Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

Response of yield and some agronomic traits, percentage of oil and protein of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to interaction effect of different levels of sulfur and zinc

Ziba Shokri[1], Majid Ashouri[2*], Hamidreza Dorodian[3], Nasser Mohammadian Roshan[4], Seyed Mostafa Sadeghi[5]

[1]Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Gilan, Iran, E-mail: shokriziba6@gmail.com
[2] Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Gilan, Iran, E-mail: majidashouri69@gmail.com
[3]Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Gilan, Iran, E-mail: hamidreza.d1350@gmail.com
[4]Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Gilan, Iran, E-mail: naser_m@gmail.com
[5]Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Gilan, Iran, E-mail: mmsadeghi@yahoo.com

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 18.12.2021
Revised: 02.02.2022
Accepted: 18.02.2022
Published:24.06.2023

Keywords
Grain yield
Oil
Pod yield
Protein
Zinc spraying

Abstract

Peanut is one of the most important plants in the legume family and are rich in oil and protein. In order to investigate the effect of different levels of sulfur fertilizer (S) and foliar application of zinc (Zn) on the yield and concentration of oil and protein, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications on farms located in 3 km of Astana-Ashrafieh city, Gilan province (longitude 48˚20' and latitude of 38˚5') in two years 2020-21. To supply Zn and S required by the plant and improve the quantity and quality of the product, it was studied of the effect of applying S fertilizer (as gypsum) at four levels (0, 20, 40 and 60 kg ha^{-1}) and foliar application of Zn fertilizer (as zinc chelate) at three levels (0, 1000 and 2000 ppm). The results showed that the interaction of S and Zn fertilizers had a significant effect on pod yield, grain yield, number of grains and pods, protein and oil concentration. Mean comparison of the studied traits also showed the highest pod yield (156.1 g $plant^{-1}$) in the treatment of 40 kg S + 1000 ppm Zn, while the highest grain yield (92.3 g $plant^{-1}$) in the treatment of 60 kg S + 2000 ppm Zn was obtained. The highest weight of 100 grains (1283.6 g) belonged to the treatment of non-using of S + 1000 ppm Zn. The highest concentrations of protein (17.94%) and oil (46.09%) of grain were observed in the treatments of non-using of S + 2000 ppm Zn and 60 kg S + 1000 ppm Zn, respectively. Accordingly, to obtain the highest of yield and oil concentration, the use of 60 kg S + 1000 ppm Zn is recommended.

Cite this article as: Shokri, Z., Ashouri, M., Dorodian, H.R., Mohammadian Roshan, N., Sadeghi, S.M. (2023). Response of yield and some agronomic traits, percentage of oil and protein of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to interaction effect of different levels of sulfur and zinc. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 70(2): 154-170.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi:10.30495/iper.2022.1947573.1758
Dor: 20.1001.1.24237671.1402.18.70.11.1

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

پاسخ عملکرد و برخی صفات زراعی، درصد روغن و پروتئین بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به برهمکنش سطوح مختلف گوگرد و روی

زیبا شکری[۱]، مجید عاشوری[۲]*، حمیدرضا دورودیان[۳]، ناصر محمدیان‌روشن[٤]، سیدمصطفی صادقی[٥]

[۱] دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، گیلان، ایران، رایانامه: shokriziba6@gmail.com
[۲] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، گیلان، ایران، رایانامه: majidashouri69@gmail.com
[۳] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، گیلان، ایران، رایانامه: hamidreza.d1350@gmail.com
[٤] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، گیلان، ایران، رایانامه: naser_m@gmail.com
[٥] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، گیلان، ایران، رایانامه: mmsadeghi@yahoo.com

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۹/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۱/۲۹
تاریخ چاپ: ۱٤۰۲/۰٤/۰۳

واژه‌های کلیدی:
پروتئین
روغن
عملکرد دانه
عملکرد غلاف
محلول‌پاشی روی

چکیده

بادام‌زمینی یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده حبوبات و غنی از روغن و پروتئین است. به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود گوگرد (S) و محلول‌پاشی روی (Zn) بر عملکرد و غلظت روغن و پروتئین بادام‌زمینی آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال، ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه‌ایی واقع در سه کیلومتری شهرستان آستانه‌اشرفیه، استان گیلان اجرا شد. برای تأمین روی و گوگرد مورد نیاز گیاه و بهبود کمی و کیفی محصول، اثر کاربرد کود گوگرد (از منبع گچ) در چهار سطح (صفر، ۲۰، ٤۰ و ٦۰ کیلوگرم در هکتار) و محلول‌پاشی کود روی (از منبع کلات روی) در سه سطح (صفر، ۱ و ۲ در هزار)، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر برهمکنش کود گوگرد و روی اثر معنی‌دار بر عملکرد غلاف، عملکرد دانه، تعداد دانه و غلاف، غلظت پروتئین و روغن داشتند. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نیز نشان بیش‌ترین عملکرد غلاف (۱٥٦/۱ گرم در بوته) و عملکرد دانه (۹۲/۳ گرم در متر مربع) در تیمار گوگرد ٦۰ کیلوگرم + روی یک در هزار، به‌دست آمد. بیش‌ترین وزن هزار دانه (۱۲۸۳/٦ گرم) متعلق به تیمار عدم استفاده از گوگرد + روی یک در هزار بود. بالاترین غلظت پروتئین (۱۷/۹٤ درصد) از تیمار محلول‌پاشی روی دو در هزار + عدم استفاده از کود گوگرد، و غلظت روغن (٤٦/۰۹ درصد) در تیمار کود گوگرد ٦۰ کیلوگرم در هکتار + محلول‌پاشی روی یک در هزار مشاهده شد. بر این اساس، برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد و غلظت روغن، کاربرد ٦۰ کیلوگرم گوگرد همراه با محلول‌پاشی یک در هزار روی پیشنهاد می‌شود.

استناد: شکری، زیبا؛ عاشوری، مجید؛ دورودیان، حمیدرضا؛ محمدیان‌روشن، ناصر؛ صادقی، سیدمصطفی. (۱٤۰۲). پاسخ عملکرد و برخی صفات زراعی، درصد روغن و پروتئین بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به برهمکنش سطوح مختلف گوگرد و روی. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۷۰ (۲)، ۱۷۰-۱٥٤.

Doi:10.30495/iper.2022.1947573.1758
Dor: 20.1001.1.24237671.1402.18.70.11.1

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول به‌شمار می‌آید. در تغذیه صحیح گیاه نه تنها باید هر عنصر غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است (Ijaz et al., 2020). کودها با بهبود شرایط خاک و کنترل میزان عناصر ضروری، باعث افزایش رشد، عملکرد و هم‌چنین بهبود کیفیت در گیاهان، به‌ویژه گیاهان زراعی می‌شوند (Irmak et al., 2015).

گیاه بادام‌زمینی مانند سایر گیاهان به عناصر مختلفی نیاز دارد اما غلاف‌های بادام‌زمینی برخلاف غلاف‌های سایر گیاهان تیره نخود در زیر خاک رشد می‌نمایند و این موضوع باعث می‌شود که انتقال کلسیم از ریشه‌ها به طرف غلاف‌های در حال رشد بسیار کم باشد (Islam, 2013; Pegues et al., 2019). در نتیجه این گیاه بیش‌تر کلسیم مورد نیاز خود را به‌طور مستقیم توسط غلاف‌های در حال رشد از خاک جذب می‌نماید و در خاک‌های غنی از کلسیم رشد بهتری دارند (He et al., 2018). با توجه به کشت بادام‌زمینی در خاک‌های آهکی و زیاد بودن مقدار بی‌کربنات خاک در آن‌ها، کمبود برخی از عناصر نظیر آهن، روی و گوگرد در بادام‌زمینی دیده می‌شود (Jamal et al., 2010; Ruksar et al., 2017) و عنصری نظیر گوگرد برای تثبیت نیتروژن، رشد دانه و نیز سنتز روغن و پروتئین، در بادام‌زمینی ضروری می‌باشد (Kannan et al., 2017; Aier and Nongmaithem, 2020). از آن‌جایی که خاک‌های زیر کشت بادام‌زمینی در استان گیلان، شامل خاک‌های حاشیه رودخانه تا مناطق ساحلی بوده و این خاک‌ها دارای بستر مادری آهکی هستند. لذا این خاک‌ها از نظر بی‌کربنات کلسیم و نیز کلسیم محلول در خاک بسیار غنی بوده و pH آن‌ها نیز اغلب بالاتر از ۷ است، در نتیجه بادام‌زمینی در برخی از مراحل رشد خود، به‌ویژه از انتهای دوره رشد غلاف‌ها و شروع رشد دانه‌ها در زیر خاک، کمبود گوگرد را به وضوح نشان می‌دهند (Elbaalawy et al., 2020). وجود گوگرد کافی در خاک، علاوه بر بهبود رشد رویشی و ممانعت از بروز این کمبود، غلظت و عملکرد روغن دانه بادام‌زمینی را افزایش می‌دهد (El-Kader, 2013; Ruksar et al., 2017). در این ارتباط، Saha و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه واکنش بادام‌زمینی به کودهای مختلف، گزارش کردند که تیمارهای گوگردی غلظت روغن دانه را ۲٤ تا ٤۷ درصد و عملکرد روغن را ۱٦ تا ۵۹ درصد افزایش دادند. به‌طورکلی گوگرد می‌تواند محیط متعادلی برای جذب عناصر غذایی توسط بادام‌زمینی ایجاد می‌کند که یکی از نتایج آن کمک به رشد و افزایش عملکرد و کیفیت خوراکی دانه است (Xiaobing et al., 2020).

