

Effect of Foliar Application of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Nanofertilizers on Some Quantitative Traits of Dryland farmed Chickpea (*Cicer arietinum*) in Moghan Plain

Morteza Barmaki^{1*}, Shahram Hashemi Esmalikandi², Khadijeh Aghaeifard³,
Soodabeh Jahanbakhsh Godekahriz⁴

Received: 06 December 2021 Accepted: 09 August 2022

1-Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2-MSc Student, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3-Ph.D. Candidate, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

4-Prof., Dept. of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Corresponding Author Email: barmakimorteza@gmail.com

Abstract

Background and Objective: The present study was conducted to investigate the effect of nitrogen, phosphorus and potassium Nanofertilizers on some morphological, yield and harvest characteristics of chickpea and also to introduce the best fertilizer treatment.

Materials and Methods: The experiment in the form of a randomized complete block design with three replications in the crop year 2019-2020 in farm conditions was conducted at the Jihad Agricultural Service Center in Barzand, Germe city, Ardabil province. Experimental treatments included T₁: foliar application with 17% nitrogen nanofertilizer, T₂: foliar application with 17% phosphorus nanofertilizer, T₃: foliar application with 27% potassium chelate nanofertilizer and T₄: control treatments.

Results: Analysis of variance showed that the effect of experimental treatments on plant height, number of sub-branches, fresh and dry weight of plant, number of nodes per root, dry weight of root node, number of pods, number of seeds, Seed weight, 100-seed weight, grain yield and harvest index were significant. However, the effect of experimental treatment on the height of the first pod from the ground was not significant. In most of the studied traits, the highest amount of studied traits was obtained under foliar application of nitrogen and phosphorus nanofertilizers, which increased grain yield by 47.81% and 53.29%, respectively, compared to the control treatment. The highest harvest index was obtained by foliar application of phosphorus nanofertilizer, which increased this trait by 22.93% compared to the control treatment, which were common in a group with nitrogen fertilizer treatment.

Conclusion: Application of nitrogen and phosphorus nanofertilizers increased the studied traits compared to the control treatment, so it is recommended to use these nanofertilizers in these areas and areas with similar climates.

Keywords: Harvest Index, Legumes, Nutrients, Plant Dry Weight, Plant Height, Yield

اثر محلول‌پاشی نانوکودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه بر برخی صفات کمی نخود (*Cicer arietinum*) دیم در دشت مغان

مرتضی برمکی^{۱*}، شهرام هاشمی اسمعیلی کندی^۲، خدیجه آقائی فرد^۳، سدابه جهانبخش گده کهریز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۸

۱-دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳-دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۴-استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

*مسئول مکاتبه: Email: barmakimorteza@gmail.com

چکیده

اهداف: پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر نانوکودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه بر برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و شاخص برداشت نخود و همچنین معرفی بهترین تیمار کودی انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در شرایط مزرعه در مرکز خدمات جهاد کشاورزی برزند از شهرستان گرمی استان اردبیل اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل T_۱: محلول-پاشی با نانوکود نیتروژنه ۱۷ درصد، T_۲: محلول‌پاشی با نانوکود فسفره ۱۷ درصد، T_۳: محلول‌پاشی با نانوکود کلات پتاسیم ۲۷ درصد و T_۴: شاهد بود.

یافته‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تر و وزن خشک بوته، تعداد گره در ریشه، وزن خشک گره ریشه، تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن دانه، وزن صد دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. اما، اثر تیمارهای آزمایشی در صفت ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین معنی‌دار نبود. در اکثر صفات مورد مطالعه، بیشترین مقدار صفات در شرایط محلول‌پاشی نانوکود نیتروژنه و فسفره به دست آمد که عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۴۷/۸۱ و ۵۳/۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. بیشترین میزان شاخص برداشت نیز، در اثر محلول‌پاشی نانوکود فسفره به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد این صفت را ۲۲/۹۳ درصد افزایش داد که با تیمار کودی نانوکود نیتروژنه در یک گروه مشترک بودند.

نتیجه‌گیری: کاربرد نانوکود نیتروژنه و فسفره سبب افزایش صفات مورد مطالعه نسبت به تیمار شاهد شدند، لذا توصیه می‌شود در این مناطق و مناطقی با اقلیم مشابه از این نانوکودها استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، حبوبات، شاخص برداشت، عملکرد، عناصر غذایی، وزن خشک بوته

مقدمه

مغذی و کربوهیدرات‌ها شناخته می‌شود (لارانجو و همکاران ۲۰۱۴) که یکی از سه لگوم مهم در آسیای غربی و آفریقای شمالی است. این گیاه در بیش از ۶۰ کشور و

نخود زراعی با نام علمی *Cicer arietinum* به‌عنوان یکی از انواع حبوبات با غلظت بالای پروتئین‌ها، مواد

و تنها مقدار کمی از کود به مکان‌های مورد نظر در گیاهان می‌رسد (رفیع‌الله و همکاران ۲۰۲۰). علاوه بر این، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی هزینه تولید آن‌ها را افزایش و سود کشاورزان را کاهش می‌دهد (دیاتا و همکاران ۲۰۲۰ و سلیمان و همکاران ۲۰۲۰). از طرفی، میزان بالای مصرف کودهای شیمیایی باعث خستگی خاک‌های کشاورزی، کاهش حاصلخیزی و کاهش بهره‌وری کلی محصولات می‌شود (کومار و همکاران ۲۰۱۹). لذا، از آنجا که اکثر این عناصر غذایی به‌طور مؤثر توسط گیاهان جذب نمی‌شوند (عید و همکاران ۲۰۲۰ و سلیمان و همکاران ۲۰۲۱)، استفاده از نانوکودها می‌تواند کارآیی جذب کودها، عملکرد و کیفیت محصول را افزایش دهد و اثرات منفی کودهای شیمیایی را در زمینه کشاورزی پایدار کاهش دهد (سلیمان و همکاران ۲۰۲۰).

کودهای نانو نسل جدیدی از کودهای شیمیایی هستند که حاوی مواد مغذی موجود در محدوده مقیاس نانو (۱۰۰-۱ نانومتر) می‌باشند (موراب و همکاران ۲۰۲۱). نانوکودها، مواد مغذی خود را تا ۱۲ برابر کندتر از کودهای شیمیایی آزاد می‌کنند (سلیمان و همکاران ۲۰۲۱). مطالعات اخیر نشان داد که نانوکودها می‌توانند به تدریج فسفر را تا ۵۰-۴۰ روز پس از استفاده از آن‌ها آزاد کنند (لی و همکاران ۲۰۱۴). همچنین برای به حداقل رساندن تلفات آبشویی و هدر رفت کودهای نیتروژن می‌توان از نانوکودهای مبتنی بر نیتروژن برای تأمین مداوم نیتروژن با سرعت انتشار آهسته استفاده کرد (سلیمان و همکاران ۲۰۱۶). کوباوات و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی خود ذرت نتیجه گرفتند که استفاده از کودهای نانو پتاسیم می‌تواند باعث کاهش تلفات پتاسیم در خاک و در عین حال تأمین پتاسیم برای محصولات در مدت زمان طولانی‌تری شوند.

تحقیقات متعددی در زمینه اثر نانوکودها بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود انجام شده است. جان‌محمدی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی کودهای دارای ساختار نانو روی گیاه نخود گزارش کردند که کاربرد مخلوطی از چندین نانوکود، NPK مرسوم (۲۰-۲۰-۲۰) و نانو کلات روی موجب بهبود رشد رویشی و اجزای عملکرد گردید و در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته به‌طور

در تمام قاره‌های جهان به‌جز مناطق قطبی کشت و کار می‌شود (میرزایی و همکاران ۲۰۱۸) و ایران در بین بیش از ۵۰ کشور تولید کننده نخود، با تولید ۵ درصد از نخود جهان در جایگاه سوم قرار دارد (وارشنی و همکاران ۲۰۱۷). این گیاه جهت رشد مطلوب خود نیاز به مواد غذایی ضروری و عناصر کم مصرف دارد. کمبود این عناصر در خاک، عملکردهای کمی و کیفی دانه نخود را کاهش می‌دهد (مجنون حسینی ۲۰۱۵).

