

Evaluation of Physiological Characteristics in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Response to Plant Cutting and Application Methods of Zn and Ca nano-Chelates

Amin Nobahar¹, Marefat Mostafavi Rad^{2*}, Hamid Reza Zakerin³, Saeed Sayfzadeh⁴ and Ali Reza Valadabady⁵

- 1- Ph.D. Student of Agroecology, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran (mmostafavirad@gmail.com)
- 3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
- 4- Assistant Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
- 5- Associate Professor, Department of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran

Received: 18 October, 2017

Accepted: 7 March, 2018

Abstract

Background and Objectives

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is one of the most important legume crops and it is rich in oil (47-53 %) and protein (25-36 %). Peanut has very high nutrient requirement. On the contrary severe mineral nutrient deficiency due to inadequate and imbalanced use of nutrients is one of the major factors responsible for low yield in peanut (Kabir *et al.*, 2013). Zinc (Zn) plays an important role in the production of biomass. Furthermore, Zn may be required for chlorophyll production, pollen function and fertilization (Kaya and Higgs, 2002; Pandey *et al.*, 2006). Among the nutrients, Zn deficiency causes yield loss to the maximum of 40% in peanut (Arunachalam *et al.*, 2013). Plant response to Zn deficiency occurs in terms of decrease in membrane integrity, susceptibility to heat stress, decreased synthesis of carbohydrates, cytochromes nucleotide, auxin and chlorophyll (Singh, 2007). Calcium (Ca) is required by peanut plants from the initial stage of pegs appearance until pods maturity. Ca deficiency aborts or shrivels fruit and leads to high percentage of empty pods. The comparison of the various methods of peanut plants fertilization is more important. Peanuts need full sun and topping of main stem in peanut plants could improve solar radiance penetration in to the canopy. Thus, the objective of this experiment was to evaluate the effects of plant topping, Zn and Ca nano-fertilizers and their application on peanut yield.

Materials and Methods

This experiment was carried out in 2016 cropping season as split split plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications. Nano-chelates including nano-chelated Zn, nano-chelated Ca and simultaneous usage of nano-chelated Zn and nano-chelated Ca fertilizers and check as the main plots, the application of methods such as the soil utilization of nano-chelates, foliar application and integrated method of the soil utilization and foliar application of fertilizers as sub plots, and topping of the main stem at 10 and 20 centimeters above the floor and no topping as control comprised the experimental treatments.

Results

In this experiment, the highest seed yield, biological yield, fruit (pod) yield and peanut hull production were observed as affected by simultaneous usage of Zn and Ca nano- chelates, integrated method of the soil utilization and foliar application of Zn and Ca nano- chelates and



topping of the main stem at 20 centimeters above the floor. The greatest fresh forage and hay yield was shown under simultaneous usage of Zn and Ca nono- chelates integrated method of the soil application and foliar spraying of Zn and Ca nano-chelates and topping of the main stem at 10 centimeters above the floor. But the highest percentage of hollow pods per plant and fruit harvest index were achieved under no topping of the peanut stem.

Discussion

It seems that dividing Ca nano-chelate application could improve peanut reproductive growth. But Zn deficiency during the reproductive growth enhanced hollow pod numbers due to probable photosynthetic capability increment of peanut plant. In general, simultaneous application of Zn and Ca nano-chelates and integrated methods of their usage and topping of the main stem at 20 centimeters above the floor increased fruit and grain yield of peanut under Guilan climatic condition.

Keywords: Agronomic traits, Nano-chelate, Photosynthetic capability, Radiance, Yield

ارزیابی صفات فیزیولوژیک بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) در واکنش به سرزنی

بوته‌ها و روش‌های کاربرد نانوکلات‌های روی و کلسیم

امین نوبهار^۱، معرفت مصطفوی‌راد^{۲*}، حمیدرضا ذاکرین^۳، سعید سیف‌زاده^۴ و علیرضا ولدآبادی^۵

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

۲- **نویسنده مسئول:** استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران (mmostafavirad@gmail.com)

۳- استادیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

۴- استادیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

۵- دانشیار، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثر سرزنی بوته‌ها و مصرف عناصر روی و کلسیم و روش‌های کاربرد آن‌ها بر صفات فیزیولوژیک بادام‌زمینی در منطقه رشت، آزمایشی در بهار سال ۱۳۹۵ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان به صورت کرت‌های دو بار خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل مصرف نانوکلات روی، نانوکلات کلسیم، استفاده تلفیقی از آن‌ها و عدم مصرف کود (شاهد) به عنوان کرت اصلی، روش کاربرد نانوکلات‌ها نظیر مصرف خاکی، محلول پاشی و کاربرد تلفیقی آن‌ها به عنوان کرت فرعی و سرزنی ساقه اصلی گیاه از ارتفاع ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر و عدم سرزنی (شاهد)، به عنوان کرت فرعی بود. در این آزمایش، بیشترین عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، عملکرد میوه (غلاف) و تولید پوسته بادام‌زمینی تحت تأثیر کاربرد توام نانوکلات‌های روی و کلسیم به روش تلفیقی مصرف خاکی و محلول پاشی و سرزنی ساقه اصلی بادام‌زمینی از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری به دست آمد. بیشترین عملکرد علوفه تر و علوفه خشک تحت شرایط کاربرد نانوکلات کلسیم به روش تلفیقی خاکی و محلول پاشی و سرزنی ساقه اصلی بادام‌زمینی از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری مشاهده شد. ولی، بالاترین درصد غلاف‌های پوک در بوته و شاخص برداشت میوه در شرایط عدم سرزنی ساقه بادام‌زمینی به دست آمد. به نظر می‌رسد که کاربرد مجزای کلسیم می‌تواند رشد زایشی بادام‌زمینی را بهبود بخشد. ولی، کمبود عنصر روی در طول دوره رشد زایشی سبب افزایش تعداد غلاف‌های پوک به دلیل کاهش احتمالی ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود. به طور کلی، کاربرد توام نانوکلات‌های روی و کلسیم و روش تلفیقی کاربرد آن‌ها و سرزنی بوته‌های بادام‌زمینی از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری سبب افزایش عملکرد میوه و دانه بادام‌زمینی در شرایط اقلیمی گیلان گردید.

