



دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مقایسه اثر نانوذرات و کودهای متداول کلسیم بر عملکرد کمی و کیفی دانه در سه رقم تجاری بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)

فائزه چهره نورانی^۱، پروانه راهداری^۲، معرفت مصطفوی راد^۳، محمودی اسدی^۴، شادی کیابی^۵

دریافت ۱۴۰۲/۹/۶، پذیرش ۱۴۰۲/۱۰/۲

چکیده

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در رشت اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه رقم بادام زمینی (NC₂، NC₄ و NC₇) به عنوان کرت اصلی و چهار سطح کودی کلسیم (نانوکود کلسیم، Ca-EDTA، کلراید کلسیم و نیترات کلسیم) به عنوان کرت فرعی بودند. بالاترین عملکرد غلاف (۳۴۸۳ کیلوگرم در هکتار) و دانه (۲۸۵۶ کیلوگرم در هکتار) تحت تاثیر کاربرد برگی نانوکود کلسیم در رقم NC₂ مشاهده گردید. بیشترین محتوای روغن دانه (۴۷/۲۱ درصد) در رقم NC₄ و بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۶/۴۹ درصد) در رقم NC₂ به ترتیب تحت تاثیر کاربرد برگی نانوکود کلسیم کلراید کلسیم حاصل شد. به علاوه، بیشترین غلظت اولئیک اسید (۵۵/۸۹ درصد) و پالمیتیک اسید (۸/۷۸ درصد) در رقم NC₇ در واکنش به نانوکود کلسیم به دست آمد و کاربرد نیترات کلسیم سبب تولید حداکثر غلظت لینولئیک اسید (۲۵/۸۹ درصد) و استئاریک اسید (۴/۰۹ درصد) در رقم NC₇ گردید. عملکرد دانه بادام زمینی با برخی صفاتی نظیر عملکرد غلاف ($r=0.74^{**}$)، شاخص برداشت دانه ($r=0.48^{**}$)،

۱- گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

۲- گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران. مسئول مکاتبات: rahdari_parvaneh@yahoo.com

۳- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان.

۴- گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

۵- گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

شاخص سبزیبگی برگ ($r=0/61^{**}$)، طول غلاف ($r=0/59^{**}$) و عرض غلاف ($r=0/43^{**}$) همبستگی مثبت و معنی دار داشت. همچنین، عملکرد دانه بادام زمینی با اسیدهای چرب اولئیک ($r=-0/69^{**}$) و لینولئیک ($r=-0/63^{**}$) همبستگی منفی و معنی دار نشان داد. نتایج نشان داد که کاربرد برگی نانوکود کلسیم سبب افزایش عملکرد دانه و کیفیت روغن به ترتیب در ارقام NC2 و NC7 تحت شرایط اقلیمی منطقه گردید و می تواند جهت ارتقای کمیت و کیفیت عملکرد بادام زمینی تحت شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

واژه های کلیدی: اسیدهای چرب، تغذیه برگی بادام زمینی، صفات فیزیولوژیک، نانوکود، ضریب همبستگی.

چهره نورانی، ف.، راهداری، پ.، مصطفوی راد، م.، م. اسدی، ش. کیابی. مقایسه اثر نانوذرات و کودهای متداول کلسیم بر عملکرد کمی و کیفی دانه در سه رقم تجاری بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.). (۱۵): ۵۲-۱۸

مقدمه

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) یکی از گیاهان مهم روغنی خانواده لگومها است که در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا کشت می شود. دانه بادام زمینی حاوی ۴۰ الی ۵۰ درصد روغن و کنجاله آن پس از روغن کشی دارای ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین (کابا و همکاران، ۲۰۱۴ و جابریلدار و همکاران، ۲۰۱۷) و روغن بادام زمینی حاوی اسیدهای چرب مهمی نظیر اولئیک اسید (۵۰ تا ۶۰ درصد)، لینولئیک اسید (۱۸ تا ۳۰ درصد)، پالمیتیک اسید (۸ تا ۱۰ درصد) و استئاریک اسید (۳ تا ۶ درصد) می باشد که در تغذیه انسان و تعلیف دام نقش بارزی دارد (ماهارنور و همکاران، ۲۰۱۸). سطح زیر کشت بادام زمینی در مقیاس جهانی حدود ۲۶ میلیون هکتار و در ایران حدود ۳/۱ هزار هکتار می باشد (فائو، ۲۰۲۰). در حال حاضر رقم غالب فعلی بادام زمینی در منطقه رقم NC2 می باشد و استفاده از ارقام پرمحصول جدید در منطقه ضرورت دارد. عملکرد بادام زمینی تحت تأثیر ژنوتیپ قرار می گیرد و مقایسه ارقام تجاری برای عملکرد می تواند تولید دانه در منطقه را بهبود بخشد (نیگام و همکاران، ۱۹۹۱ و آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۶). محققان دیگری گزارش کردند که تنوع ژنتیکی بالایی در ارقام مختلف بادام زمینی از نظر عملکرد دانه، عملکرد غلاف و دیگر صفات زراعی وجود دارد (آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۶؛ چادهاری و همکاران، ۲۰۱۷ و راتچانی، ۲۰۱۹). از طرفی تغذیه با عنصر غذایی کلسیم نقش مهمی در بهینه سازی رشد زایشی و عملکرد گیاهان زراعی به ویژه بادام زمینی دارد. محققان گزارش کردند که ناکافی بودن کلسیم قابل دسترس گیاه سبب نارس شدن غلاف ها، سیاه شدن جنین در بذور و جوانه زنی ضعیف بذور بادام زمینی گردید و کاربرد کلسیم سبب افزایش عملکرد غلاف، عملکرد دانه و محتوای روغن دانه بادام زمینی شد (حسین زاده گشتی و همکاران، ۲۰۱۲). در آزمایش دیگری گزارش شده است که کاربرد عنصر کلسیم رشد بوته های بادام زمینی و تثبیت زیستی نیتروژن (ویسانی و همکاران، ۲۰۱۳) و استقرار گیاهچه و فعالیت باکتری های تثبیت کننده نیتروژن را بهبود بخشید و ضمن کاهش بیماری های پوسیدگی میوه و ریشه سبب افزایش تولید ماده خشک و عملکرد دانه بادام زمینی گردید (کیرتیسینگ و همکاران، ۲۰۱۴) و استفاده از کود کلسیم موجب بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی، افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی و بهبود کمیت و کیفیت روغن بادام زمینی گردید (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱).

از طرفی، کارایی انواع کودهای شیمیایی برای بهبود رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی می‌تواند، متفاوت باشد. به‌ویژه فناوری نانو با تولید کودهای سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه با ابعاد ی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر پتانسیل بیشتری برای افزایش تولیدات کشاورزی دارد (مونیکا و کریمونینی، ۲۰۰۹ و هانگ و همکاران، ۲۰۱۵). کودهای نانو به دلیل رهاسازی عناصر غذایی با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد (پولیزل و همکاران، ۲۰۱۱)، کارایی جذب و مصرف بالا (قرشی و همکاران، ۲۰۱۸) و آلودگی زیست محیطی کمتری (سادات نوری و خدایاری، ۱۳۸۴) دارند. و فراهمی عناصر کم مصرف را برای گیاهان (دی و همکاران، ۲۰۱۸) و باروری گیاهان زراعی (چیناموتو و بوپاتی، ۲۰۰۹) و عملکرد بادام زمینی (پراساد و همکاران، ۲۰۱۲) را افزایش می‌دهد. محققان معتقدند که استفاده از نانوکودها می‌تواند درآمد کشاورزان را حدود پنج برابر افزایش دهد (نظران، ۱۳۸۹). محققان دیگری گزارش کرده‌اند که کاربرد نیترات کلسیم رشد رویشی و عملکرد غده در سبب زمینی ترش گردید و کود کلسیم به صورت Ca-EDTA و نیترات کلسیم نقش بارزی در جلوگیری از فساد قارچی و کاهش وزن غده‌ها در طی دوره ذخیره‌سازی غده‌ها در انبار داشت (ابراهیم و همکاران، ۲۰۱۷). در آزمایش دیگری گزارش شده است که کاربرد تلفیقی نانوکود کلسیم با نیترات کلسیم از نظر رشد گیاه، عملکرد دانه و صفات کیفی بادام زمینی بر تیمارهای دیگر برتری داشت (التمشا و همکاران، ۲۰۲۳). این آزمایش با هدف تعیین بهترین رقم و منابع کودی کلسیم جهت ارتقای کمیت و کیفیت دانه بادام زمینی در منطقه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، رشت اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه رقم بادام زمینی (NC₂، NC₄ و NC₇) به عنوان کرت اصلی و چهار سطح کودی کلسیم (نانوکود کلسیم، Ca-EDTA، کلراید کلسیم و نیترات کلسیم) به عنوان کرت فرعی بودند. ارقام بادام زمینی از بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان تهیه گردید. ارقام NC₂، NC₄ و NC₇ دارای تیپ نیمه افراشته و از نظر اندازه بذر و محتوای روغن دانه متفاوت می‌باشند. بذرها ی رقم NC₄ و NC₇ به ترتیب ریز و درشت و اندازه بذرها ی NC₂ حدواسط می‌باشد. بذرها ی ریز بادام زمینی معمولاً دارای درصد رغن بیشتری هستند. بدین ترتیب، رقم NC₄ با بیشترین درصد روغن دانه برای صنایع روغن‌کشی و بذرها ی NC₇ برای مصارف آجیلی مناسب می‌باشد و بذرها ی NC₂ برای هر دو منظور مصارف آجیلی و روغن‌کشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علاوه، اندازه برگ‌ها در رقم NC₇ و درشت‌تر از دو رقم دیگر است و در انتهای فصل رشد تمام برگ‌های آن ریزش می‌کنند. ولی، برگ‌های ارقام NC₂ و NC₄ در زمان برداشت سبز باقی می‌مانند و برای تعلیف دام‌ها مناسب می‌باشد. عملیات آماده‌سازی مزرعه آزمایشی طی دو مرحله شخم و دیسک در فروردین و نیمه اول اردیبهشت ماه انجام گردید و بذرها ی ارقام مورد مطالعه بادام زمینی در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه با دست کاشته شد. قبل از عملیات کاشت جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری در چند نقطه از خاک مزرعه نمونه برداری و به آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

