Plant Prod., 2026, 49(2), 221-238
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.46840.2164
Received: 2 December 2025
Accepted: 14 February 2026

Plant Productions

Research Article

Effects of foliar application of nano and organic fertilizers on seed and oil yield of peanuts (*Arachis hypogaea* L.)

Jahan Shirzad Ajirlu[1], Salim Farzaneh[1*], Ahmad Tobeh[1], Fatemeh Ahmadnia[1], Raouf Seyed Sharifi [1], Mohsen Noori[1]

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Citation: Shirzad Ajirlu, J., Farzaneh, S., Tobeh, A., Ahmadnia, F., Seyed Sharifi, R., & Noori, M. (2026). Investigating the effect of nano fertilizers and growth stimulants on yield of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Productions*, 49(2), 221-238.

Abstract

Introduction

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is a high-nutrient plant used in human and animal feed. The peanut plant's nutritional value highlights the need for maximum production. An experiment was conducted to investigate the impact of nano fertilizers nitrogen, phosphorus, and potassium chelates, humic acid, and seaweed extract on the quality and quantity of peanut yield.

Materials and Methods

This research was conducted in the crop year 2020-2021 in Parsabad city, Ardabil province, using a randomized complete block design with four replications. Experimental treatments were conducted by foliar spraying of nitrogen nano fertilizers at a rate of 10 L. ha^{-1}. Additionally, phosphorus was sprayed at a rate of 3 kg. ha^{-1}, potassium chelates at a rate of 5 kg. ha^{-1}, humic acid at a rate of 3 kg. ha^{-1}, and seaweed extract at a rate of 3 kg. ha^{-1}. These treatments were compared to a control. Peanut seeds of the Atlas variety were obtained from the research center. Foliar spraying of nano fertilizers and growth stimulants was done in three stages: 20 days after planting, flowering, and podding. Weed control during the experimental period was done through hand weeding twice. Simultaneously controlling weeds, soiling was done at the foot of the bush. Also, irrigation was done immediately after planting. Furthermore, spraying with the fungicide Dithan M45 WP%80 at the rate of 1 kg. ha^{-1} was done to control the leaf spot disease. At the end of the growth period, 15 plants were selected from the middle rows of each experimental plot, and the marginal effects were removed before sampling the peanuts.

Results and Discussion

The results indicated a significant increase in peanut yield and yield components due to applying foliar nitrogen, phosphorus, potassium chelate, humic acid, and seaweed extract. The peanut seed yield ranged from 2412 to 3637 kg. ha^{-1} with a significant difference between the humic acid treatments and the control. After analyzing the percentage increase of foliar spraying in comparison to the control treatment, it was observed that plant height increased by 16.84% and

* **Corresponding Author:** Salim Farzaneh
E-mail: salimfarzaneh@yahoo.com

© 2026 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

13.55%, leaf area increased by 40.00% and 35.28%, the number of branches increased by 14.25% and 23.78%, and the dry weight of aerial parts increased by 37.46% and 33.42% due to foliar application of nitrogen fertilizer and humic acid. The application of phosphorus nano fertilizer and humic acid through foliar spraying resulted in a 19.31% and 20.73% increase in the oil percentage of peanut seeds, respectively, in comparison to the control treatment. Furthermore, after foliar spraying with nitrogen, phosphorus, and seaweed extract, the protein percentage increased by 20.02%, 5.07%, and 6.30% respectively, compared to the control treatment.

Conclusion

The results demonstrated that all investigated treatments significantly influenced peanut yield and its yield components. Nitrogen nano-fertilizer and humic acid proved to be the most effective in enhancing yield performance. These findings suggest that the use of nitrogen nano-fertilizer and humic acid can be an effective strategy for improving peanut productivity. Furthermore, the results provide valuable information for researchers and farmers in selecting appropriate nano-fertilizers and growth stimulants to enhance peanut yield and productivity.

Keywords: Growth stimulants, Harvest index, Nano fertilizers, Seed protein

تولیدات گیاهی، ۱٤۰۵، ٤۹(۲)، ۲۲۱- ۲۳۸
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.46840.2164
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۵

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر محلول‌پاشی کودهای نانو و آلی بر عملکرد دانه و روغن بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.)

جهان شیرزاد اجیرلو[۱]، سلیم فرزانه[۱*]، احمد توبه[۱]، فاطمه احمدنیا[۱]، رئوف سید شریفی[۱]، محسن نوری[۱]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

به دلیل اقتصادی بودن زراعت بادام زمینی و سازگاری مناسب آن با شرایط اقلیمی مغان، سال به سال زراعت بادام‌زمینی توسعه یافته و کشاورزان زیادی به زراعت آن روی آورده‌اند. طی چند سال اخیر راهبردهای مختلف تغذیهٔ گیاه مبتنی بر حفظ محیط زیست و دسترسی بهتر به عناصر غذایی توسط گیاه مورد توجه قرار گرفته است، که یکی از مهم‌ترین آن‌ها استفاده از فن‌آوری نانو و کودهای آلی می‌باشد. این پژوهش با هدف بررسی عملکرد دانه و روغن بادام‌زمینی تحت تأثیر سطوح مختلف کودی نانو و برخی کودهای آلی در سال زراعی ۱٤۰۱-۱٤۰۰ در شهرستان پارس آباد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (بدون محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی نانوکودهای نیتروژن (۱۰ لیتر در هکتار)، فسفر (سه کیلوگرم در هکتار)، کلات پتاسیم (پنج کیلوگرم در هکتار)، اسید هیومیک (سه کیلوگرم در هکتار) و عصارهٔ جلبک دریایی (سه کیلوگرم در هکتار) بود که در سه مرحلهٔ رویشی (۲۰ روز پس از کاشت)، ۵۰ درصد گلدهی (٤۵ روز پس از کاشت) و غلاف‌بندی (۱۰ روز پس از ۵۰ درصد گل‌دهی) اعمال شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی نانوکود نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی داشتند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه (به‌ترتیب ۳٦۳۷ و ۲٤۱۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمارهای اسید هیومیک و تیمار شاهد به‌دست آمد. بررسی افزایش صفات در اثر محلول‌پاشی نانوکود نیتروژن و اسید هیومیک در مقایسه با تیمار شاهد، نشان داد که ارتفاع بوته (به‌ترتیب ۱٦/۸٤ و ۱۳/۵۵ درصد)، سطح برگ (به‌ترتیب ٤۰ و ۳۵/۲۸ درصد)، تعداد شاخه (به‌ترتیب ۱٤/۲۵ و ۲۳/۷۸ درصد) و وزن خشک اندام هوایی (به‌ترتیب ۳۷/٤٦ و ۳۳/٤۲ درصد)، بیشترین افزایش را داشتند. درصد روغن دانهٔ بادام زمینی در اثر محلول‌پاشی با نانوکود فسفر و اسید هیومیک در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۹/۳۱ و ۲۰/۷۳ درصد افزایش یافت. همچنین درصد پروتئین دانه در اثر محلول‌پاشی با نانوکود نیتروژن، فسفر و عصاره جلبک دریایی به‌ترتیب ۲۰/۰۲، ۵/۰۷ و ٦/۳۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. از نتایج چنین استنباط می‌گردد با وجود اثر معنی‌دار تمام تیمارهای مورد بررسی بر

نویسنده مسئول: سلیم فرزانه
رایانامه: salimfarzaneh@yahoo.com

عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی، مؤثرترین تیمار محلول‌پاشی کاربرد نانوکود نیتروژن و اسید هیومیک بودند. نتایج این پژوهش می‌تواند بر انتخاب مناسب‌تر نانوکود و محرک‌های رشد برای افزایش عملکرد بادام زمینی به پژوهشگران و کشاورزان کمک کند.