کلیدواژه‌ها: تشعشع، صفات زراعی، ظرفیت فتوسنتزی، عملکرد، نانوکلات

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاهی با عادت رشد نامحدود و از خانواده لگوم‌ها است که دانه آن حاوی ۴۰ الی ۵۰ درصد روغن و کنجاله آن دارای

۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین می‌باشد (Ozyigit and Mellmet, 2013). سطح زیرکشت بادام‌زمینی در ایران در حدود ۵۰۰۰ هکتار و در استان گیلان حدود ۲۶۰۰ هکتار است (Anonymous, 2017). بادام‌زمینی نیاز به

بادام زمینی را در اثر کاربرد کلسیم گزارش کردند (Kirthisinghe *et al.*, 2014).

همچنین، کمبود روی یک از محدود کننده ترین عناصر غذایی برای تولید گیاهان زراعی بشمار می رود (Daghan *et al.*, 2013) که به عنوان فعال کننده آنزیم های مختلف در گیاه و سوبسترای رشد هورمون ایندول استیک اسید عمل می کند و سبب افزایش تولید ماده خشک، عملکرد میوه و دانه بادام زمینی (Der *et al.*, 2015) و جوانه زنی بذر، رویش و استقرار گیاه، عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان (Cakmak, 2008) می شود. محققان دیگری نشان دادند که کاربرد کلات روی همراه با کودهای زیستی سبب بهبود عملکرد و صفات مرفولوژیک گیاه کلزا گردید (Jashni *et al.*, 2017). کمبود عنصر روی سبب تخریب غشاء سلولی، حساسیت گیاه به تنش گرمایی، کاهش سنتز کربوهیدرات ها و کلروفیل می شود (Singh, 2007) و فراهمی عنصر روی برای تولید و تلقیح دانه گرده ضروری گزارش شده است (Pandey *et al.*, 2006; Kaya and Higgs, 2002) در مطالعه مشابهی گزارش شده است که کاربرد عنصر روی سبب بهبود کمیت و کیفیت عملکرد دانه کلزا و صفات مرفولوژیک آن گردید (Majidian *et al.*, 2015). در شرایط تنش خشکی، محلول پاشی برگگی یک روش بسیار مناسب برای ارتقاء عملکرد کمی و کیفی بذر (Cakmak, 2008) و تغذیه گیاهان زراعی (Baybordi and Mamedov, 2010) گزارش شده است. محققان متعددی کاربرد روی به صورت محلول پاشی بر عملکرد دانه بادام زمینی و آفتابگردان را مثبت گزارش کرده اند (Irmak *et al.*, 2015; Khan *et al.*, 2009; Pendashteh *et al.*, 2011). به طور کلی، اثر کاربرد خاکی و محلول پاشی برای تغذیه گیاه بادام زمینی مثبت گزارش شده است (Arunachalam *et al.*, 2013). امروزه، فناوری نانو کاربردهای وسیعی در همه مراحل تولید محصولات کشاورزی دارد. نانوذرات اتم ها یا مولکول هایی با اندازه یک تا ۱۰۰ نانومتر هستند. کاهش

تشعشع خورشیدی زیادی دارد. مجموعه عملیاتی که نفوذ نور به داخل سایه انداز گیاه بادام زمینی را افزایش دهد، می تواند در بهبود کارایی مصرف تشعشع و فتوسنتز آن موثر باشد. همچنین، رشد نامحدود بادام زمینی سبب تشکیل گل های دیر هنگام در انتهای بوته و با فاصله زیادی از سطح خاک می شود و گل های تلقیح شده نمی توانند خود را به داخل خاک برسانند و این امر سبب افت عملکرد دانه بادام زمینی می شود. با سرزنی بوته های بادام زمینی می توان غالبیت انتهایی رشد گیاه را کاهش داد و از تولید گل های دیر هنگام در انتهای بوته جلوگیری نمود و نفوذ نور به داخل سایه انداز گیاهی را افزایش و از شیوع بیماری های آن جلوگیری نمود (Ronald *et al.*, 2009). تاکنون در خصوص سرزنی بوته های بادام زمینی کار پژوهشی انجام نشده است، ولی، محققان در مطالعه مشابهی نشان دادند که سرزنی بوته های باقلا سبب کاهش رشد رویشی و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش عملکرد آن گردید (Nakhzari Moghaddam, 2012).

به علاوه، تغذیه مطلوب گیاهان زراعی از عوامل بسیار موثر بر عملکرد گیاهان زراعی است. کلسیم در تلقیح تخمدان ها، تشکیل میوه، رسیدگی و پرشدن غلاف ها، عملکرد دانه و روغن نقش اساسی دارد. کمبود کلسیم به ویژه در خاک های اسیدی رشد و تولید بادام زمینی را کاهش و بیماری های پوسیدگی میوه و ریشه بادام زمینی را افزایش می دهد. کاربرد کلسیم، سبب بهبود رشد و بقا باکتری های همزیست با ریشه بادام زمینی و تثبیت زیستی نیتروژن می شود. نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که کودهای کلسیمی موجب افزایش تعداد غلاف و عملکرد دانه بادام زمینی و کاهش تعداد غلاف های خالی گردید (Kamara *et al.*, 2011) و کمبود کلسیم سبب نارس شدن غلاف ها، سیاه شدن جنین در بذور، جوانه زنی ضعیف بذور و افزایش پتانسیل تولید آفلاتوکسین و آلودگی محصول می گردد (Hosseinzadeh Gashtiet *et al.*, 2009). محققان دیگری، افزایش عملکرد غلاف و عملکرد دانه

گردید. سایز مولکولی نانو کودهای مورد استفاده در این آزمایش زیر ۱۰۰ نانومتر است. براساس توصیه شرکت تولیدکننده، میزان کاربرد خاکی نانوکلات کلسیم و روی به ترتیب حدود ۸ و ۶ کیلوگرم در هکتار بود و محلول پاشی آنها نیز به ترتیب با دز ۲ و ۱/۵ در هزار طی دو مرحله از رشد گیاه بادام زمینی انجام گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول (۱) درج شده است. کاشت بادام زمینی در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه انجام شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و هر کرت شامل ۶ خط به طول ۵ متر بود. کنترل علف‌های هرز به روش 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 ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۶۰ کیلوگرم اوره به عنوان نیتروژن استارتر قبل از مرحله کاشت به وسیله دیسک سبک به طور یکنواخت با خاک مخلوط گردید. محلول پاشی اولیه نانو کودهای روی و کلسیم در مرحله شروع گل‌دهی و مرحله دوم با فاصله ۳۰ روز از مرحله نخست انجام شد. در مرحله رسیدگی دانه‌ها که با تغییر رنگ قهوه‌ای و ایجاد شیارهایی بر روی غلاف‌های بادام زمینی همراه بود صفاتی مورد مطالعه با برداشت ۲۰ بوته تصادفی از هر کرت انجام گردید. عملکرد زیست توده و عملکرد دانه با حذف نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای هر کرت و برداشت ۵۰ بوته (۵ متر مربع) از ردیف‌های میانی هر کرت اندازه‌گیری گردید. شاخص برداشت از نسبت دانه به عملکرد زیست توده و بر حسب درصد محاسبه شد و طول و عرض دانه با کولیس اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری آنها ثبت گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