استان گیلان مرکز ارسال شد و نتایج آزمون خاک در جدول ۱ درج شده است. همچنین، پارامترهای اقلیمی منطقه اجرای آزمایش در طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ از ایستگاه هواشناسی رشت اخذ گردید که در جدول ۲ ارایه شده است. در این آزمایش، بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین گردید. اسیدیته محلول خاک (با نسبت ۱ به ۲/۵ آب به خاک) به وسیله پهاش سنج (مدل ۹۰۱) و کربن آلی خاک به روش والکی بلک اندازه گیری شد. نیتروژن خاک با استفاده از دستگاه کج لادال اتو آنالیزر و غلظت عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم و روی با استفاده از دستگاه طیف سنج جذب اتمی (مدل Thermo Elemental Solaar) تعیین گردید (علی احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲). همچنین، فسفر به روش اولسن و سولفور معدنی به روش کدورتسنجی یا کالریمتری با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Pharmacia VIS Spectrophotometer) اندازه گیری گردید (پیچ و همکاران ۱۹۸۲).

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق خاک (سانتی متر)	بافت خاک	درصد رس	درصد لوم	درصد شن	اسیدیته خاک	مواد آلی خاک (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)	روی قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)	کلسیم قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰-۳۰	لومی-رسی	۳۰/۷	۲۷/۱	۴۱/۲	۵/۷	۱/۷۹	۰/۱۷۱	۹/۳	۲۱۰	۱/۷	۱۹/۲۳

جدول ۲- پارامترهای اقلیمی رشت در سالهای زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

۲۰۱۸						۲۰۱۹					
بارندگی (میلی متر)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	متوسط دما (درجه سلسیوس)	میانگین حداکثر دما (درجه سلسیوس)	میانگین حداقل دما (درجه سلسیوس)	ماه ها	بارندگی (میلی متر)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	متوسط دما (درجه سلسیوس)	میانگین حداکثر دما (درجه سلسیوس)	میانگین حداقل دما (درجه سلسیوس)	ماه ها
۱۳۵/۵	۷۰	۱۲/۲	۸/۹	۱۵/۴	۱۲۲/۷	۶۷/۵	۵۹	۱۷/۹	۱۳/۷	۲۲/۰	۱۳۹/۵
۰/۳	۴۵	۲۴/۸	۱۹/۹	۲۹/۷	۶۲	۰/۳	۴۵	۲۴/۸	۱۹/۹	۲۹/۷	۱۳۹/۵
۱۹/۸	۴۹	۲۶/۷	۲۲/۲	۳۱/۲	۱۷۱/۱	۱۹/۸	۴۹	۲۶/۷	۲۲/۲	۳۱/۲	۱۷۱/۱
۱۰۳/۲	۶۱	۲۵/۲	۲۱/۴	۲۸/۹	۲۵/۳	۱۰۳/۲	۶۱	۲۵/۲	۲۱/۴	۲۸/۹	۲۵/۳
۹۷/۷	۵۶/۵	۲۴/۰	۱۹/۲	۲۸/۷	۱۳۸	۹۷/۷	۵۶/۵	۲۴/۰	۱۹/۲	۲۸/۷	۱۳۸

در هر دو سال زراعی، کوددهی براساس نتایج آزمون خاک انجام گردید و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۶۰ کیلوگرم اوره به عنوان نیتروژن آغازگر قبل از عملیات کاشت و به طور یکنواخت در سطح مزرعه پاشیده شد و به وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردید. هر کرت دارای شش خط کاشت به طول پنج متر بود و فاصله بین ردیف های کاشت بادام زمینی ۵۰ و فاصله بین بوته ها بر روی ردیف های کاشت ۲۰ سانتی متر بود. علف های هرز در دو مرحله ۴ تا ۶ برگی و مرحله نمو غلاف ها و مصادف با خاک دهی پای بوته های بادام زمینی وجین شد. کودهای کلسیم با غلظت دو در هزار یک بار در مرحله شروع گل دهی و بار دیگر در مرحله تشکیل و نمو غلاف های بادام زمینی (با فاصله ۳۰ روز) به صورت محلول پاشی مورد استفاده قرار گرفت (نوبهار، ۱۳۹۸). شاخص سبزینگی برگ (اسپاد) ۱۰ روز قبل از برداشت بادام زمینی و در پنج برگ انتهایی بوته با دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502 مدل مینولتای ژاپن) اندازه گیری شد (سید شریفی و همکاران، ۲۰۱۶).

هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوژیک دانه، برای محاسبه عملکرد علوفه، غلاف و دانه، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت تعداد ۵۰ بوته به‌طور تصادفی از چهار ردیف وسطی از هر کرت برداشت شد. اندام‌های هوایی، غلاف و دانه بادام زمینی از یکدیگر جدا شد و در هوای آزاد خشک و سپس توزین گردید و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. شاخص برداشت دانه از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده بر حسب درصد محاسبه گردید. از غلافهای برداشت شده از هر کرت تعداد ۵۰ غلاف به‌طور تصادفی جدا شد و طول و عرض غلاف‌ها با کولیس دیجیتالی و برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. درصد نیتروژن دانه بادام زمینی با دستگاه کج‌دلال تعیین و از حاصلضرب مقدار نیتروژن در عدد ۶/۲۵، درصد پروتئین دانه به‌دست آمد (انتانوس و کوتروباس، ۲۰۰۲). درصد روغن دانه با روش سوکسله (لطیف و انور، ۲۰۰۸) و پروفایل اسیدهای چرب روغن بادام زمینی به‌روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) تعیین گردید (تای و همکاران، ۲۰۱۵). پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی اشتباه آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و همبستگی ساده بین میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.4 و مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه

برهمکنش رقم و کود کلسیم بر عملکرد علوفه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کاربرد نانوکود کلسیم بالاترین عملکرد علوفه (۸۸۵۹ کیلوگرم در هکتار) را رقم NC2 تولید کرد که تفاوت معنی‌داری با عملکرد علوفه (۸۷۲۹ کیلوگرم در هکتار) در رقم NC7 نداشت (جدول ۴). محققان دیگری نشان دادند که کاربرد نانوکود کلسیم سبب افزایش تولید ماده خشک بادام زمینی در واحد سطح گردید (نوبهار، ۱۳۹۸). در آزمایش دیگری گزارش شده است که محلول‌پاشی کلسیم با بهبود جوانه‌زنی، استقرار سریع گیاهان و رشد و فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش تولید ماده خشک در بادام زمینی (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱؛ ویسانی و همکاران، ۲۰۱۳ و کیرتیسینگ و همکاران، ۲۰۱۴). به‌علاوه، نتایج بیانگر این واقعیت است که کاربرد برگی نانوکود کلسیم با افزایش رشد اندام‌های هوایی سبب تولید مقدار قابل توجه‌ای علوفه برای تغلیف دام‌ها می‌شود. همچنین، با افزایش رشد اندام‌های هوایی و برگ‌ها به‌عنوان منابع فتوسنتزی بسته به نوع رقم سبب افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و افزایش تولید بادام زمینی در واحد سطح می‌شود.