یکی از عناصری که کمبود آن در اغلب خاک‌های ایران مشاهده می‌شود، عنصر روی می‌باشد. کمبود عنصر روی یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین کمبود عناصر ریزمغذی در دنیا می‌باشد (El-Habbasha, 2015; Aboyeji et al., 2019). اگرچه نیاز گیاهان به عنصر روی اندک است ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارآمدی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج خواهند برد. عنصر روی از عناصر ضروری برای رشد گیاه است که در تشکیل اسید ایندول استیک نقش دارد و رشد گیاه را تنظیم می‌کند (Pavithra et al., 2018; Meresa et al., 2020). اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌نیاز به‌ویژه روی و در نتیجه افزایش میزان آن در بذر سبب توسعه بهتر و بیش‌تر ریشه در مدت زمان جوانه‌زنی می‌شود (Prasad et al., 2012). Reddy و

همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که استفاده از ۲/۵، ۵/۰ و ۷/۵ کیلوگرم روی در هکتار منجر به افزایش ۷/۸، ۱۸/۹ و ۳۸/٦ درصدی در محتوای روی دانه بادام زمینی نسبت به شاهد شد. اثر کاربرد کود روی (به‌صورت خاکی یا محلول‌پاشی) در افزایش اجزای عملکرد بادام‌زمینی به اثبات رسیده است (Vadlamudi et al., 2020). در همین راستا، کاربرد ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم روی در هکتار منجر به افزایش ۱۷/۲، ۲۱/۱ و ۱۳/٦ درصد در عملکرد غلاف، ۳٦/۱، ٤٥/۰ و ۲۷/٤ درصد در درآمد خالص ۱۷/۵، ۱۸/۵ و ٦/۳ درصد در جذب گوگرد و ۲۹/٤, ٤٤/۹، ٤٥/۵ درصد در جذب روی، افزایش یافت (Hanumanthappa et al., 2019). علاوه بر این گزارش شده است که کاربرد تلفیقی کود گوگرد و روی بر جذب عناصر موثرتر از کاربرد انفرادی آنها می‌باشد به‌طوری‌که در حالت کاربرد انفرادی آنها جذب گوگرد و روی توسط بادام زمینی به‌ترتیب ۱۷/۲ و ۰/٤۱ کیلوگرم در هکتار و در حالت کاربرد تلفیقی مقدار جذب گوگرد و روی به‌ترتیب ۲٦/٤ و ۰/۵۹ کیلوگرم در هکتار بود (Bekele et al., 2022). افزایش معنی‌دار در برخی از صفات بادام‌زمینی مانند تعداد ساقه، شاخص سطح برگ و وزن خشک بوته تحت استفاده توام گوگرد و روی به‌ترتیب با میزان ٦۸/۳ و ۲۸/۵ کیلوگرم در هکتار، نسبت به شاهد، گزارش شده است (Kumar et al., 2023). در این‌باره Bholanath و همکاران (۲۰۱۵)، نیز اذعان داشتند که کاربرد S و Zn باعث افزایش معنی‌دار مقدار روغن و کاهش معنی‌دار مقدار یدین روغن در بادام زمینی شد.

علیرغم گذشت حدود یک قرن از کشت بادام‌زمینی در ایران، هنوز این گیاه به‌عنوان یک محصول برای تولید روغن مورد توجه جدی قرار نگرفته است. با توجه به بالا بودن میزان نزولات جوی در استان گیلان و شستشوی گوگرد از افق خاک، عدم استفاده از کودهای گوگردی در زراعت بادام‌زمینی و کمبود گوگرد در خاک و هم‌چنین کمبود اطلاعات مربوط به اثر مصرف گوگرد بر رشد و عملکرد بادام-زمینی در منطقه، هدف از این تحقیق، بررسی اثر سطوح کود گوگرد و روی بر عملکرد دانه و روغن بادام‌زمینی و یافتن بهترین ترکیب کودی در شرایط اقلیمی استان گیلان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شرایط جغرافیایی و اقلیمی محل آزمایش: این آزمایش در دو سال زراعی (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) در اراضی روستای کماچال در سه کیلومتری شهرستان آستانه‌اشرفیه (استان گیلان)، با ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا با ٤۸ درجه و۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی اجرا شد. محل اجرای طرح از نظر آب و هوا و تقسیمات اقلیمی جزء مناطق معتدل مرطوب محسوب می‌شود. میانگین بارندگی سالانه در ایستگاه سینوپتیک کیاشهر ۱۳۰۸/۵ میلی‌متر است، شرایط آب و هوایی در طول رشد گیاه در جدول ۱ ارائه شده است. قبل از شروع آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه مورد آزمایش، یک نمونه مرکب تهیه و آنالیز شد. نتایج آزمون خاک هر دو سال در جدول ۲ ارائه شده است.

تیمارهای آزمایش: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح کود روی (Zn) در سه سطح: Zn_1: عدم محلول‌پاشی، Zn_2: محلول‌پاشی یک در هزار و Zn_3: محلول‌پاشی دو در هزار؛ و کود گوگرد (S) در چهار سطح: S_1: صفر، S_2: ۲۰ کیلوگرم در هکتار، S_3: ٤۰ کیلوگرم در هکتار و S_4: ٦۰ کیلوگرم در هکتار، بود. هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به طول شش متر با فاصله بین ردیفی ۰/٤ متر و فاصله روی ردیفی ۰/٤ متر بود و آرایش کاشت مربع ۰/٤ × ۰/٤ متر، معادل ٦۲۵۰۰ بوته در هکتار، بود.

جدول ۱: میانگین دما و رطوبت، و مجموع بارندگی و ساعات آفتابی ماهانه در طول فصل رشد منطقه آزمایشی در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹.

سال	پارامترهای اقلیمی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱۳۹۸	دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۳/۷	۱۹/٤	۲۳/۱	۲۸/۱	۲۷	۲۵/۱
	بارندگی (میلی‌متر)	۲۰/٤	۳۷/۲	٤۸/۷	۳۰/۸	٦۸/٤	۱۳/۸
	رطوبت (درصد)	۷٦	۷٤	۷۵	۷۳	۷۷	۷٤
	ساعات آفتابی	۱٤۵/۹	۱۷۰/٤	۲۳۰/۳	۲۹۵/٤	۱٦٤/۹	۲۰۹/۷
۱۳۹۹	دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۲/۸	۱۹/۲	۲٤/٦	۲۷/۲	۲۵/٤	۲۳/۰
	بارندگی (میلی‌متر)	۱۳۱/۰	٦٤/۵	۹/۹	۵۸/۳	۲۵/۳	۱۵٦
	رطوبت (درصد)	۸۵	۷۳	٦۷	۷٦	۷۱	۸۳
	ساعات آفتابی	۱۰۰/۳	۲۲۲	۳۰٦/٤	۲۵۳/۳	۲۲٦/۱	۱۲۳/۵

جدول ۲: نتایج آزمون خاک محل اجرای آزمایش (دو سال)