سطح ذرات در نانو کودها سبب افزایش سطح مخصوص هر ذره کود و افزایش انرژی و فعالیت سطحی هر ذره می‌گردد (Ma et al., 2010). بدین ترتیب، مصرف نانو کودها در مقادیر کمتری صورت می‌گیرد و به سهولت و به تدریج جذب گیاه می‌شود و از آلودگی زیست محیطی جلوگیری می‌شود. محققان بر این باورند که بالا بودن کارایی نانو کودها موجب افزایش کمی و کیفی محصولات و درآمد کشاورزان می‌شود (Baghaie et al., 2011). هدف این آزمایش، ارزیابی اثر سرزنی بوته، نانو کودهای روی و کلسیم و روش مصرف آنها بر بادام زمینی در رشت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۵ به صورت کرت‌های دو بار خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان (رشت) واقع در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه و ارتفاع پنج متری از سطح دریا اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ترکیب نانو کودهای روی و کلسیم در چهار سطح (عدم مصرف نانو کود به عنوان تیمار شاهد، نانو کود کلسیم، نانو کود روی، کاربرد توام نانو کود کلسیم و روی)، روش کاربرد نانو کودها در سه سطح (روش مصرف خاکی، محلول پاشی بر روی برگ‌ها، کاربرد توام مصرف خاکی و محلول پاشی بر روی برگ‌ها)، و سرزنی بوته‌ها در سه سطح (عدم سرزنی به عنوان تیمار شاهد، سرزنی بوته بادام زمینی رقم محلی گلی (North Carolina₂) (NC₂) به ترتیب در مرحله رشدی ۴۵ و ۶۰ روز پس از کاشت از ارتفاع ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک) بود که به ترتیب در کرت‌های اصلی، فرعی و فرعی قرار گرفتند. نانو کودهای کلسیم ۷ درصد (دارای ۷ درصد کلسیم به صورت کلات) و روی ۱۲ درصد (با ۱۲ درصد روی به صورت کلات) تحت عنوان نانو کود خضراء از شرکت دانش بنیان صدور احرار شرق واقع در تهران تأمین

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

1. Physical and chemical properties of soil in experimental site

عمق خاک	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	کلسیم	بافت خاک
Soil depth	pH	EC	Organic carbon	N	P	K	Zn	Ca	Soil texture
سانتی متر	دسی زیمنس بر متر	دسی زیمنس بر متر	درصد	درصد	میلی گرم بر کیلوگرم	میلی گرم بر کیلوگرم	میلی گرم بر کیلوگرم	میلی گرم بر کیلوگرم	
cm	dS.m ⁻¹	dS.m ⁻¹	%	%	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	
0 - 30	5.9	0.6	2.0	0.18	11.1	234.1	5.7	23.5	لومی-رسی Silty-clay

نتایج و بحث

عملکرد دانه بادام زمینی

(Cakmak, 2008). نتایج حاکی از آن است که سرزنی بوته‌ها از ارتفاع ۱۰ سانتی متری منجر به افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و رشد رویشی بوته‌ها و کاهش عملکرد دانه می‌شود. نتایج نشان داد که در شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع ۲۰ سانتی متری، کاربرد توام نانو کودهای روی و کلسیم به‌روشنی تلفیقی مصرف خاکی و محلول‌پاشی می‌تواند در مقایسه با مصرف خاکی آن‌ها تأثیر بسزایی بر ارتقاء عملکرد دانه داشت. این امر می‌تواند ناشی از دسترسی گیاه به عناصر غذایی روی و کلسیم در مراحل رشد زایشی و تأثیر مثبت کلسیم بر رشد زایشی و بهبود اجزا عملکرد در بوته باشد که به نوبه خود می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه در هکتار گردد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد توام خاکی و محلول‌پاشی در مقایسه با روش مصرف جداگانه خاکی و محلول‌پاشی، تأثیر مثبت بر رشد زایشی داشت. در حالی که تأثیر منفی بر رشد طولی و رویشی بوته بادام زمینی نشان داد. بدین ترتیب، کاربرد توام خاکی و محلول‌پاشی عناصر غذایی روی و کلسیم در طی مراحل رشد زایشی می‌تواند از طریق بهبود رشد زایشی و ظرفیت فتوسنتزی گیاه بادام زمینی، عملکرد و اجزای عملکرد آن را ارتقاء بخشد.

عملکرد زیست توده

بالاترین عملکرد زیست توده بادام زمینی در اثر استفاده توام از نانو کودهای روی و کلسیم به‌روشنی تلفیقی مصرف خاکی و محلول‌پاشی و در شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع ۲۰ سانتی متری به‌دست آمد (جدول ۲). از دلایل این امر می‌توان به بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه، رشد و فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و به تبع آن افزایش تولید

در این آزمایش، بیشترین عملکرد دانه بادام زمینی در اثر کاربرد توام نانو کودهای روی و کلسیم به‌روشنی تلفیقی مصرف خاکی و محلول‌پاشی و سرزنی بوته‌های بادام زمینی از ارتفاع ۲۰ سانتی متری به‌دست آمد (جدول ۲). دلیل افزایش عملکرد دانه در شرایط سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ۲۰ سانتی متری می‌تواند نفوذ بهتر نور به‌داخل سایه‌انداز، افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و جلوگیری از شیوع بیماری‌هایی نظیر لکه‌برگی سرکوسپرا قلمداد نمود (Ronald et al., 2009) که از افت ۳۰ تا ۵۰ درصدی عملکرد بادام زمینی جلوگیری می‌کند (Daghan et al., 2013). نتایج تحقیقات پیشین نیز نشان داده است که کاربرد عناصر غذایی کلسیم (Hosseinzadeh Gashti et al., 2009)؛ و مصرف عنصر روی (Kirthisinghe et al., 2014) و سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی گردید و روش کاربرد تلفیقی مصرف خاکی و محلول‌پاشی عناصر غذایی برای ارتقاء عملکرد دانه بادام زمینی برتر بود (Panjandoust et al., 2010). همچنین، گزارش شده است که عنصر روی از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه، عملکرد دانه کلزا در واحد سطح را افزایش داد (Majidian et al., 2015) در آزمایش مشابه‌ای، عنصر روی با بهبود اجزای عملکرد دانه، سبب افزایش عملکرد نخود دیم گردید (Dashadi and Pezeshkpoor, 2018). برخی از محققان نیز محلول‌پاشی برگ‌ها را روش مناسبی برای ارتقاء عملکرد دانه گزارش کرده‌اند (Baybordi and Mamedov, 2010)؛