عملکرد غلاف

در این آزمایش، برهمکنش رقم و کود کلسیم بر عملکرد غلاف بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد غلاف (۳۴۸۳ کیلوگرم در هکتار) بادام زمینی در رقم NC2 در واکنش به محلول‌پاشی نانوکود کلسیم به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که عملکرد غلاف بادام زمینی تحت تاثیر کاربرد برگی نانوکود کلسیم در هر سه رقم بادام زمینی در مقایسه با دیگر مورد مطالعه بیشتر بود. محققان دیگری نشان دادند که تنوع ژنتیکی بالایی در ژرم‌پلاسماهای بادام‌زمینی موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران برای عملکرد غلاف وجود داشت (اعلمی و همکاران، ۱۳۸۵) و ارقام مختلف بادام‌زمینی از نظر عملکرد غلاف تفاوت معنی‌داری داشتند (چادھاری و همکاران، ۲۰۱۷ و راتچانی، ۲۰۱۹). محققان دیگری نشان دادند

کاربرد برگی کلسیم سبب افزایش عملکرد غلاف بادام زمینی گردید (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱؛ حسینزاده گشتی و همکاران، ۲۰۱۲ و کیرتیسینگ و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده در سه رقم بادام زمینی تحت تاثیر کودهای مختلف کلسیم

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد علوفه	عملکرد غلاف	عملکرد دانه	شاخص برداشت دانه	روغن دانه	پروتئین دانه	شاخص سبزیبگی برگ
سال	۱	۴۹۱۷۰۱/۳۹ ns	۱۴۷۲۰۴۲/۰۱ ns	۹۷۷۶/۶۸ ns	۰/۰۳ ns	۱۴/۲۲ ns	۱۸/۹۶ ns	۲۸۱/۶۳ ns
تکرار (سال)	۴	۲۲۰۲۸۸۰/۳۰	۳۴۹۵۳۵۳/۴۷	۱۰۴۶۵۵۶/۹۹	۶۵۷/۵۹	۱۱۸/۲۲	۵/۹۲	۱۲۹۶/۳۰
رقم	۲	۱۵۵۳۰۱۳/۶۳**	۸۷۸۷۴۵۲/۴۳**	۷۹۴۳۱۵۵/۶**	۱۱۱۵/۹۷**	۴۰۱/۰۵**	۲۴/۸۰**	۲۲۹/۴۰**
سال × رقم	۲	۴۴۳۱۵/۷۱	۵۵۶/۶۰	۱۳۹۵۸/۵۹	۲/۴۱	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱
اشتباه اصلی	۸	۳۳۱۷۵/۲۲	۴۱۱۷۱/۷۰	۱۶۷۵۱/۸۸	۶/۱۲	۰/۵۱	۶۱/۵۷	۵/۷۴
کلسیم	۳	۵۸۳۳۳۲/۶۴**	۲۹۸۱۱۸۸۱/۸۳**	۱۱۳۷۲۹۷۸/۱**	۴۱۶/۹۴**	۱۰۶۷/۲۰**	۲۶۷/۳۳**	۷۱۸/۷۰**
سال × کلسیم	۳	۳۳۸۴۴/۶۸	۳۹۵۳/۱۳	۱۲۴۳۸/۶۹	۱/۲۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲۲۰۵۱	۰/۰۰۷۸۵۸
رقم × کلسیم	۶	۷۰۵۴۶/۶۱ ns	۳۱۸۲۱/۴۱**	۴۸۶۳۱/۲۷**	۲/۶۸**	۹/۱۴**	۵/۶۵**	۵/۰۴**
سال × رقم × کلسیم	۶	۲۸۳۳۰/۱۸	۴۹۰۲/۴۳	۷۱۷۳/۱۱	۱/۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱
اشتباه فرعی	۳۶	۸۳۵۴۸۴	۱۷۴۱۴/۵	۱۴۲۴۷/۱۱	۵/۹۴	۲/۵۷	۱۵۶۲/۵۴	۳/۰۲
ضریب تغییرات (CV%)	-	۴/۵۸	۴/۱۲	۶/۰۴	۹/۰۸	۳/۵۵	۵/۰۱	۴/۱۰

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده در سه رقم بادام زمینی تحت تاثیر کودهای مختلف کلسیم

منبع تغییرات	طول غلاف	عرض غلاف	اولئیک اسید	لینولئیک اسید	پالمیتیک اسید	استئاریک اسید	آراشیدیک اسید	بیهنیک اسید
سال	۱۳/۷۵ ns	۶۹/۷۲ ns	۸۲۹۴/۹۶ ns	۷۷/۴۸ ns	۱۸/۶۵ ns	۱۹/۴۸ ns	۳/۰۲ ns	۸/۲۲ ns
تکرار (سال)	۹۰/۱۸	۱۶/۴۷	۱۶۳۴/۳۲	۱۳۸۰/۲۰	۱۱/۵۹	۱۰/۷۹	۲/۰۰	۳/۵۹
رقم	۲۰/۲۵**	۳/۲۸**	۲۵۱/۱۸**	۱۶/۱۱**	۰/۹۵**	۲/۲۰**	۰/۹۳**	۱/۹۴**
سال × رقم	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲
اشتباه اصلی	۲۷/۰۶	۵/۵۳	۱/۸۴	۲/۷۲	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۰۸
کلسیم	۱۷/۱۸**	۱/۵۴**	۷۷/۹۳**	۲۸۱/۵۷**	۱۵/۵۶**	۱۰/۳۴**	۱/۳۰**	۱/۹۳**
سال × کلسیم	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱
رقم × کلسیم	۱/۸۸**	۱/۱۲*	۸/۲۲**	۶/۰۱**	۰/۳۲**	۷/۰۳**	۰/۰۵**	۰/۳۱*
سال × رقم × کلسیم	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۱
اشتباه فرعی	۲/۱۹	۰/۳۲	۱/۶۹	۰/۶۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۳۱	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (CV%)	۴/۷۸	۳/۷۹	۲/۳۸	۳/۰۴	۲/۸۸	۶/۳۰	۱۱/۰۱	۴/۵۴

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر برهمکنش رقم × کود کلسیم

رقم	کود کلسیم	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت دانه (درصد)	روغن دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	شاخص سبزیبگی برگ (عدد اسپاد)
NC ₂	نانو کود کلسیم	۸۸۵۹/۵۸a	۳۴۸۳/۳۳a	۲۸۵۶/۲۰a	۳۲/۳۶a	۴۵/۳۴b	۲۳/۹۷e	۴۲/۶۹c
	کلات کلسیم	۷۵۹۳/۷۵c	۳۰۷۸/۳۳b	۲۴۲۸/۲۰b	۳۲/۳۱a	۴۴/۵۷c	۲۵/۰۶c	۴۳/۴۳b
	کلسیم کلراید	۶۸۶۱/۲۵d	۲۸۹۰/۰۰c	۲۰۸۷/۸۷d	۳۰/۸۹b	۳۷/۶۲f	۲۶/۴۹a	۳۸/۷۵g
	نیترات کلسیم	۶۸۹۸/۹۵d	۲۴۹۶/۶۶e	۱۸۴۸/۷۵e	۲۷/۳۹b	۳۶/۴۶h	۲۱/۴۰h	۳۷/۱۵h
NC ₄	نانو کود کلسیم	۸۲۱۵/۸۳b	۲۹۴۱/۶۶bc	۲۲۹۷/۴۵c	۲۸/۰۳b	۴۷/۲۱a	۲۴/۶۹d	۴۰/۹۴d
	کلات کلسیم	۷۰۶۵/۰۰e	۲۴۳۸/۳۳e	۱۸۳۷/۵۸e	۲۵/۹۵c	۴۶/۳۳b	۲۵/۶۳b	۳۹/۷۶e
	کلسیم کلراید	۶۴۳۰/۰۰f	۲۳۱۳/۳۳f	۱۶۳۳/۴۱f	۲۵/۶۱c	۳۶/۸۵g	۲۲/۶۰g	۳۵/۱۶i
	نیترات کلسیم	۶۴۹۲/۰۸f	۲۰۳۳/۳۳g	۱۳۵۸/۵۰g	۲۱/۴۴e	۳۸/۳۶e	۲۰/۶۰j	۳۵/۰۰i
NC ₇	نانو کود کلسیم	۸۷۲۹/۱۶a	۳۱۷۸/۳۳b	۲۲۹۵/۳۳c	۲۶/۴۱c	۴۲/۳۶d	۲۳/۶۹f	۴۳/۶۱b
	کلات کلسیم	۷۵۹۸/۱۲c	۲۸۹۵/۰۰c	۱۹۱۶/۱۶e	۲۵/۳۸c	۴۲/۰۲d	۲۱/۳۰i	۴۲/۷۰c
	کلسیم کلراید	۶۹۷۸/۳۳de	۲۶۷۳/۳۳d	۱۶۸۷/۱۲f	۲۴/۷۸d	۳۵/۵۷i	۱۷/۰۶k	۳۹/۰۷f
	نیترات کلسیم	۶۹۰۲/۹۱de	۲۱۶۳/۳۳g	۱۴۴۹/۱۲g	۲۱/۳۶e	۳۴/۴۸j	۱۷/۰۸k	۴۴/۵۲a

