Impacts of humic acid and zinc sulfate application on yield, yield components, and uptake of nutrients in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Mansour)

Shahram Rashidi, Faranak Ranjbar* and Sareh Nezami

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran
* Corresponding author, Email: f_ranjbar1980@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: Chickpea (*Cicer arietinum* L.) occupies the largest cultivated area among legumes in Iran. Nutrition management through the application of organic and mineral fertilizers can significantly increase yield. Therefore, this research was conducted with the aim of investigating the efficiency of soil application and foliar spraying of zinc sulfate and humic acid in dryland chickpea production.

Methods: This field experiment was carried out using a split plot design within a randomized complete block framework. The land was divided into 4 blocks and each block had 28 plots. The main plots included the control, soil application of zinc sulfate, humic acid, and zinc sulfate + humic acid. The sub-plots included the control (without foliar application), foliar spraying of zinc sulfate, humic acid, and zinc sulfate + humic acid in a single application at pod formation and in two applications before and after flowering.

Results: The simple effects of different soil treatments and foliar applications, as well as their interaction, were not significant for pod no. per plant. For grain no. per pod, the simple effect of different soil treatments was significant. For plant height, the simple and interactive effects of different soil treatments and foliar applications were significant. For 100-grain weight, the simple effects of different soil treatments and foliar applications were significant at the 1% level. The highest potassium content was obtained in the soil treatment of humic acid without foliar application, and the highest zinc content was obtained in the soil treatment of zinc sulfate along with foliar application of zinc sulfate before and after flowering, which showed a significant difference with the control based on the LSD test. The highest pod no. per plant (12.5), grain no. per pod (1.1), plant height (67.8 cm), 100-grain weight (34.9 g), root dry weight (12.3 g), node dry weight (4.6 g), nodule no. per root (11.4), grain yield (1431 kg/ha), biological yield (3365 kg/ha), grain nitrogen (3.6%), and grain protein (22.5%) were achieved through soil application and foliar spraying of zinc sulfate and humic acid before and after flowering.

Conclusion: Among the soil application treatments, the application of zinc sulfate + humic acid, and among the foliar spraying treatments, two-stage application of zinc sulfate + humic acid before and after flowering, had the greatest impact on the yield and yield components of chickpeas. Grain yield in these treatments increased by 34% and 55%, respectively, and biological yield increased by 30% and 32%, respectively, compared to the control.

Keywords: Biological yield, Foliar spraying, Grain protein, Grain yield, Soil application.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

تأثیر کاربرد اسید هیومیک و سولفات روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و جذب عناصر غذایی در نخود دیم رقم منصور (*Cicer arietinum* L. cv. Mansour)

شهرام رشیدی، فرانک رنجبر* و ساره نظامی

گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: f_ranjabr1980@yahoo.com

چکیده

پیشینه پژوهش و هدف: نخود (*Cicer arietinum* L.)، بیشترین سطح زیر کشت را در بین حبوبات در ایران به خود اختصاص داده است. مدیریت تغذیه از طریق کاربرد کودهای آلی و معدنی می‌تواند به طور قابل توجهی عملکرد را افزایش دهد. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی کارایی مصرف خاکی و محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک در تولید نخود دیم انجام شد.

روش‌ها: این آزمایش مزرعه‌ای با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. زمین به چهار بلوک تقسیم شد و هر بلوک دارای ۲۸ کرت بود. کرت‌های اصلی شامل شاهد (بدون سولفات روی و اسید هیومیک)، کاربرد خاکی سولفات روی، اسید هیومیک و سولفات روی + اسید هیومیک و کرت‌های فرعی شامل شاهد (بدون محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی سولفات روی در یک نوبت (مرحله غلاف‌بندی) و در دو نوبت (قبل و بعد از گلدهی)، محلول‌پاشی اسید هیومیک در یک و دو نوبت و محلول‌پاشی سولفات روی + اسید هیومیک در یک و دو نوبت بود.

نتایج: اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار نبود. برای تعداد دانه در غلاف، اثر ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف، برای ارتفاع بوته، اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی و برای وزن صد دانه، اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. بیشترین مقدار پتاسیم در تیمار خاک مصرف اسید هیومیک بدون محلول‌پاشی و بیشترین مقدار روی در تیمار خاک مصرف سولفات روی به همراه محلول‌پاشی با سولفات روی قبل و بعد از گلدهی به دست آمدند که بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند. بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۲/۵)، تعداد دانه در غلاف (۱/۱)، ارتفاع بوته (۶۷/۸ سانتی‌متر)، وزن صد دانه (۳۴/۹ گرم)، وزن خشک ریشه (۱۲/۳ گرم در بوته)، وزن خشک گره (۴/۶ گرم در بوته)، تعداد گره در ریشه (۱۱/۴)، عملکرد دانه (۱۴۳۱ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیکی (۳۳۶۵ کیلوگرم در هکتار)، نیتروژن دانه (۳/۶ درصد) و پروتئین دانه (۲۲/۵ درصد) از طریق کاربرد خاکی و محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی به دست آمد.

