

مجله به‌زراعی نهال و بذر  
جلد ۲-۳۵، شماره ۲، سال ۱۳۹۸

## خصوصیات رشد و عملکرد دانه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) تحت تاثیر ارتفاع برش و روش‌های کاربرد نانوکلات‌های روی و کلسیم

### Growth Characteristics and Seed Yield of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) as Affected by Topping Height and Application Methods of Zinc and Calcium Nano Chelates

امین نوبهار<sup>۱</sup>، معرفت مصطفوی‌راد<sup>۲</sup>، حمیدرضا ذاکرین<sup>۳</sup>، سعید سیف‌زاده<sup>۴</sup>  
و علیرضا ولدآبادی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران.

۲- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران.

۴- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۵

#### چکیده

نوبهار، ا.، مصطفوی‌راد، م.، ذاکرین، ح. ر.، سیف‌زاده، س. و ولدآبادی، ع. ر. ۱۳۹۸. خصوصیات رشد و عملکرد دانه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) تحت تاثیر ارتفاع برش و روش‌های کاربرد نانوکلات‌های روی و کلسیم. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۵: ۲۰۱-۱۸۳.

بادام زمینی یکی از مهمترین گیاهان خانواده حبوبات و غنی از روغن و پروتئین است. سرزنی بادام زمینی از نظر نفوذ نور خورشید به داخل سایه‌انداز گیاه و تغذیه معدنی گیاه برای بهبود عملکرد بادام زمینی ضروری است. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان (رشت) در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل عدم سرزنی ساقه اصلی، سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ده و بیست سانتی‌متری به عنوان عامل اصلی و استفاده از نانوکود کلات روی، کلسیم و ترکیب روی + کلسیم به روش خاکی، کاربرد نانوکود کلات روی، کلسیم و روی + کلسیم به روش محلول‌پاشی و مصرف نانوکود کلات روی، کلسیم و روی + کلسیم به روش توأم اکی و محلول‌پاشی به عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۴/۴۷)، وزن صد دانه (۸۲/۱۹ گرم)، عملکرد دانه (۲۷۲۲ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد زیست‌توده (۶۵۴۰ کیلوگرم) و شاخص برداشت (۵۷/۵۳) و غلظت روی دانه (۱۲/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار محلول‌پاشی نانوکود کلات روی و سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی از ارتفاع بیست سانتی‌متری به دست آمد. بالاترین غلظت کلسیم دانه (۳۵/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در شرایط محلول‌پاشی نانوکود کلات کلسیم و سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع بیست سانتی‌متری مشاهده شد. به نظر می‌رسد که کاربرد نانوکود کلات روی و سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری به دلیل افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی منجر به افزایش عملکرد بادام زمینی در شرایط اقلیمی گیلان شد.

واژه‌های کلیدی: بادام زمینی، سرزنی، وزن صد دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت.

تلفن: ۰۱۳۳۳۶۹۰۷۸۸

نگارنده مسئول: [mmostafavirad@gmail.com](mailto:mmostafavirad@gmail.com)

## مقدمه

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاهی با عادت رشد نامحدود و از خانواده حبوبات است که دانه آن ۴۰ الی ۵۰ درصد روغن و کنجاله آن ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین دارد (Ozyigit and Mellmet, 2013). سطح زیر کشت بادام زمینی در ایران در حدود ۵۰۰۰ هکتار و در استان گیلان حدود ۲۶۰۰ هکتار است (Anonymous, 2017). گیاه بادام زمینی نیاز نوری بالایی دارد و نور خورشید به‌طور موثری عملکرد و پایداری آن را بهبود می‌بخشد (Supraptoa et al., 2013).

وجود عادت رشد نامحدود در بادام زمینی سبب تشکیل گل‌های دیر هنگام در انتهای بوته می‌شود. در این گیاه، تخمدان‌های تلقیح شده (پگک‌ها) در انتهای بوته نمی‌توانند برای تشکیل غلاف‌ها خود را به داخل خاک برسانند و این امر سبب کاهش عملکرد دانه بادام زمینی می‌شود. با سرزنی بوته‌های بادام زمینی می‌توان غالیته انتهایی رشد گیاه را کاهش داد و از تولید گل‌های دیر هنگام در انتهای بوته جلوگیری نمود و نفوذ نور به داخل سایه‌انداز را بهبود بخشید (Ronald et al., 2009).

تغذیه بهینه با عناصر غذایی نیز از عوامل بسیار موثر بر عملکرد گیاهان زراعی است. کمبود کلسیم به‌ویژه در خاک‌های اسیدی مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید بادام زمینی محسوب می‌شود. کلسیم در تلقیح تخمدان‌ها، تشکیل میوه، رسیدگی و پر شدن غلاف‌ها، عملکرد دانه و روغن نقش اساسی دارد و تثبیت زیستی نیتروژن را

بهبود می‌بخشد (Kamara et al., 2011). کمبود کلسیم سبب نارس شدن غلاف‌ها، سقط جنین، جوانه‌زنی ضعیف بذور و تولید سموم آفلاتوکسین به‌وسیله قارچ آسپرژیلوس می‌شود (Murata, 2003). کاربرد کلسیم می‌تواند انواع بیماری‌های پوسیدگی غلاف و ریشه بادام زمینی را کاهش دهد (Kabir et al., 2013). گزارش شده است که کاربرد ۹۰ و ۲۵۰ کیلوگرم کلسیم در هکتار سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی شد (Kirthisinghe et al., 2014).

عنصر روی برای تولید گیاهان زراعی ضرورت دارد (Daghan et al., 2013) و به‌عنوان یک فلز فعال کننده آنزیم‌های مختلف در گیاه و برخی هورمون‌ها عمل می‌کند و نقش مثبت آن بر عملکرد بادام زمینی ثابت شده است (Der et al., 2015). عنصر روی سبب افزایش ذخیره هیدرات‌های کربن، عمر دانه کرده، طول دوره گردهافشانی و تشکیل تعداد بیشتر دانه در گیاه می‌شود (Sharma, 2006). افزایش درصد پروتئین و روغن دانه بادام زمینی در واکنش به کاربرد عنصر روی نیز گزارش شده است (Pilehvari Khomami et al., 2008; Esmailpour et al., 2013).