ادامه جدول ۴-۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر برهمکنش رقم × کود کلسیم									
رقم	تیمارها	طول غلاف (میلی متر)	عرض غلاف (میلی متر)	اولئیک اسید (درصد)	لینولئیک اسید (درصد)	پالمیتیک اسید (درصد)	استئاریک اسید (درصد)	آراشیدیک اسید (درصد)	بیهنیک اسید (درصد)
NC ₂	نانو کود کلسیم	۳۲/۲۰a	۱۵/۲۰ab	۴۶/۳۰h	۲۰/۰۴g	۸/۴۰c	۳/۱۴f	۱/۷۰d	۳/۳۹a
	کلات کلسیم	۳۱/۹۲b	۱۵/۱۵b	۵۳/۳۱d	۲۴/۳۵c	۸/۳۸c	۳/۷۱b	۲/۳۱a	۳/۲۱a
	کلسیم کلراید	۳۱/۶۳c	۱۵/۳۱a	۵۲/۱۲g	۲۱/۶۷f	۷/۲۵d	۳/۴۵e	۱/۵۳d	۲/۸۸b
	نیترات کلسیم	۳۱/۶۶c	۱۵/۰۹b	۵۳/۰۳e	۲۵/۷۹a	۸/۳۳c	۴/۰۴a	۱/۶۱d	۳/۰۰ab
	نانو کود کلسیم	۳۲/۶۰a	۱۵/۳۳a	۵۲/۸۳f	۲۴/۸۰b	۸/۵۶b	۲/۹۰g	۱/۶۱d	۲/۷۷b
NC ₄	کلات کلسیم	۳۱/۵۰b	۱۵/۲۵ab	۵۲/۰۴g	۲۴/۶۸b	۸/۴۷b	۳/۵۶e	۱/۵۳d	۳/۰۵ab
	کلسیم کلراید	۳۱/۵۱b	۱۴/۸۰d	۵۰/۰۴g	۲۱/۹۷e	۸/۳۶c	۳/۴۰e	۱/۴۱e	۲/۷۰c
	نیترات کلسیم	۳۰/۱۱c	۱۴/۶۷d	۵۲/۱۱f	۲۵/۷۹a	۸/۵۴b	۳/۷۶b	۱/۵۳d	۲/۸۳b
	نانو کود کلسیم	۳۱/۰۱b	۱۴/۹۰c	۵۵/۸۹a	۲۵/۶۴a	۸/۷۶a	۳/۲۴h	۱/۸۱c	۳/۱۱b
	کلات کلسیم	۳۰/۲۴c	۱۴/۶۳d	۵۵/۱۳b	۲۴/۹۷b	۸/۱۶d	۳/۸۹b	۱/۸۵c	۳/۱۴b
NC ₇	کلسیم کلراید	۲۹/۸۵d	۱۴/۶۶d	۵۳/۱۳e	۲۲/۷۷d	۸/۳۸c	۳/۵۹c	۱/۵۶d	۲/۷۵c
	نیترات کلسیم	۲۹/۹۵d	۱۵/۰۹b	۵۴/۱۳c	۲۵/۸۹a	۸/۳۵c	۴/۰۹a	۱/۷۳c	۲/۹۱b

میانگین هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن ندارند

دلیل این پدیده، احتمالاً بهبود استقرار گیاهچه و افزایش فعالیت باکتری های تثبیت کننده نیتروژن شد و کاهش بیماری های پوسیدگی غلاف بادام زمینی در واکنش به کاربرد کلسیم می باشد که به تبع آن عملکرد غلاف بادام زمینی در واحد سطح افزایش پیدا می کند (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱ و کیرتیسینگ و همکاران، ۲۰۱۴). به طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد نانوکود کلسیم از طریق افزایش رشد اندام های هوایی سبب افزایش ظرفیت و فعالیت فتوسنتزی بوته های بادام زمینی و بهبود عملکرد غلاف بادام زمینی در واحد سطح گردید.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که برهمکنش رقم و کود کلسیم تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه (۲۸۵۶ کیلوگرم در هکتار) بادام زمینی در رقم NC₂ تحت تاثیر محلول پاشی نانوکود کلسیم بر روی بوته های بادام زمینی مشاهده گردید (جدول ۴). در این آزمایش، ارقام مختلف بادام از نظر عملکرد دانه تفاوت ژنتیکی معنی داری نشان دادند و رقم NC₂ از نظر عملکرد دانه در واکنش به محلول پاشی نانوکود کلسیم برتری قابل توجه ای نشان داد. در آزمایش مشابه ای گزارش شده است که ارقام مختلف دانه بادام زمینی عملکرد دانه متفاوتی داشتند (هاگوس و همکاران، ۲۰۱۲ و جیارامراجا و همکاران، ۲۰۱۴) محققان دیگری نشان دادند که کاربرد نانوکود کلسیم سبب افزایش عملکرد دانه در رقم NC₂ بادام زمینی گردید (نوبهار، ۱۳۹۸). نتایج نشان داد که کاربرد برگی نانوکود کلسیم از طریق افزایش رشد اندام های هوایی به عنوان منابع فتوسنتزی و تولید غلاف بادام زمینی به عنوان مخازن فیزیولوژیک بادام زمینی در مقایسه با انواع دیگر کودهای کلسیمی، عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد. کاربرد برگی نانوکود کلسیم در هر سه رقم بادام زمینی سبب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با دیگر تیمارها گردید. بدین ترتیب، محلول- پاشی نانوکود کلسیم می تواند روش مطمئنی برای تامین نیاز غذایی بوته های بادام زمینی باشد (دیر و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، افزایش عملکرد دانه در واکنش به محلول پاشی نانوکود کلسیم احتمالاً می تواند ناشی از رهاسازی کلسیم با سرعت مطلوب از منبع نانوکود در تمام طول فصل رشد بادام زمینی و در نتیجه بهبود کارایی و افزایش راندمان جذب نانوکود کلسیم به وسیله گیاه باشد (پولیزل و همکاران، ۲۰۱۱) که از طریق تاثیر

مثبت بر فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک و بیولوژیک، نمو و متابولیسم گیاه (پاتاک و همکاران، ۲۰۲۰) و دخالت مستقیم در بهبود فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات (اختر و همکاران، ۲۰۱۰) سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

شاخص برداشت دانه

برهمکنش رقم و کود کلسیم تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت دانه در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). در این آزمایش، بیشترین شاخص برداشت دانه (۳۲/۳۶ درصد) در رقم NC₂ و تحت تاثیر نانوکود کلسیم حاصل گردید که تفاوت معنی‌داری با کلات Ca-EDTA نداشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که واکنش ارقام مورد مطالعه بادام زمینی به نانوکود کلسیم و کلات Ca-EDTA مشابه بود و سبب افزایش شاخص برداشت دانه در هر سه رقم گردید. با این توصیف، افزایش شاخص برداشت دانه در رقم NC₂ بیشتر از ارقام دیگر بود که بیانگر تفاوت ژنتیکی ارقام مختلف بادام زمینی در تسهیم و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به مخازن فیزیولوژیک دانه در واکنش به کاربرد نانوکود کلسیم و کلات Ca-EDTA می‌باشد. بدین ترتیب، نتایج نشان داد که اگرچه شاخص برداشت دانه در بادام زمینی نسبت به بقیه گیاهان زراعی نظیر غلات پایین است، افزایش شاخص برداشت دانه منجر به افزایش عملکرد دانه گردید و شاخص برداشت دانه می‌تواند یکی از مولفه‌های مهم در راستای افزایش عملکرد غلاف و دانه بادام زمینی در دهه‌های آینده مدنظر محققان و به-نژادگران قرار بگیرد. محققان دیگری نشان دادند که استفاده از عنصر غذایی کلسیم سبب افزایش رشد زایشی بر رشد رویشی و ارتقای شاخص برداشت دانه بادام زمینی شد (مصطفوی‌راد و همکاران، ۱۳۹۹).