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده در بادام‌زمینی تحت اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه
 Table 2. Means comparison of measured traits in peanut as affected by interaction effects between studied treatments

عرض غلاف (میلی‌متر) Pod diameter (mm)	طول غلاف (میلی‌متر) Pod length (mm)	غلاف پوک در بوته (درصد) Hollow pods per plant (%)	عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) Hay yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh forage yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت میوه (درصد) Harvest index (%)	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد میوه (کیلوگرم در هکتار) Fruit yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	سرزنی بوته Plant cutting	روش کاربرد Application methods	نوع کودها Nano fertilizers
14.6 ^b	33.6 ^{ab}	19.3 ^{cd}	1616 ^{bc}	8847 ^{de}	63.15 ^{ab}	4376 ^{de}	2760 ^e	1.23 ^{bc}	16.7 ^{de}	1721 ^{cde}	T ₁		
15.1 ^{ab}	32.8 ^{ab}	21.33 ^{bc}	1596 ^{bc}	6690 ^{fg}	62.68 ^{ab}	4242 ^{cde}	2645 ^{ef}	1.34 ^b	15.3 ^e	1584 ^{de}	T ₂	S	
15.2 ^{ab}	32.1 ^{ab}	11.2 ^f	2502 ^{ab}	8100 ^e	51.88 ^{bc}	4939 ^{bcd}	2436 ^f	1.37 ^b	14.9 ^e	1494 ^{de}	T ₃		
14.6 ^b	33.6 ^{ab}	19.3 ^{cd}	1616 ^{bc}	8847 ^{de}	63.15 ^{ab}	4376 ^{de}	2760 ^e	1.23 ^{bc}	16.7 ^{de}	1721 ^{cde}	T ₁		
15.2 ^{ab}	32.8 ^{ab}	21.3 ^{bc}	1596 ^{bc}	6690 ^{fg}	62.68 ^{ab}	4242 ^{cde}	2645 ^{ef}	1.34 ^b	15.3 ^e	1584 ^{de}	T ₂	F	Zn
15.2 ^{ab}	32.1 ^{ab}	11.2 ^f	2502 ^{ab}	8100 ^e	51.88 ^{bc}	4939 ^{bcd}	2436 ^f	1.37 ^b	14.9 ^e	1494 ^{de}	T ₃		
15.7 ^{ab}	33.6 ^{ab}	29.6 ^a	1195 ^{cd}	5293 ^g	63.2 ^{ab}	3254 ^{ef}	2059 ^{gh}	1.2 ^{bc}	16.2 ^{de}	1339 ^{de}	T ₁		
8.3 ^d	18.3 ^{bc}	23.1 ^b	2003 ^{bc}	7599 ^{ef}	58.22 ^{bc}	4835 ^{cd}	2832 ^e	1.39 ^b	16.7 ^{de}	1852 ^{cd}	T ₂	S+F	
7.7 ^d	31.9 ^{ab}	17.8 ^{cd}	2233 ^b	10485 ^{bc}	56.06 ^{bc}	5094 ^{bc}	2860 ^e	1.25 ^b	17.7 ^d	1845 ^{cd}	T ₃		
7.1 ^d	16.8 ^{bc}	21.0 ^{bc}	1703 ^{bc}	9110 ^d	54.84 ^{bc}	3776 ^e	2073 ^g	1.29 ^b	13.6 ^e	1393 ^{def}	T ₁		
14.8 ^b	33.2 ^{ab}	21.6 ^{bc}	1923 ^{bc}	10327 ^c	59.7 ^{bc}	4777 ^{cd}	2853 ^e	1.1 ^{bc}	17.7 ^d	1807 ^{cde}	T ₂	S	
7.9 ^d	17.9 ^{bc}	12.2 ^{ef}	1798 ^{bc}	9266 ^d	60.32 ^b	4542 ^{cd}	2744 ^{ef}	1.65 ^{ab}	14.7 ^e	1892 ^{cd}	T ₃		
7.7 ^d	17.1 ^{bc}	16.9 ^{de}	1018 ^{cd}	4729 ^h	63.16 ^{ab}	2756 ^{fg}	1738 ^h	0.84 ^c	14.8 ^e	1008 ^f	T ₁		
7.8 ^d	16.7 ^c	9.2 ^{fg}	984 ^{cd}	5033 ^h	63.76 ^{ab}	2724 ^{fg}	1740 ^h	0.85 ^c	19.7 ^b	1180 ^{ef}	T ₂	F	Ca
4.6 ^e	15.8 ^c	21.4 ^{bc}	469 ^d	2488 ⁱ	67.53 ^{ab}	2026 ^g	1357 ⁱ	0.85 ^c	14.4 ^e	933 ^f	T ₃		
15.7 ^{ab}	28.7 ^{ab}	21.4 ^{bc}	2937 ^a	14091 ^a	46.64 ^c	5504 ^{bc}	2567 ^{ef}	1.33 ^b	17.9 ^{cd}	1741 ^{cde}	T ₁		
13.4 ^{bc}	29.4 ^{ab}	16.9 ^{de}	1840 ^{bc}	9235 ^d	65.42 ^{ab}	5324 ^{bc}	3484 ^c	1.47 ^{ab}	23.9 ^a	2307 ^{bc}	T ₂	S+F	
14.9 ^{ab}	28.2 ^{ab}	29.6 ^a	918 ^{cd}	4791 ^h	75.15 ^a	3085 ^{fg}	2300 ^{fg}	1.23 ^{bc}	14.2 ^e	1415 ^{def}	T ₃		

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند.

Zn = نانوکلرات روی، Ca = نانوکلرات کلسیم، Ca + Zn = نانوکلرات روی + نانوکلرات کلسیم، Control = عدم مصرف کود به‌عنوان تیمار شاهد، S = مصرف خاکی، F = محلول‌پاشی، S + F = مصرف خاکی + محلول‌پاشی، T₁ و T₂ = به‌ترتیب، سرزنی از ارتفاع ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری، T₃ = عدم سرزنی.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level LSD test.

Zn = Zn nanochelated, Ca = Canano chelated, Zn + Ca = Integrated application, Control= As check, S= No application, F= Foliar application, F + S= Integrated method, T₁ and T₂ = Topping of the main stem at 10 and 20 centimeter above the floor, respectively. T₃ = No cutting.