محققان نشان داده‌اند که محلول‌پاشی و یا کاربرد توأم حاکی و محلول‌پاشی عنصر روی سبب بهبود عملکرد کمی و کیفیت دانه، جوانه‌زنی بذر، رویش و استقرار گیاه آفتابگردان (Cakmak, 2008) و افزایش میزان پروتئین کل دانه و عناصر موجود در دانه بادام زمینی شد

نانو کودهای کلات روی و کلسیم به دو روش خاکی و محلول پاشی بر عملکرد و ویژگی‌های رشد بادام زمینی در شرایط اقلیمی رشت انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان (رشت) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عدم سرزنی، سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ده و بیست سانتی‌متری به عنوان عامل اصلی و استفاده از نانو کود کلات روی، کلسیم، روی + کلسیم به روش خاکی، کاربرد نانو کود کلات روی، کلسیم، روی + کلسیم به روش محلول پاشی و مصرف نانو کود کلات روی، کلسیم، روی + کلسیم به روش توأم خاکی و محلول پاشی به عنوان عامل فرعی بود.

سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی طی دو مرحله به ترتیب پس از رسیدن ارتفاع ساقه اصلی به حدود ده و بیست سانتی‌متر انجام شد. در این آزمایش، رقم NC<sub>2</sub> (رقم محلی گلی) از کشاورزان پیشرو منطقه تهیه و کشت شد. نانو کود کلات کلسیم هفت درصد و نانو کود کلات روی ۱۲ درصد از شرکت دانش بنیان صدور احراز شرق تامین شد. اندازه مولکولی نانو کودهای مورد استفاده در این آزمایش زیر صد نانومتر بود. براساس توصیه

(Panjtandoust *et al.*, 2010). به طور کلی، راهبرد تغذیه از طریق کاربرد خاکی و کاربرد محلول پاشی بر روی برگ‌ها می‌تواند منابع قابل دسترس تری از عناصر غذایی برای گیاه بادام زمینی باشد (Arunachalam *et al.*, 2013). محققان متعددی اثر کاربرد روی به صورت محلول پاشی بر عملکرد دانه بادام زمینی و آفتابگردان را مثبت گزارش کرده‌اند (Irmaka *et al.*, 2015; Khan *et al.*, 2009; Sharma, 2006; Mirvat *et al.*, 2006; Ali and Mowafy, 2003).

امروزه، فناوری نانو کاربردهای وسیعی دارد و برای تصفیه آب، پالایش محیط زیست و فرآوری و بسته‌بندی صنایع غذایی و دارویی و تولید نانو ذرات نظیر نانو کلات‌ها به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lee *et al.*, 2010; Bradley *et al.*, 2011) و یک روش امیدبخش برای بهبود تولیدات کشاورزی و دفع آلودگی‌های زیست محیطی بشمار می‌رود (Stefania *et al.*, 2013). نانو ذرات در حوزه‌های مختلف کشاورزی کاربرد گسترده‌ای دارد (Luca 2012; Johnson *et al.*, 2005) و منشا انقلاب جدیدی برای همه علوم به ویژه علوم کشاورزی در آینده محسوب می‌شود (Das *et al.*, 2005). نانو کودها در مقادیر کمتری مصرف و به سهولت جذب گیاه می‌شوند و سبب افزایش کمی و کیفی محصولات و درآمد کشاورزان می‌شود.

این پژوهش با هدف ارزیابی اثر سرزنی بوته و

و انتهای هر کرت و برداشت پنجاه بوته (پنج متر مربع) از ردیف‌های میانی هر کرت اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده و بر حسب درصد محاسبه شد. همچنین، محتوای روی و کلسیم دانه بادام زمینی به‌روش جذب اتمیک تعیین شد (Zhao and Wu 2017; Berry and Johnson 1966)

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از همگنی واریانس اشتباه آزمایشی با نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. در این آزمایش، اشتباه آزمایشی c مربوط به برخی از صفات اندازه‌گیری شده بزرگ‌تر از اشتباه آزمایشی b بود که ناشی از اثر متقابل بین بلوک و فاکتور فرعی بود. بدین ترتیب، برای تصحیح مقدار اشتباه آزمایشی c میانگین مربعات اثر متقابل بلوک و فاکتور فرعی به‌طور جداگانه محاسبه و از مقدار اشتباه آزمایشی c کسر و در جدول تجزیه واریانس مرکب درج شد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع گیاه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، سرزنی، کوددهی و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم نانو کلات‌های روی و کلسیم به‌روش

شرکت تولیدکننده، میزان کاربرد خاکی نانو کلات روی و کلسیم به‌ترتیب برابر شش و هشت کیلوگرم در هکتار بود و محلول‌پاشی آنها نیز به‌ترتیب با غلظت ۲ و ۱/۵ در هزار طی دو مرحله از رشد گیاه بادام زمینی (مرحله شروع گل‌دهی و سی روز از پس از مرحله نخست) انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش (عمق صفر تا سی سانتی‌متری) در جدول ۱ ارائه شده است.

کاشت بادام زمینی در تاریخ پانزدهم اردیبهشت به صورت دستی انجام شد. فاصله ردیف‌های کاشت پنجاه و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف کاشت بیست سانتی‌متر و هر کرت شامل شش خط به‌طول پنج متر بود. کنترل علف‌های هرز به‌روش وجین دستی در دو مرحله قبل از گل‌دهی و زمان تشکیل غلاف‌ها همراه با خاک‌دهی پای بوته‌های بادام زمینی انجام شد. براساس نتایج آزمون خاک، مقدار صد کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و شصت کیلوگرم در هکتار اوره (به‌عنوان نیتروژن استارتر) قبل از مرحله کاشت به‌وسیله دیسک سبک به‌طور یکنواخت با خاک مخلوط شد.