روغن دانه

محتوای روغن دانه بادام زمینی تحت تاثیر معنی‌دار برهمکنش رقم و کود کلسیم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳) و بیشترین درصد روغن دانه (۴۷/۲۱ درصد) در رقم NC₄ و تحت تاثیر کاربرد برگی نانوکود کلسیم به‌دست آمد (جدول ۴). ارقام مورد مطالعه بادام زمینی از نظر محتوای روغن دانه تفاوت معنی‌داری داشتند. محققان دیگری نشان دادند که درصد روغن دانه در ارقام مختلف بادام زمینی، متفاوت بود (صفری و همکاران، ۱۳۸۷ و کارین و کارلی، ۲۰۱۰). محققان دیگری دریافتند که کلسیم نقش بارزی در افزایش غلظت روغن دانه بادام زمینی داشت (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱ و حسین‌زاده گشتی و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج نشان داد که کاربرد برگی نانوکود کلسیم از نظر افزایش غلظت روغن دانه بادام زمینی بر منابع کودی دیگر برتری داشت و سبب افزایش سنتز و انباشت روغن در دانه بادام زمینی گردید. در دانه‌های روغنی میزان کربوهیدرات لازم برای سنتز روغن در مقایسه با سنتز پروتئین و نشاسته بیشتر است (مصطفوی‌راد و همکاران، ۱۳۹۸). بدین ترتیب، چنین استنباط می‌شود که که نانوکودها، از طریق تاثیر بیشتر بر فرآیند فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات (اختر و همکاران، ۲۰۱۰) و افزایش تولید انرژی سبب ارتقای محتوای روغن دانه می‌شود. همچنین، نتایج نشان داد که افزایش عملکرد دانه در رقم NC₂ با کاهش معنی‌دار محتوای روغن دانه همراه بود که بیانگر کاهش درصد روغن دانه متناسب با افزایش عملکرد دانه در ارقام مختلف بادام زمینی می‌باشد. بدین ترتیب، رقم NC₄ با کمترین عملکرد دانه، بیشترین محتوای روغن دانه را نشان داد.

پروتئین دانه

برهمکنش رقم و کود کلسیم بر محتوای پروتئین دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳) و بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۶/۴۹ درصد) در رقم پرمحصول NC2 و تحت تاثیر کلراید کلسیم حاصل شد (جدول ۴). محققان در مطالعه مشابهی نشان دادند که کاربرد کلسیم با غلظت دو در هزار سبب افزایش درصد پروتئین دانه گردید (نوبهار، ۱۳۹۸). نتایج نشان داد که واکنش ارقام مورد مطالعه بادام زمینی از نظر پروتئین دانه به کودهای مختلف کلسیم متفاوت بود و رقم NC2 پروتئین دانه نیز بر دیگر ارقام مورد مطالعه برتری داشت. با این توصیف، کاربرد برگی کلراید کلسیم در هر سه رقم بادام زمینی توانست محتوای پروتئین دانه را در مقایسه با دیگر کودهای کلسیم افزایش دهد که بیانگر اهمیت کاربرد برگی کلراید کلسیم جهت افزایش غلظت پروتئین دانه بادام زمینی در مقایسه با کودهای متداول دیگر کلسیم می باشد.

شاخص سبزینگی برگ (اسپاد)

برهمکنش رقم و کود کلسیم تاثیر معنی داری بر محتوای شاخص سبزینگی برگ بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). در این آزمایش، بیشترین شاخص سبزینگی برگ بادام زمینی (۴۴/۵۲ عدد اسپاد) در رقم NC7 و واکنش به کاربرد برگی نیترات کلسیم مشاهده گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که نیترات کلسیم موجب افزایش شاخص سبزینگی برگ بادام زمینی در رقم NC7 در مقایسه با دیگر ارقام بادام زمینی گردید و شاخص سبزینگی برگ بادام زمینی در ارقام NC2 و NC4 کاهش نشان داد. در آزمایش مشابهی، گزارش شده است که محلول پاشی نیترات کلسیم سبب کاهش کلروفیل برگ در گلرنگ گردید (عطارزاده و همکاران، ۱۳۹۳). در حالی که محققان دیگری نشان داد که نیترات کلسیم سبب افزایش نیتروژن و محتوای کلروفیل در برگ کنجد گردید (امیرفضلی و همکاران، ۱۳۹۴). بدین ترتیب، نتایج نشان داد که شاخص سبزینگی برگ در گونه های مختلف گیاهی و ارقام مختلف یک گونه می تواند، متفاوت باشد. بدین ترتیب، تفاوت ارقام مختلف بادام زمینی از نظر شاخص سبزینگی برگ در واکنش به کود نیترات کلسیم می تواند ناشی از تفاوت های ژنتیکی و مرفولوژیکی ارقام نظیر ضخیم و بزرگ بودن برگ ها در رقم NC7 باشد که قادر است مقادیر زیادی از دانه های کلروفیل را در خود ذخیره سازی کند. به علاوه، برگ های بادام زمینی در رقم NC7 زودتر از ارقام دیگر زرد شده و ریزش می کند و انباشت رنگ دانه های کلروفیل در برگ تحت تاثیر نیترات کلسیم در رقم NC7 می تواند مکانیسمی برای حفظ سبزینگی برگ و جلوگیری از ریزش زود هنگام آن در مقایسه با دیگر ارقام بادام زمینی باشد.

طول غلاف

برهمکنش رقم و کود کلسیم تاثیر معنی داری بر طول غلاف بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). در این آزمایش، کاربرد برگی نانوکود کلسیم توانست طول غلاف بادام زمینی را در هر سه رقم مورد مطالعه بادام زمینی افزایش دهد. ولی، بیشترین طول غلاف (۳۲/۶۰ میلی متر) در رقم NC4 به دست آمد که تفاوت معنی داری با طول غلاف (۳۲/۲۰ میلی متر) در رقم NC2 نداشت (جدول ۴). محققان در مطالعه مشابهی نشان دادند که اندازه و وزن غلاف بادام زمینی تحت تأثیر رقم قرار گرفت (آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۶) و طول غلاف بیشترین اهمیت را در ارزیابی تنوع ژنوتیپ های بادام زمینی داشت (هارچ و همکاران،

۱۹۹۵ و فاندرا و همکاران، ۲۰۰۰). بر خلاف نتایج این تحقیق، در آزمایش مشابهی گزارش شده است که کود کلسیم تاثیر معنی داری بر طول غلاف بادام زمینی نداشت (نوبهار، ۱۳۹۸). علت این امر می تواند تفاوت ژنتیکی ارقام و شرایط محیطی محل اجرای آزمایش باشد که منجر به حصول نتایج متفاوت می شود. نتایج نشان داد که محلول پاشی نانوکود کلسیم بسته به رقم می تواند از طریق افزایش طول غلاف که منجر به افزایش اندازه یا تعداد دانه در غلاف می شود، می تواند عملکرد غلاف و دانه بادام زمینی را بهبود بخشد. همچنین، افزایش طول غلاف بادام زمینی در واکنش به نانوکود کلسیم می تواند بازارپسندی غلاف و دانه بادام زمینی را بهبود بخشد.

عرض غلاف

در این آزمایش، عرض غلاف بادام زمینی تحت تاثیر معنی دار برهمکنش رقم و کود کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین عرض غلاف بادام زمینی (۱۵/۳۳ میلی متر) تحت تاثیر نانوکود کلسیم در رقم NC4 مشاهده گردید که تفاوت معنی داری با عرض غلاف بادام زمینی در رقم NC2 تحت تاثیر نانوکود کلسیم و کلراید کلسیم نداشت (جدول ۴). محققان دیگری در ارزیابی بادام زمینی نشان دادند که ارقام مورد مطالعه از نظر قطر غلاف و به تبع آن اندازه و وزن دانه، تفاوت معنی داری داشتند (سادات هاشمی و همکاران، ۱۴۰۲) و قطر غلاف و عرض دانه از فاکتورهای مهم در ارزیابی تنوع ارقام مختلف بادام زمینی بود (هارچ و همکاران، ۱۹۹۵ و فاندرا و همکاران، ۲۰۰۰). به علاوه، گزارش شده است که کاربرد نانوکود کلسیم عرض غلاف بادام زمینی را افزایش داد (نوبهار، ۱۳۹۸). نتایج نشان داد که نانوکود کلسیم و کلراید کلسیم بسته به رقم می تواند عرض غلاف بادام زمینی و به تبع آن اندازه غلاف و دانه بادام زمینی را افزایش دهد و سهم به سزایی در افزایش بازارپسندی بادام زمینی داشته باشد.

اولئیک اسید

برهمکنش رقم و کود کلسیم بر محتوای اولئیک اسید موجود در روغن بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). تاثیر کودهای مختلف کلسیم بر محتوای اولئیک اسید روغن بادام زمینی بسته به رقم متفاوت بود و بیشترین میزان اولئیک اسید (۵۵/۸۹ درصد) تحت تاثیر برهمکنش رقم NC7 و نانوکود کلسیم به دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که کاربرد برگی نانوکود کلسیم نتوانست محتوای اولئیک اسید روغن بادام زمینی را به موازات افزایش عملکرد دانه در رقم NC2 را افزایش دهد. نتایج بیانگر آن است که با افزایش عملکرد دانه بادام زمینی محتوای اولئیک اسید روغن کاهش یافته و کیفیت و بازارپسندی روغن بادام زمینی کاسته می شود. محققان دیگری دریافتند که کاربرد کلسیم سبب افزایش میزان اولئیک اسید در روغن کلزا گردید (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱ و ساوان و همکاران، ۲۰۱۸). چنین به نظر می رسد که احتمالاً عنصر غذایی کلسیم از طریق کاهش اثرات منفی تنش های محیطی و بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاهان سبب افزایش میزان اولئیک اسید می گردد (آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۸). بدین ترتیب، کاربرد کودهای کلسیم بسته به رقم می تواند عملکرد دانه و کیفیت روغن بادام زمینی را بهبود بخشد.