از جمله عوامل مؤثر در بهره‌وری محصول، استفاده از کودهای شیمیایی است (چیپا ۲۰۱۷؛ کزیمک و همکاران ۲۰۲۰ و سلیمان و همکاران ۲۰۲۱). سه عنصری که به‌طور نسبی به مقدار زیاد مورد نیاز می‌باشند و نقش مهمی به‌عنوان کودهای شیمیایی غیر آلی در کشاورزی ایفا می‌کنند، عبارتند از: نیتروژن، فسفر و پتاسیم. این عناصر جزء عناصر اصلی می‌باشند (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۳). نیتروژن که مهمترین ماده مغذی معدنی برای گیاهان است، بخشی اساسی از چندین آمینو اسید، پروتئین، DNA (اسید دئوکسی ریبونوکلیک)، ATP (آدنوزین تری فسفات)، کلروفیل‌ها و واحدهای ساختاری سلول می‌باشد (سلیمان و همکاران ۲۰۲۱). بعد از نیتروژن، فسفر به‌عنوان دومین ماده مغذی برای رشد بهینه گیاه در نظر گرفته می‌شود؛ زیرا این ماده بخشی جدایی‌ناپذیر از مولکول‌های انتقال انرژی، ATP، ADP (آدنوزین دی فسفات)، فسفولیپیدها و فسفات قند می‌باشد و نقش حیاتی در فرآیندهایی مانند فتوسنتز، تنفس و بیوسنتز DNA دارد (سلیمان و همکاران ۲۰۱۶). پتاسیم نیز، در باز و بسته شدن روزنه‌های گیاه، فتوسنتز، سنتز پروتئین، تعادل یونی، روابط آبی و فعال‌سازی بیش از ۶۰ آنزیم نقش دارد (پریتا و بالاکریشنان ۲۰۱۷).

در بیشتر موارد، کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی رایج، دارای مقادیر کم کارآیی جذب مواد غذایی هستند (گئو و همکاران ۲۰۱۸). به‌طوری‌که مشاهده شده است مقادیر کارآیی جذب مواد غذایی از سه عنصر اساسی پرمصرف یعنی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به-ترتیب ۳۵-۳۰ درصد، ۲۰-۱۸ درصد و ۴۰-۳۵ درصد است (حوسن و ایقبال ۲۰۱۹) که نشان می‌دهد بیش از نیمی از کودهای پخش شده در مزارع از بین رفته است

معنی‌داری به تیمارهای کودی واکنش نشان دادند که بیشترین میزان آن در تیمار نانوکود ترکیبی حاصل شد. ولدخان و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی کود نانو کلات آهن در نخود نشان دادند که صفات تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۱۷، ۴۸، ۱۳ و ۶۵ درصد افزایش یافت. محمدزاده آلقو و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تأثیر مدیریت تغذیه آلی، شیمیایی و نانو ریز مغذی بر عملکرد نخود دریافتند که اثر تیمارهای کودی بر صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک، وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته معنی‌دار و در صفات ارتفاع بوته و تعداد غلاف پوک در بوته غیرمعنی‌دار بود. نتایج پژوهش‌های درستکار و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی محلول‌پاشی آهن و روی و نانوکودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد و صفات مورفولوژیکی در نخود تحت شرایط دیم نیز، نشان دادند که وزن گیاه، تعداد شاخه‌ها، وزن دانه‌ها، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری نسبت به عدم کاربرد کود افزایش نشان می‌دهد. در این راستا، هدف از این تحقیق، بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکودهای نیتروژن، فسفر و پتاسه بر برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و شاخص برداشت نخود رقم گوکسو در شرایط کشت دیم و همچنین معرفی بهترین تیمار کودی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در شرایط مزرعه در محوطه مرکز خدمات جهاد کشاورزی برزند از شهرستان گرمی استان اردبیل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط دیم و به صورت کشت بهاره اجرا گردید. تیمارهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل تیمارهای T_۱: محلول‌پاشی با نانوکود نیتروژن ۱۷ درصد، T_۲: محلول‌پاشی با نانوکود

فسفره ۱۷ درصد، T_۳: محلول‌پاشی با نانوکود کلات پتاسیم ۲۷ درصد و T_۴: شاهد (بدون محلول‌پاشی) بود. خلاصه شرایط آب و هوایی از کاشت تا برداشت محصول و نتایج تجزیه نمونه خاک حاصل از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر خاک محل آزمایش به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. در این آزمایش از نخود رقم گوکسو استفاده شد. زمین محل اجرای آزمایش سال قبل زیر آیش بود. عملیات تهیه بستر بذر در آذر ماه با انجام شخم با گاو آهن شروع و با انجام پنجه‌غازی در فروردین ماه و تسطیح با دیسک در همان زمان برای کشت بهاره ادامه یافت. تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۱۲ عدد و هر کرت شامل ۵ ردیف کاشت به مساحت ۴/۵ متر مربع بود. همچنین، فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب ۱ و ۲ متر و کل مساحت آزمایش با احتساب راهروها ۷۰ متر مربع بود. کشت بذر نخود در تاریخ ۱۷ فروردین ماه به صورت دستی، در ردیف‌هایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و در عمق ۵ سانتی‌متری خاک انجام شد. فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف نیز، در ۱۰ سانتی‌متر تنظیم شد. تراکم بوته‌ها، ۳۳ بوته در هر متر مربع بود. رقم نخود مورد بررسی گوکسو بود که از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. نانوکودهای مورد استفاده ساخت شرکت خضراء بود که در سه مرحله و به میزان دو در هزار (بنا به توصیه شرکت سازنده) محلول‌پاشی شدند: اولین محلول‌پاشی بوته‌ها در مرحله ۴ برگگی، دومین محلول‌پاشی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و سومین محلول‌پاشی در مرحله ۱۰ درصد غلاف‌بندی انجام گرفت. در طول اجرای آزمایش، آبیاری واحدهای آزمایشی صورت نگرفت و شرایط رشدی گیاهان به صورت دیم بود. میزان محلول‌پاشی به نحوی بود که بوته‌های نخود به‌طور کامل آغشته به محلول شدند. در طول فصل رشد مراقبت‌های لازم برای گیاه مانند وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی شهرستان گرمی از فروردین ماه تا پایان تیر ماه سال ۱۳۹۹

پارامترها	ماه		
	فروردین	اردیبهشت	خرداد
حداقل مطلق دمای هوا (°C)	-۰/۸	۲/۲	۱۱/۲
حداکثر مطلق دمای هوا (°C)	۲۰/۹	۲۸/۶	۳۴/۲

۲۱/۱	۱۸/۸	۱۰/۹	۵/۶	متوسط حداقل دمای هوا (°C)
۳۰/۳	۳۰/۱	۱۹/۵	۱۳/۰	متوسط حداکثر دمای هوا (°C)
۲۵/۷	۲۴/۴	۱۵/۲	۹/۳	متوسط کل دمای هوا (°C)
۳/۴	۱/۲	۵۹/۱	۳۸/۵	بارندگی (mm)
۴۷/۴	۴۲/۱	۶۹/۰	۷۶/۲	متوسط رطوبت نسبی (%)
۱۱/۰	۹/۴	۴/۶	۰/۰	متوسط تبخیر (mm/day)
۹/۴	۱۰/۷	۶/۴	۴/۱	متوسط ساعت آفتابی (h/day)

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیتروژن (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	PH	کربن آلی (%)	بافت خاک
۲۲۰	۱۶/۳	۰/۰۷	۰/۹۴	۷/۴	۰/۶۱	رسی-لومی