ادامه جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در بادام زمینی تحت اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه

Table 2. Means comparison of measured traits in peanut as affected by interaction effects between studied treatments

عرض غلاف (میلی متر) Pod diameter (mm)	طول غلاف (میلی متر) Pod length (mm)	غلاف پوک در بوته (درصد) Hollow pods per plant (%)	عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) Hay yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار) Fresh forage yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت میوه (درصد) Harvest index (%)	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد میوه (کیلوگرم در هکتار) Fruit yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	سرزنی بوته Plant cutting	روش کاربرد Application methods	نانو کودها Nano fertilizers
14.8 ^b	33.2 ^{ab}	17.5 ^d	2158 ^{bc}	9760 ^{cd}	44.8 ^c	3907 ^{de}	1749 ^h	1.2 ^{bc}	12.2 ^f	1077 ^{ef}	T ₁		
7.9 ^b	22.5 ^{bc}	10.5 ^f	2127 ^{bc}	10741 ^{bc}	52.6 ^{bc}	5334 ^{bc}	2784 ^e	1.7 ^a	15.0 ^e	1937 ^{cd}	T ₂	S	
16.7 ^a	29.0 ^{ab}	11.2 ^f	1729 ^{bc}	8669 ^{de}	60.8 ^b	4416 ^{de}	2687 ^{ef}	1.7 ^a	13.8 ^e	1901 ^{cd}	T ₃		
7.8 ^b	25.3 ^b	15.2 ^{de}	854 ^d	6150 ^g	66.7 ^{ab}	2560 ^g	1706 ^h	0.9 ^c	14.4 ^e	1033 ^f	T ₁		
7.8 ^b	16.8 ^c	11.9 ^f	905 ^{cd}	4750 ^h	67.2 ^{ab}	2765 ^{fg}	1859 ^{gh}	0.9 ^c	16.3 ^{de}	1239 ^{def}	T ₂	F	Zn + Ca
7.4 ^b	17.2 ^{bc}	21.3 ^{bc}	865 ^d	4424 ^h	63.6 ^{ab}	2379 ^g	1513 ^{hi}	0.9 ^c	14.3 ^e	989 ^f	T ₃		
15.2 ^{ab}	32.2 ^{ab}	7.6 ^g	1471 ^{cd}	7441 ^{ef}	61.1 ^{ab}	3779 ^{de}	2307 ^{fg}	1.4 ^b	12.9 ^f	1424 ^{de}	T ₁		
15.1 ^{ab}	34.2 ^a	18.0 ^{cd}	2820 ^{ab}	11091 ^{bc}	61.8 ^{ab}	7386 ^a	4565 ^a	1.3 ^b	28.2 ^a	3017 ^a	T ₂	S+F	
15.6 ^{ab}	35.4 ^a	18.1 ^{cd}	1403 ^{cd}	7243 ^f	58.1 ^{bc}	3351 ^{ef}	1948 ^{gh}	1.3 ^b	13.8 ^e	1320 ^{def}	T ₃		
15.0 ^{ab}	33.4 ^{ab}	10.6 ^f	2255 ^b	11259 ^b	49.9 ^c	4509 ^{cd}	2254 ^{fg}	1.2 ^{bc}	16.2 ^{de}	1456 ^e	T ₁		
8.8 ^d	17.0 ^{bc}	15.0 ^e	2346 ^{ab}	10419 ^c	55.3 ^{bc}	5256 ^b	2910 ^{de}	1.4 ^b	19.1 ^{cd}	1977 ^c	T ₂	S	
14.3 ^b	32.2 ^{ab}	22.3 ^{bc}	1741 ^{bc}	9398 ^d	55.0 ^{bc}	3407 ^e	1665 ^{hi}	1.2 ^{bc}	12.9 ^f	1152 ^{ef}	T ₃		
8.2 ^d	17.8 ^{bc}	18.7 ^{cd}	678 ^d	3546 ⁱ	71.1 ^a	2351 ^g	1673 ^h	0.9 ^c	16.3 ^{de}	1124 ^{ef}	T ₁		
7.9 ^d	16.8 ^{bc}	17.5 ^d	760 ^d	3839 ⁱ	71.2 ^a	2643 ^{fg}	1883 ^{gh}	0.9 ^c	19.3 ^{cd}	1189 ^{ef}	T ₂	F	Check
7.7 ^d	15.7 ^c	13.8 ^{ef}	606 ^d	2955 ^{ij}	70.8 ^{ab}	2072 ^g	1466 ^{hi}	0.9 ^c	14.3 ^e	997 ^f	T ₃		
12.5 ^c	28.9 ^{ab}	21.9 ^{bc}	1538 ^c	9133 ^d	71.8 ^a	5451 ^{bc}	3913 ^b	1.3 ^b	28.0 ^a	2508 ^b	T ₁		
14.2 ^{bc}	33.7 ^{ab}	20.2 ^c	1969 ^{bc}	8873 ^{de}	54.5 ^{bc}	4330 ^{de}	2361 ^{fg}	1.5 ^{ab}	16.4 ^{de}	1609 ^{cde}	T ₂	S+F	
14.7 ^b	34.0 ^a	19.1 ^{cd}	1468 ^{cd}	7227 ^f	60.6 ^b	3719 ^{ef}	2251 ^{fg}	1.4 ^b	13.9 ^e	1392 ^{def}	T ₃		

میانگین هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک می باشند اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند.

Zn = نانو کلات روی، Ca = نانو کلات کلسیم، Ca + Zn = نانو کلات روی + نانو کلات کلسیم، Control = عدم مصرف کود به عنوان تیمار شاهد، S = مصرف خاکی، F = محلول پاشی، S + F = مصرف خاکی + محلول پاشی، T₁ و T₂ = به ترتیب، سرزنی از ارتفاع ۱۰ و ۲۰ سانتی متری، T₃ = عدم سرزنی.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level LSD test.

Zn = Zn nanochelated, Ca = Canano chelated, Zn + Ca = Integrated application, Control= As check, S= No application, F= Foliar application, F + S= Integrated method, T₁ and T₂ = Topping of the main stem at 10 and 20 centimeter above the floor, respectively. T₃ = No cutting.