سال	عمق (cm)	pH	کربن آلی (٪)	EC (dS/m)	نیتروژن کل (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	روی (mg/kg)	آهن (mg/kg)	گوگرد (mg/kg)	سولفات محلول (meq/L)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)
اول	۰-۳۰	۷/۳	۲	۰/۳۲	۰/۰۵٤	۱۸/۱	۱٤۰	۲/۵	۳۱	۲٦	۰/۰٤	۱٦	٦۸	۱٦
دوم	۰-۳۰	۷/٤	۲	۰/۳	۰/۰۵۳	۱۹/۵	۱۳۱	۲/۷	۳۷	۳۱	۰/۰٦	۱۸	٦۱	۱۹

آماده‌سازی زمین و اعمال تیمارها: کاربرد سطوح مختلف گوگرد در کرت‌های مشخص شده از منبع گچ با فرمول شیمیایی $CaSO_4.2H_2O$ (دارای ۱۸ درصد گوگرد و ۲۲ درصد کلسیم) و در زمان کاشت بذر همراه با سایر کودها به‌صورت نواری در کنار بوته‌ها در عمق پنج سانتی‌متری توزیع شد. شایان ذکر است در زمان کاشت با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی خاک، نیتروژن مورد نیاز گیاه به‌عنوان کود پایه از منبع اوره به مقدار ٦۰ کیلوگرم در هکتار و فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز بین ردیف‌های کاشت به‌صورت نواری و در عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری خاک قرار داده شدند. برای ایجاد یکنواختی در تیمارها، با توزیع کلسیم در کرت‌ها، مقدار کلسیم تیمارهای گچ و شاهد برابر گردید (Hoseynzade et al., 2009). کود روی مورد استفاده از کلات روی (EDTA) بود که به‌صورت محلول-پاشی برای هر کرت ۲ لیتر طی ۲ مرحله (۳ تا ٤ برگی و گل‌دهی کامل بوته‌ها) در فصل رشد روی قسمت‌های هوایی بوته‌ها اسپری شدند. بذر بادام‌زمینی رقم انورث کارولینا۲ (NC2) که رقم غالب مورد استفاده در منطقه بود، از شرکت خدمات حمایتی گیلان تهیه شد. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش تیرام به‌نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. در طول رویش بوته‌ها، کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت و مزرعه در طول فصل رشد، سه بار وجین شد. خاک‌دهی در یک نوبت و در زمان تشکیل پگ‌ها انجام شد.

برداشت و نمونه‌برداری: در هر دو سال، برداشت محصول بادام‌زمینی هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوزیکی و به‌وسیله دست انجام شد. در زمان برداشت به‌منظور از بین بردن اثر حاشیه‌ای، بوته‌های واقع در ردیف‌های کناری و نیز بوته‌های واقع شده در ابتدا و انتهای

کرت‌ها حذف گردیدند. سپس از خطوط وسطی هر پلات به‌طور تصادفی (در هر دو سال)، بوته‌های یک متر مربع، برداشت شد. در بوته‌های برداشت شده ابتدا تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته شمارش و سپس طول بوته با استفاده از متر پارچه‌ایی و وزن تر ریشه با استفاده از ترازوی دیجیتال، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، بوته‌ها به طور کامل در داخل آون در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ٤٨ ساعت قرار داده شد و سپس توزین گردید. وزن غلاف با دانه و بی دانه، وزن دانه‌ها، وزن صد دانه و در نهایت عملکرد دانه و غلاف در واحد سطح با در نظر گرفتن رطوبت ١٤ درصد، برآورد گردید.

مقدار نیتروژن دانه: از دانه‌های خشک شده در آون یک نمونه برداشت و توسط آسیاب برقی پودر شد. سپس مقدار ۰/۵ گرم از نمونه آسیاب شده را داخل بالون ریخته و سپس ۷ گرم سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس به آن اضافه شد. بعد از افزودن ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ، ارلن با یک حباب گاز پوشانده شد و با حرارت دادن نمونه هضم و محتویات بالن به رنگ سبز روشن شد. نیتروژن موجود به‌صورت سولفات آمونیوم تبدیل شده و سپس نیتروژن موجود در سولفات آمونیوم را به صورت آمونیاک آزاد و توسط اسیدبوریک به بورات آمونیوم تبدیل شد. با استفاده از اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال آن را تیتر نموده (تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه کجلدال مدل MQ3824B/EX1 انجام شد) و با محاسبه اسید مصرفی مقدار نیتروژن به‌دست آمد.

مقدار پروتئین دانه: برای محاسبه پروتئین نیز از برای محاسبه پروتئین نمونه‌ها، مقدار نیتروژن به‌دست آمده هر نمونه در ٦/٢٥ ضرب شد (Baethgen and Alley, 1989).

مقدار روی دانه: همچنین اندازه‌گیری غلظت روی دانه با روش جذب اتمی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100انجام شد. جهت اندازه‌گیری عنصر مورد نظر، ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیوم پیرولیدین کاربامات ۵ درصد اضافه شد و به‌مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها با شیکر بهم زده شد تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل‌ایزوبوتیل‌کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها بهم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ بار در دقیقه سانتریفوژ و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و بهینه کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریس اصلاح کننده پالادیوم توسط نرم‌افزار win Lab32 رسم گردیدند و مقدار روی در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری غلظت گوگرد به روش کدورت‌سنجی (توربیدومتری) با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٤٢٠ نانومتر انجام شد (Ryan et al., 2001).

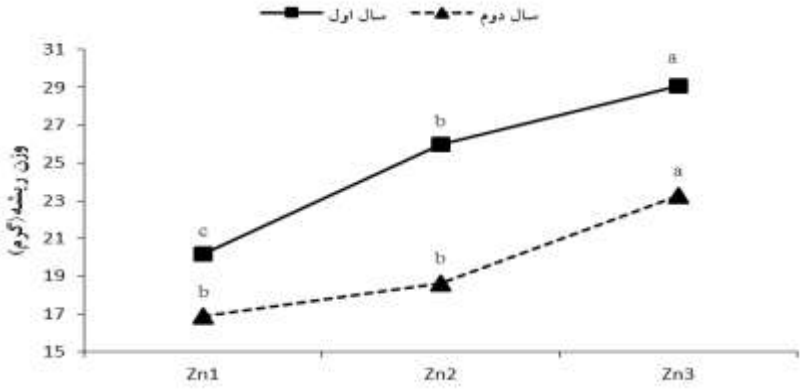
مقدار روغن دانه: به منظور استخراج روغن دانه بادام‌زمینی با روش سوکسله پنج گرم پودر بادام‌زمینی را در فشنگی مخصوص دستگاه اتوماتیک سوکسله (Buchi, B- 811, Switzerland) قرار داده و پس از تنظیم دستگاه بر روی برنامه دمایی مناسب با استفاده از حلال‌های آن هگزان (Hx)، دی کلرومتان (DCM)، اتیل استات (EtAC) و اتانول (EtOH) روغن‌گیری انجام شد (Ghavami et al., 2008).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel، انجام شد.

نتایج

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال × روی × گوگرد (Y × S× Z) بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سطوح Zn در سطح S_3 ارتفاع بلندتری نشان دادند، به طوری‌که گیاهان تیمار شده با S_3Zn_3 (با میانگین ۷۱ سانتی‌متر) در سال اول و S_3Zn_2 (با میانگین ۹۹/۶ سانتی‌متر) در سال دوم، که نسبت به شاهد (S_1Zn_1) به ترتیب ۱۹/۸ و ۱۰/۳ درصد بلندتر بود، بلندترین ارتفاع را نشان دادند (جدول ۵).

وزن ریشه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل Y × Z بر وزن ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در هر دو سال با افزایش کاربرد کود روی، وزن ریشه نیز افزایش یافت (افزایش وزن ریشه نسبت به Zn_1 در تیمار Zn_2 و Zn_3 به‌ترتیب ۲۲/۳ و ۳۰/۶ درصد در سال اول و ۷/۷ و ۲۸/۲ درصد در سال دوم) و این افزایش در سال اول از Zn_1 تا Zn_3 معنی‌دار اما در سال دوم از Zn_1 به Zn_2 غیرمعنی‌دار و از Zn_2 به Zn_3 معنی‌دار، بود (شکل ۱).