در دمای ۸۰ درجه قرار گرفتند. بعد از خشک شدن بوته-ها، وزن خشک اندام‌های هوایی اندازه‌گیری و بر حسب گرم یادداشت گردید. برای تعیین میزان عملکرد دانه نیز، از سه ردیف میانی با حذف یک ردیف کناری از هر طرف و همین‌طور حذف نیم‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای هر ردیف کاشت، عملکرد دانه در مساحت برداشت شده ثبت و پس از برآورد نسبت محصول برداشت شده به سطح زیر کشت، عملکرد هر تیمار بر حسب کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. محاسبه عملکرد دانه بر اساس ۱۴ درصد رطوبت دانه در نظر گرفته شد. شاخص برداشت نیز، از تقسیم عملکرد اقتصادی بر عملکرد بیولوژیک (کل وزن خشک بوته‌های برداشت شده) بر حسب درصد محاسبه گردید. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. قبل از انجام تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن داده‌ها برای کلیه صفات مورد مطالعه انجام گرفت. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SPSS_{۲۵} و MSTST-C استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته از سطح زمین

اثر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان ارتفاع بوته در تیمار محلول‌پاشی با نانوکود نیتروژن

در مرحله پایان گلدهی، پنج بوته نخود از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و با دقت کافی از خاک خارج شدند و پس از شست و شوی آن‌ها در آب سرد و خشک-کردن، به آزمایشگاه انتقال داده شدند و تعداد گره‌های ریشه در پنج بوته شمارش و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد گره‌های ریشه ثبت گردید. برای اندازه‌گیری وزن تر گره-ها نیز، گره‌های به‌دست آمده از ریشه‌های پنج بوته انتخابی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ بر حسب گرم توزین و میانگین آن‌ها برای این صفت ثبت گردید. سپس گره‌ها به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از خشک شدن توزین شدند و میانگین وزن آن‌ها، به‌عنوان وزن خشک گره در ریشه در نظر گرفته شد.

در نهایت در پایان فصل زراعی، پس از رسیدن کامل غلاف‌ها، موقعی که حدود ۹۰ درصد غلاف‌ها قهوه‌ای تیره شدند (سید شریفی و خلیل‌زاده ۲۰۱۸)، برداشت نهایی محصول در تاریخ ۲۲ تیر ماه صورت گرفت. برای اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین و تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر بوته، وزن دانه در هر بوته و وزن صد دانه، تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها برای این صفات یادداشت گردید. همچنین، بعد از جدا کردن بذرها از بوته‌ها، وزن تر اندام‌های هوایی بر حسب گرم توزین شد و برای توزین وزن خشک، اندام‌های هوایی بوته‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون

(۳۳/۱۳۳ سانتی‌متر) و کمترین آن نیز، در تیمار شاهد (۲۹/۱۰۰ سانتی‌متر) به‌دست آمد. به‌طوری‌که، محلول-پاشی نانوکود نیتروژنه سبب افزایش ۱۳/۸۶ درصد ارتفاع بوته از سطح زمین نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). افزایش نیتروژن از طریق افزایش تقسیم سلولی و طول سلول‌ها باعث افزایش طول میان‌گره‌ها و ارتفاع ساقه می‌گردد که در گزارش‌های نهایی کیهانی و مدحج (۲۰۱۴) در مورد ذرت نیز اعلام شده است. پتاسیم نیز با تأثیری که در رشد و فتوسنتز گیاه دارد و تنظیمات روزنه‌ای و فعال کردن حداقل ۶۰ آنزیم گیاهی (پریتا و بالاکریشنا ۲۰۱۷)، می‌تواند به‌عنوان محرک رشد طولی سلول‌ها همراه با مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفردار در افزایش ارتفاع بوته نقش داشته باشد. نتایج حاصل از تحقیقات درستکار و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که ارتفاع گیاه نخود در تیمار شاهد ۲۶/۳۷ سانتی‌متر بود که در اثر کاربرد نانوکود نیتروژن، فسفر و پتاسیم به-همراه آهن و روی، ۱۰ درصد افزایش یافت. همچنین، نتایج مثبت کاربرد نانوکود نیتروژن، فسفر و پتاسیم در افزایش ارتفاع بوته در گیاهانی مانند ذرت (الزریجاوی و الجوتتری ۲۰۲۰)، کدو تخمه کاغذی (سیاح و جمیل ۲۰۲۰) و گوجه‌فرنگی (رستمی اجیرلو و همکاران ۲۰۱۵) نیز، گزارش شده است.

ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین

اثر تیمارهای آزمایشی بر صفت ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین معنی‌دار نبود (جدول ۳). شادروان و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی خود بر روی نخود به این نتیجه رسیدند که ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین معنی‌دار نبود که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. این صفت بیشتر مربوط به امکان برداشت مکانیزه نخود با کمباین می‌باشد؛ به‌نحوی‌که ارقامی از نخود که دارای صفات مطلوبی نظیر فرم بوته ایستاده، ارتفاع بلند بوته و زیاد بودن فاصله اولین غلاف‌ها از سطح خاک باشند،

امکان برداشت آن‌ها با کمباین وجود خواهد داشت (مجنون‌حسینی ۲۰۱۵). از طرفی، ثابت شده است که برگ‌های مختلف کانوپی، مخازن نزدیک به خود را به-مراتب بیشتر از مخازن دورتر حمایت می‌کنند. بدیهی است که دریافت نور و به‌دنبال آن فتوسنتز در برگ‌های بالایی کانوپی بیشتر است (کوچکی و سرمدنیا ۲۰۱۳). لذا، به احتمال زیاد، هر چه غلاف در ارتفاع بالاتری روی کانوپی تشکیل گردد، دریافت آسیمیلات‌ها و در نتیجه پر شدن آن بیشتر خواهد بود (خلج و همکاران ۲۰۲۰). جان-محمدی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی‌های خود در گیاه نخود نشان دادند که کمترین ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین برای نانو کلات مس، منگنز ارگانیک و تیمار شاهد ثبت شد؛ در حالی‌که بیشترین میزان این صفت برای تیمارهای نانو کلات روی، نانوکود ترکیبی و NPK مرسوم حاصل شد.

تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌دار بر تعداد شاخه‌های فرعی در سطح احتمال ۵ درصد داشتند (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته در تیمار نانوکود نیتروژن (۳/۸۰۰) به‌دست آمد و کمترین آن به-طور مشترک در تیمارهای نانوکود پتاسیم و شاهد (به-ترتیب ۳/۱۳۳ و ۳/۱۶۷) حاصل شد. محلول‌پاشی نانوکود نیتروژنه سبب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۴). خلج و همکاران (۲۰۲۰) اعلام کردند که کود نانو کلات آهن تأثیر معنی-داری بر تعداد انشعابات فرعی در لوبیا داشت. افزایش تعداد شاخه‌های فرعی گیاه با کاربرد نانوکود نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط درستکار و همکاران (۲۰۱۶)؛ هقاب و همکاران (۲۰۱۸)؛ ایبراهیم (۲۰۱۹) و ویس و همکاران (۲۰۱۹) نیز، گزارش شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کمی مورد مطالعه در نخود رقم گوکسو تحت تأثیر محلول‌پاشی نانوکودهای

نیتروژنه، فسفره و پتاسه

میانگین مربعات

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع غلاف از سطح زمین	شاخه-های فرعی در هر بوته	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	تعداد گره در ریشه	وزن خشک گره	تعداد غلاف در هر بوته	وزن دانه در هر بوته	وزن صد	عملکرد	شاخص برداشت
تکرار	۲	۲۸/۴۵	۷/۰۹	۰/۹۲	۸۲/۷۰	۲۶/۹۲	۴۰/۳۲۶	۰/۰۰۶	۷۶/۵۳۰	۶۶/۵۱۱	۱۴/۲۳۱	۳/۳۳۷	۱۸۰/۲۵
تیمار	۳	۹/۱۴*	۰/۸۵	۰/۲۸*	۱۲/۹۹	۶/۱۶*	۲۶/۲۰۲	۰/۰۰۳	۸/۳۵۳	۹/۴۸۳	۳/۰۴۵	۲۸۸۳۳۷/۱۶	۵۵/۶۷*
اشتباه آزمایشی	۶	۰/۸۶	۰/۷۸	۰/۰۵	۱/۴۹	۰/۷۵	۳/۳۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۹۳	۰/۳۲۳	۰/۰۹۲	۸۸۳۲/۵۲	۱۱/۲۵
ضریب تغییرات (%)	۲/۹۷	۴/۵۳	۶/۳۸	۸/۴۱	۹/۳۶	۱۵/۶۱	۲۵/۶۱	۵/۱۱	۵/۵۸	۶/۵۱	۱/۳۳	۶/۱۶	۶/۹۲