گردید (Nakhzari Moghaddam, 2012). چنین استنباط می‌شود که سرزنی ساقه اصلی بادام‌زمینی از ارتفاع نسبتاً پایین‌تر (۲۰ سانتی‌متری) منجر به تولید شاخه‌های فرعی بیشتری بر روی بوته و افزایش رشد رویشی بر رشد زایشی گیاه می‌شود و به تبع آن تولید گل بر روی شاخه‌های فرعی و تعداد غلاف در بوته بادام‌زمینی افزایش می‌یابد. به علاوه، نتایج نشان داد که کاربرد توام نانو کلات‌های کلسیم و روی به‌روشن‌تر و خاکی موجب افزایش رشد طولی گیاه گردید و نتوانست تعداد غلاف در بوته را بهبود بخشد که این امر می‌تواند ناشی از تشکیل گل‌های دیر هنگام در ارتفاع بیشتری از بوته بادام‌زمینی باشد. برای این که در چنین شرایطی تخمدان‌های تلقیح‌شده (پگک‌ها) نمی‌توانند به خاک برسند و سقط می‌شوند. بدین ترتیب، برای دستیابی به عملکرد مطلوب عملکرد دانه بایستی نانو کلات‌های کلسیم و روی به‌صورت توأم مورد استفاده قرار گیرد تا عنصر کلسیم اثر فرآیندهای عنصر روی بر افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته بادام‌زمینی را کاهش دهد.

تعداد دانه در غلاف

نتایج نشان داد که بالاترین تعداد دانه در غلاف بادام‌زمینی (۱/۷۴ عدد) در شرایط کاربرد خاکی نانو کلات‌های کلسیم و روی در واکنش به سرزنی بوته‌های بادام‌زمینی از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری به‌دست آمد (جدول ۲). 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 بادام‌زمینی گردید (Kamara et al., 2011). حال آن‌که در شرایط اقلیمی منطقه کاربرد خاکی عناصر غذایی روی و کلسیم جهت بهبود تعداد دانه در غلاف بادام‌زمینی بر محلول‌پاشی آن‌ها برتری نشان داد. محققان در مطالعه‌ای نشان دادند که عنصر روی از طریق افزایش کارایی فتوسنتزی سبب افزایش تعداد دانه در غلاف سویا گردید (Jalili Sheshbahre et al., 2013). همچنین، در مطالعه مشابه‌ای بیشترین تعداد دانه در غلاف

ماده خشک در گیاه اشاره نمود (Kamara et al., 2011)؛ محققان دیگری نشان دادند که کاربرد روی اثر معنی‌داری بر رشد رویشی و زایشی نخود دیم داشت و سبب افزایش عملکرد زیست‌توده گردید (Dashadi and Pezeshkpoor, 2018). نتایج نشان داد که در شرایط استفاده از نانوکودهای روی و کلسیم، سرزنی ساقه اصلی بادام‌زمینی از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری در مقایسه با سرزنی از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری سبب افزایش بیشتر شاخه‌های فرعی می‌شود که این امر می‌تواند ناشی از حذف غالبیت انتهایی و رشد تعداد بیشتری از جوانه‌های جانبی گیاه باشد. ولی، علی‌رغم این امر عملکرد زیست‌توده کمتری در مقایسه با سرزنی از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری حاصل گردید. نتایج بیانگر آن است که عملکرد زیست‌توده بادام‌زمینی بیشتر تابع عملکرد میوه آن می‌باشد. چنین استنباط می‌شود که در هنگام سرزنی از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری رشد رویشی بوته‌های بادام‌زمینی بیش‌تر و تولید گل‌های بارور کمتر می‌شود. به علاوه، تشکیل گل‌های دیر هنگام بادام‌زمینی در ارتفاع بالاتری از ساقه‌های بادام‌زمینی سبب می‌شود که غلاف‌های تشکیل‌شده نتوانند خود را به داخل خاک برسانند و بدین ترتیب عملکرد زیست‌توده در اثر کاهش میوه بادام‌زمینی تقلیل می‌یابد.

تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج این آزمایش، بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۸/۱۵ عدد) در اثر کاربرد توام نانو کلات کلسیم و روی به روش تلفیقی خاکی و محلول‌پاشی در واکنش به سرزنی ساقه اصلی بادام‌زمینی از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری به‌دست آمد (جدول ۲). در مطالعه مشابه‌ای نیز گزارش شده است که کاربرد کلسیم (Kamara et al., 2011) و عنصر روی سبب افزایش تعداد غلاف در بوته بادام‌زمینی گردید (Pilehvari Khomami et al., 2008) و روش محلول‌پاشی بر روش کاربرد خاکی برتری داشت (Irmaka et al., 2015) محققان دیگری نشان دادند که سرزنی بوته‌های باقلا سبب افزایش تعداد غلاف در بوته

در شرایط عدم سرزنی بوته‌های بادام زمینی به دست آمد (جدول ۲). برخلاف نتایج این آزمایش، 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 گردید (Nakhzari Moghaddam, 2012). ولی به نظر می‌رسد که با سرزنی بادام زمینی جوانه‌های جانبی بیشتری برانگیخته می‌شوند و رشد رویشی بوته‌های بادام زمینی بیشتر و شاخص برداشت آن کمتر می‌گردد. محققان دیگری نیز نشان دادند که کاربرد خاکی کلسیم سبب افزایش عملکرد و شاخص برداشت بادام زمینی گردید (Hosseinzadeh Gashti *et al.*, 2009). به طور کلی، کاربرد خاکی و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف برای بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد دانه بادام زمینی که منجر به ارتقاء شاخص برداشت آن می‌شود، مفید و مؤثر گزارش شده است (Arunachalam *et al.*, 2013).

نتایج نشان داد که مصرف جداگانه نانوکود کلسیم سبب افزایش شاخص برداشت میوه گردید. ولی، نتوانست عملکرد میوه و دانه بادام زمینی در واحد سطح را ارتقاء دهد. علت این امر می‌تواند تشکیل گل‌های دیرنگام و نارس ماندن غلاف‌های بادام زمینی در شرایط کاربرد نانوکود کلسیم به صورت مجزا باشد. بدین ترتیب، می‌توان دریافت که فراهمی عنصر روی برای افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه در طول دوره رشد زایشی بادام زمینی توأم با کاربرد کلسیم ضرورت دارد. همچنین، نتایج بیانگر آن است که افزایش شاخص برداشت میوه بادام زمینی برای ارتقاء عملکرد میوه و دانه بادام زمینی شرط لازم است، ولی کافی نیست و صرفاً غلاف‌هایی که بتوانند دوره رشد خود را به طور طبیعی سپری کنند و رشد دانه در آن‌ها کامل گردد، می‌توانند منجر به افزایش عملکرد میوه و دانه بادام زمینی گردند. نتایج مشابه‌ای نیز در مطالعه بر روی دانه روغنی کلزا گزارش شده است که نشان می‌دهد عملکرد کلزا به تعداد غلاف‌های بالغ و کاملاً رسیده بستگی دارد (Mostafavi Rad *et al.*, 2014).