کلیدواژه‌ها: پروتئین دانه، شاخص برداشت، محرک‌های رشد، نانوکودها

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاهی متعلق به خانوادهٔ حبوبات است که منشأ آن امریکای جنوبی بوده و به سایر نقاط جهان گسترش یافته است (Hammons *et al*., 2016). این گیاه عمدتاً در گرجستان، چین، هند، ایالات متحده امریکا، نیجریه، اندونزی، آرژانتین به صورت عمده کشت می‌شود (Settaluri *et al*., 2012). آمارنامه فائو در سال ۲۰۲۱ بیانگر تولید تقریبی ۴۸ میلیون تن بادام‌زمینی در سراسر جهان است (FAOSTAT, 2021). گزارش شده است که حدود ۸/۴ گرم از ۱۲/۹ گرم و ۴/۹ گرم از ۱۱/۱ گرم سرانهٔ مصرف دانه‌های روغنی در ایالات متحده امریکا و کشورهای اروپایی متعلق به مصرف بادام زمینی است (Vinson an Cai, 2012). کشت بادام زمینی در ایران به‌صورت غالب در استان‌های گیلان، خوزستان و کرمان صورت می‌گیرد. اهمیت کشت بادام زمینی در ایران شامل ایجاد درآمد و اشتغال برای خانوارهای روستایی، تأمین نیاز بازار تازه خوری و همچنین تأمین ماده خام صنایع تبدیلی است (Noorhosseini and Nikkhah, 2018). به دلیل اقتصادی بودن کشت بادام‌زمینی و سازگاری مطلوب این گیاه با شرایط اقلیمی منطقه مغان، سطح زیر کشت آن سال‌به‌سال افزایش یافته و کشاورزان بیشتری به تولید این محصول روی آورده‌اند. به‌طوری‌که از سال ۱۳۹۰، کشت بادام‌زمینی در الگوی زراعی منطقه مغان جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. توسعهٔ کشت این محصول در منطقهٔ مغان از سال ۱۳۹۸ آغاز شد، به‌گونه‌ای که در این سال حدود ۷۰۰۰ هکتار از اراضی زراعی شهرستان مغان به کشت بادام‌زمینی اختصاص یافت. بر اساس آمار موجود، میانگین عملکرد بادام‌زمینی ۴۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده و تولید این محصول در شهرستان مغان در سال ۱۳۹۸ به حدود ۳۰ هزار تن رسیده است (Taghinazhad and Rahmani, 2022).

بادام‌زمینی گیاهی گرمسیری و نیمه گرمسیری و سرشار از روغن (۴۵ درصد)، پروتئین (۲۶ الی ۲۸ درصد)، کربوهیدرات (۲۰ درصد) و محتوای فیبری (۵ درصد) است که بیانگر ارزش غذایی بالای آن برای انسان و دام است (Abdelghany *et al*., 2022). ۷۰ درصد از میزان تولید بادام‌زمینی جهان به منظور تولید روغن و ۳۰ درصد باقی مانده برای مصارف آجیلی و قنادی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pattee, 2005).

نانوفناوری یکی از علوم مورد توجه پژوهش‌گران در سال‌های اخیر است که به طور گسترده‌ای در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ahmadnia *et al*., 2022). نانوکودها بیشتر به منظور کنترل هدفمند رهاسازی عناصر غذایی در تولید محصولات کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار می‌گیرند (Pramanik *et al*., 2020). بیان شده است که نانوکودها می‌توانند جایگزین کودهای مرسوم در کشاورزی شوند، زیرا ابعاد ساختاری آن‌ها باعث جذب سریع‌تر عناصر غذایی در مقابل کودهای مرسوم می‌شود (Shargi and KhalilvandBehriuzyat, 2019). از سوی دیگر مقدار بسیار زیادی از کودهای شیمیایی رایج بلافاصله پس از کاربرد از دسترس گیاه خارج می‌شوند و این یکی از عوامل زیان‌رسان به محیط زیست و در عین حال هدر رفت هزینه‌های ناشی از تأمین کود برای کشاورزان است (Sadati Valojai *et al*., 2021). براساس برآوردهای انجام یافته میزان هدر رفت عناصر غذایی ضروری در کاربرد کودهای شیمیایی رایج شامل

۴۰ الی ۵۰ درصد نیتروژن، ۴۰ الی ۵۰ درصد پتاسیم و ۷۵ الی ۹۰ درصد فسفر می‌باشد (Alesaadi *et al.*, 2017). این در حالی است که استفاده از نانوکودها باعث کاهش سمیت خاک، کاهش تعداد دفعات کوددهی، انطباق زمان و سرعت رهاسازی عناصر غذایی با نیاز گیاهی، افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش آبشویی عناصر می‌شود (Pramanik *et al.*, 2020). در بررسی اثر نانو کودهای کلات آهن و پتاسیم بر عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی پژوهشگران گزارش کردند که نانو کودهای کلات آهن و پتاسیم سبب افزایش عملکرد دانه شدند (Larki *et al.*, 2015). در مطالعه‌ای دیگر به اثر کاربرد هم‌زمان کود نیتروژن و نانو بر افزایش عملکرد دانه و روغن کنجد اشاره شده است؛ که در این بررسی بالاترین میزان عملکرد دانه از تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و نانوکود (کود کلات آهن، روی و منگنز) حاصل شد (Mahdavi Khorami *et al.*, 2018). در پژوهشی دیگر افزایش رشد و عملکرد در اثر کاربرد نانو کلات پتاسیم در گیاه گندم گزارش شده است (Alavi Matin *et al.*, 2015). نانوکلات پتاسیم با فراهم نمودن مداوم عناصر غذایی ضروری برای فتوسنتز و سنتز پروتئین‌ها می‌تواند، سبب بهبود رشد در گیاهان شود (Alkhafagi *et al*, 2025). اثر نانوذرات بر عملکرد هر سیستم بیولوژیکی از جمله گیاهان وابسته به اندازه، شکل، وزن، ترکیب شیمیایی، تغییرات سطح، واکنش‌پذیری و غلظت آن‌ها است (Gholami *et al.*, 2020). گزارش شده است که نانوکودها به دلیل افزایش سطح تماس از طریق روش‌های مختلف جذب و امکان انجام واکنش‌های متابولیکی در گیاه موجب بهبود فتوسنتز، افزایش تولید مادهٔ خشک و در نهایت عملکرد می‌گردند (Al-Juthery *et al.*, 2017).

کودهای محرک رشد به مواد آلی یا ریزجاندارانی گفته می‌شوند که باعث افزایش جذب عناصر غذایی، تحریک رشد، افزایش تحمل به تنش غیرزیستی و افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی شوند (Yaghoobi, 2020). اسید هیومیک یکی از پرکاربردترین اسیدهای آلی است که در کشاورزی مدرن مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسید هیومیک یک ترکیب آلی است که از پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آید و برای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی به‌کار گرفته می‌شود (Gholami *et al.*, 2018). کاربرد اسید هیومیک مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتانسیم را کاهش می‌دهد (Tahoun *et al.*, 2022). مطالعات مختلفی به اثر مثبت اسید هیومیک بر افزایش عملکرد محصولات کشاورزی به‌صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی اشاره کرده‌اند (Cerdán *et al.*, 2007). برای مثال گزارش شده است که کاربرد خاک مصرف اسید هیومیک رشد رویشی و زایشی گوجه‌فرنگی را افزایش می‌دهد (Kamari *et al.*, 2013).

جلبک‌های دریایی از اجزای اصلی بوم‌نظام‌های اقیانوسی هستند و به‌صورت تک سلولی و پرسلولی رشد و توسعه می‌یابند. به‌این منظور جلبک قهوه‌ای یکی از پرکاربردترین گونه‌های مورد استفاده از جلبک‌های دریایی است (Yaghoobi, 2020). گزارش شده است که محلول‌پاشی عصارهٔ جلبک دریایی باعث بهبود صفات مورفولوژیک و عملکردی، افزایش کیفیت محصولات کشاورزی، بهبود جوانه‌زنی بذر و ماندگاری محصولات پس از برداشت می‌شود (El-Gawad and Osman, 2014; Ahmadpour *et al.*, 2021). نتایج مطالعات بسیاری بر تأثیر معنی‌دار عصارهٔ جلبک دریایی بر افزایش کمی و کیفی تولیدات زراعی و باغی اشاره کرده‌اند (Zhang and Ervin, 2004; Kumar and Sahoo, 2011). برای مثال، در بررسی اثر عصارهٔ جلبک دریایی بر عملکرد کمی و کیفی سویا، افزایش ۸۷/۸ درصدی عملکرد دانه سویا گزارش شده است (Arab *et al.*, 2025). در بررسی دیگر محلول‌پاشی عصارهٔ جلبک دریایی و اسید هیومیک سبب تعدیل تنش خشکی و افزایش ۴۱/۴ درصدی عملکرد زیره سبز شد (Rahghoshahi *et al.*, 2022). در بررسی دیگر پژوهشگران گزارش کردند که استفاده از عصارهٔ جلبک

دریایی به‌صورت پرایمینگ، محلول‌پاشی برگی و کاربرد هم‌زمان آن به‌ترتیب سبب افزایش ۵۴/۴، ۱۵/۷ و ۸۷/۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شاهد می‌شود (Arab *et al.*, 2023). حضور ترکیبات غنی در عصارهٔ جلبک دریایی مانند هورمون‌های رشد نظیر اکسین، سیتوکنین، عناصر غذایی پر مصرف مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر غذایی کم مصرف مانند آهن، روی، مس، منگنز و ترکیبات دیگر مانند ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها از دلایل اصلی اثر مثبت عصارهٔ جلبک دریایی بر عملکرد گیاهان معرفی شده‌اند (Ahmadpour *et al.*, 2021).