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

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی مورد مطالعه در نخود رقم گوکسو تحت تأثیر محلول پاشی نانوکودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه

ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه-های فرعی در هر بوته	وزن تر بوته (g)	وزن خشک بوته (g)	تعداد گره در ریشه	وزن خشک گره (g)	تعداد غلاف در هر بوته	وزن دانه در هر بوته (g)	وزن صد (g)	عملکرد (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)
۳۳/۱۳۳ a	۳/۸۰۰ a	۱۶/۵۴۹ a	۱۰/۶۸۷ a	۱۵/۵۳۳ a	۰/۱۲۵ a	۱۱/۵۳۳ a	۵/۵۵۰ a	۴۴/۴۴۰ a	۱۷۵۶/۲۲۳ a	۵۰/۰۰۰ ab
۳۱/۹۶۷ ab	۳/۴۰۰ ab	۱۵/۸۸۵ ab	۱۰/۱۹۰ a	۱۲/۲۶۷ ab	۰/۱۲۱ ab	۱۲/۴۳۳ a	۵/۴۶۳ a	۴۴/۶۳۷ a	۱۸۲۱/۳۸۳ a	۵۳/۶۶۷ a
۳۰/۵۶۷ bc	۳/۱۳۳ b	۱۳/۵۶۶ bc	۸/۴۳۰ b	۹/۸۶۷ b	۰/۰۷۸ ab	۹/۱۶۷ b	۴/۰۲۳ b	۴۳/۵۱۳ a	۱۳۴۱/۷۴۴ b	۴۶/۷۶۴ b
۲۹/۱۰۰ c	۳/۱۶۷ b	۱۲/۰۵۰ c	۷/۶۵۷ b	۸/۹۰۰ b	۰/۰۶۲ b	۸/۸۳۳ b	۳/۵۶۳ b	۴۲/۷۱۷ a	۱۱۸۸/۱۶۰ b	۴۳/۶۵۷ b
LSD (%)	۱/۸۴۸	۰/۴۲۸	۲/۴۳۷	۱/۷۲۹	۳/۶۳۰	۱/۰۸۱	۰/۰۶۳	۱/۱۳۵	۱۸۷/۸	۶/۷۰۱

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

شده، نسبت به گیاهان شاهد می شود که این افزایش کلروفیل منجر به افزایش کارایی فتوسنتز می گردد و در نتیجه شاخص های رشد مانند ارتفاع گیاه از سطح زمین، سطح برگ و تعداد شاخه ها افزایش می یابد (محمد و همکاران، ۲۰۱۵). در این راستا، حسنین و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقات خود روی لوبیا اظهار داشتند که محلول پاشی نانوکود NPK در لوبیا منجر به افزایش صفات رشدی گیاه مانند طول ریشه، تعداد شاخه و سطح برگ می گردد.

وزن تر و وزن خشک بوته

تیمارهای کودی تأثیر معنی دار بر صفات وزن تر و وزن خشک بوته در سطح احتمال ۵ درصد داشتند (جدول ۳). بیشترین میزان وزن تر بوته به تیمار نانوکود نیتروژنه (۱۶/۵۴۹ گرم) تعلق داشت که سبب افزایش وزن تر بوته ها نسبت به تیمار شاهد شد. کمترین میزان وزن تر بوته نیز، در تیمار شاهد (۱۲/۰۵۰ گرم) به دست

ماهیل و کومار (۲۰۱۹) اعلام کردند که نانوکودها نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان با افزایش دسترسی مواد غذایی، که به افزایش فرآیندهای متابولیسمی کمک می کند، دارند و با توسعه فعالیت های مریستمی منجر به رشد بیشتر مریستم انتهایی و مناطق فتوسنتزی گیاه می شوند. این امر به وسیله برخی محققان نیز، گزارش شده است که محلول پاشی NPK به شکل نانو و ریز مغذی های ترکیبی، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه ها را در گیاه نخود سیاه افزایش می دهد (ماریموتو و سورندران ۲۰۱۵). عبدالعزیز و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی خود روی گندم اعلام کردند که نانوکود NPK رشد برگ ها را در گندم افزایش می دهد که این امر به وسیله افزایش دسترسی مواد غذایی با نفوذ آسان تر نانوکود NPK (به دلیل کوچک بودن اندازه) از طریق روزه های برگ ها، به صورت گازی انجام می گیرد. الجوتیری و همکاران (۲۰۱۸) نیز، اظهار داشتند که نانوکود NPK موجب افزایش کلروفیل در گیاهان تیمار

بودن ازت معدنی در خاک می‌باشد. به‌طوری‌که کاربرد مقدار مناسبی از کود نیتروژن به‌عنوان ازت استارتر می‌تواند در بهبود گره‌زایی، رشد و عملکرد نهایی مفید باشد (نامور و همکاران ۲۰۱۱). راجپوت و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی خود روی گیاهان نشان دادند که نانوکودها مواد غذایی خاک را افزایش داده، محیط اکولوژیکی خاک را بهبود بخشیده و میزان فعالیت‌های میکروبی را افزایش می‌دهند. به‌علاوه، تعداد میکروارگانیسم‌های تیمار شده با نانوکود به‌طور معنی‌داری بیشتر از تعداد آن در خاک تیمار شده با کودهای شیمیایی معمولی بود.

بیشترین میزان وزن خشک گره در تیمار نانوکود نیتروژنه به‌میزان ۰/۱۲۵ گرم به‌دست آمد. کمترین میزان وزن خشک گره مربوط به تیمار شاهد به‌میزان ۰/۰۶۲ گرم بود (جدول ۴). عزیززی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود روی گیاه نخود سیاه گزارش کردند که کاربرد نانوکود کلسیم باعث افزایش معنی‌دار در تعداد گره و وزن خشک گره‌ها می‌گردد. در بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن بر رشد، میزان گره‌زایی و عملکرد کمی و کیفی نخود در همدان نیز، بیشترین میزان وزن خشک گره‌های ریشه به‌میزان ۷۰ گرم در تیمار محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر نانوکود آهن و کمترین آن به‌میزان ۲۲ گرم در تیمار شاهد به‌دست آمد (حمزه‌ای و همکاران ۲۰۱۸).

تعداد غلاف در هر بوته

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌دار بر تعداد غلاف در هر بوته در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۳). بیشترین تعداد غلاف در هر بوته به‌طور مشترک در تیمارهای آزمایشی نانوکود فسفره و نانوکود نیتروژنه به‌ترتیب به‌تعداد ۱۲/۴۳ و ۱۱/۵۳ غلاف در بوته حاصل شد که در گروه برتر a قرار داشتند. کمترین مقدار آن نیز به‌طور مشترک در تیمارهای نانوکود پتاسیم و شاهد به‌ترتیب به‌تعداد ۹/۶۰۰ و ۸/۸۳۳ غلاف در بوته به‌دست آمد (جدول ۴).