در شرایط سرزنی باقلا قبل از تشکیل گل گزارش شده است (Nakhzari Moghaddam, 2012). نتایج گواه آن است که در شرایط کاربرد خاکی نانو کلات‌های کلسیم و روی تحت شرایط سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بالاترین ارتفاع بوته نیز به دست آمد و افزایش ارتفاع بوته منجر به کاهش تعداد غلاف‌های تشکیل شده در بوته گردید. با توجه به این که بین اجزای عملکرد رابطه جبرانی وجود دارد با کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف نیز افزایش پیدا کرد.

عملکرد میوه بادام زمینی

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد میوه بادام زمینی در اثر کاربرد توأم روی و کلسیم به روش تلفیقی مصرف خاکی و محلول‌پاشی در واکنش به سرزنی ساقه اصلی بوته‌های بادام زمینی از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری به دست آمد (جدول ۲). اثر عناصر روی و کلسیم بر افزایش عملکرد میوه بادام زمینی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (Hosseinzadeh Gashti *et al.*, 2009؛ Der *et al.*, 2015؛ Kamara *et al.*, 2011). روش‌های مصرف خاکی و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بسته به شرایط اقلیمی برای ارتقاء عملکرد میوه بادام زمینی مفید گزارش شده است (Eismailpour *et al.*, 2013؛ Irmak *et al.*, 2015؛ Pilehvari Khomami *et al.*, 2008). در این آزمایش، عملکرد دانه و میوه بادام زمینی در واحد سطح تحت تأثیر تیمارهای مشابه، یکسان و حداکثر بود. نتایج نشان داد که بهینه‌سازی شرایط محیطی و تغذیه گیاهان بادام زمینی برای افزایش عملکرد دانه می‌تواند منجر به افزایش عملکرد میوه آن نیز گردد. عکس این امر نیز صادق است. بدین ترتیب، در اثر کاربرد تلفیقی خاکی و محلول‌پاشی عناصر غذایی روی و کلسیم و تشکیل منابع فتوسنتزی (رشد رویشی) و مخازن فیزیولوژیک قوی (میوه)، عملکرد بادام زمینی در واحد سطح افزایش می‌یابد.

شاخص برداشت میوه بادام زمینی

بالاترین شاخص برداشت میوه، در اثر کاربرد نانو کود کلسیم به روش تلفیقی مصرف خاکی و محلول‌پاشی و

عملکرد علوفه تر

در این مطالعه، بالاترین عملکرد علوفه تر تحت شرایط کاربرد نانوکلات کلسیم به روش تلفیقی مصرف خاکی و محلول پاشی و در شرایط سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی از ارتفاع ۱۰ سانتی متری مشاهده گردید (جدول ۲). نتایج نشان داد که سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع پایین تر منجر به تولید شاخه‌های فرعی بیشتری و افزایش عملکرد علوفه تر در واحد سطح گردید. چون، در اثر کاهش زودهنگام غالبیت انتهایی، تعداد شاخه‌های فرعی بیشتری تشکیل می‌شود و میزان رشد رویشی اندام‌های هوایی را افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی، کاربرد کلسیم نیز به منجر به افزایش رشد رویشی و عملکرد علوفه تر گیاه در شرایط فوق گردید. محققان دیگری نشان دادند که کاربرد کلسیم سبب بهبود رشد و تولید ماده خشک گیاه بادام زمینی گردید (Kamara et al., 2011).

عملکرد علوفه خشک

در این آزمایش، بالاترین عملکرد علوفه خشک بادام زمینی در اثر کاربرد نانوکود کلسیم به روش تلفیقی مصرف خاکی و محلول پاشی و تحت شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع ۱۰ سانتی متری به دست آمد (جدول ۲). نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که کاربرد کلسیم می‌تواند از طریق بهبود رشد و استقرار گیاهچه، تولید ماده خشک گیاه را افزایش دهد (Kamara et al., 2011). به‌طور کلی، نتایج بیانگر آن است که رابطه مثبت بین وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن تر بادام زمینی وجود دارد و بهینه‌سازی شرایط محیطی برای افزایش عملکرد علوفه تر می‌تواند سبب افزایش علوفه خشک بادام زمینی شود. در این راستا، دلایل اشاره شده برای افزایش عملکرد علوفه تر بادام زمینی می‌تواند توجیه مناسبی برای افزایش علوفه خشک آن نیز قلمداد گردد.

درصد غلاف‌های پوک در بوته

نتایج نشان داد که بالاترین درصد غلاف‌های پوک در بوته در شرایط کاربرد نانوکود کلسیم به روش تلفیقی مصرف خاکی و محلول پاشی و در شرایط عدم سرزنی

بوته‌های بادام زمینی به دست آمد (جدول ۲). حال آن که مصرف توام نانوکودهای روی و کلسیم به روش تلفیقی مصرف خاکی و محلول پاشی سبب پرشدن بهتر غلاف‌ها و کاهش قابل توجه درصد غلاف‌های پوک در بوته گردید. چنین استنباط می‌شود که کاربرد مجزای کلسیم اگرچه می‌تواند سبب بهبود رشد زایشی شود، با تحریک عادت رشد نامحدود گیاه و تشکیل گل‌های دیرهنگام و مصادف شدن دوره پرشدن غلاف‌های حاصل از آن‌ها با شرایط نامساعد محیطی منجر به افزایش تعداد غلاف‌های پوک می‌شود. از نتایج چنین استنباط می‌شود که کاربرد توأم عنصر روی با کلسیم سبب بهبود سیر طبیعی پرشدن دانه‌های بادام زمینی و کاهش تعداد غلاف‌های پوک می‌شود.

طول غلاف بادام زمینی

در این آزمایش، بالاترین طول غلاف بادام زمینی در اثر کاربرد توأم نانوکودهای روی و کلسیم به روش تلفیقی مصرف خاکی و محلول پاشی و عدم سرزنی بوته‌های بادام زمینی به دست آمد (جدول ۲). چنین به نظر می‌رسد که در شرایط عدم سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی، میزان سایه‌اندازی در داخل سایه‌انداز گیاهی در طی دوره پرشدن غلاف‌ها، گیاه را با کمبود مواد فتوسنتزی مواجه می‌سازد و این امر سبب تخصیص و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی به غلاف‌ها و افزایش تعداد غلاف‌های توخالی می‌شود. بدین ترتیب، چنین استنباط می‌شود که بزرگ بودن غلاف شرط لازم برای افزایش عملکرد است. ولی، کافی نیست و افزایش طول غلاف اگرچه صفت خوبی برای بازارپسندی و مصرف آجیلی بادام زمینی محسوب می‌شود، نمی‌تواند شاخص مناسبی برای گزینش ارقام پرمحصول بادام زمینی محسوب شود.