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل سال × کود روی بر وزن ریشه

(Zn_1: عدم محلول‌پاشی، Zn_2: محلول‌پاشی یک در هزار و Zn_3: محلول‌پاشی دو در هزار)

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف کود گوگرد و روی بر صفات مختلف بادام‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته (سانتیمتر)	وزن ریشه (گرم)	تعداد غلاف	عملکرد غلاف	تعداد دانه	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در متر مربع)
سال (Y)	۱	۲۸۵۸۹**	۵۱۸**	۹۸۲/۶**	۲۴۶۶۱**	۱۰۶۷۱**	۱۹۹۰۶۴**	۰/۷۲۵**
Y (R)	۴	۳۴/۹	۷/۳۴	۶۴/۸	۱۲۲۵	۲۱۹/۲	۴۶۲۶	۰/۰۲۵۷
گوگرد (S)	۳	۱۳۲/۹**	۸/۵۳^{ns}	۶۱۸**	۲۶۸۲^{ns}	۱۴۲۴**	۷۰۷۹^{ns}	۰/۰۶۶۲*
روی (Z)	۲	۱۲/۰۲^{ns}	۲۳/۱۲**	۷۲/۷^{ns}	۸۲۸/۷^{ns}	۱۱۴/۳^{ns}	۵۸۱۸۱**	۰/۰۰۹۷^{ns}
Y × S	۳	۲۳۸/۴**	۱/۲۵^{ns}	۴۳۱**	۳۸۵۱*	۲۸۹^{ns}	۱۶۵۳۷^{ns}	۰/۰۵۱۲^{ns}
Z × S	۶	۳۹/۸۸^{ns}	۳/۹۲^{ns}	۴۹۴/۵**	۳۴۲۲*	۱۰۳۱**	۴۷۷۶^{ns}	۰/۰۶۶*
Y × Z	۲	۷۶/۱۷^{ns}	۲۲/۹۸**	۳۷۰/۲**	۲۰۶/۱^{ns}	۱۲۶۹**	۷۸۹۷^{ns}	۰/۰۱۷۰^{ns}
Z × S × Y	۶	۹۱/۴۱**	۹/۵۵^{ns}	۹۷/۱*	۱۲۸۱^{ns}	۶۷/۷^{ns}	۲۴۲۳۱*	۰/۰۲۳۰^{ns}
خطا	۴۴	۱۷/۳	۲/۷۰۸	۳۸/۴	۱۱۷۹	۱۹۴/۹	۶۵۳۵	۰/۰۲۹۸
ضریب تغییرات (٪)	_	۷/۰۱	۹/۷۵	۱۲/۵۷	۲۵/۹	۱۹/۰۷	۷/۵۱	۲۷/۱

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

تعداد غلاف در بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل Y × S × Z بر تعداد غلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که گیاهان تیمار شده با سطوح مختلف Zn و S، نسبت به شاهد تعداد غلاف را در سال اول ۳٤/٦-۷/۳ درصد و سال دوم ٤۸/٦-۱۱/۲ درصد افزایش دادند، اگرچه تفاوت برخی از تیمارها با شاهد به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بیش‌ترین تعداد غلاف در سال اول از گیاهان تیمار شده با S_3Zn_2 (با میانگین ٥٦ غلاف در بوته) و در سال دوم با S_3Zn_3 (با میانگین ۷۷/۳)، به‌دست آمد (جدول ٥).

جدول ٤: تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف کود گوگرد و روی بر صفات مختلف بادام‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد مغزدهی (٪)	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته)	غلظت پروتئین (٪)	غلظت روغن (٪)
سال (Y)	۱	۲۸٦*	۱۸۱٤٤**	٤۷٥**	۲٥۲۳**
Y (R)	٤	۳۰/٤	۲۳٥	۲/۰۸	٥۹/۳
گوگرد (S)	۳	۷٤/۷^{ns}	۱۳٦٤^{ns}	۱۲۷**	۸٦۷**
روی (Z)	۲	۳۸/۸^{ns}	۱۲۰^{ns}	۱۱۷**	٤٦/۷^{ns}
Y × S	۳	٤۸۲**	۱٦۸۳^{ns}	۲۳/۷**	۲۳۳**
Z × S	٦	۹۸/٤^{ns}	٤٥٤۷**	٤٤/۳**	۲٦٥**
Y × Z	۲	۳٥/۷^{ns}	۲٥۸^{ns}	۸/٤۳^{ns}	۹/۸٤^{ns}
Z × S × Y	٦	۹۰/٦^{ns}	۳٦۱۸**	٥/۷^{ns}	۱۹/۱^{ns}
خطا	٤٤	٥۷/۸	٦٦۱	۳/٥۹	۲۳/۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۳/٤	۱۸/٤	۱٤/۹	۱۲/۰۱

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

عملکرد غلاف: عملکرد غلاف، که وزن کل غلاف‌های یک بوته می‌باشد، به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر برهمکنش Z × S قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمارهای آزمایش نسبت به شاهد عملکرد غلاف را ۳۳/٤-۹/۳۲ درصد افزایش دادند و بیش‌ترین عملکرد غلاف از تیمار S_3Zn_3 (با میانگین ۱٥٦/۱ گرم در بوته) به‌دست آمد، اگرچه با برخی از تیمارها به لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ٦).

وزن هزار دانه: طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل Y × S × Z بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). هم‌چنین مقاسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که در هر دو سال و در همه سطوح گوگرد، سطح Zn_3 وزن هزار دانه بالاتری نسبت به سطوح Zn_1 و Zn_2، نشان داد و بیش‌ترین وزن هزار دانه هم در سال اول و هم در سال دوم، در سطوح بالاتر کاربرد گوگرد، S_3 و S_4، (تیمار S_3Zn_3 و S_4Zn_3)، مشاهده شد (جدول ٥).

تعداد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل Z × S بر تعداد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که تیمار گیاهان با سطوح مختلف گچ و روی، تعداد دانه در بوته را ۱٦/۳تا ۷۳/٥ درصد، افزایش نشان داد و در بین تیمارها، بیش‌ترین تعداد دانه از تیمار گیاهان با S_3Zn_3 (با میانگین ۹۳/٥ دانه) حاصل شد (جدول ٦).

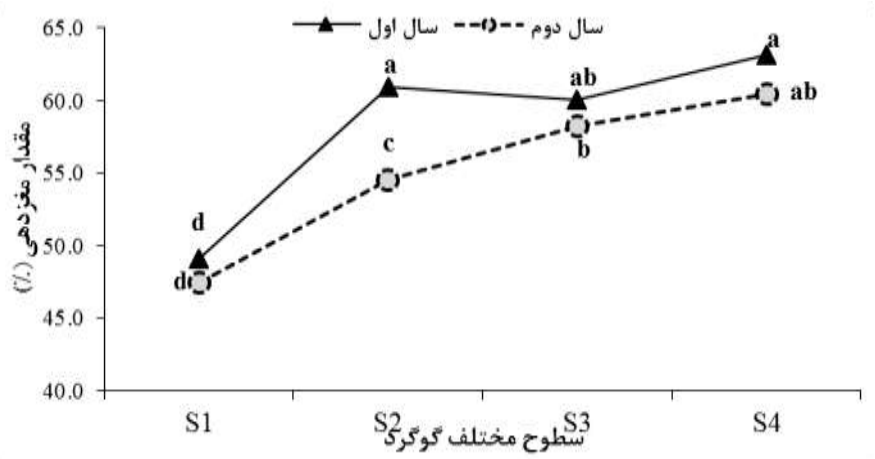
عملکرد دانه و درصد مغزدهی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل Y × S بر

درصد مغزدهی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل Z × S بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین درصد مغزدهی نیز نشان داد که در هر دو سال سطوح کاربرد گوگرد نسبت به سطح عدم کاربرد گوگرد (S_1)، برتری معنی‌دار داشتند و بیش‌ترین درصد مغزدهی از سطح S_4 به‌دست آمد البته در سال دوم به لحاظ آماری بین سطوح کاربرد کود گوگرد تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۲). مقایسه میانگین عملکرد دانه تیمارها نیز نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار S_3Zn_3 (با میانگین ۰/۸۱۱ گرم در مترمربع) به‌دست آمد و تیمار S_3Zn_2 (با میانگین ۰/۷۵۹ گرم در مترمربع) در مرتبه بعدی قرار داشت که نسبت به تیمار شاهد (S_1Zn_1) عملکرد دانه را به‌ترتیب ٤۰/۹ و ۳۲/۳ درصد افزایش دادند (جدول ٦).