با توجه به نقش اصلی نیتروژن و فسفر در فرآیندهای داخل سلولی، کاربرد آن‌ها در سیستم تولید

آمد. همچنین، بیشترین میزان وزن خشک بوته در تیمارهای نانوکود نیتروژنه و فسفره (به‌ترتیب ۱۰/۶۸۷ و ۱۰/۱۹۰ گرم) حاصل شد. کمترین میزان این صفت نیز، به‌طور مشترک در تیمارهای نانوکود پتاسیم و شاهد (به-ترتیب ۸/۴۳۰ و ۷/۶۵۷ گرم) به‌دست آمد. محلول‌پاشی نانوکود نیتروژنه و فسفره باعث افزایش وزن خشک بوته‌ها نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۴). محمدزاده آلقو و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی‌های خود روی گیاه نخود اعلام کردند که وزن تر بوته در تیمار کود زیستی با ۱۷/۶۵ گرم، اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد نشان داد و کمترین آن در تیمار مربوط به کود دامی (۱۴/۲۴ گرم) بود که اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد نداشت. همچنین، ایشان بیان کردند که بیشترین وزن خشک بوته (۱۳/۸۱ گرم) از هر دو تیمار کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کود زیستی نیتروژنه و فسفره به‌دست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار کود دامی بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان نداد. عزیززی و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعات خود روی نخود، با کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم نانوکود کلسیم، بیشترین وزن خشک بوته‌ها را نسبت به تیمار شاهد گزارش کردند.

تعداد گره در ریشه و وزن خشک گره‌های ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد گره در ریشه و وزن خشک گره‌های ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد گره در ریشه مربوط به تیمار نانوکود نیتروژن به‌تعداد ۱۵/۵۳۳ گره در ریشه بود. کمترین مقدار آن در تیمارهای نانوکود پتاسیم و شاهد به‌ترتیب به‌تعداد ۹/۸۶۷ و ۸/۹۰۰ گره در ریشه به‌دست آمد. در این آزمایش، استفاده از نانوکودها به‌ویژه نانوکود نیتروژن تأثیر بارزی در افزایش تعداد گره‌ها در ریشه نخود رقم گوکسو داشت که از لحاظ آماری اختلافی با تیمار نانوکود فسفره نداشت (جدول ۴). افزایش تعداد گره در ریشه در تیمار نانوکود نیتروژن احتمالاً به‌دلیل کم بودن ازت در خاک می‌باشد (توبه و همکاران ۲۰۱۷). تحقیقات نشان داده است که از جمله عوامل مؤثر در افزایش فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم، کم

ازای هر گیاه، وزن میوه، قطر میوه و عملکرد میوه در اثر کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نانوکود پتاسیم در هر هکتار به- دست آمد.

وزن دانه در هر بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که، اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن دانه در هر بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به طوری که، بیشترین وزن دانه در هر بوته به تیمارهای نانوکود نیتروژنه و فسفره به ترتیب به میزان ۵/۵۵۰ و ۵/۴۶۳ گرم تعلق داشت. کمترین میزان آن در تیمارهای نانوکود پتاسه و شاهد به ترتیب به میزان ۴/۰۲۳ و ۳/۵۶۳ گرم حاصل شد (جدول ۴). به عبارتی دیگر، کاربرد نانوکودها منجر به افزایش وزن دانه در هر بوته گردید که با نتایج تحقیقات درستکار و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد که به افزایش ۱۲ درصدی وزن دانه‌ها در محلول پاشی نانوکود نیتروژن، فسفر و پتاسیم اشاره کرده بودند.

کودهای نانو ممکن است از طریق قابلیت انتقال مواد مغذی از نظر نفوذ و حرکت طیف وسیعی از مواد مغذی، از جذب ریشه گرفته تا نفوذ شاخ و برگ و حرکات داخل گیاه، بر این فرایند تأثیر بگذارد (مهتا و بارات ۲۰۱۹). از موارد تأثیر پتاسیم بر گیاهان می‌توان از دیاد وزن دانه را نام برد، زیرا پتاسیم تولید نشاسته و کربوهیدرات‌ها را افزایش می‌دهد (توان و همکاران ۲۰۱۴). همچنین، نیتروژن نیز بازده فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد و در ساختار بسیاری از پروتئین‌ها نقش دارد (تقی‌زاده و سید شریفی ۲۰۱۱). نقش فسفر نیز در فسفات‌هایی که در نقل و انتقال انرژی دخیل هستند، بارز است (پریتا و بالاکریشنان ۲۰۱۷). لذا مصرف نانوکودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌تواند افزایش دهنده وزن دانه باشد.

وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر صفت وزن صد دانه در سطح احتمال ۵ درصد بود (جدول ۳). اما، مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که بین تیمارهای کودی اختلاف معنی- دار وجود نداشت و از لحاظ آماری در یک گروه قرار

نخود بسیار مهم است. نیتروژن یک جزء مهم در تمام اسیدهای آمینه است؛ در حالی که فسفر یک جز مهم آدنوزین تری فسفات (ATP) است. علاوه بر این، گزارش شده است که کودهای نیتروژن می‌توانند به طور مستقیم بر هورمون‌های گیاهی تأثیر بگذارند (لیو و همکاران ۲۰۱۱). جان محمدی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی خود روی گیاه نخود اعلام کردند که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار نانوکود ترکیبی حاصل شد. همچنین، ارزیابی ضریب همبستگی آن‌ها نشان داد که تعداد غلاف در بوته، تأثیرگذارترین مؤلفه در عملکرد بوده و بیشترین رابطه را با عملکرد دانه (۰/۹۶) داشت که می‌تواند به- عنوان پارامتر با ارزشی برای ارزیابی عملکرد دانه در مدیریت عناصر غذایی در نظر گرفته شود. افزایش تعداد غلاف در بوته با استفاده از نانوکودها توسط ویس و همکاران (۲۰۱۹) و محمدزاده آلقو و همکاران (۲۰۱۹) نیز، گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

تعداد دانه در هر بوته

اثر محلول پاشی نانوکودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه بر تعداد دانه در هر بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، بیشترین مقدار تعداد دانه در هر بوته در تیمار نانوکود فسفره و نانوکود نیتروژنه به ترتیب به تعداد ۱۲/۱۰۰ و ۱۱/۲۳۳ دانه به دست آمد. کمترین تعداد آن مربوط به تیمار نانوکود پتاسه و شاهد به ترتیب به تعداد ۹/۱۶۷ و ۸/۲۶۷ دانه بود (جدول ۴). استفاده از نانوکودها باعث افزایش تعداد دانه در بوته نسبت به عدم استفاده از آن (تیمار شاهد) گردید که با نتایج حاصل از کارهای حمزه‌ای و همکاران (۲۰۱۸) و محمدزاده آلقو و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. کاربرد نانوکود نیتروژنه، فسفره و پتاسه در دیگر گیاهان نیز سبب افزایش این صفت گردیده است. سیاح و جمیل (۲۰۲۰) در بررسی خود روی کدو تخمه کاغذی، گزارش کردند که کاربرد نانوکود نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد میوه، وزن میوه و عملکرد آن گردید. رستمی اجیرلو و همکاران (۲۰۱۵) نیز، در بررسی نانوکودها بر روی گوجه‌فرنگی در منطقه مغان اعلام کردند که بیشترین تعداد میوه به

ماده خشک و عملکرد دانه بیشتری داشتند که دلیل اصلی آن افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن دانه بود. مهتا و بارات (۲۰۱۹) در گندم با اعمال نانوکود NPK گزارش کردند که تیمارهای حاوی نانوکود NPK، نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها دارای پنجه‌های بیشتر، طول خوشه بلندتر، تعداد بیشتر دانه در خوشه و بالاترین وزن هزار دانه بودند. این افزایش اجزای عملکرد ممکن است به این دلیل باشد که استفاده از نانوکود NPK باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی خاک توسط گیاه و در نتیجه بهبود فتوسنتز می‌شود (وو ۲۰۱۳). سوهیر و همکاران (۲۰۱۸)، برهان و الحسن (۲۰۱۹) و الحسن (۲۰۲۰) نیز، در تحقیقات خود، با کاربرد نانوکودها عملکرد دانه بیشتری را به دست آوردند.