در مرحله رسیدگی دانه‌ها که با تغییر رنگ قهوه‌ای و ایجاد شیارهایی بر روی غلاف‌های بادام زمینی همراه بود، صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه با برداشت بیست بوته تصادفی از هر کرت انجام شد. عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه با حذف نیم متر از ابتدا

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Physical and chemical properties of the soil of the experimental field

عمق خاک نمونه برداری (سانتی‌متر)	اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	درصد نیترژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) Available potassium (ppm)	روی قابل جذب (قسمت در میلیون) Available zinc (ppm)	کلسیم تبادلی (میلی‌اکی‌والانت در گرم) Exchangeable calcium (meq g <sup>-1</sup> )	درصد رس Clay (%)	درصد لوم Silt (%)	درصد شن Sand (%)	بافت خاک Soil texture
30	5.93	0.61	2.00	0.175	11.1	234	5.7	23.5	28.3	25.3	46.4	Silty clay لومی رسی

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای خصوصیات رویشی و زایشی بادام زمینی تحت تأثیر سرزنی و نانو کودهای کلات روی و کلسیم و روش کاربرد آنها  
 Table 2. Combined analysis of variance for vegetative and reproductive characteristics of peanut as affected by topping and Zn and Ca nano-fertilizers and their application methods

میانگین مربعات													
S.O.V	منبع تغییرات	درجه آزادی df.	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن صد دانه 100-seed weight	تعداد دانه در متر مربع Seed number per m <sup>2</sup>	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیست توده Biological yield	مقدار کلسیم دانه Ca content of seed	مقدار روی دانه Zn content of seed	
Year (Y)	سال	1	369.97**	30.46**	16.91**	0.46**	721.12**	22914.64**	1282880.09**	81.17 <sup>ns</sup>	3399001.3**	118.51**	42.26**
Error a	اشتباه a	4	5.34	0.31	0.39	0.001	2.66	38.42	9988.84	171.09	136377.2	0.85	23.44
Topping (T)	سرزنی	2	9759.82**	66.25**	8.58 <sup>ns</sup>	0.69**	247.61**	12511.71**	1507764.57**	830.06**	21962544.1**	439.63**	8.92**
T × Y	سرزنی × سال	2	1.03 <sup>ns</sup>	0.43 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	5.34 <sup>ns</sup>	306.37 <sup>ns</sup>	17602.94 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	48161.4 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>
Error b	اشتباه b	8	6.26	1.01	5.38	0.04	11.66	1087.27	12651.73	55.89	475364.6	1.44	1.45
Fertilizer (F)	کودها	9	848.11**	5.46**	73.64**	0.19**	160.09**	12697.23**	1152789.60**	327.70**	4339045.2**	51.90**	25.10**
F × Y	کود × سال	9	690.77	9.190	55.22 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	125.54 <sup>ns</sup>	392.65 <sup>ns</sup>	1771814.94	436.48 <sup>ns</sup>	6932444.7 <sup>ns</sup>	110.86 <sup>ns</sup>	41.59**
T × F	سرزنی × کود	18	1.99 <sup>ns</sup>	0.011**	3.56**	0.003**	5.37**	17694.78**	2418.21**	16.77 <sup>ns</sup>	84421.8**	0.33**	0.22 <sup>ns</sup>
T × F × Y	سرزنی × کود × سال	18	0.81 <sup>ns</sup>	0.043 <sup>ns</sup>	2.48 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	6.027 <sup>ns</sup>	354.73 <sup>ns</sup>	11354.49 <sup>ns</sup>	21.33 <sup>ns</sup>	119333.8 <sup>ns</sup>	0.51 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>
Replication × F	تکرار × کود	18	12.75	0.77	6.20	0.07	47.29	3061.84	88951.62	110.73	473275.8	4.63	4.02
Error c	اشتباه c	90	12.54	0.79	4.10	0.02	34.76	854.20	22792.44	45.40	313927.9	3.72	3.07
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	6.70	14.63	13.33	12.57	8.14	16.84	11.95	18.78	15.71	5.89	3.88

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

<sup>ns</sup>: غیر معنی دار.

\* and \*\*: Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.  
 ns: Not- significant.

تعداد شاخه‌های فرعی بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی بادام زمینی (۸/۴۶) در شرایط کاربرد نانو کلات روی به روش توأم خاکی و محلول‌پاشی در شرایط سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ده سانتی‌متری به دست آمد (جدول ۳). بدین ترتیب سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی از ارتفاع نسبتاً پایین، منجر به تولید شاخه‌های بیشتری در مقایسه با دیگر تیمارهای مورد مطالعه شد و کاربرد عنصر روی در چنین شرایطی منجر به افزایش بیشتر رشد جوانه‌های جانبی و افزایش تعداد شاخه‌های فرعی گردید. با افزایش تعداد شاخه‌های فرعی تعداد بیشتری گل بر روی گیاه تشکیل می‌شود و گل‌ها پس از تلقیح تبدیل به غلاف می‌شوند و بدین ترتیب عملکرد میوه (غلاف) و دانه بادام زمینی افزایش پیدا می‌کند.

محلول‌پاشی و کاربرد خاکی کلسیم در شرایط عدم سرزنی و سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ده سانتی‌متری ساقه بادام زمینی سبب کاهش تعداد شاخه‌های فرعی گیاه شد. نتایج بیانگر آن است که عنصر غذایی روی و کلسیم به ترتیب سبب افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه بادام زمینی می‌شوند و کاربرد توأم آنها می‌تواند نقش موثری در ایجاد تعادل بین رشد رویشی و زایشی بادام زمینی داشته باشد. به‌طور کلی، راهبرد تغذیه از طریق کاربرد خاکی و محلول‌پاشی روش موثری برای تغذیه گیاه بادام زمینی گزارش شده است (Arunachalam *et al.*, 2013).

محلول‌پاشی تحت شرایط عدم سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی بیشترین ارتفاع بوته (۷۹/۱۰ سانتی‌متر) را داشت (جدول ۳). از نتایج چنین استنباط می‌شود که کاربرد توأم نانو کلات‌های روی و کلسیم از طریق محلول‌پاشی تحت شرایط عدم سرزنی ساقه اصلی باعث افزایش ارتفاع بوته شد که این امر می‌تواند ناشی از افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته در واکنش به تغذیه با عناصر غذایی روی و کلسیم باشد.

در و همکاران (Der *et al.*, 2015) گزارش کردند که کاربرد عنصر روی سبب افزایش تولید ماده خشک و ارتفاع بوته گیاه بادام زمینی شد. در مطالعات مختلف مصرف کلسیم سبب بهبود رشد و تولید ماده خشک بادام زمینی شد (Cakmak, 2008; Ntare *et al.*, 2008; Kabir *et al.*, 2013; Kirthisinghe *et al.*, 2014). در این آزمایش، سرزنی بوته از ارتفاع ده سانتی‌متری و عدم کاربرد ترکیب نانو کلات‌های روی و کلسیم منجر به کاهش رشد طولی و ارتفاع بوته‌های بادام زمینی شد. پنداشته و همکاران (Pendashteh *et al.*, 2011) نیز گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی کودهای حاوی عنصر روی سبب افزایش ارتفاع بوته بادام زمینی شد.