با توجه به مطالب فوق، می‌توان استنباط کرد که برای دستیابی به عملکرد بالا و محصول با کیفیت مطلوب، لازم است علاوه بر استفاده از کودهای نانو، از محرک‌های رشد آلی نیز به‌منظور بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی بهره گرفته شود. ازاین‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی نانوکودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین محرک‌های رشد آلی شامل هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام‌زمینی در شرایط اقلیمی منطقه مغان انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در استان اردبیل، شهرستان پارس‌آباد با (عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹۵ دقیقه وارتفاع ۶۶ متر از سطح دریا) اجرا شد. میانگین دما و میزان بارش در سال اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد، محلول‌پاشی نانوذرات نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی به عنوان کود آلی بود. در این تحقیق کودهای نانو از شرکت خضرا تهیه شدند. هیومیک اسید مورد استفاده دارای خلوص ۹۵ درصد بود که کاملاً محلول در آب بوده و تولید شرکت پلنتس چویس (Plant's Choice) امریکا بود. عصارهٔ جلبک دریایی مورد استفاده در این پژوهش آلگارین سالید کاپلاس محصول شرکت الیگانروژ (ALGEA) نروژ بود. بذر بادام‌زمینی رقم اطلس از کشت و صنعت پارس‌آباد مغان تهیه شد. بذرهای بادام‌زمینی پیش از کاشت با قارچ‌کش تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شده و در شش ردیف به طول پنج متر با فواصل روی ردیف ۱۶ سانتی‌متر و بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر به صورت دستی کشت شدند. پیش از اجرای آزمایش برخی از ویژگی‌های خاک مزرعهٔ آزمایشی در دو عمق صفر تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). عملیات زراعی شامل شخم رایج و مصرف کود سوپرفسفات تریپل به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در پاییز و عملیات آماده‌سازی زمین زراعی در بهار پیش از کاشت بادام‌زمینی به منظور تسطیح مزرعه آزمایشی استفاده شد. پس از کاشت بادام زمینی، مقدار ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن خالص از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن) به عنوان کود استارتر در بین ردیف‌های کاشت مصرف و پس از مخلوط کردن با خاک بین ردیف‌های کاشت استفاده شد و بلافاصله عملیات آبیاری انجام گرفت و تا شروع گل‌دهی دیگر آبیاری انجام نشد. پس از گل‌دهی براساس نیاز و شرایط محیطی هر ۸ تا ۱۰ روز آبیاری انجام گرفت (مزرعه ۵ بار آبیاری شد یعنی یک بار پس از کاشت و ۴ بار پس از گل‌دهی). نانوکود نیتروژن (به صورت مایع و کاملاً محلول در آب، به مقدار ۱۰ لیتر در هکتار و از طریق محلول‌پاشی با نسبت سه در هزار)، نانو کود فسفر (به صورت پودری و کاملاً محلول در آب، به مقدار سه کیلوگرم در هکتار و از طریق محلول‌پاشی با نسبت دو در هزار) و کلات پتاسیم (به صورت پودری و کاملاً محلول در آب، به مقدار پنج کیلوگرم در خاک و از طریق محلولپاشی با نسبت دو در هزار)، اسید هیومیک (به صورت مایع و کاملاً محلول در آب، به مقدار سه کیلوگرم در هکتار و از طریق محلول‌پاشی با نسبت سه در هزار) و عصارهٔ جلبک دریایی (به صورت پودری و کاملاً محلول در آب، به مقدار سه کیلوگرم در هکتار و از طریق محلول-پاشی با نسبت دو در هزار) بر روی گیاه بادام زمینی در سه

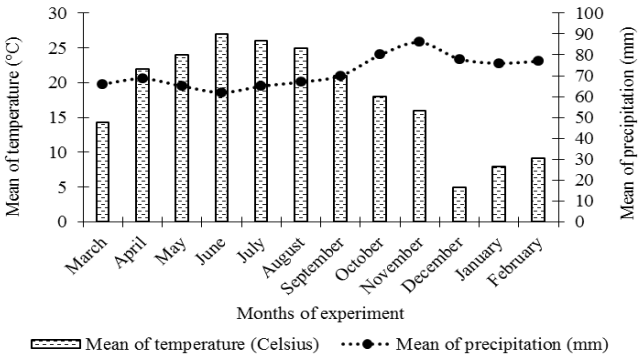
مرحلهٔ رویشی (۲۰ روز پس از کاشت)، ۵۰ درصد گلدهی (۴۵ روز پس از کاشت) و غلاف‌بندی (۱۰ روز پس از ۵۰ درصد گل‌دهی) اعمال شد. محلول‌پاشی تیمارهای مختلف با استفاده از سمپاش پشتی تلمبه‌ای انجام گرفت و سعی شد که محلول‌پاشی تمام تیمارها با فشار یکسان (≈ ۸ اتمسفر) روی بوته‌های بادام‌زمینی صورت پذیرد. برای جلوگیری از تبخیر سریع محلول و سوختگی برگ‌ها در اثر نور مستقیم خورشید، محلول‌پاشی در اوایل صبح انجام گرفت.کنترل علف‌های هرز در طول دوره آزمایش از طریق دو بار وجین دستی علف‌های‌هرز انجام شد. همزمان با کنترل علف‌های-هرز خاک‌دهی پای بوته انجام شد. به منظور کنترل بیماری لکه برگی سمپاشی با قارچکش مانکوزب به نسبت یک کیلوگرم در هکتار انجام شد. نمونه‌برداری از بادام زمینی در پایان دوره رشد با حذف اثرات حاشیه‌ای از ردیف‌های میانی هر کرت آزمایشی از طریق انتخاب ۱۵ بوته انجام شد. صفات مورفولوژیک مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف به صورت تخریبی اندازه‌گیری شدند. همچنین به منظور تعیین صفات مرتبط با وزن خشک بوته مانند وزن دانه در بوته، وزن صد دانه، نسبت وزن دانه به غلاف، عملکرد غلاف در هکتار، عملکرد دانه در هکتار و عملکرد زیست‌توده در هکتار، پس از خشک شدن نمونه‌های گیاهی در آون آزمایشگاهی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت از ترازوی با دقت ۰/۰۱ استفاده شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه، ابتدا میزان نیتروژن محاسبه شد. برای اندازه-گیری میزان نیتروژن پس از هضم نمونه‌ها از روش کجلدال استفاده گردید. حاصل ضرب نتایج حاصل با ۵/۷ به عنوان درصد پروتئین دانه در نظر گرفته شد (Zhao *et al.*, 2008). مقدار روغن دانه بادام زمینی با استفاده از روش جداسازی با حلال توسط دستگاه سوکسله انجام شد (Smart, 1994).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری $SAS_{9.4}$ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون $LSD_{5\%}$ و ترسیم شکل‌ها با استفاده از $Excell_{2019}$ انجام شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک مورد آزمایش

Table 1. Some characteristics of the experimental soil

Soil depth	Potassium	Phosphorus	Nitrogen	Organic carbon	Calcium carbonate	Soil texture	Clay	Silt	Sand	EC	pH
cm	(mg kg^{-1})		(%)				(%)			dS m^{-1}	
0-15	412	5.02	1.84	1.06	31.2	Silty clay	38	41	21	1.71	7.84
15-30	372	4.6	1.01	0.92	30.2		38	40	22	1.72	7.86



شکل ۱- میانگین دما و بارندگی در سال آزمایش (۱۴۰۱-۱۴۰۰)

Figure 1. Mean temperature and precipitation during the experiment (2021-2022)

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نانوکودها و محرک‌های رشد بر ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد شاخه در بوته و وزن خشک اندام هوایی در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که علیرغم این که تأثیر نانوکودهای نیتروژن، فسفر و کلات پتاسیم و محرک‌های رشد شامل اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی بر ارتفاع بوته چشم‌گیر نبود، ولی با این وجود نسبت به تیمار شاهد بر ارتفاع بوته تأثیرگذار بودند (جدول ۳). نتایج ارزیابی درصدهای افزایش نشان داد که نانوکود نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش به‌ترتیب ۲۰/۲۶، ۱۱/۷۶، ۶/۵۳، ۱۴/۳۷ و ۱۵/۶۸ درصدی ارتفاع بوته شدند (جدول ۳). بررسی درصدهای افزایش بیانگر تأثیر برتر نانوکود نیتروژن و عصارهٔ جلبک دریایی بر ارتفاع بوته بود.