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح مختلف کود گوگرد و روی بر صفات مختلف بادام‌زمینی در دو سال

سطوح کود گوگرد (کیلوگرم در هکتار)	سطوح کود روی	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد غلاف	ارتفاع بوته (سانتیمتر)
			سال اول		
	صفر	٦٤/۲٦h	۱۰۵۸/٦ b-d	۳۸/۱d	۵۳/٦c
صفر	۱ در هزار	۸۷/۷f	۱۰۲٦/۳cd	٤۳/۰cd	۵۸/۳bc
	۲ در هزار	۹۲/۰۲ef	۱۱٦۳/۰ab	٤۱/۲cd	۵۹/۳bc
	صفر	۷۵/۳۷g	۱۱۰۱ b-d	٤۳/٦b-d	۵۷/٦bc
۲۰	۱ در هزار	۱۰۲/۸d	۱۰۷۰b-d	٤٦/۸b-d	۵۸/۰bc
	۲ در هزار	۱۱۸/۹c	۱۱۵۱ab	٤۹/۰a-c	٦۳/۰a-c
	صفر	۹۷/۰de	۱۰٤۷ b-d	٤۹/۳a-c	٦۳/۳a-c
٤۰	۱ در هزار	۱۰۱/۲d	۱۱۱٦b-d	۵۸/۳a	٦٦/۳ab
	۲ در هزار	۱۱٦/۰c	۱۲۵۷a	۵٤/۲ab	۷۱/۰a
	صفر	۱۱۵/۸c	۹۹۷/٦d	٤۸/۹a-c	۵۹/۳bc
٦۰	۱ در هزار	۱٦۵/۱a	۱۱٤۹ab	٤۹/٦a-c	٦٤/٦a-c
	۲ در هزار	۱۵۵/۷b	۱۱٦۲a-c	۵۱/۳a-c	٦۳/٦a-c
			سال دوم		
	صفر	۱۳۷/۰c	۹٤۹d	۳۹/٦e	۸۵/۰e
صفر	۱ در هزار	۱۸٤/۲a-c	۱۰٤٤a-d	٤٤/٦de	۸٤/۰e
	۲ در هزار	۱٤۲/۰c	۱۰۸۹a-d	۵٦/۱b-d	۸۹/۳d
	صفر	۱٦۰/٦bc	۹٦۲cd	۵۸/٦b-d	۸۹/۳d
۲۰	۱ در هزار	۱۹۱/۹a-c	۹۸۸b-d	۵۹/۲b-d	۸۹/۱d
	۲ در هزار	۲۱۳/۹a-c	۱۰۹۳a-d	٦۷/٤ab	۹۰/٦cd
	صفر	۲۰۷/٤a-c	۱۰۲۸a-d	٦۳/٦ab	۹۳/۳bc
٤۰	۱ در هزار	۱٦۳/۷bc	۱۰۷۳a-d	٦۷/۰ab	۹۹/۷a
	۲ در هزار	۲۰۹/۵a-c	۱۱۲٦a	۷۷/۷٤a	۹٦/۰b
	صفر	۱٦۳/٦bc	۱۰۱۱a-d	٤٦/۰b-d	۹۰/٤cd
٦۰	۱ در هزار	۲۳٤/۰ab	۱۰۱٤a-d	٦۵/۳ab	۹۲/۵c
	۲ در هزار	۲۵۳/۸a	۱۱۳۳a	٤٦/٦b-d	۹۳/۰bc

حروف مشترک در هر ستون عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد، را نشان می‌دهد.



شکل ۲: اثر متقابل سال × سطوح کود گوگرد بر درصد مغزدهی

(S_1: صفر، S_2: ۲۰ کیلوگرم، S_3: ٤٠ کیلوگرم و S_4: ٦٠ کیلوگرم گوگرد در هکتار).

عملکرد بیولوژیک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل Y × S × Z بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین نیز نشان داد که در هر دو سال بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در سطح S_4 مشاهده شد با این تفاوت که در سال اول سطح Zn_2 (با میانگین ١٤٦/٣گرم در بوته) و سال دوم سطح Zn_3 (با میانگین ٢١٣/٧ گرم در بوته) بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را نشان دادند (جدول ٥).

جدول ٦: مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح مختلف کود گوگرد و روی بر صفات مختلف بادام‌زمینی

سطوح کود گوگرد (کیلوگرم در هکتار)	سطوح کود روی	عملکرد غلاف (گرم در بوته)	تعداد دانه	عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع)	مقدار پروتئین (٪)	مقدار روغن (٪)
صفر	صفر	١٠٤c	٥٩/٣٣c	٠/٥٣٥c	١٠/٧٠c	٣٢/٦١e
	١ در هزار	١٣٣a-c	٦٤/٨bc	٠/٥٦٠bc	١٥/١٩ab	٣٤/٥٨de
	٢ در هزار	١٤٣ab	٦١/٠١bc	٠/٦٩٧a-c	١٥/٣٤ab	٣٨/٨٧b-d
٢٠	صفر	١١٨bc	٦٥/٦bc	٠/٦١٥a-c	١١/١١c	٤١/٦٢ ab
	١ در هزار	١١٩bc	٦٠/٩٧bc	٠/٦٨٠a-c	١٤/٩٨ab	٣٣/٨٣de
	٢ در هزار	١٤٣ab	٧١/٠a-c	٠/٧٢٢a-c	١٧/٩٤a	٣٥/٢٠c-e
٤٠	صفر	١٣٦ab	٦٨/٣bc	٠/٥٩٥bc	١١/٣٢c	٤٥/٧٣ a
	١ در هزار	١٤٢ab	٨٣/٦ab	٠/٧٦٥ab	١٠/٦٠c	٤٦/٠٩a
	٢ در هزار	١٥٦a	٩٣/٥a	٠/٨١١a	١٠/٥٣c	٤٤/٨١a
٦٠	صفر	١١٤bc	٦١/٤٧bc	٠/٥٣٠c	٩/٤١c	٤٥/٢٤a
	١ در هزار	١٤٥ab	٦٥/٦bc	٠/٧٥٩ab	١١/٧٣bc	٤٣/٩٥ab
	٢ در هزار	١٢٩abc	٧٣/٠a-c	٠/٧٠٠a-c	١٢/٣٨bc	٤٠/٥٥a-c

حروف مشترک در هر ستون عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد، را نشان می‌دهد.

جدول ۷: همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده بادام‌زمینی متأثر از برهمکنش سطوح مختلف کود گوگرد و روی

	غلظت روغن (٪)	غلظت پروتئین (٪)	عملکرد دیبولز یک (کیلوگرم در مکتار)	درصد مغزدهی (٪)	عملکرد دانه (کیلوگرم در مکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه	عملکرد غلاف (کیلوگرم در مکتار)	تعداد غلاف	وزن‌ریشه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	-۰/۵۶۹**	۰/۴۷۲**	۰/۷۷۰**	۰/۱۲۴	۰/۳۳۶**	-۰/۳۷۹**	۰/۴۱۴**	۰/۳۰۴**	۰/۲۴۴*	-۰/۳۰۱**	۱/۰۰
وزن ریشه (گرم)	۰/۲۸۴**	-۰/۳۵۶**	-۰/۱۲۱	-۰/۲۲۷**	-۰/۰۷۱	۰/۱۲۵	-۰/۰۸۶	-۰/۰۳۸	-۰/۰۵۵	۱/۰۰	
تعداد غلاف	-۰/۲۳۴**	۰/۱۶۸*	۰/۵۳۳**	-۰/۱۶۹*	۰/۵۵۷**	-۰/۰۲۵	۰/۶۹۴**	۰/۵۵۸**	۱/۰۰		
عملکرد غلاف (کیلوگرم در مکتار)	-۰/۱۸۴*	۰/۱۹۵*	۰/۷۰۴**	-۰/۱۲۲	۰/۶۸۴**	-۰/۰۵۷	۰/۶۵۹**	۱/۰۰			
تعداد دانه	-۰/۳۴۴**	۰/۲۶۰**	۰/۶۲۵**	-۰/۰۱۱	۰/۷۰۵**	-۰/۲۰۶*	۱/۰۰				
وزن هزار دانه (گرم)	۰/۲۱۶**	-۰/۱۹۱*	-۰/۲۰۸*	-۰/۲۱۶*	-۰/۱۲۵	۱/۰۰					
عملکرد دانه(کیلوگرم‌درمکتار)	-۰/۲۲۶**	۰/۱۸۷*	۰/۶۱۵**	-۰/۰۴۰	۱/۰۰						
درصد مغزدهی (٪)	-۰/۱۱۹	۰/۱۰۴	-۰/۰۸۰	۱/۰۰							
عملکرد دیبولوزیک(کیلوگرم در مکتار)	-۰/۴۳۷**	۰/۳۸۵**	۱/۰۰								
غلظت پروتئین (٪)	-۰/۷۸۹**	۱/۰۰									
غلظت روغن (٪)	۱/۰۰										