#### تعداد شاخه‌های فرعی

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال و اثر ساده و متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات رویشی و زایشی بادام زمینی تحت تأثیر متقابل سرزنی × روش کاربرد نانوکودهای کلسیم و روی  
 Table 3. Mean comparison of vegetative and reproductive characteristics of peanut as affected by the interaction effect of topping × application methods of Zn and Ca nano fertilizers

Treatment	تیمار	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار)	مقدار کلسیم دانه (قسمت در میلیون)	مقدار روی دانه (قسمت در میلیون)	تعداد دانه در متر مربع
		Plant height (cm)	Number of branches	Number of pods per plant	Number of seed per pod	100-seed weight (g)	Seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Harvest index (%)	Biological yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Ca content of seed (ppm)	Zn content of seed (ppm)	Seed number per m <sup>2</sup>
No topping      عدم سرزنی												
Soil application of Zn	مصرف خاکی روی	65.99	7.23	15.63	1.11	73.85	1322.33	30.69	4086.16	22.16	8.25	174.75
Soil application of Ca	مصرف خاکی کلسیم	73.68	5.93	13.59	1.05	73.27	985.16	32.34	3274.50	24.94	4.49	143.40
Soil application of Ca + Zn	مصرف خاکی روی + کلسیم	63.42	8.18	12.27	1.12	69.13	944.33	26.60	3557.66	26.39	10.32	136.88
Foliar application of Zn	محلول پاشی روی	49.27	6.97	15.30	1.18	72.02	1345.50	35.36	3789.66	26.30	9.19	181.95
Foliar application of Ca	محلول پاشی کلسیم	73.91	6.83	17.51	1.03	73.35	1455.50	34.00	4247.83	27.44	9.47	180.61
Foliar application of Zn + Ca	محلول پاشی روی + کلسیم	79.10	7.94	15.14	1.48	71.05	1817.50	38.21	4484	29.86	4.63	226.13
Integrated application of Zn	کاربرد تلفیقی روی	38.15	6.35	13.61	1.16	69.12	975.83	21.97	4722.83	25.14	9.36	157.24
Integrated application of Ca	کاربرد تلفیقی کلسیم	67.96	3.51	14.69	1.51	74.39	1785.83	43.15	3947.00	25.54	5.37	221.48
Integrated application of Zn + Ca	کاربرد تلفیقی روی + کلسیم	65.89	6.74	14.55	1.38	74.28	1630.66	40.25	4040.83	29.37	8.18	201.75
No nano-fertilizer	عدم کاربرد نانوکود	66.81	5.81	15.30	1.18	74.86	1270.66	31.84	4010.33	32.04	9.17	181.50
Topping at 10 cm height      سرزنی از ارتفاع ده سانتی متری												
Soil application of Zn	مصرف خاکی روی	33.53	3.66	14.27	0.82	75.06	875.16	36.17	2436.66	31.89	5.15	117.67
Soil application of Ca	مصرف خاکی کلسیم	58.60	4.96	14.12	0.87	71.99	1005.00	44.88	2198.33	31.60	7.64	125.33
Soil application of Ca + Zn	مصرف خاکی روی + کلسیم	51.48	5.83	14.83	1.29	71.92	1300.16	34.09	3792.33	31.19	8.42	189.01
Foliar application of Zn	محلول پاشی روی	37.85	4.34	18.85	0.83	69.74	781.33	36.57	2485.50	34.91	4.95	156.39
Foliar application of Ca	محلول پاشی کلسیم	50.29	3.94	15.93	0.89	79.47	1073.50	43.21	2507.50	32.42	4.80	141.84
Foliar application of Zn + Ca	محلول پاشی روی + کلسیم	39.95	6.64	15.06	1.36	71.02	1344.33	35.04	4087.16	29.96	9.93	207.03
Integrated application of Zn	کاربرد تلفیقی روی	32.51	8.46	14.16	0.82	74.36	969.33	40.08	1595.66	32.07	4.60	117.04
Integrated application of Ca	کاربرد تلفیقی کلسیم	39.76	3.50	13.83	0.89	74.37	887.16	42.92	2046.50	31.79	4.53	125.55
Integrated application of Zn + Ca	کاربرد تلفیقی روی + کلسیم	25.39	5.71	15.86	1.22	66.08	1217.66	43.23	2809.66	33.22	9.15	191.97
No nano-fertilizer	عدم کاربرد نانوکود	22.40	7.33	17.52	1.13	70.35	1348.16	27.86	4822.00	34.04	9.01	197.57
LSD 5% =		2.2320	0.3007	0.0001	0.0989	3.4072	95.0670	4.1049	389.3621	0.5330	0.8483	13.17



Table 3. Continued

ادامه جدول ۳-

Treatment	تیمار	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار)	مقدار کلسیم دانه (قسمت در میلیون)	مقدار روی دانه (قسمت در میلیون)	تعداد دانه در متر مربع
		Plant height (cm)	Number of branches	Number of pods per plant	Number of seed per pod	100-seed weight (g)	Seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Harvest index (%)	Biological yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Ca content of seed (ppm)	Zn content of seed (ppm)	Seed number per m <sup>2</sup>
Topping at 20 cm height سرزنی از ارتفاع بیست سانتی متری												
Soil application of Zn	مصرف خاکی روی	54.39	7.36	12.38	1.25	67.97	757.83	24.32	3494.83	33.88	9.37	159.89
Soil application of Ca	مصرف خاکی کلسیم	58.98	5.79	15.76	1.35	73.62	1456.83	35.52	4101.50	34.29	6.93	212.31
Soil application of Ca + Zn	مصرف خاکی روی + کلسیم	57.57	7.57	23.30	1.33	70.23	2611.50	45.10	5549.00	33.37	8.27	305.38
Foliar application of Zn	محلول پاشی روی	51.88	6.81	24.47	1.21	82.19	2722.50	57.53	6540.00	32.11	12.08	300.31
Foliar application of Ca	محلول پاشی کلسیم	60.91	6.31	18.30	1.21	75.31	1768.50	40.66	4406.00	35.86	9.36	218.72
Foliar application of Zn + Ca	محلول پاشی روی + کلسیم	29.61	5.01	14.38	1.23	71.46	1340	48.69	2742.33	33.50	9.43	177.97
Integrated application of Zn	کاربرد تلفیقی روی	54.82	6.10	12.87	1.14	72.65	1025.83	34.28	2977.00	32.65	8.61	149.63
Integrated application of Ca	کاربرد تلفیقی کلسیم	61.35	4.92	11.06	1.02	64.57	729.16	26.41	2743.00	21.47	3.94	113.33
Integrated application of Zn + Ca	کاربرد تلفیقی روی + کلسیم	60.93	4.41	10.98	0.93	64.30	599.50	25.12	2715.00	21.16	3.71	102.71
No nano-fertilizer	عدم کاربرد نانو کود	59.28	4.80	10.32	0.88	60.50	549.83	19.94	2739.00	21.95	3.93	91.07
LSD5% =		2.2320	0.3007	0.0001	0.0989	3.4072	95.0670	4.1049	389.3621	0.5330	0.8483	13.17

خصوصیات رشد و عملکرد دانه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)...