سطح برگ

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که علیرغم عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار با تیمار شاهد در اثر کاربرد نانوکودها و محرک‌های رشد، بیشترین (۳۳۳ سانتی‌متر مربع در بوته) سطح برگ بادام زمینی از تیمار محلول‌پاشی نانوذرات نیتروژن حاصل شد، به‌طوری که در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی با نانوذرات نیتروژن باعث افزایش ۶۶/۰۵ درصدی سطح برگ شد (جدول ۳). سایر تیمارها شامل نانوکود فسفر، کلات پتاسیم و محرک‌های رشد اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش به‌ترتیب ۱۵/۷۹، ۱۷/۷۷، ۵۳/۹۷ و ۳۱/۰۶ درصدی سطح برگ بادام‌زمینی شدند (جدول ۳).

تعداد شاخه در بوته

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد شاخه‌های بادام زمینی در اثر نانوکودها و محرک‌های رشد اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. نتایج مقایسه نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی با تیمار شاهد نشان داد که تیمارهای مورد استفاده به‌ترتیب باعث افزایش ۱۷/۰۲، ۶/۳۸، ۳/۵۴، ۳۱/۲۰ و ۱۴/۱۸ درصدی تعداد شاخه در بوته بادام زمینی شدند (جدول ۳).

وزن خشک اندام هوایی

نتایج نشان داد که وزن خشک اندام هوایی بوته بادام زمینی مانند سایر صفات مورفولوژیک دارای اختلاف آماری معنی‌داری در بین تیمارهای مورد استفاده نبود (جدول ۳). با این حال، نتایج نشان داد که نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش ۵۹/۹۱، ۱۶/۳۰، ۲۷/۰۹، ۵۰/۲۰ و ۲۲/۵۷ درصدی وزن خشک بوته بادام زمینی شدند (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نانوکودها و محرک‌های رشد بر صفات مورفولوژیک بادام زمینی

Table 2. Analysis of variance of the effect of nano-fertilizers and growth stimulants on morphological traits of peanuts

S.O. V	D.f	Means of squares			
		Plant height	Leaf area	Number of branches per plant	Shoot dry weight
Block	3	3.04^{ns}	3.45^{**}	0.88^{ns}	4376.95^{ns}
Foliar application	5	30.37^{**}	9.71^{**}	2.57^{**}	8405.64^{*}
Error	15	6.44	2.59	0.49	1810.72
CV (%)	-	5.95	10.02	8.88	15.89

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

ns, *, and ** represent non-significant, significant at P ≤ 0.01, and significant at P ≤ 0.05, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر نانوکودها و محرک‌های رشد بر صفات مورفولوژیک بادام‌زمینی

Table 3. Mean comparison of the effects of nano-fertilizers and growth stimulants on morphological traits of peanuts

Treatments	Plant height (cm)	Leaf area (cm^2 $plant^{-1}$)	Number of branches per plant	Shoot dry weight (g $plant^{-1}$)
Control	38.25	200	7.05	207
Nano nitrogen	46.00	333	8.25	331
Nano phosphorus	42.75	232	7.50	240
Potassium chelates	40.75	236	7.30	263
Humic acid	43.75	309	9.25	310
Seaweed extract	44.25	263	8.05	253
$LSD_{5\%}$	3.82	80.52	10.05	64.13

میانگین‌های دارای حروف یکسان، در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

Mean followed the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول‌پاشی نانوکودها و محرک‌های رشد (کودهای آلی) بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی (به‌ترتیب تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه در بوته، وزن صد دانه، نسبت وزن دانه به غلاف، و عملکرد غلاف در هکتار) در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴ و ۶).

تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای نانوکودها و محرک‌های رشد اختلاف آماری معنی‌داری از نظر افزایش تعداد غلاف در بوته نداشتند (جدول ۵). همچنین نتایج نشان داد که تعداد دانه در غلاف در تیمارهای نانوکود و محرک‌های رشد اختلاف آماری معنی‌داری نداشت، با این حال در مقایسه با تیمار شاهد نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی باعث افزایش ۱۳/۰۰، ۱۲/۱۹، ۱۳/۰۰، ۱۷/۸۸ و ۹/۷۵ درصدی تعداد دانه در غلاف شدند (جدول ۵).

وزن دانه در بوته و وزن صد دانه

نتایج نشان داد بیشترین وزن دانه در بوته بادام زمینی (۳۷/۳۵ گرم) از تیمار هیومیک اسید حاصل شد. وزن دانه در بوته تحت تأثیر نانوکودهای نیتروژن، فسفر و کلات پتاسیم (به‌ترتیب ۳۱/۲۷، ۳۱/۷۵ و ۳۲/۵۰ گرم) بود (جدول ۵). نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، هیومیک اسید و عصارهٔ جلبک دریایی در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب باعث افزایش ۲۱/۱۰، ۲۲/۹۶، ۲۵/۸۷، ۴۴/۶۵ و ۳۱/۵۶ درصدی وزن دانه در بوته شدند (جدول ۵). اثر نانوکودها و محرک‌های رشد بر وزن صد دانه بادام زمینی معنی‌دار بود، به طوری که بیشترین وزن صد دانه به ترتیب از تیمارهای محرک رشد اسید هیومیک و نانوکود نیتروژن (به‌ترتیب ۷۲/۰۰ و ۶۷/۷۵ گرم) حاصل شد (جدول ۵). مقایسه نانوکودها و محرک‌های رشد با تیمار شاهد نشان داد که نانوکود نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، اسید هیومیک و عصاه جلبک دریایی باعث افزایش ۱۰/۶۱، ۴/۰۸، ۸/۹۷، ۱۷/۵۵ و ۵/۷۱ درصدی وزن صد دانه بادام زمینی شدند (جدول ۵). نتایج ارزیابی درصد افزایش وزن دانه در بوته و وزن صد دانه بادام‌زمینی بیانگر اثر مثبت اسید هیومیک بر این صفات در مقایسه با سایر تیمارها می‌باشد.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر نانوکودها و محرک‌های رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی

Table 4. Analysis of variance of the effect of nano-fertilizers and growth stimulants on yield and yield components of peanut

S.O. V	D.f	Mean of squares			
		Number of pods per plant	Number of seeds per pod	Seed weight per plant	100 seed weight
Block	3	4.94^{ns}	0.018^{ns}	21.17^{ns}	9.15^{ns}
Foliar application	5	42.63^{*}	0.021^{*}	57.13^{**}	55.04^{*}
Error	15	13.11	0.007	7.72	16.55
CV (%)	-	11.62	6.12	8.65	6.16

ns، *، و** به ترتیب غیر معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, *, and ** represent non-significant, significant at $P \leq 0.01$, and significant at $P \leq 0.05$, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر نانوکودها و محرک‌های رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام‌زمینی

Table 5. Mean comparison of the effects of nano-fertilizers and growth stimulants on yield and yield components of peanut

Treatments	Number of pods per plant	Number of seeds per pod	Seed weight per plant (g)	100 seed weight (g)
Control	27.65	1.23	25.82	61.25
Nano nitrogen	32.45	1.39	31.27	67.75
Nano phosphorus	31.35	1.38	31.75	63.75
Potassium chelates	28.20	1.39	32.50	66.75
Humic acid	36.65	1.45	37.35	72.00
Seaweed extract	30.55	1.35	33.97	64.75
$LSD_{5\%}$	5.45	0.12	4.18	6.13

میانگین‌های دارای حروف یکسان، در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Mean followed the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

عملکرد غلاف و زیست‌توده

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد غلاف بادام زمینی در هکتار از تیمارهای نانوکود نیتروژن و اسید هیومیک (۵۸۳۸ و ۵۹۴۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۷). همچنین نتایج نشان داد که نانو فسفر، کلات پتاسیم و عصارهٔ جلبک دریایی اختلاف آماری معنی‌داری از نظر عملکرد غلاف بادام زمینی در هکتار نداشتند (جدول ۷). نتایج حاکی از آن بود که در تیمارهای محلول‌پاشی نانوکود نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی عملکرد غلاف بادام‌زمینی به ترتیب معادل ۲۵/۸۴، ۱۰/۲۱، ۳/۱۲، ۲۸/۱۹، ۱۳/۸۶ درصد و عملکرد زیست‌توده نیز به ترتیب ۱۸/۱۹، ۵/۸۸، ۳/۰۶، ۱۰/۶۷ و ۸/۹۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۷).