لینولئیک اسید

برهمکنش رقم و کود کلسیم محتوای لینولئیک اسید موجود در روغن بادام زمینی را به طور معنی داری تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳). در این آزمایش، بیشترین مقدار لینولئیک اسید (۲۵/۸۹ درصد) در رقم NC7 در واکنش به نیترات کلسیم به دست آمد که تفاوت معنی داری با ارقام NC2 و NC4 نشان نداد (جدول ۴). محققان دیگری گزارش کردند که که کاربرد کلسیم سبب افزایش درصد لینولئیک اسید در روغن بادام زمینی (نوبهار، ۱۳۹۸) و پنبه دانه (ساوان، ۲۰۱۸) گردید. نتایج نشان داد که در هر سه رقم مورد مطالعه بادام زمینی مقدار لینولئیک اسید در واکنش به محلول پاشی نیترات کلسیم روند افزایشی داشت و واکنش اسیدهای چرب اشباع نشده اولئیک و لینولئیک اسید به کودهای کلسیم متفاوت بود. به طوری که محتوای اولئیک اسید تحت تاثیر نانو کود کلسیم و غلظت لینولئیک اسید در واکنش به کاربرد برگی نیترات کلسیم در رقم NC7 به حداکثر مقدار خود رسید. با توجه به این که بین اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک رابطه معکوس وجود دارد (ویر و همکاران، ۲۰۰۶)، واکنش متفاوت اسیدهای چرب مزبور به یک نوع خاص از کودهای کلسیم دور از انتظار نمی باشد.

پالمیتیک اسید

نتایج نشان داد که برهمکنش رقم و کود کلسیم بر پالمیتیک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳) و کاربرد برگی نانوکلات کلسیم بر روی بوته های رقم NC7 سبب تولید و ذخیره حداکثر پالمیتیک اسید (۸/۷۸ درصد) در روغن بادام زمینی گردید (جدول ۴). محققان دیگری دریافتند که کاربرد کلسیم سبب افزایش غلظت پالمیتیک اسید در روغن بادام زمینی گردید (کامارا و همکاران، ۲۰۱۱). در این آزمایش، رقم NC7 در مقایسه با ارقام دیگر زودرس تر است و حدود یک هفته تا ۱۰ روز زودتر از ارقام دیگر رسیده و قابل برداشت می شود. با توجه به این که دیررسی سبب کاهش پالمیتیک اسید می شود، بخشی از افزایش محتوای پالمیتیک اسید در روغن بادام زمینی می تواند ناشی از زودرسی رقم NC7 در مقایسه با ارقام دیگر باشد (آریوگلو و همکاران، ۲۰۱۸).

استئاریک اسید

برهمکنش رقم و کود کلسیم محتوای استئاریک اسید روغن بادام زمینی را نیز تحت تاثیر معنی دار قرار داد (جدول ۳). کاربرد برگی نیترات کلسیم بیشترین میزان استئاریک اسید (۴/۰۹ درصد) را در رقم NC7 تولید کرد که تفاوت معنی داری با رقم NC2 نشان نداد (جدول ۴). نتایج نشان داد که محلول پاشی نیترات کلسیم بسته به رقم سبب افزایش سنتز و ذخیره استئاریک اسید در روغن بادام زمینی گردید. محققان دیگری گزارش کردند که کاربرد کلسیم موجب افزایش استئاریک اسید در روغن پنبه دانه گردید (ساوان، ۲۰۱۸).

آراشیدیک اسید

در این آزمایش، آراشیدیک اسید نیز تحت تاثیر معنی دار برهمکنش رقم و کود کلسیم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). نتایج نشان داد که کاربرد برگی کلات Ca-EDTA سبب افزایش میزان آراشیدیک اسید (۲/۳۱ درصد) در رقم NC2 گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که محلول پاشی کلات Ca-EDTA بسته به رقم می تواند سنتز و ذخیره آراشیدیک اسید در روغن بادام زمینی را افزایش دهد. در آزمایش

مشابه‌ای گزارش شده است که کاربرد کلسیم سبب افزایش آراشیدیک اسید در روغن بادام زمینی گردید (نوبهار، ۱۳۹۸).

بیهنیک اسید

برهمکنش رقم و کود کلسیم بر بیهنیک اسید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). بالاترین میزان بیهنیک اسید (۳/۳۹ درصد) در رقم NC₂ در واکنش به محلول‌پاشی نانوکود کلسیم به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با برخی تیمارها نداشت (جدول ۴). افزایش محتوای بیهنیک اسید در روغن بادام زمینی در واکنش به کاربرد کلسیم توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (نوبهار، ۱۳۹۸).

همبستگی عملکرد دانه با صفات مورد مطالعه

در این آزمایش، عملکرد دانه بادام زمینی با صفاتی نظیر عملکرد غلاف ($r=0.74^{**}$)، شاخص برداشت دانه ($r=0.48^{**}$)، شاخص سبزی‌نگی برگ ($r=0.61^{**}$)، طول غلاف ($r=0.59^{**}$) و عرض غلاف ($r=0.43^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار و با عملکرد علوفه ($r=0.57^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). محققان در آزمایش مشابه‌ای، گزارش کردند که همبستگی عملکرد دانه بادام زمینی با صفاتی نظیر عملکرد غلاف، شاخص برداشت دانه، طول و عرض غلاف مثبت و معنی‌دار بود (نوبهار، ۱۳۹۸). نتایج نشان داد که افزایش تولید غلاف سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی می‌شود. همچنین، افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه سبب افزایش شاخص برداشت دانه و به تبع آن منجر به افزایش عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود. افزایش محتوای کلروفیل و شاخص سبزی‌نگی برگ هم برای افزایش ظرفیت فتوسنتزی و تولید دانه بادام زمینی لازم و ضروری است. در حقیقت، دانه‌های کلروفیل نقش بارزی در فرآیند فتوسنتز دارند و کاهش دانه‌های کلروفیل سبب اختلال در فتوسنتز و افت عملکرد دانه می‌شود. به‌علاوه، افزایش طول و عرض غلاف که بیانگر بزرگ شدن مخازن فیزیولوژیک برای ذخیره مواد فتوسنتزی می‌باشند، سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح می‌شود. براساس نتایج این آزمایش، افزایش بیشتر رشد اندام‌های هوایی و عملکرد علوفه سبب کاهش رشد زایشی بادام زمینی می‌شود و می‌تواند عملکرد دانه را با کاهش معنی‌داری مواجه نماید.

جدول ۵- همبستگی بین عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در بادام زمینی تحت تاثیر برهمکنش رقم x کود کلسیم

صفات	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	روغن (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت دانه (درصد)	شاخص سبزی‌نگی برگ (عدد اسپاد)	طول غلاف (میلی‌متر)	عرض غلاف (میلی‌متر)
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	
۱									
۲	-0.15ns	۱							
۳	0.17ns	-0.74**	۱						
۴	0.74**	-0.13ns	0.61ns	۱					
۵	-0.57**	-0.2ns	-0.11ns	0.63**	۱				
۶	0.48**	-0.17ns	-0.13ns	0.8ns	0.84**	۱			
۷	0.61**	0.31ns	0.49**	0.75**	0.78**	-0.41*	۱		
۸	0.59**	0.45*	0.58**	0.56**	0.24ns	0.44*	0.12ns	۱	
۹	0.43**	0.66**	0.41*	0.44*	0.11ns	0.59**	0.2ns	-0.25ns	۱

ns، ** و * : به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

همچنین، عملکرد دانه بادام زمینی با اسیدهای چرب اولئیک ($r = -0.69^{**}$) و لینولئیک ($r = -0.63^{**}$) همبستگی منفی و معنی دار و با پالمیتیک اسید ($r = 0.75^{**}$)، استئاریک اسید ($r = 0.77^{**}$) و بیهنیک اسید ($r = 0.83^{**}$) همبستگی مثبت و معنی دار داشت. با این توصیف، بین اسیدهای چرب اشباع نشده اولئیک و لینولئیک ($r = -0.68^{**}$)، همبستگی منفی و معنی دار به دست آمد (جدول ۶). وجود همبستگی منفی و معنی دار بین عملکرد دانه با اسیدهای چرب اشباع نشده اولئیک اسید و لینولئیک اسید توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است. به علاوه، نشان دادند بین اولئیک اسید و لینولئیک اسید رابطه معکوس وجود داشت (مهری چروده و همکاران، ۱۴۰۲). اسیدهای چرب اشباع نشده نقش بارزی در افزایش کیفیت روغن بادام زمینی ایفا می کنند و افزایش اولئیک اسید سبب کاهش لینولئیک اسید می شود. بدین ترتیب، اولئیک اسید نقص به سزایی در بهبود کیفیت روغن بادام زمینی دارد. در حالی که عملکرد دانه با غلظت اسیدهای چرب اشباع شده نظیر پالمیتیک اسید، استئاریک اسید و بیهنیک اسید رابطه مثبت وجود داشت و نشان داد که افزایش سنتز اسیدهای چرب اشباع شده به نفع عملکرد دانه در واحد سطح خواهد بود. ولی، می توانند کیفیت روغن را کاهش دهند. محققان دیگری نشان دادند که بین عملکرد و اسیدهای چرب اشباع شده نظیر استئاریک اسید و بیهنیک اسید رابطه مثبت و معنی دار وجود داشت (مهری چروده و همکاران، ۱۴۰۲).