## تعداد غلاف در بوته

غلاف در بوته شد. ولی، عنصر غذایی روی از این نظر بر عنصر کلسیم برتری داشت. از نتایج چنین استنباط می‌شود که افزایش تعداد غلاف برای ارتقای عملکرد دانه بادام زمینی لازم و ضروری است ولی افزایش غلاف‌های نارس منجر به افزایش عملکرد نمی‌شوند.

غلاف‌هایی که بتوانند چرخه حیات خود را به‌طور طبیعی سپری کنند، منجر به افزایش عملکرد دانه در بادام زمینی می‌شوند و تشکیل گل‌ها و غلاف‌های دیر هنگام نه تنها سبب افزایش عملکرد دانه نمی‌شوند، بلکه با مصرف بخشی از مواد فتوسنتزی منجر به کاهش عملکرد محصول می‌شوند. نتایج مشابه‌ای نیز در مطالعه بر روی کلزا گزارش شده است (Mostafavi Rad, 2013). محققان دیگر در مطالعه بر روی باقلا (Nakhzari Moghaddam, 2012) و بادام زمینی (Pilehvari Khomami *et al.*, 2008) افزایش تعداد غلاف در بوته را از شاخص‌های مهم افزایش عملکرد در واحد سطح گزارش کردند.

### تعداد دانه در غلاف

نتایج نشان داد که اثر سال و اثر ساده و متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد دانه در غلاف بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین تعداد دانه در غلاف (۱/۵۱ غلاف) در شرایط کاربرد خاکی و محلول‌پاشی نانو کود کلات کلسیم و عدم سرزنی بوته‌های بادام زمینی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تعداد دانه در غلاف (۱/۴۸ غلاف)

اثر سال و تیمار کودی و اثر متقابل آن با سرزنی بوته‌ها بر تعداد غلاف در بوته بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی تعداد غلاف در بوته بادام زمینی تحت تاثیر سرزنی بوته‌ها قرار نگرفت (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۴/۴۷ عدد) تحت شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری در واکنش به کاربرد نانو کود کلات روی به‌روشن محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۳). محققان دیگر نشان دادند که سرزنی بوته‌های باقلا سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد (Nakhzari Moghaddam, 2012). همچنین در مطالعه مشابه‌ای گزارش شده است که کاربرد کلسیم (Kamara *et al.*, 2011) و عنصر روی سبب افزایش تعداد غلاف در بوته بادام زمینی شد (Pilehvari Khomami *et al.*, 2008) و روش محلول‌پاشی بر روش کاربرد خاکی برتری داشت (Irmaka *et al.*, 2015).

از نتایج چنین استنباط می‌شود که کاربرد عنصر روی در واکنش به سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری از طریق افزایش تعداد شاخه‌های فرعی سبب افزایش تعداد گل و غلاف در گیاه می‌شود و کاربرد توأم عناصر غذایی روی و کلسیم تا حدی سبب تنزل تعداد غلاف در بوته بادام زمینی می‌شود که می‌تواند ناشی از بازدارندگی نسبی رشد رویشی ناشی از کاربرد عنصر کلسیم باشد. با این توصیف، نتایج نشان داد که کاربرد هر دو عنصر غذایی سبب افزایش تعداد

(جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن صد دانه بادام زمینی (۸۲/۱۹ گرم) در اثر کاربرد نانوکود کلات روی به‌روش محلول‌پاشی و در شرایط سرزنی گیاه از ارتفاع بیست سانتی‌متری به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد خاکی و هم‌زمان روی و کلسیم نداشت (جدول ۳). محققان دیگر نیز نشان دادند که سرزنی بوته‌های باقلا سبب افزایش وزن صد دانه شد (Nakhzari Moghaddam, 2012). در مطالعه اثر عنصر روی بر گیاه لویسا نیز گزارش شده است که محلول‌پاشی عنصر روی سبب افزایش وزن صد دانه لویسا شد (Salehin and Rahman, 2012).

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی نانوکود کلات روی تولید ماده خشک گیاه و تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را افزایش داد و سبب افزایش وزن صد دانه بادام زمینی شد که با نتایج کبیر و همکاران (Kabir *et al.*, 2013) مطابقت داشت. برخی محققان نیز بیشترین وزن صد دانه آفتابگردان را در شرایط کاربرد خاکی عنصر غذایی روی گزارش کردند (Khan *et al.*, 2009). بدین ترتیب، راهبرد تغذیه از طریق کاربرد خاکی و محلول‌پاشی بسته به نوع گیاه زراعی و شرایط اقلیمی می‌تواند مقادیر مناسبی از عناصر غذایی را در دسترس گیاه قرار دهد (Arunachalam *et al.*, 2013).

#### عملکرد دانه بادام زمینی

اثر سال، سرزنی بوته، کاربرد نانو کودهای

در شرایط کاربرد توأم عناصر غذایی روی و کلسیم به‌روش محلول‌پاشی نداشت (جدول ۳). گزارش شده است که تشکیل بیشترین تعداد دانه در غلاف در شرایط سرزنی باقلا بود (Nakhzari Moghaddam, 2012). نتایج تحقیقات پیشین نیز نشان داده است که محلول‌پاشی عنصر روی و کلسیم بر اندام‌های هوایی سبب بهبود تعداد دانه به‌ترتیب در طبق آفتابگردان (Cakmak, 2008) و غلاف بادام زمینی شد (Kamara *et al.*, 2011).

#### تعداد دانه در مترمربع

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سال، سرزنی بوته‌ها، کوددهی و اثر متقابل آنها بر تعداد دانه در متر مربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین تعداد دانه در مترمربع تحت شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری و محلول‌پاشی نانو کلات روی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی کلسیم نداشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که افزایش تعداد دانه در مترمربع منجر به افزایش عملکرد دانه بادام زمینی در هکتار گردید.