عملکرد دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول۶)، اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر عملکرد دانه بادام زمینی در هکتار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیشترین (۳۶۳۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۲۴۱۲ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه از تیمارهای اسید هیومیک و شاهد حاصل شد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تمامی تیمارهای محلول‌پاشی به طور معنی‌دار موجب افزایش عملکرد دانه شده است و عملکرد حاصل از تیمارهای مختلف بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۷). عملکرد دانه در تیمارهای محلول‌پاشی نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم و کودهای آلی اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب معادل ۱۸/۶۵، ۲۲/۸۰، ۱۰/۳۶، ۵۰/۷۸ و ۲۹/۰۲ درصد بیشتر بود (جدول ۷).

شاخص برداشت

بیشترین و کمترین شاخص برداشت بادام زمینی (به ترتیب ۴۰/۸۲ و ۲۹/۹۲ درصد) در تیمارهای اسید هیومیک و شاهد ثبت شد (جدول ۷). شاخص برداشت در نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم و عصارهٔ جلبک دریایی برابر با ۳۰/۹۹، ۳۴/۶۵، ۳۱/۹۹ و ۳۵/۵۳ درصد بود (جدول ۷).

درصد و عملکرد روغن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نانوکودها و محرک‌های رشد بر درصد روغن و عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که علیرغم عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار در بین تیمارهای مورد استفاده، نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، محرک‌های رشد اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش ۱۶/۸۰، ۲۳/۹۴، ۲۰/۹۷، ۲۶/۱۷و ۱۶/۹۶ درصدی روغن در دانهٔ بادام‌زمینی شدند (جدول ۹). همچنین نتایج حاصل از بررسی عملکرد روغن در دانهٔ بادام زمینی نشان داد که عملکرد روغن در هکتار در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌دار بیشتر بود بنابراین تأثیر تمامی تیمارها بر عملکرد روغن در هکتار مثبت بوده است. در بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی، استفاده از اسید هیومیک با داشتن ۱۶۱۴

کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها دارای بالاترین عملکرد روغن در هکتار بود (جدول ۹).

درصد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه

نتایج مقایسه میانگین درصد پروتئین بادام‌زمینی نشان داد، بیشترین درصد پروتئین برای تیمار محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن با ۲۴/۰۱ درصد به دست آمد که تنها تیماری بود که اثرات آن بر درصد پروتئین نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود (جدول ۹). علیرغم این که اختلاف بین دیگر تیمارهای محلول‌پاشی و نیز نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود ولی نتایج نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی نانوفسفر و عصارهٔ جلبک دریایی به‌ترتیب با ۲۰/۲۳ و ۲۰/۴۹ درصد پروتئین نسبت به دیگر تیمارها از نظر درصد پروتئین برتری داشتند (جدول ۹). همچنین نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد پروتئین به‌ترتیب از تیمارهای محلول‌پاشی نانوکود نیتروژن و اسید هیومیک حاصل شد که معادل ۶۸۳ و ۶۳۷ کیلوگرم در هکتار بودند (جدول ۹).

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر نانوکودها و محرک‌های رشد بر عملکرد بادام‌زمینی و شاخص برداشت

Table 6. Analysis of variance of the effect of nano-fertilizers and growth stimulants on yield of peanut and harvest index

S.O.V	D.f	Mean of squares			
		Pod yields	Peanut biomass	Seed yield	Harvest index
Block	3	571521*	68249^{ns}	310416*	42.20*
Foliar application	5	1152524**	720139.**	702416**	63.24**
Error	15	62192	125916	70983	9.44
CV (%)	-	4.73	4.11	9.56	9.04

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, *, and ** represent non-significant, significant at $P \leq 0.01$, and significant at $P \leq 0.05$, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین تأثیر نانوکودها و محرک‌های رشد بر عملکرد بادام‌زمینی

Table 7. Mean comparison of the effect of nano-fertilizers and growth stimulants on yield of peanut index

Treatments	Pods yield (Kg ha^{-1})	Biomass (Kg ha^{-1})	Seed yield (Kg ha^{-1})	Harvest index (%)
Control	4639	8059	2412	29.92
Nano nitrogen	5838	9525	2862	30.99
Nano phosphorus	5113	8533	2962	34.65
Potassium chelates	4784	8306	2662	31.99
Humic acid	5947	8919	3637	40.82
Seaweed extract	5282	8780	3112	35.53
$LSD_{5\%}$	375	534	423	4.63

میانگین‌های دارای حروف یکسان، در سطح احتمال پنج درصد و با آزمونLSD اختلاف معنی‌داری ندارند

Mean followed the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس درصد و عملکرد روغن و پروتئین بادام زمینی تحت تأثیر تیمارهای نانو کود و برخی محرک‌های رشد

Table 8. The results of the analysis of the variance of the percentage and yield of oil and peanut protein under the effect of nano fertilizer treatments and some growth stimulants

S.O.V	D.f	Mean of squares			
		Seed oil	Oil yield	Seed protein	Protein yield
Block	3	22.59^{ns}	38319.67^{ns}	11.98^{ns}	10046.91^{ns}
Foliar application	5	45.03**	238338.33**	17.15*	38380.78*
Error	15	5.21	19408.59	8.55	9847.76
CV (%)	-	5.40	11.20	14.50	16.77

ns، *، و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

ns, *, and ** represent non-significant, significant at $P \leq 0.01$, and significant at $P \leq 0.05$, respectively.

جدول ۹- مقایسه میانگین تأثیر نانوکودها و محرک‌های رشد بر عملکرد و میزان روغن و عملکرد پروتئین بادام‌زمینی

Table 9. Mean comparison of effect of nano-fertilizers and growth stimulants on the oil yield and content and protein yield of peanut

Treatments	Oil content (%)	Oil yield (Kg ha^{-1})	Seed protein (%)	Protein yield (Kg ha^{-1})
Control	35.95	869.52	19.20	463
Nano nitrogen	41.99	1203.96	24.01	687
Nano phosphorus	44.56	1319.15	20.23	599
Potassium chelates	43.49	1148.46	18.24	458
Humic acid	45.36	1614.51	18.78	683
Seaweed extract	42.05	1307.49	20.49	637
$LSD_{5\%}$	3.44	209.97	4.40	149.56

میانگین‌های دارای حروف یکسان، در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

Mean followed the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

نتایج اثر محلول‌پاشی نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم، محرک‌های رشد اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی نشان داد که اگرچه بین تیمارهای مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت اما در مقایسه با تیمار شاهد، محلول‌پاشی نانوکودها و محرک‌های رشد باعث افزایش عملکرد بادام زمینی شدند. افزایش ارتفاع بوته در اثر محلول‌پاشی نانوکودها و محرک‌های رشد نشان‌دهندهٔ برتری اثر نانوکود نیتروژن و عصارهٔ جلبک دریایی با افزایش ۱۶/۸۴ و ۱۳/۵۵ درصدی ارتفاع بوته بود. نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مور نیاز برای تولید محصولات کشاورزی از جمله بادام زمینی است (DeRosa, 2010). تحقیقات نشان داده است که در بین عناصر غذایی ضروری برای رشد، نیتروژن اثر بیشتری در افزایش سطح برگ و سرعت رشد اندام هوایی گیاه دارد (Khoshouei *et al.*, 2022). برای مثال، محلول‌پاشی کودهای نانو نیتروژن و اوره سبب افزایش وزن صد بذر و پروتئین بذر هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.) شد (Nikbakht *et al.*, 2021). در بررسی دیگر محلول‌پاشی نانو کود نیتروژن و اوره سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه و وزن خشک گیاه برنج شد (Rathnayaka *et al.*, 2018).