نتایج مشابهی مبنی بر افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد نانوکودها در سیستم کشت زرت (نور آیین ۲۰۱۹)، برنج (آمالیا و همکاران ۲۰۲۰) و لوبیا چشم بلبلی (خلج و همکاران ۲۰۲۰) نیز، گزارش شده است. نانوکودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقایسه با کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و با میزان یکسان، عملکرد و ماده خشک بیشتری را در زرت تولید کردند (راپ و همکاران ۲۰۱۹ و نور آیین ۲۰۱۹). برهان و الحسن (۲۰۱۹) با بررسی نانوکود نیتروژن، فسفر و پتاسیم روی واریته‌های گندم اعلام کردند که عملکرد گندم به میزان ۴۸/۹۹ درصد افزایش یافت. در این رابطه، وایت و همکاران (۲۰۱۶) نیز، گزارش کردند که عملکرد دانه تحت تأثیر اثر متقابل منبع-مخزن به‌عنوان عوامل تعیین کننده رشد و اهداف بهبود محصول است. فعالیت منبع به توانایی گیاه در تولید فتو آسمیلات اشاره دارد؛ در حالی که فعالیت مخزن به تجمع داخلی این منابع اشاره دارد. نتایج نشان داد که افزایش اندازه مخزن (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه) همراه با افزایش اندازه گیاه (کانوپی بزرگ) یا فعالیت منبع (کلروفیل) می‌تواند منجر به بهبود عملکرد شود. سینگ و کاتاریا (۲۰۱۲) نیز، مشاهده کردند که مدیریت مواد غذایی از میزان مناسب تثبیت و تقسیم نیتروژن برای تأمین نیاز همزمان دو مخزن فعال یعنی بخش‌های زایشی و گره‌ها پشتیبانی می‌کند.

گرفتند. با این وجود، استفاده از نانوکودها نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش وزن صد دانه شد (جدول ۴). صفت وزن دانه از جمله صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه در محصولات دانه‌ای می‌باشد. این صفت در بعضی از محصولات از جمله نخود علاوه بر عملکرد دانه، بر بازارپسندی آن نیز بسیار مؤثر است که تحت تأثیر رقم و شرایط محیطی قرار می‌گیرد. زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد، مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی (دانه‌ها) منتقل می‌کند. کودهای نانو از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن صد دانه می‌شوند (عادلی و همکاران ۲۰۱۹). حمزه‌ای و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود گزارش کردند که در گیاه نخود، مصرف ۴ گرم در لیتر نانوکود آهن در مراحل گلدهی و غلاف‌بندی در مقایسه با تیمار شاهد، وزن هزار دانه را به میزان ۲۱ درصد افزایش داد. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی در مرحله غلاف‌دهی از طریق افزایش دسترسی مواد مغذی نانوکودها و احتمال افزایش طول دوره پر شدن دانه‌ها، وزن دانه را افزایش می‌دهد (پهلوان راد و همکاران ۲۰۰۸).

عملکرد دانه

اثر محلول‌پاشی تیمارهای کودی بر عملکرد دانه نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که کاربرد نانوکودها به‌خصوص نانوکودهای نیتروژنه و فسفره، موجب افزایش عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۴۷/۸۱ و ۵۳/۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. به طوری که، بیشترین مقدار عملکرد دانه به‌طور مشترک به تیمارهای نانوکود نیتروژنه و فسفره به ترتیب به میزان ۱۷۵۶/۲۲۳ و ۱۸۲۱/۳۸۳ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. کمترین آن نیز، به‌طور مشترک در تیمارهای نانوکود پتاسه و شاهد به میزان ۱۳۴۱/۷۴۴ و ۱۱۸۸/۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). محلول‌پاشی کودهای نانو به‌طور قابل توجهی عملکرد محصول را افزایش می‌دهد (طرفدار و همکاران ۲۰۱۲). جان‌محمدی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی خود روی نخود نشان دادند که در زمان بلوغ، گیاهانی که با نانوکودهای حاوی چند ماده مغذی تغذیه شدند، تولید

نانوکودها شوند (دیمکپاو همکاران ۲۰۱۵ و گورشی و همکاران ۲۰۱۸).

شاخص برداشت

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌دار بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد داشتند (جدول ۳). بیشترین میزان آن (۵۳/۶۶۷ درصد) مربوط به تیمار نانوکود فسفره بود. کمترین میزان آن به‌طور مشترک در تیمارهای نانوکود پتاسیم و شاهد (به‌ترتیب به‌میزان ۴۶/۶۶۷ و ۴۳/۶۶۷) به‌دست آمد. کاربرد نانوکود فسفره شاخص برداشت را به‌میزان ۲۲/۹۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۴). علت بالا بودن شاخص برداشت در تیمار نانوکود فسفره ممکن است به‌علت افزایش جزئی عملکرد دانه در این تیمار نسبت به تیمار نانوکود نیتروژنه باشد. تغییرات در شاخص برداشت گیاهان دانه‌ای، نشان‌دهنده تغییر در الگوی توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی می‌باشد (آنکوویچ و همکاران ۲۰۱۰). بالاتر بودن شاخص برداشت حاکی از آن است که مواد فتوسنتزی انتقال یافته به دانه‌ها نسبت به مواد فتوسنتزی باقیمانده در برگ‌ها و ساقه‌ها بیشتر بوده است (مجنون-حسینی و همکاران ۲۰۰۳). درستکار و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد نانوکودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه نخود باعث افزایش ۱۴ درصد شاخص برداشت شد. مهتا و بارات (۲۰۱۹) با کاربرد نانوکود نیتروژن، فسفر و پتاسیم روی گندم تفاوت معنی‌دار در شاخص برداشت مشاهده نکردند. الزریجاوی و الجوتتری (۲۰۲۰) در بررسی خود روی ذرت گزارش کردند که کاربرد نانوکود نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش ارتفاع گیاه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ذرت گردید. در تحقیقی دیگر، الجوتتری و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که در گندم میزان شاخص برداشت از ۴۴/۹۶ درصد در گیاهان تیمار شده با نانوکودها تا ۳۵/۲۷ درصد در گیاهان شاهد متغیر بود و این به‌دلیل برخی ویژگی‌های مثبت نانوکودها مانند سطح وسیع و اندازه ذرات کمتر از اندازه منافذ برگ گیاه بود که توانستند از سطح مورد نظر به‌راحتی عبور کنند و موجب بهبود در جذب و استفاده از مواد مغذی

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، محلول‌پاشی نانوکودهای مورد مطالعه در اکثر صفات مورد مطالعه در گیاه نخود نسبت به شاهد (بدون محلول‌پاشی) اثر مثبتی داشت. بیشترین مقدار صفات ارتفاع بوته از سطح زمین، تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته، وزن تر و وزن خشک بوته، تعداد گره در ریشه، وزن خشک گره ریشه، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر بوته، وزن دانه در هر بوته در اثر کاربرد نانوکود نیتروژنه به‌دست آمد. همچنین، محلول-پاشی نانوکود فسفره توانست وزن خشک بوته، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر بوته، وزن دانه در هر بوته را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد و با تیمار نانوکود نیتروژنه در گروه برتر قرار گیرد. بین تیمارهای کودی در صفت وزن صد دانه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند. با این وجود، استفاده از نانوکودها نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش وزن صد دانه شد. بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی نانوکود فسفره و نیتروژنه به‌دست آمد که توانستند عملکرد دانه را به‌ترتیب به‌میزان ۵۳/۲۹ و ۴۷/۸۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهند. بیشترین میزان شاخص برداشت در اثر محلول-پاشی نانوکود فسفره به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد این صفت را ۲۲/۹۳ درصد افزایش داد. به نظر می‌رسد از آنجایی که خاک منطقه دارای پتاس کافی می‌باشد؛ لذا با وجود تأثیر مثبت اندک نانوکود پتاسه در اکثر صفات مورد مطالعه، اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد نشان نداد. با توجه به اینکه کاربرد نانوکود نیتروژنه و فسفره سبب افزایش صفات مورد مطالعه نسبت به تیمار شاهد شدند، لذا توصیه می‌شود در این مناطق و اقلیم‌های مشابه از این نانوکودها استفاده گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از بخش پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی به واسطه فراهم‌سازی امکانات مالی لازم جهت پیشبرد