جدول ۶- همبستگی بین عملکرد دانه و اسیدهای چرب روغن بادام زمینی تحت تاثیر برهمکنش رقم × کود کلسیم

صفات	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	اولئیک اسید (درصد)	لینولئیک اسید (درصد)	پالمیتیک اسید (درصد)	استئاریک اسید (درصد)	آراشیدیک اسید (درصد)	بیهنیک اسید (درصد)
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
۱							
۲	-۰.۶۹**						
۳	-۰.۶۳**	-۰.۶۸**					
۴	۰.۷۵**	*۴۹/۰	-۰.۶۱**	۱			
۵	۰.۷۷**	۰.۷۱**	*۵۱/۰	۰.۶۸**	۱		
۶	۰.۱۱ ^{ns}	۰.۶۸**	۰.۶۹**	۰.۶۵**	۰.۶۵**	۱	
۷	۰.۸۳**	-۰.۷۵**	-۰.۷۱**	-۰.۶۹**	-۰.۶۳**	-۰.۹۳**	۱

^{ns}، ** و *: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد برهمکنش رقم و کاربرد برگی کودهای کلسیم بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی دار بود. واکنش ارقام مختلف بادام زمینی از نظر صفات مختلف اندازه گیری شده به انواع کودهای مورد بررسی متفاوت بود و محلول پاشی نانوکود کلسیم بر روی برگ های بادام زمینی، سبب بهبود رشد اندام های هوایی گیاه، عملکرد دانه، عملکرد غلاف، شاخص برداشت دانه، طول و عرض غلاف بادام زمینی در رقم NC2 گردید. در این آزمایش، رقم NC7 از نظر محتوای اولئیک اسید، لینولئیک اسید و پالمیتیک اسید در واکنش به نانوکود کلسیم بر ارقام دیگر برتری نشان داد. بدین ترتیب، کاربرد برگی نانوکود کلسیم سبب ارتقای کمیت و کیفیت عملکرد دانه و روغن بادام زمینی به ترتیب در ارقام NC2 و NC7 گردید و می تواند جهت ارتقای عملکرد کمی و کیفی بادام زمینی تحت شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

منابع

- اعلمی، ع.، م. اصفهانی، ب. مندولکانی و ج. مظفری. ۱۳۸۵. بررسی تنوع ژنتیکی ژرم پلاسما بادام زمینی با استفاده از صفات مورفولوژیکی. مجله ایران زراعی علوم. ۸(۴): ۳۵۷-۳۶۵.
- امیرفضلی، ن.، حیدری، م.، قربانی، ق. و ف. زعفریان. ۱۳۹۴. بررسی شاخص کلروفیل برگ کنجد تحت تنش خشکی و محلول پاشی نیترات کلسیم. کنفرانس ملی ایده‌های نوین در کشاورزی محیط زیست گردشگری. ۱۳۹۴.
- سادات نوری، س. ا. و م. خدایاری. ۱۳۸۴. مقدمه‌ای بر نانو تکنولوژی. انتشارات نو پردازان. ۱۷۶ صفحه.
- سادات هاشمی، پ.، محمدی، ع.، علیزاده، ب.، مصطفوی، خ.، و ح. امیری اوغان. ۱۴۰۲. گزینش هم‌زمان عملکرد روغن و سایر خصوصیات زراعی در هیبریدهای زمستانه کلزا. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۵(۴۵): ۶۸-۶۰.
- صفری، پ.، هنرنژاد، ر. و م. اصفهانی. ۱۳۸۷. ارزیابی تنوع ژنتیکی در ارقام بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) با استفاده از تجزیه تشخیص کانونیکی. پژوهشهای زراعی ایران. ۶(۲): ۳۲۷-۳۳۴.
- عطارزاده، م.، رحیمی، ا.، ترابی، ب. و ح. دشتی. ۱۳۹۳. تاثیر محلول پاشی کلسیم، پتاسیم و منگنز بر برخی شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش شوری. نشریه پژوهش‌های زراعی. ۱۲(۳): ۴۵۳-۴۴۵.
- علی احیایی، م. و بهبهانی‌زاده، ا. ع. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک. جلد اول، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳، تهران، ایران.
- مصطفوی‌راد، م.، ذاکرین، ح. ر.، نوبهار، ا.، سیف‌زاده، س. و ع. ر. ولدآبادی. ۱۳۹۸. واکنش عملکرد و برخی از صفات فیزیولوژیک بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به نانو کودهای کلات روی و کلسیم و روش کاربرد آنها. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱(۴۲): ۶۶-۵۳.
- مصطفوی‌راد، م.، نوبهار، ا.، غلامی، م.، جهانساز، ح.، اکبرزاده، ا. و ش. ادیبی. ۱۳۹۹. اثرات دو روش کشت بذری و نشایی بر رشد بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) تحت تاثیر فاصله ردیف کاشت در رشت. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۳(۲): ۱۱۷-۱۳۰.
- مهری چروده، م.، مصطفوی‌راد، م.، ذاکرین، ح. ر.، سیف‌زاده، س. و س. ع. ر. ولدآبادی. ۱۴۰۲. اثر آبیاری تکمیلی و کاربرد برگی سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی دانه و روغن بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.). مدیریت آب در کشاورزی. ۱۰(۱): ۶۵-۸۲.
- نظران، م. ح.، خلج، ح.، لبافی حسین آبادی، م. ر.، شمس آبادی، م. و ع. رزازی. ۱۳۸۸. بررسی اثر زمان محلول-پاشی نانو کود آلی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم. چکیده مقالات دومین همایش ملی کاربرد نانو تکنولوژی در کشاورزی. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ۱۳۸۸، ۱۵-۱۶ مهر.
- نوبهار، ا. ۱۳۹۸. اثر روش‌های کاربرد نانو کودهای روی و کلسیم بر عملکرد کمی و کیفی بادام زمینی در واکنش به سرزنی بوته‌ها تحت شرایط اقلیمی رشت. رساله دکتری، رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان.
- Akhtar, A., N. A. Abbasi and A. Hussain. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristic of Loquat fruit during storage. Pak. J. Botany. 42(1): 181-188.
- Arioglu, H., H. Bakal, L. Gulluoglu, C. Kurt and Onat, B. 2016. Ana urun kosullarında yetistirilen bazı yerfıstığı cesitlerinin onemli agronomik ve kalite ozelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Arastırma Enstitusu Dergisi. 25(2): 24-29.
- Arioglu, H., H. Bakal, L. Gulluoglu, B. Onat, and C. Kurt 2018. The effect of harvesting dates on some agronomic and quality characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.)

