87–101. (In Persian).
- Shakeri E, Amini Dehaghi M, Tabatabaei SA and Modares Sanavi SAM, 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. (In Persian).
- Singh JS, Pandey VC and Singh DP, 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140:339-353.
- Umar S, 2006. Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard, and groundnut by potassium application. *Pakistan Journal of Botany*, 38:1373-1380.
- Valadabadi SAR and Aliabadi Farahani H, 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.
- Youssef AA, Edris AE and Gomaa AM, 2004. A comparative study between 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.