این تحقیق تقدیر و تشکر می‌شود. همچنین مراتب تقدیر و تشکر خود را از مرکز خدمات جهاد کشاورزی برزند و تشکر خود را از مرکز خدمات جهاد کشاورزی برزند و تشکر خود را از مرکز خدمات جهاد کشاورزی برزند و تشکر خود را از مرکز خدمات جهاد کشاورزی برزند

منابع مورد استفاده

- Abdel-Aziz HMM, Hasaneen MNA and Aya MO. 2018. Foliar application of nano chitosan NPK fertilizer improves the yield of wheat plants grown on two different soils. The Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany), 14(1): 63- 72.
- Adeli C, Pasari B and Rokhzadi A 2019. Study the response of two chickpea cultivars to application of biological and chemical fertilizers. Journal of Plant Ecophysiology, 11(39): 111- 125. (In Persian).
- Alhasan AS. 2020. Effect of different NPK nano-fertilizer rates on agronomic traits, essential oil seed yield of Basil (*Ocimum basilicum* L. cv dolly) grown under field conditions. Plant Archives, 20(2): 2959- 2962.
- Al-Juthery HWA, Habeeb KH, Altaee FJK, AL-Taey DKA and Al-Tawaha ARM. 2018. Effect of foliar application of different sources of nano-fertilizers on growth and yield of wheat. Journal by Innovative Scientific Information and Services Network, 15(4): 3988- 3997.
- Alzreejawi SAM and Al-juthery WAA. 2020. Effect of spray with nano npk, complete micro fertilizers and nano amino acids on some growth and yield indicators of maize (*Zea mays* L.). Iop Conference Series, Earth and Environmental Science, 533(12): 10- 18.
- Amalya NS, Yuniarti A, Setiawan A and Machfud Y. 2020. The effect of N,P,K fertilizer and nano silica fertilizer to total N content, N uptake and black rice yield (*Oryza Sativa* L.) on inceptisols from jatiningor. Journal of Plant Science, 8(5): 185-188.
- Azizi E, Mirbolook A and Behdad A. 2017. The effect of different concentrations of nano- Molybdenum and Calcium fertilizers on growth parameters and nodulation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Electronic Journal of Crop Production, 9(4): 179- 199. (In Persian).
- Burhan MG and AL-Hassan SA. 2019. Impact of nano NPK fertilizers to correlation between productivity, quality and flag leaf of some bread wheat varieties. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 50(Special Issue): 1- 7.
- Chipa H. 2017. Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. Environmental Chemistry Letters, 15(1): 15- 22.
- Czymmek K, Ketterings Q, Ros M, Battaglia M, Cela S, Crittenden S, Gates D, Walter T, Latessa S, Klaiber L and Albrecht G. 2020. The New York Phosphorus Index 2.0", Agronomy Fact Sheet Series. Fact Sheet 110, Cornell University Cooperative Extension, New York, NY, USA.
- Diatta AA, Fike JH, Battaglia M, Galbraith JM and Baig MB. 2020. Effects of biochar on soil fertility and crop productivity in arid regions: A review. Arabian Journal of Geosciences, 13: 1- 17.
- Dimkpa CO, McLean JE, Britt DW and Anderson AJ. 2015. Nano-CuO and interaction with nano-ZnO or soil bacterium provide evidence for the interference of nanoparticles in metal nutrition of plants. Ecotoxicology, 24: 119- 129.
- Dorostkar E, Talebi R and Kanouni H. 2016. Foliar application of Fe, Zn and NPK nano-fertilizers on seed yield and morphological traits in Chickpea under rainfed condition. Journal of Research in Ecology, 4(2): 221- 228.
- Eid MAM, Abdel-Salam AA, Salem HM, Mahrous SE, Seleiman MF, Alsadon AA, Solieman THI and Ibrahim A. 2020. Interaction effects of nitrogen source and irrigation regime on tuber quality, yield, and water use efficiency of *Solanum tuberosum* L. Plants, 9(1): 110- 130.
- Guo H, White JC, Wang Z and Xing B. 2018. Nano-enabled fertilizers to control the release and use efficiency of nutrients. Current Opinion in Environmental Science and Health, 6: 77– 83.

- Hamzei J, Seyedi M, Azadbakht A and Fesahat A 2018. Effect of foliar application of Iron on growth, nodulation and quantity and quality of yield of Chickpea (*Cicer arietinum*) in Hamedan. Journal of crop ecophysiology, 3(47): 427- 444. (In Persian).
- Hasaneen MNA, Abdel-aziz HMM and Omer AM. 2016. Effect of foliar application of engineered nanomaterials: carbon nanotubes NPK and chitosan nanoparticles NPK fertilizer on the growth of French bean plant. Biochemistry and Biotechnology Research, 4(4): 68- 76.
- Hegab RH, Abou Batta WF and El-Shazly MM. 2018. Effect of mineral, nano and bio nitrogen fertilization on nitrogen content and productivity of *Salvia officinalis* L. plant. Journal of Science and Agriculture, 9(9): 393- 401.
- Husen A and Iqbal M. 2019. Nanomaterials and Plant Potential, Springer, Cham, Switzerland.
- Ibrahim FR. 2019. Influence of potassium fertilization and nano-chitosan on growth, yield components and volatile oil production of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) plant. Journal of Plant Production of Mansoura University, 10(6): 435- 442.
- Janmohammadi M, Sabaghnia N, Seifi A and Pasandi M. 2017. The impacts of nano-structured nutrients on chickpea performance under supplemental irrigation. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 65(3): 859- 870.
- Keihani A and Modhej A. 2014. Growth reaction of corn hybrids (*Zea mays* L.) to nitrogen fertilizer. Crop Physiology Journal, 6(21): 5- 15.
- khalaj H, Baradarn Firouzabadi M and delfani M. 2020. Effect of nano iron and Magnesium chelate fertilizers on growth and grain yield of *Vigna sinensis* L.. Journal of Plant Process and Function, 9 (35): 161- 177.
- Koocheki A and Sarmadnia GH. 2013. Physiology of crop plants (Translation). Seventeenth Edition, University Jihad Publications, Ferdowsi University of Mashhad, 400 p. (In Persian).
- Kubavat D, Trivedi K, Vaghela P, Prasad K, Vijay Anand G.K, Trivedi H, Patidar R, Chaudhari J, Andhariya B and Ghosh A. 2020. Characterization of a chitosan-based sustained release nanofertilizer formulation used as a soil conditioner while simultaneously improving biomass production of *Zea mays* L., Land Degradation and Development, 31(17): 2734– 2746.
- Kumar P, Lai L, Battaglia ML, Kumar S, Owens V, Fike J, Galbraith J, Hong CO, Farris R, Crawford R, Crawford J, Hansen J, Mayton H and Viands D. 2019. Impacts of nitrogen fertilization rate and landscape position on select soil properties in switchgrass field at four sites in the USA. Catena, 180: 183– 193.
- Laranjo M, Alexander A and Oliveira S. 2014. Legume growth-promoting rhizobia: An overview on the Mesorhizobium genus. Microbiological Research, 169(1): 2- 17.
- Li SX, Wang ZH, Miao YF and Li SQ. 2014. Soil organic nitrogen and its contribution to crop production. Journal of Integrative Agriculture, 13(10): 2061– 2080.
- Liu Y, Ding Y, Wang Q, Meng D and Wang S. 2011. Effects of nitrogen and 6-benzylaminopurine on rice tiller bud growth and changes in endogenous hormones and nitrogen. Crop science, 51(2): 786 – 792.
- Mahil EIT and Kumar BNA. 2019. Foliar application of nanofertilizers in agricultural crops. A review, Journal of Farm Sciences, 32(3): 239- 249.
- Majnoon Hosseini N, Mohammadi H, Poustini K and Zeinaly Khanghah H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in Chickpea Cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agriculture Science, 34(4): 1011- 1019. (In Persian).
- Majnoon Hosseini N. 2015. Agronomy and Production of Pulses, Tehran University Jihad Publications, fifth edition, 284 p. (In Persian).
- Marimuthu S and Surendran U. 2015. Effect of nutrients and plant growth regulators on growth and yield of black gram in sandy loam soils of Cauvery new delta zone, India. Cogent Food and Agriculture, 1(1): 1010415.