اثر مثبت جلبک دریایی بر ارتفاع بوته بادام زمینی می‌تواند ناشی از غنای هورمون‌های سیتوکنین و اکسین در عصارهٔ جلبک دریایی باشد (Jannin *et al.*, 2013). گزارش شده است که سیتوکنین ارتباط مستقیمی با افزایش تقسیم سلولی و فعال‌سازی آنزیم پکتیناز دارد. آنزیم پکتیناز از طریق تجزیه پکتین‌های موجود در دیواره سلول‌های برگ و ساقه منجر به سست‌شدن دیوارهٔ سلولی، توسعه و رشد در گیاه می‌شود و به این ترتیب افزایش ارتفاع بوته، تعداد غلاف، تعداد برگ و وزن خشک اندام هوایی در اثر محلولپاشی عصارهٔ جلبک دریایی رخ می‌دهد (Ghannad *et al.*, 2017; Ahmadpour *et al.*, 2021). بررسی نتایج درصدهای افزایش سطح برگ، تعداد شاخه و وزن خشک اندام هوایی بادام‌زمینی در این آزمایش نشان داد که نانوکود نیتروژن و اسید هیومیک برترین تیمارها بودند، به‌طوری که سطح برگ در اثر محلولپاشی با نانوکود نیتروژن در مقایسه با تیمار شاهد ۴۰ درصد افزایش یافت. این نتایج بیانگر اثر قابل توجه عنصر نیتروژن بر رشد رویشی بادام زمینی است. ارتباط سطح برگ با عملکرد زیست‌توده و عملکرد اقتصادی محصولات کشاورزی آشکار است و یکی از مهم ترین دلایل افزایش عملکرد محسوب می‌گردد (Sing *et al.*, 1997).

بسیاری از مطالعات انجام یافته گزارش کرده‌اند که اسید هیومیک می‌تواند رشد گیاه را تقویت و عملکرد گیاه را افزایش دهد (Bandiera *et al.*, 2009). برای مثال پژوهشگران اثر تغذیه‌ای و تقویتی اسید هیومیک در غلظت‌های مختلف را بر رشد گندم (*Triticum aestivum* L.) بررسی کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که اسید هیومیک در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باعث افزایش رشد گندم می‌شود (Tahir *et al.*, 2011). علاوه بر این،

گزارش شده است که اسید هیومیک با بهبود فعالیت H^+-ATPase در ریشه‌های خیار (*Cucmis sativus* L.)، انتقال مواد مغذی معدنی را از ریشه به ساقه افزایش می‌دهد (Mora *et al*., 2012). استفاده از اسید هیومیک می‌تواند صفات زراعی بادام زمینی را بهبود بخشد و عملکرد و کیفیت بادام زمینی را افزایش دهد (Li *et al*., 2014). بررسی نتایج عملکرد بادام زمینی بیانگر تأثیرپذیری بیشتر اجزای عملکردی مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه در بوته و وزن صد دانه از محلول‌پاشی اسید هیومیک است، به‌طوری که افزایش ۲۴/۵۵، ۱۴/۸۰، ۳۰/۸۵ و ۱۴/۹۳ درصدی ناشی از محلول‌پاشی با اسید هیومیک در مقایسه با تیمار شاهد در تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه در بوته و وزن صد دانه ثبت شد. این احتمال وجود دارد که اکسید دیرهنگام اسید هیومیک (Sooryasree *et al*., 2025) در مقایسه با سایر تیمارها موجب رهاسازی تدریجی عناصر غذایی در زمان پرشدن دانه بادام‌زمینی شده باشد. پژوهشگران بیان کردند که اسید هیومیک به دلیل افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس باعث افزایش رشد گیاه می‌شود (Fageria and Moreira, 2011). اسید هیومیک می‌تواند از طریق بهبود انتقال عناصر غذایی، افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، افزایش سنتز پروتئین و افزایش حلالیت عناصر ریز مغذی بر عملکرد گیاه مؤثر باشد (Kiremit *et al*., 2026; Delfine *et al*., 2005). پژوهشگرن بیان کردند که افزایش زیست‌تودهٔ گیاهی می‌تواند در نتیجه اثرات مستقیم اسید هیومیک بر هورمون‌های رشد نظیر اکسین باشد (Reddy *et al*., 2021). نتایج حاصل از این آزمایش با مطالعات پیشین مطابقت دارد (Santosh *et al*., 2020; Tahir *et al*., 2021; Waqas *et al*., 2014). بیشترین عملکرد غلاف بادام‌زمینی متأثر از محلول‌پاشی نانوکود نیتروژن و اسید هیومیک حاصل شد، افزایش اجزای عملکرد مانند زیست‌توده بادام زمینی، سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه در بوته و وزن صد دانه در این تیمارها از مهم‌ترین دلایل مؤثر بر افزایش عملکرد بادام زمینی بودند. اثر محلول‌پاشی هیومیک اسید و نانوکود نیتروژن بر افزایش عملکرد بادام زمینی می‌تواند به دلیل فعال‌شدن آنزیم‌های مختلف و افزایش سرعت متابولیسم پایه در گیاهان، سنتز اسیدهای نوکلئیک و هورمون‌ها باشد که باعث افزایش دسترسی عناصر غذایی و مواد فتوسنتزی در گیاه می‌شوند (Bronick and Lai, 2005; Amfo and Baba Ali, 2021). همچنین اسید هیومیک سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی در گیاهان می‌شود (Delfine *et al*., 2005). پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه لوبیا قرمز (D_{81083}) داشت؛ به‌طوری که بالاترین عملکرد دانه با محلول‌پاشی ۱/۵ و سه لیتر در هکتار اسید هیومیک (به‌ترتیب ۲۵۹۹ و ۲۶۸۵ کیلوگرم در هکتار) گزارش شد (Mohajerani *et al*., 2016). به این ترتیب بیشترین شاخص برداشت (۴۰/۸۲) ناشی از افزایش عملکرد دانه متعلق به تیمار اسید هیومیک بود. همچنین بیشترین درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین بادام‌زمینی نیز از محلول‌پاشی اسید هیومیک، عصارهٔ جلبک دریایی و نانوکود نیتروژن حاصل شد. دانهٔ بادام‌زمینی دارای ۴۰ الی ۵۰ درصد روغن و ۳۰ الی ۳۵ درصد پروتئین می‌باشد (Mostafavi Rad *et al*., 2020). عملکرد روغن در دانه بادام‌زمینی وابسته به عملکرد و درصد روغن دانه است، به‌طوری که افزایش عملکرد دانه در واحد سطح باعث افزایش عملکرد روغن می‌شود (Mostafavi Rad *et al*., 2016). در این آزمایش به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با نانوکود نیتروژن، اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش پتانسیل سنتز روغن و تأمین انرژی لازم برای سنتز شده است.گیاهان دانه روغنی برای سنتز روغن نیازمند انرژی هستند. انرژی مورد نیاز فرآیندهای گیاهی از طریق مولکول‌های پرانرژی ATP تأمین می‌شود (Kavishahi *et al*., 2021). اسید هیومیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و تولید

ATPمی‌گردد (Delfine *et al*., 2005). عصارهٔ جلبک دریایی از طریق افزایش هورمون‌های رشد اکسین، سیتوکنین، اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی سبب افزایش رشد گیاه، تعداد برگ و سطح سبزینگی می‌گردد (Chaterjee et al, 2025; Jannin *et al*., 2013) که می‌تواند ارتباط مستقیمی با افزایش فعالیت فتوسنتزی و افزایش عملکرد دانه و روغن داشته باشد. افزایش سنتز روغن در اثر محلولپاشی نانو کود نیتروژن می‌تواند به دلیل اثر نیتروژن بر تولید مولکول پرانرژی ATP، آنزیم‌ها، سنتز اسیدهای آمینه ضروری (Galili *et al*., 2016; He *et al*., 2022)، بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی با افزایش محتوی کلروفیل و افزایش سرعت فتوسنتز و افزایش زیست‌توده گیاهی باشد (Al-Rawi *et al*., 2019; He *et al*., 2022). همچنین استفاده از محلول‌پاشی نانوکودها و محرک‌های رشد در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها باعث افزایش درصد پروتئین و عملکرد پروتئین شد، به‌طوری که تأمین عناصر غذایی در دورهٔ پر شدن دانه و سنتز پروتئین دانه طی سه دوره محلولپاشی نانوکود نیتروژن و محرک‌های رشد اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی فراهم شده و پروتئین و عملکرد پروتئین افزایش یافته‌اند. گزارش شده است که عملکرد پروتئین دانه بادام زمینی در واحد سطح وابستگی بالایی به عملکرد دانه دارد و افزایش عملکرد دانه در واحد سطح همسو با افزایش درصد پروتئین دانه می‌تواند دستیابی به سطوح بالاتر عملکرد پروتئین بادام زمینی را در واحد سطح تضمین کند (Mostafavi Rad *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش بیانگر تأثیر مطلوب محلول‌پاشی نانوکودهای نیتروژن، فسفر، کلات پتاسیم و محرک‌های رشد اسید هیومیک و عصارهٔ جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی بود. اگرچه صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش به‌طور کامل سازوکار تأثیر نانوکودها و محرک‌های رشد نشان نمی‌دهد و در غالب صفات اندازه‌گیری شده اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت؛ با این حال در بین تیمارهای محلول‌پاشی، محلولپاشی نانوکود نیتروژن و اسید هیومیک بیشترین اثر را بر افزایش عملکرد بادام زمینی داشت. نتایج این پژوهش می‌تواند بر انتخاب مناسب‌تر نانوکود و محرک‌های رشد برای افزایش عملکرد بادام زمینی به کشاورزان و پژوهشگران کمک کند.