#### وزن صد دانه

اثر سال و اثر ساده کود و اثر متقابل سرزنی × کوددهی بر وزن صد دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر ساده سرزنی بر وزن صد دانه بادام زمینی معنی‌دار نبود

خورشید به داخل سایه‌انداز و افزایش بهره‌برداری از تشعشعات خورشیدی و همچنین جلوگیری از شیوع بیماری‌هایی نظیر لکه‌برگی سرکوسپرا باشد. چون سایه‌اندازی در داخل بوته‌های بادام زمینی سبب شیوع بیماری لکه‌برگی سرکوسپرا می‌شود که یکی از بیماری‌های شایع منطقه می‌باشد و می‌تواند خسارت ۳۰ تا ۵۰ درصدی بر عملکرد بادام زمینی وارد سازد (Daghan *et al.*, 2013; Mohammed, 2004).

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد جداگانه عنصر غذایی روی و یا کاربرد آن به صورت ترکیب با عنصر کلسیم به‌روشنی محلول‌پاشی و یا خاک مصرف، تاثیر مثبت بر اجزای عملکرد نظیر تعداد تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و وزن صد دانه داشت. چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد خاکی و محلول‌پاشی نانو کلات‌های روی و کلسیم در طی مراحل رشد می‌تواند از طریق بهبود فرآیند فتوسنتزی گیاه بادام زمینی، تولید هیدرات‌های کربن و پرشدن دانه‌ها و کاهش تعداد غلاف‌های خالی، عملکرد و اجزای عملکرد آن را بهبود بخشد (Der *et al.*, 2015).

#### شاخص برداشت دانه

در این آزمایش، اثر ساده و متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر شاخص برداشت دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ولی، اثر سال بر آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۵۷/۵۳ درصد) در شرایط محلول‌پاشی نانو کود

کلات روی و کلسیم و اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح (۲۷۲۲ کیلوگرم) تحت تاثیر سرزنی بوته‌های بادام زمینی از ارتفاع بیست سانتی‌متری و کاربرد نانو کلات روی به‌روشنی محلول‌پاشی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه بادام زمینی (۲۶۱۱ کیلوگرم در هکتار) در واکنش به کاربرد توأم نانو کودهای کلات روی و کلسیم به‌روشنی خاکی نداشت (جدول ۳).

محققان متعددی گزارش کرده‌اند که کاربرد عنصر کلسیم (Khurana and Chatterjee, 2001; Kirthisinghe *et al.*, 2014) و عنصر روی (Pilehvari Khomami *et al.*, 2008; Esmailpour *et al.*, 2013; Der *et al.*, 2015) سبب افزایش عملکرد دانه شد. محققان دیگر محلول‌پاشی برگ‌ها را روش مناسبی برای افزایش عملکرد دانه بادام زمینی و آفتابگردان گزارش کرده‌اند (Cakmak, 2008; Khan *et al.*, 2009; Baybordi and Mamedov, 2010; Pendashteh *et al.*, 2011; Irmak *et al.*, 2015). براساس نتایج این آزمایش محلول‌پاشی عناصر غذایی روش مناسب‌تری برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بادام زمینی است. علت افزایش عملکرد دانه بادام زمینی در واکنش به سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری می‌تواند ناشی از نفوذ بهتر نور

### عملکرد زیست توده

اثر سال، سرزنی بوته‌ها، نانو کودهای کلات روی و کلسیم و اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد زیست توده بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد نشان داد که بیشترین عملکرد زیست توده بادام زمینی (۶۵۴۰ کیلوگرم در هکتار) در اثر استفاده توأم نانو کود کلات روی به روش محلول پاشی و در شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی متری به دست آمد (جدول ۳). سایر محققان نیز نشان دادند که محلول پاشی عنصر روی سبب افزایش رشد و تولید ماده خشک در لویاشد (Salehin and Rahman, 2012). محققان دیگری گزارش کرده‌اند که کاربرد عنصر غذایی روی سبب بهبود جوانه زنی بذر، رویش و استقرار گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (Cakmak, 2008) شد. همچنین گزارش شده است که عنصر غذایی روی از طریق افزایش تولید ماده خشک، سبب افزایش عملکرد میوه و دانه بادام زمینی شد (Der et al., 2015).

نتایج نشان داد که سرزنی بوته‌ها از طریق افزایش نفوذپذیری نور خورشید به داخل سایه انداز گیاه، افزایش گل دهی و تولید غلاف و محلول پاشی عنصر غذایی روی از طریق بهبود دسترسی عنصر غذایی روی برای گیاه سبب افزایش تعداد شاخه فرعی، ارتفاع گیاه و بهبود اجزای عملکرد دانه بادام زمینی شد و ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید میزان ماده خشک در واحد سطح را افزایش داد و سرانجام منتج به افزایش

کلات روی در واکنش به سرزنی بوته‌های بادام زمینی از ارتفاع بیست سانتی متری به دست آمد (جدول ۳). محققان در مطالعه مشابه‌ای نشان دادند که سرزنی بوته‌های باقلا سبب کاهش رشد رویشی و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و افزایش شاخص برداشت دانه شد (Nakhzari Moghaddam, 2012).

به نظر می‌رسد که با سرزنی بادام زمینی جوانه‌های جانبی بیشتر برانگیخته می‌شوند و با افزایش تولید شاخه‌های فرعی در بوته‌های بادام زمینی، تعداد گل و غلاف‌های تشکیل شده بر روی گیاه افزایش می‌یابد. بدین ترتیب تولید میوه و شاخص برداشت دانه بادام زمینی بهبود پیدا می‌کند. نتایج نشان داد که افزایش شاخص برداشت در زراعت بادام زمینی تا حدی می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه در این گیاه شود و افزایش بیشتر آن از طریق کاهش رشد رویشی منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود و در چنین شرایطی حتی با وجود مخزن‌های فیزیولوژیک قوی نمی‌توان به عملکرد قابل قبولی دست پیدا کرد.

نتایج این مطالعه نشان داد پائین بودن شاخص برداشت دانه یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد دانه بادام زمینی است. بدین ترتیب، چنانچه شرایط رشد زایشی برای گیاه بادام زمینی مساعد شود ضمن تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به کخزن‌های فیزیولوژیک (غلاف‌ها) و افزایش شاخص برداشت، عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح بهبود پیدا می‌کند.

عملکرد دانه در واحد سطح شد.