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

مقدار پروتئین و روغن دانه: طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل S × Z بر غلظت پروتئین و روغن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین غلظت پروتئین دانه نشان داد که در همه سطوح گوگرد، سطوح کاربرد روی (S_2 و S_3)، نسبت به سطح عدم کاربرد روی(S_1)، از غلظت بالاتری برخوردار بودند و بیش‌ترین غلظت پروتئین از از گیاهان تیمار شده با تیمار S_2Zn_3 (با میانگین ۱۷/۹٤ درصد)، به‌دست آمد (جدول ٦). مقایسه میانگین غلظت روغن دانه نیز نشان داد که بیش‌ترین غلظت روغن در تیمار S_3Zn_2 (با میانگین ٤٦/۰۹ درصد) به‌دست آمد که با تیمارهای S_3Zn_1، S_3Zn_3 و S4Zn1 به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نداشت. هم‌چنین کمترین غلظت روغن در تیمار S_1Zn_3 (با میانگین ۳۲/٦۱ درصد) مشاهده شد (جدول ٦).

همبستگی صفات: نتایج همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده بادام‌زمینی در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت معنی‌دار را با تعداد دانه، تعداد غلاف و عملکردبیولوژیک نشان داد. تعداد دانه و تعداد غلاف نیز همبستگی مثبت معنی‌دار با ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک نشان دادند. این درحالی است که بین عملکرد دانه، تعداد غلاف و عملکرد بیولوژیک با غلظت روغن دانه همبستگی منفی معنی‌دار ولی با پروتئین دانه همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده شد. ضمن آن‌که بین غلظت روغن و پروتئین دانه همبستگی منفی معنی‌دار وجود داشت (جدول ۷).

بحث

نتایج نشان داد تیمار گیاهان با گوگرد و روی منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک گیاه بادام‌زمینی شد که نقش گوگرد و روی در بهبود رشد رویشی اغلب ناشی از افزایش فعالیت آنزیمی و جذب سایر عناصر غذایی، گزارش شده است ()، به‌طوری‌که مصرف گوگرد سبب آزادسازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز، و روی منجر به فعال شدن آنزیم‌هایی که در متابولیسم کربوهیدرات ها نقش دارند، می‌شود (Saha et al., 2015). به این ترتیب افزایش فتوسنتز و به دنبال آن افزایش اندام‌های رویشی منتهی به ایجاد مخازن بیشتر که همان غلاف‌ها هستند می‌شود (Kannan et al., 2017). از طرف دیگر عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد غلاف، که از طریق تعرق انجام نمی‌شود، به‌طور مستقیم توسط غلاف از خاک جذب می‌شود (Pegues et al., 2019). با توجه به شرایط رشدی غلاف بادام‌زمینی، زمانی مصرف عناصر برای جذب توسط غلاف موثر خواهد بود که ابتدا در معرض دسترسی بوده و سپس امکان جذب، به دلیل رقابت کاتیونی بین عناصر، برای غلاف وجود داشته باشد (Aboyeji et al., 2018). بنابراین کاربرد گوگرد علاوه بر اثر مستقیمی که بر رشد دارد، منجر به تسهیل جذب عناصر، به‌ویژه عناصری که جذب آنها برای گیاه به دلیل واکنش‌های یونی ریزوسفری، محدود می‌شود.

علاوه بر این کاربرد روی نیز باعث افزایش فتوسنتز در بادام‌زمینی شده که این امر می‌تواند باعث بالا رفتن بازده فتوسنتزی و در نتیجه افزایش سرعت رشد گیاه و نیز تسریع تخصیص مواد فتوسنتزی در غلاف‌های در حال رشد بادام‌زمینی شود (Irmak et al., 2015; Mahdieh et al., 2018). در مطالعه حاضر بیش‌ترین تعداد غلاف در سال اول و دوم به ترتیب از گیاهان تیمار شده با S3Zn2 و S3Zn3 به‌دست آمد و به دلیل همبستگی مثبت معنی‌دار بین عملکرد غلاف با تعداد غلاف و دانه، بیش‌ترین عملکرد از تیمارهای مشابه به‌دست آمد.

Rex و همکاران (۲۰۲۰)، با به‌دست آوردن نتایج مشابه گزارش کردند که مصرف گوگرد همراه با روی، اثر بارزی در افزایش عملکرد و تعداد غلاف بادام‌زمینی داشت. با توجه به این نتیجه می‌توان گفت که افزایش سرعت رشد گیاه با افز ایش مقدار گوگرد و روی (تا سطح S3 و Zn3)، تعداد غلاف‌های رسیده در هر بوته و نیز وزن هر غلاف، را بهبود بخشیده است. دلیل این موضوع ناشی از اثر بیش‌تر گچ بر تغییر خصوصیات شیمیایی خاک در منطقه تشکیل غلاف بادام‌زمینی و نیز افزایش سرعت رشد غلاف در تیمارهای گچ (Hoseynzade et al., 2009)، از یکسو و از سوی دیگر اثر سودمند روی بر فعالیت‌های حیاتی از جمله کارکرد آنزیم‌ها، که در مراحل مختلف رشد در گیاه باعث افزایش مؤلفه‌های عملکردی گیاه از جمله عملکرد غلاف می‌شود، می‌باشد (Mahdieh et al., 2018).از طرف دیگر در سطح بالاتر گوگرد یعنی S4، مقدار عملکرد کمتر از سطح S3 بود که ممکن است ناشی از تحریک رشد رویشی و افزایش تولید شاخ و برگ و کاهش تسهیم مواد فتوسنتزی به سمت غلاف‌ها بوده (Kannan et al., 2017; Laxmanarayanan et al., 2020)، و در نتیجه از تعداد غلاف‌ها، تعداد دانه و وزن دانه‌ها در سطح S4 نسبت به سطح S3 کمتر بود که بالاتر بودن عملکرد بیولوژیک در سطح S4 نسبت به سایر سطوح گوگرد نیز مبین همین موضوع می‌باشد.

وزن دانه‌ها متأثر از سرعت فتوسنتز جاری، انتقال مجدد مواد و طول دوره پر شدن دانه است که بروز هر اختلالی در این دوره، منجر به کاهش وزن دانه‌ها خواهد شد. البته در این مرحله بین دانه‌ها برای جذب مواد رقابت وجود داشته و در صورت بالا بودن تعداد دانه و محدودیت منبع، از وزن دانه‌ها کاسته می‌شود (Arunachalam et al., 2013; Saha et al., 2015). کمبود روی در این مرحله به‌طور قابل ملاحظه‌ایی وزن دانه‌ها را کاهش می‌دهد زیرا روی با کمک به بیوسنتز اکسین، جذب نیتروژن، افزایش غلظت کلروفیل و فعالیت ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز منجر به بهبود کارایی فتوسنتز و به دنبال آن موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود(Meresa et al., 2020). Aboyeji و همکاران (۲۰۱۸)، Xiaobing و همکاران (۲۰۲۰) و Abdel-Hamid و همکاران (۲۰۲۱) در بادام‌زمینی، Xiaobing و همکاران (۲۰۲۰) در لوبیا، Kamaraki و Galavi (۲۰۱۲) در گلرنگ، نیز با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به همراه گچ به عملکرد بیولوژیکی بالاتر دست یافتند که با نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر هماهنگ می‌باشد. مطالعاتی که اثر گچ به همراه فسفر یا روی را بر بادام‌زمینی ارزیابی کردند، با به‌دست آوردن نتایج مشابه، اذعان داشتند که کاربرد گچ به تنهایی در مقادیر کم نیز بر رشد و عملکرد بادام‌زمینی موثر است اما حداکثر عملکرد دانه و درصد مغزدهی را در سطوح بالاتر کاربرد گچ به همراه روی یا بور گزارش کردند (Ruksar et al., 2017; Aier and Nongmaithem, 2020). هم‌چنین افزایش عملکرد با مصرف گوگرد، نقش مثبت این عنصر در تشکیل پروتئین، روغن و بسیاری از ویتامین‌ها، جذب بهتر عناصر غذایی میکرو و ساخت و ساز مواد فتوسنتزی، را نیز تأیید می‌کند (Bakry et al., 2012).