سپاس‌گزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین محترم آزمایشگاه‌های گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی که در اجرای این پژوهش ما را یاری نمودند، ابراز نمایند.

References

Abdelghany, A.M., El-Banna, A.A.A., Salama, E.A.A., Ali, M.M., Al-Huqail, A.A., Ali, H.M., Paszt, L.S., El-Sorady, G.A., & Lamlom, S.F. (2022). The individual and combined effect of nanoparticles and biofertilizers on growth, yield, and biochemical attributes of peanuts (*Arachis hypogea* L.). *Agronomy*, 12, 398. https://doi.org/10.3390/agronomy12020398

Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Ghavidel, A., & Alebrahim, M.T. (2022). The effect of Sunn hemp extract (*Crotalaria juncea*) formulated with chitosan nanoparticle on the germination of some weeds. *Journal of Seed Research*, 12(4), 11-28. https://doi.org/10.30495/jsr.2023.1988281.1257 [In Persian].

Ahmadpour, R., Salimi, A., Zeidi, H., & Armand, N. (2021). Use of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract in mitigating the negative effects of water deficit stress in chickpea by evaluating morphophysiological indicators. *Iranian Journal of Pulses Research*, 12(2), 199-213. https://doi.org/10.22067/ijpr.v12i2.89194 [In Persian].

Alavi Matin, S.M., Rahnama, A. & Meskarbashi, M. (2015). Effect of different levels of nano and typical potassium on yield and some Morpho-physiological characteristics of two wheat cultivars under salt stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 46(1), pp. 83-91. https://dor.isc.ac/dor/10.22059/ijfcs.2015.54048 [In Persian].

Alesaadi, Gh.A., Moosavi, S.M.R., & Basirnia, T. (2017). Effect of nano-K, potassium sulphate and salicylic acid on tomato growth and control of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*). *Plant Protection* (*Scientific Journal of Agriculture*), 40(3), 71-83. https://doi.org/10.22055/ppr.2017.18661.1268 [In Persian].

Al-Juthery, H.W.A., Lahmod, N.R., & Al-Taee, R.A.H.J. (2021). Intelligent, nano-fertilizers: a new technology for improvement nutrient use efficiency (article review). *IOP conference series*: *Earth and Environmental Science*. 735(1), 012086. https://doi:10.1088/1755-1315/735/1/012086

Alkhafagi, H.H.A., Al-Khafagi, K.F.H. & Al-Janaby, Y.A. (2025). Effectiveness of nano potassium on growth and yield of spring maize (*Zea mays* L.) grown under the heat stress. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 38(2), 18-24. https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2025/38.2.18.24

Al-Rawi, A.S.M., Mohammed, A.A., Al-Taweel, S.K., & Cheyed, S.H. (2024). The role of nanotechnology in crop improvement–A review. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 56(5), 1929-1937. http://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.5.16

Amfo, B., & Baba Ali, E. (2021). Beyond adoption: the interaction between organic and inorganic fertilizer application, and vegetable productivity in Ghana. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 36(6), 605-621. https://doi.org/10.1017/S1742170521000235

Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A. & Haydari, M. (2025). The effect of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on quantitative and qualitative yield of soybean. *Journal of Agroecology* (*Quarterly*), 16(1), 147-158. https://doi.org/10.22067/AGRY.2022.78292.1124 [In Persian].

Arab, S., Firouzabadi, M.B., Gholami, A., & Haydari, M. (2023). Investigating the phenological stages and soybean yield under the influence of seaweed extract and initial seed quality. *Plant Productions*, 45(4), 533-548. https://doi.org/10.22055/ppd.2023.41967.2059 [In Persian].

Bandiera, M., Mosca, G., & Vamerali, T. (2009). Humic acids affect root characteristics of fodder radish (*Raphanus sativus* L. var. oleiformis Pers.) in metal-polluted wastes. *Desalination*, 246, 78-91. https://doi.Org/10.1016/j.desal.2008.03.044

Mahdavi Khorami, A., Masoud Sinaki, J., Amini Dehaghi, M., Rezvan, S., & Damavandi, A. (2018). Investigation of Relationship between Some Quantitative and Qualitative Characteristics Affecting Sesame Yield under Nitrogen, Potassium and Drought Stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 28(2), pp. 15-34. [In Persian].

Bronick, E.J., & Lai, R. (2005). Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124, 3-22. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005

Cerdán, M., Sánchez-Sánchez, A., Juárez, M., Sánchez-Andreu, J.J., Jordá, J.D., & Bermúdez, D. (2007). Partial replacement of Fe (o,o-EDDHA) by humic substances for Fe nutrition and fruit quality of citrus. *Journal Plant Nutrition & Soil Science*, 170, 474-478. https://doi.org/10.1002/jpln.200520594

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(2), 183-191. https://doi.org/10.1051/agro:2005017

DeRosa, MC., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. *Nat Nanotechnology*, 5(2), 91. https://doi.org/10.1038/nnano.2010.2. PMid:20130583

El-Gawad, A., & Osman, H.S. (2014). Effect of exogenous application of Boric acid and Seaweed extract on growth, biochemical content and yield of eggplant. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 6(3), 133-143. https://doi.org/10.5829/idosi. jhsop.2014.6.3.1147

Fageria, N. K., & Moreira, A. (2011). The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *Advances in Agronomy*. 110, 251–331. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9

FAOSTAT. (2021). Food and agriculture organization of the United Nations Statistics division. [cited 2021 11/06]; Available from: http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.

Galili, G., Amir, R., & Fernie, A.R. (2016). The regulation of essential amino acid synthesis and accumulation in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 67, 153-178. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043015-112213

Chaterjee, D., Gautam, A., Taranath, N.K. & Varda Mehrotra, V. (2025). Algae Farming: Alternative in Aquaculture Sector. *Indian Journal of Ecology*. 52(4): 847-856. https://doi.org/10.55362/IJE/2025/4583

Ghannad, R., Akbari, F., & Madadkar Haghjou, M. (2017). Effect of blue-green and green algae *Spirulina*, *Chlorella*, *Dunaliella* and minerals on the stimulation of metabolic and biochemical processes of germination in *Dracocephalum kotschyi* Boiss. Seeds. *Nova Biologica Reperta*, 3(4), 295-307. http://nbr.khu.ac.ir/article-1-2791-en.html [In Persian].

Gholami, A., Abbaspour, H., Gerami, M., & Hashemi-Moghaddam, H. (2020). The effect of titanium dioxide nanoparticles (TiO_2) on photosynthetic pigments and some biochemical and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. *Journal of Food Science and Technology*, 105(17), 123-134. https://doi.org/10.52547/fsct.17.105.123 [In Persian].

Gholami, H., Saharkhiz, M.J., Raouf Fard, F., & Ghani, A. (2018). Yield and physicochemical properties of inulin obtained from Iranian chicory roots under vermicompost and humic acid treatments. *Industrial Crops and Products*, 14 (2018), 123, 610-616. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.031

Hammons, R.O., Herman, D., & Stalker, H.T. (2016). Chapter 1 – Origin and Early History of the Peanut, in Peanuts. AOCS Press, pp. 1-26. https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-038-2.00001-0

He, X., Qiu,H., Xie,K., Wang,Y., Hu,J., Li, F., & An, J. (2022). Effects of water saving and nitrogen reduction on the yield, quality, water and nitrogen use efficiency of *Isatis indigotica* in Hexi Oasis. *Scientific Reports*, 12, 550. https://doi.org/10.1038/s41598-021-04585-x

Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laıne, P., Goux, D., Garnica, M. & Ourry, A. (2013). *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. *Plant Growth Regulation*, 32, 31-52. https://doi.org/10.1007/s00344-012-9273-9

Kamari, S., Peyvast, G., Ghasemnejad, M. (2013). Effect of Humic acid on Growth and Yield of Tomato cv. Isabela, *Journal of Horticultural Science*, 26(4), pp. 358-363. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.18148 [In Persian].