- Mehta S and Bharat R. 2019. Effect of integrated use of nano and non-nano fertilizers on yield and yield attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8 (12): 598- 606.
- Mirzaei A, Naseri R, Miri T, Soleymani Fard SMA and Fathi A. 2018. Reaspose of yield and yield components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to the application of plant growth promoting RhizohBacteria and Nitrogen Chemical Fertilizer under rainfed conditions. Journal of Crop Ecophysiology, 11(4): 775-790. (In Persian).
- Mohamed SM, El-Ghait EMA, El-Shayeb NSA, Ghatas YA and Shahin AA. 2015. Effect of some fertilizers on improving growth and oil productivity of basil (*Ocimum basilicum* L.) cv. Genovese plant. Egypt Journal of Applied Science, 30(6): 384- 399.
- Mohammadzadeh Alghou M, Janmohammadi M and Sabaghnia N. 2019. Effects of sowing date and nutrition management as organic, chemical, biological and nanotropic in Chickpea yield. Electronic Journal of Crop Production, 11(4): 55- 70. (In Persian).
- Morab PN, Kumar S, Rameshbhai KA and Uma V. 2021. Foliar nutrition of nano-fertilizers: A smart way to increase the growth and productivity of crops. Journal of Pharmacignosy and Phytochemistry, 10(1): 1325-1330.
- Namvar A, Seyyed Sharifi R, Sedghi R and Asghari-Zakaria R. 2011. Study on the Effects of Organic and Inorganic Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components, and Nodulation State of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Communication in Soil Science and Plant Analysis, 42(9): 1097- 1109.
- Nasiri Mahallati M, Koocheki AR, Rezvani P and Beheshti AR. 2013. Agroecology (translation), Mashhad University Jihad Publications, sixth edition, 455 p. (In Persian).
- Nouraein M. 2019. Effect of nanofertilizers and biofertilizers on yield of maize. Botanica. 25(2): 121- 130.
- Pahlavan Rad MR, Keykha G and Naroui Rad MR. 2008. Effects of application of Zn, Fe and Mn on yield, yield component, nutrient concentration and uptake in wheat grain. Pajouhesh and Sazandegi, 79: 142-150. (In Persian).
- Preetha PS and Balakrishnan N. 2017. A review of nano fertilizers and their use and functions in soil. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6: 3117– 3133.
- Qureshi A, Singh D and Dwivedi S. 2018. Nano-fertilizers: A novel way for enhancing nutrient use efficiency and crop productivity. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7: 3325– 3335.
- Rafiullah TM, Khan F, Shah AH, Fahad S, Wahid F, Ali J, Adnan M, Ahmad M, Irfan M, Zafar-ul-Hye M, Battaglia ML, Zarei T, Datta R, Saleem IA, Rehman H and Danish S. 2020. Effect of micronutrients foliar supplementation on the production and eminence of plum (*Prunus domestica* L.). Quality Assurance and Safety of Crops and Foods, 12(SP1): 32– 40.
- Rajput VD, Minkina T, Sushkova S, Tsitsuash-vili V, Mandzhieva S, Gorovtsov A, Nevidoms-kyaya D and Gromakova N. 2018. Effect of nano particles on crops and soil microbial communities. Soils sediments, 18: 2179–2187.
- Rop K, Karuku GN, Mbui D, Njomo N and Michira I. 2019. Evaluating the effects of formulated nano-NPK slow release fertilizer composite on the performance and yield of maize, kale and capsicum. Annals of Agricultural Sciences, 64: 9- 19.
- Rostami Ajirloo A, Shaaban M and Rahmati Motlagh Z. 2015. Effect of K nano-fertilizer and N biofertilizer on yield and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 3(1): 138- 143.
- Sayah ZN and Jameel DA. 2020. Effect of nano NPK balanced fertilizer (20-20-20) on some vegetative and fruiting growth of *Cucurbita pepo* L., EurAsian Journal of Biosciences, 14: 6627- 6633.
- Seleiman MF, Almutairi KF, Alotaibi M, Shami A, Alhammad BA and Battaglia ML. 2021. Nano-fertilization as an emerging fertilization technique: Why can modern agriculture benefit from its use? Plants, 10(2): 27 pp.

- Seleiman MF, Santanen A and Makela P. 2020. Recycling sludge on cropland as fertilizer-Advantages and risks. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104647.
- Seyed Sharifi R and Khalilzadeh R. 2018. Morphology and growth and development stages of crops (cereals, industrial plants, fodder and legumes), Mohaghegh Ardabili University Press, first edition, 505 p. (In Persian).
- Shadravan B, Janmohammadi M, Dashti SH and Sabaghnia N. 2018. Influence of integrated application of nano-chelated trace elements and sulfur on desi chickpea in the short-season mediteranean-type environment. *Botanica*, 24(1): 15- 25.
- Singh N and Kataria N. 2012. Role of potassium fertilizer on nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under quantified water stress. *Journal of Agricultural Technology*, 8(1): 377 – 392.
- Sohair EED, Abdall AA, Amany AM, Hossain MF and Houda RA. 2018. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium nano fertilizers with different application times, methods and rates on some growth parameters of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Bioscience Research*, 15: 549- 564.
- Soliman AS, Hassan M, Abou-Elell F, Ahmed AH and El-Feky SA. 2016. Effect of nano and molecular phosphorus fertilizers on growth and chemical composition of Baobab (*Adansonia digitata* L.). *Journal of Plant Sciences*, 11: 52– 60.
- Taghizadeh R and Seyed Sharifi R. 2011. Effect of nitrogen fertilizer on yield attributes and nitrogen use efficiency in Corn cultivars. *Journal of Water and Soil Science*, 15 (57): 209-217. (In Persian).
- Tarafdar JC, Sharma S and Raliya R. 2012. Nano-technology: Interdisciplinary science of applications. *African Journal of Biotechnology*, 12(3): 219- 226.
- Tavan T, Niakan M and Norinia AA. 2014. Effect of nano-potassium fertilizer on growth factors, photosynthetic system and protein content in wheat (*Triticum aestivum* L. CV. N8019). *Journal of plant environmental physiology*, 3(35): 61- 71. (In Persian).
- Tobeh A, Sadeghzadeh Hemayati S and Ziachehreh M. 2017. Chickpea cultivation. Ardabil University Jihad Publications. First Edition, 192 p.
- Unkovich M, Baldock J and Forbes M. 2010. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: Examples from Australian agriculture. *Advances in Agronomy*, 105: 173-219.
- Valadkhan M, Mohammadi K.H and Karimi Nezhad MT. 2015. Effect of priming and foliar application of nanoparticles on agronomic traits of chickpea. *Biological Forum*, 7(2): 599- 602.
- Varshney RK, Thudi M and Muehlbauer F. 2017. *The Chickpea Genome*. Springer International Publishing.
- Weiss A, Pasari b and Rokhzadi A. 2019. Investigating the effect of humic acid and micronutrient nano fertilizers on the response of rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) in autumn cultivation. *Crop Physiology Journal*, 10(40): 93- 110. (In Persian).
- White AC, Rogers A, Rees M and Osborne CP. 2016. How can we make plants grow faster? A source- sink perspective on growth rate. *Journal of Experimental Botany*, 67(1): 31- 45.
- Wu M. 2013. Effects of incorporation of nano-carbon into slow-released fertilizer on rice yield and nitrogen loss in surface water of paddy soil. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5: 398- 403.