اثر کاربرد توأم روی و گوگرد بر عملکرد دانه را Hoseynzade و همکاران (۲۰۰۹)، Behera و همکاران (۲۰۱۶) و Rex و همکاران (۲۰۲۰)، به این صورت توجیه کردند که این عناصر با افزایش دوام سطح برگ، بهبود فتوسنتز و یا تسهیم بهتر مواد در دانه‌ها، باعث افزایش عملکرد می‌شوند. علاوه‌بر این Ruksar و همکاران (۲۰۱۷) و Aier و Nongmaithem (۲۰۲۰) بیان کردند که تأمین گوگرد عملکرد دانه بادام‌زمینی را از طریق اثر بر رشد گیاه در

دوره پر شدن دانه، افزایش می‌هد و کـود روی نیـز بـا تاثیر بر سرعت فتوسنتز و بهبود تسهیم مواد به سـمت غلاف‌ها، عملکرد دانـه را افـزایش مـی‌دهـد.از طـرف دیگر Aboyeji و همکاران (۲۰۱۹) با مقایسه اثر روی با و بدون گوگرد، گـزارش کردنـد کـه مصـرف تـوأم گوگرد و روی هم‌افزایـی داشـته و نسـبت بـه کـاربرد انفـرادی آنهـا، عـلاوه بـر صـرفه‌جـویی ۵۰ درصـدی کودها، اثر بیش‌تر ی بر عملکرد غلاف داشتند. عـلاوه بر ایـن روی و گـوگرد بـر سـنتز و ذخیـره روغـن و پـروتئین در دانـه بـادام‌زمینـی نقـش مـوثری دارنـد (Arunachalam et al., 2013; Noman et al., 2015; Irmak et al., 2020). در حالی‌کـه در مطالعـه حاضـر بیش‌ترین غلظت پروتئین از تیمار Zn3 + عدم کـاربرد گوگرد به‌دست آمد، ولـی بـیش‌تـرین غلظـت روغـن (برخلاف غلظت پروتئین)، در سطح S3 و S4 گوگرد به‌دست آمد که البتـه در سـطح S3 بـین سـطوح روی تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. تحقیقات نشان داد کـه محلول‌پاشی روی باعث ازدیاد جمعیـت بـاکتری‌هـای گونه ازتوباکتر و ریزوبیوم به‌ترتیب به میـزان ۳۳ و ۸۹ درصـد، شـد کـه ایـن امـر افـزایش تثبیـت نیتـروژن اتمسفری، عملکرد و پروتئین دانه را به همـراه داشـت (Pegues et al., 2019). عـلاوه بـر ایـن موضـوع، در زمان پر شدن غلاف‌ها ابتـدا نشاسـته انباشـت شـده و سپس سنتز و تجمع پروتئین و روغن انجام می‌شـود و در نتیجه ممکن است کاربرد گوگرد بر سـنتز پـروتئین دانه اثر کمتری نسبت به روغن دانه داشته باشد.

اثر گوگرد از منبع گچ، بر افزایش سـنتز اسـیدهای چرب غیراشباع و روغن کتان (Bakry et al., 2019) و بـادام‌زمینـی (Kannan et al., 2017.)، گـزارش شـده است. Devi و همکاران (۲۰۱۲) و El-Kader (۲۰۱۳) معتقدنـد کـه گـوگرد در تشـکیل اسـیدهای چـرب و فعال‌سازی آنزیم‌ها دخیل است و به این ترتیب باعـث افزایش درصد روغـن مـی‌شـود. Ruksar و همکـاران (۲۰۱۷)، ضمن به‌دست آوردن نتـایج مشـابه، گـزارش کردند کـه غلظـت روغـن دانـه، در سـطوح مختلـف کاربرد گوگرد، متفاوت بود و آنها علـت را بـه دلیـل نقش گوگرد در ساخت آمینواسیدها و سنتز اسـیدهای چرب، بیان کردند.

نتیجه‌گیری

ضعف در مدیریت و تأمین عناصـر ریزمغـذی، از عوامـل مهـم در پـایین بـودن عملکـرد در مـزارع بادام‌زمینی شمال کشور معرفی شده است که علاوه بر کمبود، بیشبود عنصری مانند روی و گـوگرد بـر ایـن وضعیت اثر می‌گذارد. مصـرف بهینـه روی و گـوگرد علاوه بر کاهش هزینه تولید، اختلال در جـذب سـایر عناصر را نیز کاهش مـی‌دهـد. نتـایج مطالعـه سـطوح مختلـف کـود گـوگرد و روی بـر صـفات مختلـف بادام‌زمینی نشان داد که بیش‌ترین عملکرد غـلاف (بـا میـانگین ۱۵۶/۱ گـرم در بوتـه) و دانـه (بـا میـانگین ۰/۸۱۱ کیلـوگرم در مترمربـع)، از کـاربرد هـم‌زمـان محلول‌پاشی روی به مقدار دو در هـزار و گـوگرد بـه مقدار ٤٠ کیلوگرم در هکتار، به‌دست آمد. غلاف‌هـای بادام‌زمینی در زیر زمین رشد می‌کنند و جذب عناصـر توسـط غـلاف‌هـا تـأثیر بـه‌سـزایی در عملکـرد دانـه بادام‌زمینـی دارد. اسـتفاده از سـطوح بـالاتر گـوگرد و روی باعث جذب بهتر گوگرد و سایر عناصر ضروری و هم‌چنین تثبیت نیتروژن شد. بـه‌طـور کلـی، هـر دو عامل گوگرد و روی بر اکثر صفات اثرگذار بودند لذا، بهتر است در صورت مصرف گوگرد از کود روی نیـز استفاده شود تا جذب این عنصر بهتر صورت گیـرد و بتواند بر رشد و نمو و عملکرد گیاه بادام‌زمینـی مـؤثر واقع شود. بنابراین استفاده هم‌زمـان از کـود گـوگرد و محلول‌پاشی روی در سطوح بالا در خاک‌های قلیـایی منطقه گیلان قابل توصیه می‌باشد.

References

Abdel-Hamid Ali Abdel-Mawla, E. S., Sayed, M. A., Said, M. T. and Sonosy, M. R. (2021). Impact of Foliar Spray by Zinc Oxide Nanoparticles on Peanut Pro-duction Under New Valley Conditions. Assiut Journal of Agricultural Sciences. 51(4): 16-31.

Aboyeji, C., Dunsin, O., Adekiya, A.O., Chinedum, C., Suleiman, K.O., Okunlola, F.O. and Olofintoye, T.A. (2019). Zinc sulphate and boron-based foliar fertilizer effect on growth, yield, minerals, and heavy metal composition of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) grown on an Alfisol. International Journal of Agronomy. 20: 176-189.

Aier, I. and Nongmaithem, D. (2020). Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to lime and different levels of Sulphur. International Journal of Bio-resource and Stress Management. 11(6): 585-589.

Arunachalam, P., Kannan, P., Prabhaharan, J., Prabukumar, G. and Kavitha, Z. (2013). Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes to soil fertilization of micronutrients in alfisol conditions. Electronic Journal of Plant Breeding. 4(1): 1043-1049.

Baethgen, W.E. and Alley, M.M. (1989). A manual colorimetric procedure for measuring ammonium nitrogen in soil and plant Kjeldahl digests. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 20(9-10): 961-969.

Bakry, B.A., Tawfik, M.M., Mekki, B.B. and Zeidan, M.S. (2012). Yield and yield components of three flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.) in response to foliar application with Zn, Mn and Fe under newly reclaimed sandy soil conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 12: 1075-1080.