Khoshouei, Z., Ashouri, M., Doroudian, H.R., Amiri, E., & Mohammadian Rowshan, N. (2022). Effect of municipal waste compost and nitrogen fertilizer on yield of peanut (*Arachis Hypogae* L.) under different management of irrigation. *Crop Production*, 14(4), 63-84. https://doi.org/10.22069/ejcp.2022.18960.2415 [In Persian].

Kiremit, M. S., Arslan, H., Bakirova, A., & Abdulrasaq, S. A. (2026). Synergistic effects of humic and salicylic acids on water productivity, physiology, and antioxidant defense in salt-stressed lettuce. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-22. https://doi.org/10.1007/s42729-026-03015-z

Kumar, G., & Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Apply Phycology*, 23, 251-255. https://doi.org/10.1007/s10811-011-9660-9

Larki, S., Rahnama, A., & Aynehband, A. (2015). The effect of potassium on cadmium distribution and accumulation in different organs of durum wheat. *Plant Productions*, 38(3), 79-92. https://doi.org/10.22055/ppd.2015.11455 [In Persian].

Mohajerani, Sh., Alavi Fazel, M., Madani, H., Shahram Lak, Sh., & Modhej, A. (2016). Effect of the foliar application of humic acid on red bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 4(5), 519-524. http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(5).519.524

Mora, V., Baigorri, R., Bacaicoa, E., Zamarreno, A.M., & García-Mina, J.M. (2012). The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. *Environmental and Experimental Botany*, 76, 24-32. https://doi.org/10.1016/j. envexpbot.2011.10.001

Mostafavi Rad, M., Nobahar, A., Gholami, M., Ajili Lahiji, A., Bonyadi, I., Adibi, S., Rahimian, M.R., & Akbarzadeh, E. (2016). Quantitative and qualitative response of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to starter nitrogen application. *Journal of Oil Plants Production*, 2(2), 59-75. http://yujs.yu.ac.ir/jopp/article-1-67-en.html [In Persian].

Mostafavi Rad, M., Nobahar, A., Gholami, M., Jahansaz, H., Jahansaz, E., & Adibi, S. (2020). Two sowing and transplanting method effect on peanut (*Arachis hypogea* L.) growth as affected by different row distance in Rasht. *Crop Production*, 13(2), 117-130. http://dx.doi.org/10.22069/ejcp.2020.18066.2336 [In Persian].

Nikbakht, M., Solouki, M., & Aran, M. (2021). Effects of foliar application of nano-nitrogen and urea fertilizers on quantity and quality properties of Bitter Apple (*Citrullus colocynthis* L.). *Journal of Crops Improvement*, 23(1), 155-168. https://doi.org/10.22059/jci.2020.302979.2400 [In Persian].

Noorhosseini, S.A. & Nikkhah, A. 2018. Investigating the environmental impacts for peanut production in Astaneh Ashrafieh based on nitrogen fertilizer consumption through Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Plant Ecophysiology.* 33: 156-173. 20.1001.1.20085958.1397.10.33.15.2

Pattee, H.E. (2005). Peanut Oil. In Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 431-463. https://doi.org/10.1002/047167849X.bio014

Pramanik, P., Krishnan, P., Maity, A., Mridha, N., Mukherjee, A., Rai, V. (2020). Application of nanotechnology in agriculture. *In Environmental Nanotechnology Volume 4; Springer Nature: Cham, Switzerland*, 317–348. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26668-4_9

Rahgoshahi, M., Panahi Kordlaghari, Kh., & Rahimi, M.M. (2022). Study on humic acid and algae effects on grain yield and agronomical characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant Research*, 38(2), 286-300. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2022.356393.3079 [In Persian].

Rathnayaka, R.M.N.N., Mahendran, S., Iqbal, Y. B., & Rifnas, L. M. (2018). Influence of urea and nanonitrogen fertilizers on the growth and yield of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivar 'Bg 250'. I*nternational Journal of Research Publications*, 5(2), 1-7. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14315.59684

Reddy, T. V., Patel, P. P., Brijal, R. P. & Grishma, N. P. (2021). Integrated nitrogen management, humic and fulvic acids on performance of sesame (*Sesamum indicum*). *Journal of Crop and Weed*, 17(2), 42-46. https://doi.org/10.22271/09746315.2021.v17.i2.1449

Sadati Valojai, S.T., Niknejad, Y., Fallah, H., and Barari-Tari, D. (2021). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium nano-fertilizers on growth and seed of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*, 15(1), 37-56. https://doi.org/10.30495/jcep.2021.681005 [In Persian].

Santosh, B. T., Matiwade, PS., Yenagi, BS., Kuligod, VB. (2020). Soil and foliar application of humic acid on productivity of groundnut (*Arachis hypogea* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 8(1), 1315-1318. https://doi.org/10.22271/CHEMI.2020.V8.I1R.8438

Settaluri, V.S., Kandala, C., Puppala, N., & Sundaram, J. (2012). Peanuts and their nutritional aspects-a review. *Food Nutrition Sciences*, 03(12), 1644-1650. http://dx.doi.org/10.4236/fns.2012.312215

Shargi, F., & Khalilvand Behrouzyar, E. (2019). Effect of Nano-TiO_2 and salicylic acid foliar application on some biochemical traits of corn 704 single cross under water regimes. *Journal of Crop Ecophysiology*, 13(51), 413-430. https://doi.org/10.30495/jcep.2019.669710 [In Persian].

Sing, K.B., Malhaotra, R.S., Saxena, M.C. & Bejiga, G. (1997). Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. *Agronomy Journal*, 89, 112-118. https://dx.doi.org/10.2134/agronj1997.00021962008900010017x

Smart, J. (1994). The groundnut crop: A scientific basis for improvement. London. Chapman and Hall, pp: 734. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0733-4

Sooryasree, P., Patel, J. K., Chauhan, A., & Athira A. 2025. Influence of Humic Acid on Yield and Physiological Attributes of Greengram (*Vigna Radiata* L.). *International Journal of Plant & Soil Science.* 37(5), 601-8. https://doi.org/10.9734/ijpss/2025/v37i55480

Taghinazhad, J., & Rahmani, S. O. 2022. Economical assessment on the most efficient peanut harvesting method in Moghan. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 22(80), 67-76. https://dx.doi.org/10.22092/amsr.2021.355086.1387 [In Persian].

Tahir, M. M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K., & Kazmi, M. H. (2011). Lignite-erived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere*. 21(1), 124-131. https://doi.org/10.1016/s1002-0160(10)60087-2

Tahoun, A.M.M.A., El-Enin, M.M.A., Mancy, A.G., Sheta, M.H & Shaaban, A. (2022). Integrative Soil Application of Humic Acid and Foliar Plant Growth Stimulants Improves Soil Properties and Wheat Yield and Quality in Nutrient-Poor Sandy Soil of a Semiarid Region. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22, 2857–2871. https://doi.org/10.1007/s42729-022-00851-7

Vinson, J.A., & Cai, Y. (2012). Nuts, especially walnuts, have both antioxidant quantity and efficacy and exhibit significant potential health benefits. *Food and Function Journal*, 3(2), 134-140. https://doi.org/10.1039/c2fo10152a

Waqas, M., Ahmad, B., Arif, B., Munsif, F., Khan, AL., & Amin, M., Kang SM, Kim YH, Lee J. (2014). Evaluation of humic acid application methods for yield and yield components of mungbean. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2269-2276. http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.515241

Yaghoobi, S.R. (2020). Seaweed Extract: Innovation for Organic Agriculture. *Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University*. 17(2), 23-34. https://10.48301/KSSA.2021.119206 [In Persian].

Li Y, Fang F, Wei J, Wu X, Cui R, Li G, Zheng F., & Tan D. (2021) Physiological effects of humic acid in peanut growing in continuous cropping soil. *Agronomy Journal*. 113:550–559. https://doi.org/10.1002/agj2.20482

Zhang, X.Z., & Ervin, E.H. (2004). Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science*, 44, 1737-1745. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1737

Zhao, H., Dai, T., Jiang, D., & Cao, W. (2008). Effects of high temperature on key enzymes involved in starch and protein formation in grains of two wheat cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194, 47–54. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2007.00283.x