در این پژوهش، افزایش تولید زیست‌توده سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح شد. بدین ترتیب، به‌نظر می‌رسد که کمبود منابع فتوسنتزی یکی از موانع اصلی افزایش عملکرد بادام زمینی بود و تشکیل منابع فتوسنتزی قوی و تولید زیست‌توده کافی برای دستیابی به عملکرد بیشتر در زراعت بادام زمینی لازم است. نتایج نشان داد که عملکرد دانه بادام زمینی با افزایش عملکرد زیست‌توده افزایش یافت و کمبود سطح فتوسنتزی در زراعت بادام زمینی می‌تواند یکی از عوامل محدود کننده عملکرد دانه در واحد سطح باشد. از نتایج به‌ست آمده چنین استنباط می‌شود که افزایش عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت دانه به موازات یکدیگر می‌تواند گام موثری در راستای بهبود عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح باشد.

به‌همراه داشته باشد (Mostafavi Rad, 2013).

سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری عملکرد دانه و محتوای کلسیم دانه بادام زمینی را افزایش داد و محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم سبب افزایش جذب و تجمع عنصر غذایی کلسیم در دانه بادام زمینی شد. محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم از نظر جذب و افزایش غلظت آن در دانه بادام زمینی بر روش‌های مصرف دیگر برتری داشت (جدول ۳). براساس نتایج این پژوهش محلول‌پاشی می‌تواند روش آسان‌تری برای فراهمی عنصر غذایی کلسیم برای گیاه بادام زمینی باشد. نتایج بیانگر آن است که کاربرد عنصر غذایی کلسیم سبب بهبود جذب عنصر روی به‌وسیله گیاه و رشد زایشی آن می‌شود و اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی گیاه را افزایش می‌دهد و از رشد رویشی گیاه می‌کاهد.

#### محتوای روی دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، سرزنی بوته‌ها، کاربرد نانو کدهای کلات روی و کلسیم و اثر متقابل آنها بر محتوای روی دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین محتوای روی دانه بادام زمینی (۱۲/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اثر محلول‌پاشی نانو کلات کلات روی و در شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری به‌دست آمد (جدول ۳). محققین دیگری در مطالعه بر روی کلزا نشان دادند که محلول‌پاشی عنصر غذایی روی

#### محتوای کلسیم دانه

اثر سال و اثر ساده و متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر محتوای کلسیم دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین محتوای کلسیم دانه بادام زمینی (۳۵/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اثر محلول‌پاشی نانو کلات کلات کلسیم و تحت شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری به‌دست آمد (جدول ۳). گزارش شده است که محلول‌پاشی عناصر غذایی به ویژه در شرایط عدم امکان جذب آن‌ها از طریق ریشه گیاه می‌تواند نتایج مطلوبی را

رشد زایشی و رویشی بوته بادام زمینی و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه آن در مقایسه با تیمارهای دیگر شد. در این پژوهش، عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح با افزایش عملکرد زیست توده و شاخص برداشت بهبود پیدا کرد. این امر بیانگر آن است که رشد اندام‌های فتوسنتز کننده به موازات افزایش ظرفیت مخزن‌های فیزیولوژیک می‌تواند منجر به بهبود عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح شود.

نتایج نشان داد که سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری و کاربرد نانو کودهای کلات روی و کلسیم به دلیل ایجاد تعادل بین رشد رویشی و زایشی، بهبود نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه منجر به افزایش عملکرد دانه بادام زمینی شد. کاربرد هم‌زمان عناصر غذایی روی و کلسیم به‌روشنی محلول‌پاشی نیز می‌تواند منجر به بروز هم‌افزایی در جذب و ذخیره عناصر غذایی در دانه و دیگر بافت‌های گیاهی و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه بادام زمینی شود.

#### سپاسگزاری

نگارندگان از مدیریت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان که زمینه اجرای این آزمایش را در مزرعه تحقیقاتی آن مرکز در رشت فراهم کردند، سپاسگزاری می‌کنند.

سبب افزایش عظمت روی در دانه کلزا شد (Mostafavi Rad, 2013).

نتایج نشان داد که محتوای روی دانه در واکنش به محلول‌پاشی نانو کود کلات روی افزایش یافت. محلول‌پاشی عنصر غذایی روی روش مطمئن و آسان‌تری برای جذب و تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و افزایش انباشت عناصر غذایی در دانه و سایر بافت‌های گیاهی بادام زمینی محسوب می‌شود و می‌تواند تاثیر بسزایی بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه بادام زمینی داشته باشد.

نتایج نشان داد که عنصر روی نیز تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی بادام زمینی را افزایش می‌دهد که این امر می‌تواند ناشی از افزایش جذب و ذخیره بیشتر عنصر کلسیم در دانه و دیگر اندام‌های گیاه بادام زمینی در واکنش به کاربرد عنصر روی باشد. در واقع، نتایج نشان داد که هم‌افزایی در جذب عناصر روی و کلسیم تحت شرایط کاربرد هم‌زمان این عناصر غذایی شد که به تبع آن می‌تواند سبب بروز آثار مثبت و شکوفایی پتانسیل ژنتیکی گیاه در راستای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی شود.

#### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد نانو کودهای کلات روی و کلسیم به‌روشنی محلول‌پاشی تحت شرایط سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی از ارتفاع بیست سانتی‌متری سبب افزایش

**References**

- Ali, A., and Mowafy, S. A. 2003.** Effect of different levels of potassium and phosphorus fertilizers with the foliar application of zinc and boron on peanut in sandy soils. *Zagazig Journal of Agricultural Research* 30: 335-358.
- Anonymous. 2017.** Management and planning organization of Guilan. (Accessed 12 October 2017). [https://en.wikipedia.org/wiki/Management\\_and\\_Planning\\_Organization\\_of\\_Iran](https://en.wikipedia.org/wiki/Management_and_Planning_Organization_of_Iran).
- Arunachalam, P., Kannan, P., Prabukumar, G., and Govindaraj, M. 2013.** Zinc deficiency in Indian soils with special focus to enrich zinc in peanut. *African Journal of Agricultural Research* 8 (50): 6681-6688.
- Baybordi, A., and Mamedov, G. 2010.** Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Natural Science Biology* 2 (1): 94-103.
- Bradley, E. L., Castle, L., and Chaudhry, Q. 2011.** Applications of nanomaterials in food packaging with a consideration of opportunities for developing countries. *Trends in Food Science and Technology* 22: 604-10
- Cakmak, I. 2008.** Enrichment of cereal grains with zinc. Agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil* 302: 1-17.
- Daghan, H., Uygur, V., Koleli, N., Arslan, M., and Eren, A. 2013.** The effect of heavy metal treatments on uptake of nitrogen, phosphorus and potassium in transgenic and non-transgenic tobacco plants. *Journal of Agricultural Sciences* 19: 129-139 (in Persian).
- Das, K., Dang, R., Shivananda, T. N., and Sur, P. 2005.** Interaction between phosphorus and zinc on the biomass yield and yield attributes of the medicinal plant stevia (*Stevia rebaudiana*). *Science World Journal* 5: 390-395.
- Der, H. N., Vaghasia, P. M., and Verma, H. P. 2015.** Effect of foliar application of potash and micronutrients on growth and yield attributes of groundnut. *Annual Agricultural Research* 36 (3): 275-278.
- Esmailpour, S., Asghari, J., Safarzadeh Vishgayi, M. N., and Samizadeh Lahiji, H. 2013.** Effect of sulphur and zinc on growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 11(2): 30 (in Persian).