- varieties grown as a main crop in Mediterranean region. Turkish Field Crops. 23(1): 27-37.
- Carrin, M. E., and A. A. Carelli. 2010. Peanut oil: Compositional data. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 112: 967-707.
- Chaudhari, S., D. Khare, S. Sundravada, M. T. Variath, S. S. Manohar and P. Janila. 2017. Genetic analysis of foliar disease resistance, yield and nutritional quality traits in groundnut. Elec. J. Plant Breeding. 8(2): 485-493.
- Chinnamuthu, C. R., and P. M. Boopathi. 2009. Nanotechnology and Agroecosystem. Madras Agric. J. 96: 17-31.
- Der, H. N., P. M. Vaghasia and H. P. Verma 2015. Effect of foliar application of potash and micronutrients on growth and yield attributes of groundnut. J. . Agric. Res. 36(3): 275-278.
- Day, J. K., S. Das and L. G. Mawlong. 2018. Nanotechnology and its importance in micronutrient fertilization. Int. J. Current Microbiol. Applied Sci. 7(5): 2306-25.
- El-Temsah, M. E., Y. M. Abd-Elkrem, Y. A. El-Gabry, M. A. Abdelkader, N. A. A. Morsi, N. M. Taha, S. H. Abd-Elrahman, F. A. E. M. G. Hashem, Shahin, G. A. Abd El-Samad, R. Boudiar, C. Silvar, S. El-Hendawy, E. Mansour and M. A. Abd El-Hady. 2023. Response of diverse groundnut cultivars to Nano and conventional calcium forms under alkaline sandy soil. Plants. 12(4): 2598.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2020. Available at <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. Last access on March.11.2021.
- Foundra, M. Z., M. Hernandez, R. Lopez, L. Fernandez, A. Sanchez, J. Lopez and I. Ravelo. 2000. Analysis of the variability in collected peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars for the establishment of core collection. PGR Newsletter. 137: 1540-1544.
- Hagos, F., H. Zeleke and B. Woyossa. 2012. Genetic gain in yield and yield related traits of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in central Rift Valley of Ethiopia. East Afr. J. Sci. 6(2): 125-136.
- Harch, B. D., P. K. Lawrence, A. Cruickshank, J. Tonks, K. E. Basford, I. H. Delacy and C. M. McLeod. 1995. Diversity in the Australian groundnut germplasm collection. Int. Arachis Newsletter. 15: 15-17.
- Hosseinazadeh Gashti, A., , M. N. Safarzadeh Vishekaei and M. H. Hosseinazadeh. 2012. Effect of potassium and calcium application on yield, yield components and qualitative characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Guilan Province, Iran. World Appl. Sci. J. 16(4): 540-546.
- Huang, Q., M. Cao, Z. Ai and L. Zhang. 2015. Reactive oxygen species dependent degradation pathway of 4-chlorophenol with Fe @ Fe₂O₃ core-shell nanowires. Appl. Catal. B: Envir. 162: 319-326.
- Ibrahim, N. M., A. I. Shadia, A. M. Nagwa and H. M. Ashour. 2017. Effect of some calcium sources on growth, yield, quality and storability of Jerusalem Artichoke. Middle East J. Agric. Res. 6(3): 766-778.
- Jabereldar, A. A., A. M. El Naim, A. A. Abdalla and Y. M. Dagash. 2017. Effect of water stress on yield and water use efficiency of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in Semi-Arid Environment. Int. J. Agric. Forestry. 7(1): 1-6.
- Jeyaramraja, P. R., and F. Woldeesenbet. 2014. Characterization of yield components in certain groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties of Ethiopia. J. Experimental Biol. Agric. Sci. 2(6): 2320- 8694.
- Kaba, J. S., K. Ofori and F. K. Kumaga. 2014. Inter-relationships of yield and components of yield at different stages of maturity in three groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) varieties. Int. J. Life Sci. Res. 2(1): 43-48.

- Kamara, E. G., N. S. Olympio and J. Y. Asibuo. 2011. Effect of calcium and phosphorus fertilizer on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci. 8: 326-331.
- Kirthisinghe, J. P., S. Thilakarathna, B. L. Gunathilaka and D. Dissanayaka. 2014. Impact of applying calcium on yield and visual quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Adv. Crop Sci. Technol. 25(3): 432-436.
- Latif, S. and F. Anwar. 2008. Quality assessment of moringa concanensis seed oil extracted through solvent and aqueous enzymatic techniques. Grasas Aceites. 59: 67-73.
- Maharnor, R. Y., B. S. Indulkar, P. B. Lokhande, L. S. Jadhav, A. D. Padghan and P. N. Sonune. 2018. Effect of different levels of zinc on yield and quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in inceptisol. Int. J. Current Microbio. Appl. Sci. 6: 2843-2848.
- Monica, R. C., and R. Cremonini. 2009. Nanoparticles and higher plants. J. Cytol. Cytosystem. Cytogen. 6: 161-165.
- Nigam, S. N., S. L. Dwivedi and R.W. Gibbons. 1991. Groundnut breeding: constraints, achievements and future possibilities. Plant Breeding Abst. 61: 1127.
- Ntanos, D. A., and S. D. Koutroubas. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice Mediterranean conditions. Field Crops Res. 74: 93-101.
- Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Methods. Second edition, Soil Science Society of American, Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Pathak, J., H. Ahmed, N. Kumari, A. R. Pandey and R. P. Sinha. 2020. Role of Calcium and Potassium in Amelioration of Environmental Stress in Plants. In book: Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress. Pp. 535-562.
- Polizel, A. M., M. E. Medri, K. Nakashima, N. Yamanaka, J. R. Farias and M. C. De Oliveira. 2011. Molecular, anatomical and physiological properties of a genetically modified soybean line transformed with rd29A: AtDREB1A for the improvement of drought tolerance. Genetic. Molec. Res. 10: 3641-3653.
- Prasad, T. N. V. K. V., P. Sudhakar, Y. Sreenivasulu, P. Latha, V. Munaswamy, K. Raja Reddy, T. S. Sreeprasad, P. R. Sajanlal and T. Pradeep. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. J. Plant Nut. 35: 905-927.
- Qureshi, A., D. K. Singh and S. Dwivedi. 2018. Nano-fertilizers: A novel way for enhancing nutrient use efficiency and crop productivity. Int. J. Current Microbiol. Appl. Sci. 7(2): 3325-3335.
- Ratchanee, P. 2019. Evaluation of advanced peanut breeding lines for large seed and early maturity in the East, Thailand. J. Adv. Agric. Technol. 6(2): 128-132.
- Sawan, Z. M. 2018. Mineral fertilizers and plant growth retardants: Its effects on cottonseed yield; its quality and contents. Cogent Biol. 4(1): 1-19.
- Seyed Sharifi, R., R. Khalilzadeh and J. Jalilian. 2016. Effects of biofertilizers and cycocel on some physiological and biochemical traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Archive Agron. Soil Sci. 63(3): 308-317.
- Tie, C., T. Hu, Z. X. Jia and J. L. Zhang. 2015. Automatic identification approach for High-Performance Liquid Chromatography-Multiple Reaction Monitoring fatty acid global profiling. Anal. Chemis. 87(16): 8181-85.
- Weisany, W., Y. Raei and K. Haji Allahverdipoor. 2013. Role of some of mineral nutrients in biological nitrogen fixation. Bulletin Environ. Pharmacol. Life Sci. 2(4): 77-84.

Were, B. A., A. O. Onkware, S. Gudu, M. Welander and A. S. Carlsson. 2006. Seed oil content and fatty acid composition in east african sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. Field Crops Res. 97: 254 -260.

Comparison of Nano particles and conventional Ca fertilizers impacts on quantitative and qualitative yield in three peanut (*Arachis hypogaea* L.) commercial cultivars
F. Chehre Noorani^۱, P. Rahdari², M. Mostafavi Rad³, M. Asadi⁴, Sh. Kiabi⁵

Received: 27 Nov. 2023 Accepted: 23 Dec. 2023

Abstract

This experiment carried out as split plot based on randomized complete block design with three replications in Rasht, Iran, during 2018 and 2019 cropping seasons. Three peanut cultivars (NC2, NC4 and NC7) as main plot and four levels of Ca fertilizers (Ca-Nano fertilizer, Ca-EDTA, Ca-chloride and Ca-nitrate) as sub plot, comprised experimental treatments. The highest pod yield (3483 kg ha^{-1}) and seed yield (2856 kg ha^{-1}) was observed in NC2 cultivar as affected by foliar application of Ca-Nano fertilizer. The greatest content of seed oil (47.21 %) in NC4 cultivar and the greatest seed protein content (26.49 %) in NC2 cultivar were obtained influenced by Ca-Nano and Ca-nitrate fertilizers, respectively. In addition, the greatest oleic acid concentration (55.89 %) and palmitic acid (8.78 %) content obtained in NC7 cultivar in response to foliar application of Ca-Nano fertilizer and Ca-nitrate application caused to produce the maximum concentration of linoleic acid (25.89 %) and stearic acid (4.09 %) in NC7 cultivar. Seed yield had positive and significant correlation with some characteristics such as pod yield ($r=0.74^{**}$), seed harvest index ($r=0.48^{**}$), leaf chlorophyll index ($r=0.61^{**}$), pod length ($r=0.59^{**}$) and pod diameter ($r=0.43^{*}$). Also, peanut seed yield showed negative and significant correlation with oleic ($r=0.69^{**}$) and linoleic ($r=0.63^{**}$) fatty acids. Results showed that foliar application of Ca-Nano fertilizer caused an increase in seed yield and oil quality in NC2 and NC7 cultivars, respectively under region climatic conditions and could be recommendable to enhance quantitative and qualitative yield of peanut under similar climatic conditions.

Keyword: Correlation coefficient, Fatty acids, Peanut foliar nutrition, Physiological characteristics, Nano-fertilizer.

1 -Department of Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

2 -Department of Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

Correspondence: rahdari_parvaneh@yahoo.com

3 -Research Assistant Professor, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center.

4 -Department of Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

5- **Department of Biology, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.**