Behera, S.S. (2016). Lime and zinc application influence soil zinc availability, dry matter yield and zinc uptake by maize grown on Alfisols. SOIL Discuss.,doi:10.5194/soil-2016-41.

Bekele, G., Dechassa, N., and Tana, T. (2022). Effect of inorganic and organic fertilizers on productivity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties in East Hararghe, Eastern Ethiopia. Oil Crop Science, 7(3), 112-121.

Bholanath, S., Sushanta, S., Ritam, S., Hazra, G. C., and Biswapati, M. (2015). Influence of Zn, B and S on the yield and quality of groundnut (*Arachis hypogea* L.). Legume Research, 38(6), 832-836.

Broadley, M. R., Philip, J.W., Hammond, J.P., Zelko, I. and Alexander, L. (2007). Zinc in plants. New Phytologist. 173: 677–702.

Codling, E. E., Lewis, J. and Watts, D. B. (2015). Broiler litter ash and flue gas desulfurization gypsum effects on peanut yield and uptake of nutrients. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 46(20): 2553-2575.

Devi, K.N., Singh, L.N.K., Singh, M.S., Singh, S.B. and Singh, K.K. (2012). Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality, nutrient uptake and economics of soybean (*Glycine max* L.) under upland conditions. Journal of Agricultural Science. 4(4): 1-11.

Elbaalawy, A.M., Tantawy, M.F. and El-Noamany, N.E. (2020). Maximizing Productivity of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Plants in Sandy Soils Using Environmental Safe Fertilizers. Environment, Biodiversity and Soil Security. 4: 167-179.

El-Habbasha, S.F. (2015). Impact of nitrogen fertilizer and zinc foliar application on growth, yield, yield attributes and some chemical constituents of groundnut. International Journal of Plant and Soil Science. 4(3): 259-264.

El-Kader, M.G.A. (2013). Effect of sulfur application and foliar spraying with zinc and boron on yield, yield components, and seed quality of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 9(4): 127-135.

Ghavami, M., Gharachorloo, M. and Ghiasi Tarzi, B. (2008). Laboratory Techniques Oils & Fats. Islamic Azad University Press, Research and Science Branch, Tehran. 211 p. (In Farsi).

Hamidou, F., Halilou, O. and Vadez, V. (2013). Assessment of Groundnut under combined heat and Drought stress. Journal of Agronomy and Crop science. 199: 1-11.

He, C., Wang, F., Li, Q., Lin, C. and Li, Y. (2018). Effects of water and calcium coupling at blossom-needling stage on peanut yield and photosynthetic response to light. Acta Agriculturae Jiangxi. 30(3): 17-22.

Helmy, A.M. and Ramadan, M.F. (2014). Yield quality parameters and chemical composition of peanut as affected by potassium and gypsum applications under foliar spraying with boron. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 45(18): 2397-2412.

Hoseynzade, A., Esfahani, A., Asghari, J., Naghizadeh, M., Rabiee, B. (2009). Effect of sulphur application on growth indices and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Journal of Water and Soil Science. 13(48): 27-41. (in farsi)

Hanumanthappa, D. C., Sushmitha, B. P. and Gnanesh, A. S. (2019). Standardization of nano boron and nano zinc concentrations for effective cultivation of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). International Journal of Chemical Studies, 7(3), 2720-2723.

Ijaz, M., Perveen, S., Nawaz, A., Ul-Allah, S., Sattar, A., Sher, A.and Rasheed, I. (2020). Eco-friendly alternatives to synthetic fertilizers for maximizing peanut (*Arachis hypogea* L.) production under arid regions in Punjab, Pakistan. Journal of Plant Nutrition. 43(5): 762-772.

Irmak, S., Cil, A. N., Yucel, H.and Zulkuf, K.A.Y.A. (2015). Effects of Zinc Application on Yield and Some Yield Components in Peanut Arachis hypogaea in the Easthern Mediterranean Region. Journal of Agricultural Sciences. 22(1): 109-116.

Islam, A.M. (2013). Effect of phosphorus, calcium and boron on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogea* L.). International Journal of Bio-science and Bio-technology. 5(3):231-244.

Jamal, A., Moon, Y.S. and Zainul Abdin, M. (2010). Sulphur-a general overview and interaction with nitrogen. Australian Journal of Crop Science. 4(7), 523-529.

Kamaraki, H., Galavi, M. (2012). Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology. 4(3): 201-206. (In Farsi)

Kannan, P., Swaminathan, C. and Ponmani, S. (2017). Sulfur nutrition for enhancing rainfed groundnut productivity in typical alfisol of semi-arid regions in India. Journal of Plant Nutrition. 40(6): 828-840.

Kumar, K. R., Dawson, J., and Sanjay, C. Y. (2023). Effect of Gypsum and Foliar Application of Zinc on Growth and Yield of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.). International Journal of Plant & Soil Science, 35(9), 139-145.

Laxmanarayanan, M., Prakash, N. B., Dhumgond, P. and Ashrit, S. (2020). Slag-based gypsum as a source of sulphur, calcium and silicon and its effect on soil fertility and yield and quality of groundnut in Southern India. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 20(4): 2698-2713.

Mahdieh, M., Sangi, M. R., Bamdad, F.and Ghanem, A. (2018). Effect of seed and foliar application of nano-zinc oxide, zinc chelate, and zinc sulphate rates on yield and growth of pinto bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. Journal of Plant Nutrition. 41(18): 2401-2412.

Meresa, H., Assefa, D.and Tsehaye, Y. (2020). Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes to combined application of phosphorus and foliar zinc fertilizers in Central Tigray, Ethiopia. Environmental Systems Research. 9(1): 1-9.

Nobahar, A., Zakerin, H.R., Mostafavi Rad, M., Sayfzadeh, S. and Valadabady, A.R. (2019). Response of yield and some physiological traits of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to topping height and application methods of Zn and Ca nano-chelates. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 50(6): 749-762.

Noman, H.M., Rana, D.S. and Rana, K.S. (2015). Influence of sulphur and zinc levels and zinc solubilizer on productivity, economics and nutrient uptake in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Indian Journal of Agronomy. 60(2): 301-306.

Pavithra, G.J., Reddy, B.R., Salimath, M., Geetha, K.N. and Shankar, A.G. (2018). Zinc oxide nano particles increases Zn uptake, translocation in rice with positive effect on growth, yield and moisture stress tolerance. Indian Journal of Plant Physiology. 22(3): 287-294.

Pegues, K.D., Tubbs, R.S., Harris, G.H. and Monfort, W.S. (2019). Effect of Calcium Source and Irrigation on Soil and Plant Cation Concentrations in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). Peanut Scienc. 46(2): 206-212.

Prasad, T. N. V. K. V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K. R., Sriprasad, S.T. and Pradeep, T. (2012). Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition. 35(6): 905-927.

Reddy, C. R. K., Dawson, J., & Talasila, V. (2019). Biofortification of zinc with different phosphorous sources on growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 8(3), 4439-4442.

Rex, I.R., Preethi, K., Rao, G.B. and Thiruppathi, M. (2020). Yield response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to phosphate enriched animal manures and foliar fertilization of micronutrients. Crop Research. 55(5and6): 230-236.

Ruksar, B., Shroff, J.C. and Shah, S.N. (2017). Effect of sources and levels of sulphur and bio-fertilizer on growth, yield and quality of summer groundnut. International Journal of Agricultural Sciences. 13(1): 67-70.

Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A. (2001). Soil and plant analysis laboratory manual. ICARDA, 172p.

Saha, B., Saha, S., Saha, R., Hazra, G. C. and Mandal, B. (2015). Influence of Zn, B and S on the yield and quality of Groundnut (*Arachis hypogea* L.). Legume Research-An International Journal. 38(6): 832-836.

Vadlamudi, K., Upadhyay, H., Singh, A. and Reddy, M. (2020). Influence of Zinc Application in Plant Growth: An Overview. European Journal of Molecular and Clinical Medicine. 7(7): 2321-2327.

Xiaobing, W.A.N.G., Wuxing, L.I.U., Zhengao, L.I., Ying, T.E.N.G., Christie, P. and Yongming, L.U.O. (2020). Effects of long-term fertilizer applications on peanut yield and quality and plant and soil heavy metal accumulation. Pedosphere. 30(4): 555-562.