- Irmaka, S., Nuran Cil, A., Yucel, H., and Kaya, Z. 2015.** Effects of zinc application on yield and some yield components in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in the eastern Mediterranean region. *Journal of Agricultural Sciences* 22: 109-116.
- Johnson, S. E., Lauren, J. G., Welch, R. M., and Duxbury, J. M. 2005.** A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. *Experimental Agriculture* 41: 427-448.
- Kabir, R., Yeasmin, S., Mominul Islam, A. K. M., and Abdur Rahman Sarkar, M. D. 2013.** Effect of phosphorus, calcium and boron on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology* 5 (3): 51-59.
- Kamara, E. G., Olympio, N. S., and Asibuo, J. Y. 2011.** Effect of calcium and phosphorus fertilizer on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 8: 326-331.
- Khan, M. A., Din, J., Nasreen, S., Khan, M. Y., Khan, S. U., and Gurmani, A. R. 2009.** Response of sunflower to different levels of zinc and iron under irrigated conditions. *Sarhad Journal of Agriculture* 25 (2): 159-163.
- Khurana, N., and Chatterjee, C. 2001.** Influence of variable zinc on yield, seed oil content, and physiology of sunflower. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32: 3023-3030.
- Kirthisinghe, J. P., Thilakarathna, S., Gunathilaka, B. L., and Dissanayaka, D. 2014.** Impact of applying calcium on yield and visual quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Advances in Crop Science and Technology* 25 (3): 432-436.
- Lee, J., Mahendra, S., and Alvarez, P. J. J. 2010.** Nanomaterials in the construction industry: a review of their applications and environmental health and safety considerations. *ACS Nano* 4: 3580-90.
- Luca, M. 2012.** Synthesis of metal nanoparticles in living plants. *Italian Journal of Agronomy* 7: 274-282.
- Mirvat, E., Gobarah, M., Mohamed, H., and Tawfik, M. M. 2006.** Effect of phosphorus fertilizer and foliar spraying with zinc on growth, yield and quality of

- groundnut under reclaimed sandy soils. *Journal of Applied Science Research* 2 (8): 491-496.
- Mohammed, Z. H. 2004.** Evaluation of groundnut varieties for resistance to cercospora leaf spot in the Sudan Savanna of Nigeria. M.S.c Thesis. University of Maiduguri, Nigeria.
- Mostafavi Rad, M. 2013.** Study of seed yield and seed macro elements content of three winter rapeseed varieties as affected by different nitrogen sources. *Electronic Journal of Crop Production* 6 (1): 109-123 (in Persian).
- Murata, M. R. 2003.** The impact of soil acidity amelioration on groundnut production on sandy soils of Zimbabwe. Ph.D. Dissertation. University of Pretoria. Zimbabwe.
- Nakhzari Moghaddam, A. 2012.** Effect of detopping and plant density on yield and yield components of Barakat cultivar of faba bean (*Vicia faba* L.) in Gonbad Kavous. *Iranian Journal of Field Crop Science* 44 (4): 703-710 (in Persian).
- Ntare, B. R., Diallo, A. T., Ndjeunga, A. T., and Aliyar, F. 2008.** Groundnut seed production manual. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). 20 pp.
- Ozyigit, Y., and Mellmet, B. 2013.** Forage potential of some groundnut (*Arachis hypogea* L.) cultivars. *Romanian Agriculture Research* 30: 57-63.
- Panjtandoust, M., Sorooshzadeh, A., and Ghanati, F. 2010.** Effect of iron soil and spray applied on some quality characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) plants in a calcareous soil. *Journal of Plant Biology* 5: 37-50 (in Persian).
- Pendashteh, M., Tarighi, F., Ziaei Doustan, H., Keshavarz, A. K., Mazapour, E., Moradi, M., and Bozorgi, H. R. 2011.** Effect of foliar zinc spraying and nitrogen fertilization on seed yield and several attributes of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *World Applied Science Journal* 13(5): 1209-1217.
- Pilehvari Khomami, R., Safarzadeh Vishkaei, M. N., Sajedi, N., Rasuli, M., and Moradi, M. 2008.** Effect of methanol and zinc application on peanut qualitative and quantitative characteristic in Guilan region. *New Findings in Agriculture* 4 (8): 13-19. (in Persian).

- Ronald, B., Sorensen, R., Nuti, C., and Christopher, L. 2009.** Yield and plant growth response of peanut to mid-season forage harvest. *Agronomy Journal* 101 (5): 1198-1203.
- Salehin, F., and Rahman, S. 2012.** Effects of zinc and nitrogen fertilizer and their application method on yield and yield components of *Phaseolus vulgaris* L. *Agricultural Sciences* 3(1): 9-13.
- Sharma, C. P. 2006.** Plant micronutrients. Science Publishers, Enfield, NH, USA. 265 pp.
- Stefania, M., Giovanna, S., Fabio, B., Pier Paolo, R., and Gian Franco, G. 2013.** Advances of nanotechnology in agro-environmental studies. *Italian Journal of Agronomy* 8: 127-140.
- Supraptoa, A., Sugitob, Y., Sitompulb, S., and Sudaryono, M. 2013.** Study of growth, yield and radiation energy conversion efficiency on varieties and different plant population of peanut. *Procedia Environmental Sciences* 17: 37 – 45.
- Zhao, K., and Wu, Y. 2017.** Effects of Zn deficiency and bicarbonate on the growth and photosynthetic characteristics of four plant species. *Plos One* 12 (1): e0169812. <http://doi.org/10.1371/Journal.pone.0169812>.