عرض غلاف بادام زمینی

بالاترین عرض غلاف بادام زمینی در شرایط مصرف خاکی نانوکودهای روی و کلسیم و عدم سرزنی بوته‌های بادام زمینی مشاهده گردید (جدول ۲). نتایج نشان داد که کاربرد توأم نانوکودهای روی و کلسیم

گیاهی باشد. کاربرد نانوکودهای کلسیم و روی به ترتیب رشد زایشی و رویشی بوته بادام زمینی را افزایش داد. از طرفی، نتایج نشان داد که از نظر افزایش عملکرد میوه و دانه بادام زمینی کاربرد توام خاکی و محلول پاشی عناصر غذایی روی و کلسیم در مقایسه با کاربرد خاکی آن برتر بود. به طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش، روش کاربرد تلفیقی خاکی و محلول پاشی نانوکلات‌های روی و کلسیم در طی مراحل رشد زایشی می‌تواند از طریق بهبود فرآیند فتوسنتزی گیاه و بهبود رشد زایشی بادام زمینی، عملکرد آن را ارتقاء بخشد. بدین ترتیب، کاربرد نانوکلات‌های روی و کلسیم سبب ارتقاء عملکرد میوه و دانه بادام زمینی در شرایط اقلیمی منطقه گردید.

می‌تواند عرض غلاف بادام زمینی را نیز تحت تأثیر قرار دهد. به طوری که شرایط لازم برای افزایش عرض غلاف بادام زمینی مشابه با شرایط لازم برای افزایش طول غلاف بود. ولی، عرض غلاف بادام زمینی نیز همانند طول غلاف آن نتوانست سبب ارتقاء عملکرد بادام زمینی شود و بدین ترتیب نمی‌تواند شاخص مهمی برای افزایش عملکرد بادام زمینی محسوب شود.

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی از ارتفاع ۲۰ سانتی متری با حذف غالبیت انتهایی سبب رشد و فعالیت جوانه‌های جانبی و افزایش تولید ماده خشک گیاه و عملکرد گردید که این امر می‌تواند ناشی از نفوذ بهتر نور به داخل سایه‌انداز

References

- Anonymous. (2017). *Management and Planing Organization of Guilan (MPO)*. (Accessed October 2017). Retrieved from http://www.en.wikipedia.org/wiki/Management_and_Planning_Organization_of_Iran. [In Farsi]
- 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.
- Baghaie, N., Keshavarz, N. and Nazaran, M. H. (2011). *Effect of nano iron chelate fertilizer on yield and yield components of rice (Shiroudi cultivar)*. 1st National Conference on New Concepts in Agriculture, Saveh, Iran. [In Farsi]
- 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 and Medicine*, 2(1), 94-103.
- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*, 302(1), 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 Science*, 19(2), 129-139.
- Dashadi, M. and Pezeshkpoor, P. (2018). Investigating phosphorous and zinc levels on quantity and quality characters of two cultivars chickpea. *Journal of Plant Productions*, 41(3), 13-25.
- 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. *Journal of Agricultural Research*, 36(3), 275-278.
- Eismailpour, 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), 283-290. [In Farsi]

- Hosseinzadeh Gashti A., Esfahani, M., Asghari, J., Safarzadeh Vishkaee M. and Rabeie, B. (2009). Effect of sulfur application on growth indices and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 13(2), 27-39. [In Farsi]
- Irmak, 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 Science*, 22(1), 109-116.
- Jalili Sheshbahre, M., Movahhedi Dehnavi, M. and Hashemi Jazi, S. M. (2013). Quantity and quality improving of soybean yield by zinc and iron foliar application under drought stress. *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 36(2), 111-122.
- Jashni, R., Fateh, E. and Ayneband, A. (2017). Effect of thiobacillus and nitrocara biological fertilizers and foliar application of zinc and iron on some qualitative characteristic and remobilization of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of the Plant Production (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 40(1), 1-15. [In Farsi].
- 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(1), 326-331.
- Kaya, C. and David, H. (2002). Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. *Scientia Horticulturae*, 93(1), 5-64.
- 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.
- 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.). *Advance Crop Science and Technology*, 25(3), 432-436.
- Ma, X., Lee, J.G., Deng, Y. and Kolmakov, A. (2010). Interactions between engineered nanoparticles and plants: Phytotoxicity, uptake and accumulation. *Science of the Total Environment*, 408(16), 3053-3061.
- Majidian M., Shoja, T. and Rabiei, M. (2015). Effects of S, B, Zn, and their interaction on quantitative and qualitative yields of rapeseed as second crop in the paddy field. *Journal of Plant Production (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 38(2), 35-50.
- Mostafavi Rad, M., Tahmasebi Sarvestani, Z., Modares Sanavy, S. A. M. and Ghalavand, A. (2014). Seed yield and macro nutrients content comparison in 15 varieties of winter rapeseed as affected by sulphur utilization. *Electronic Journal of Crop Production*, 7(3), 75-88. [In Farsi]
- Nakhzari Moghaddam, A. (2012). Effect of topping and plant density on yield and yield components of barakat cultivar of faba bean (*Vicia faba* L.) in Gonbad Kavous. *Iranian Crop Science*, 44(4), 703-710. [In Farsi]
- Ozyigit, Y. and Mellmet, B. (2013). Forage potential of some groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars. *Romanian Agricultural Research*, 30(4), 57-63.
- Pandey, N., Pathak, G. C. and Sharma, C. P. (2006). Zinc is critically required for pollen function and fertilization in lentil. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20, 89-96.
- Panjtandoust, M., Sorooshzadeh, A. and Ghanati, F. (2010). Effect of iron soil and spray applied on some qualify characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) plants in a calcareous soil. *Journal of Plant Biology*, 5(2), 37-50. [In Farsi]
- 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 Sciences 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 Farsi]
- Ronald, B., Sorensen, R., Nuti, C. and Christopher, L. (2009). Yield and plant growth response of peanut to midseason 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 Science*, 3(1), 9-13.
- Singh, A. L. (2007). *Prevention and correction of zinc deficiency of groundnut in India*. Proceeding of Zinc Crops 2007 Conference for improving crop production and human health, 24-26th May 2007, Istanbul, Turkey.