نتیجه‌گیری کلی: در بین تیمارهای خاک‌مصرف، کاربرد سولفات روی + اسید هیومیک و در بین تیمارهای محلول‌پاشی، کاربرد دو مرحله‌ای آن‌ها (قبل و بعد از گلدهی)، بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود داشت. عملکرد دانه در این تیمارها به ترتیب ۳۴٪ و ۵۵٪ و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب ۳۰٪ و ۳۲٪ نسبت به شاهد افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، خاک‌مصرف، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، محلول‌پاشی.

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

۱- مقدمه

نخود پرمصرف‌ترین لگوم غذایی در مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود و در میان حبوبات، جایگاه اول و سوم تولید را به ترتیب در ایران و جهان به خود اختصاص داده است (Janmohammadi et al., 2018). این گیاه در بیش از ۵۰ کشور کشت می‌شود و بیش از ۹۰ درصد تولید آن در آسیا صورت می‌گیرد (Yadav et al., 2007). نخود در بیشتر مناطق ایران بجز سواحل دریای خزر کشت می‌شود و در مناطق دیم‌خیز به ویژه نیمه غربی کشور، نقش بسیار مهمی در تداوم کشاورزی ایفا می‌کند (Borzabadi and Farahani, 2012). سطح زیر کشت این محصول در ایران معادل ۵۵۰ هزار هکتار با تولید ۲۹۵ هزار تن و عملکرد متوسط ۵۳۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که به طور قابل توجهی نسبت به متوسط عملکرد جهانی (۹۵۶ کیلوگرم در هکتار) کمتر است (FAOSTAT, 2016).

مدیریت عناصر غذایی در شرایط دیم می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در افزایش عملکرد نخود داشته باشد. استفاده از کودها به روشی کارآمد برای به حداقل رساندن تلفات و بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی بسیار مهم است. از سوی دیگر، مقدار کم و رو به کاهش مواد آلی خاک، خطر قابل توجهی برای حاصلخیزی خاک، بهره‌وری محصول و بازده اقتصادی در اکوسیستم‌های کشاورزی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. از این رو به نظر می‌رسد که استفاده از مواد آلی می‌تواند کارایی کودهای شیمیایی را به طور قابل توجهی بهبود بخشد (Heng et al., 2005). با این حال کشاورزان منطقه برای حفظ عملکرد محصول بر اثرات مثبت کوتاه مدت کودهای شیمیایی تکیه می‌کنند و توجه کمی به حفظ مواد آلی در خاک دارند (Janmohammdi et al., 2018).

اسید هیومیک و اسید فولویک از کودهای آلی کاربردی در کشاورزی پایدار محسوب می‌گردند (Kahraman, 2020). این مواد هیومیکی به طور طبیعی در خاک‌های کشاورزی وجود دارند و در اثر تجزیه مواد آلی به ویژه با منشأ گیاهی به وجود می‌آیند و به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر تغذیه گیاهان تأثیر می‌گذارند. اثرات غیر مستقیم شامل نگهداری آب، زهکشی و تهویه، بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، تغییر در دسترسی به مواد معدنی خاک و جذب آن‌ها توسط ریشه‌ها می‌باشند. مواد هیومیکی قابلیت تشکیل کمپلکس‌های محلول با یون‌های فلزی دارند و رفتار بسیاری از این عناصر را کنترل می‌نمایند. اثرات مستقیم شامل توسعه ریشه، تأثیر بر متابولیسم عناصر گیاهی و افزایش نفوذپذیری غشای سلولی نسبت به پتاسیم و در نتیجه، افزایش فشار داخلی سلول و تقسیم سلول می‌باشند (Al-Shareef et al., 2018; Dawood et al., 2019). از سوی دیگر، افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و سرعت فتوسنتز می‌شود (Khan et al., 2013).

روی یکی از عناصر غذایی ضروری کم مصرف است و حدود ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از ماده خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد. این عنصر ریزمغذی برای بیوسنتز کلروفیل و متابولیسم پروتئین‌ها ضروری است و با تأثیر بر سنتز هورمون‌های اکسین و جیبرلین، موجب افزایش وزن خشک و طول ساقه می‌شود. کمبود روی گسترش جهانی دارد و گزارش شده است که ۳۰ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان با کمبود روی مواجه هستند (Lotfollahi et al., 2013). یکی از دلایل این کمبود، برداشت شدید روی قابل استفاده از ناحیه نفوذ ریشه در خاک است. از سوی دیگر، کمبود روی در خاک‌های آهکی و قلیایی به دلیل pH بالا رخ می‌دهد. بنابراین، به دلیل کاهش جذب آن توسط ریشه، بهتر است این عنصر از طریق محلول‌پاشی اندام‌های هوایی در اختیار گیاه قرار گیرد (Graham and McDonald, 2001).

استان کرمانشاه از نظر سطح زیرکشت نخود جزء استان‌های برتر کشور است و این محصول، کاشت دوم اکثر کشاورزان دیم‌کار استان می‌باشد. با این حال، علی‌رغم سطح بالای زیر کشت، عملکرد نخود در بسیاری از مزارع نسبتاً پایین است. بهبود تغذیه گیاه نخود از طریق مصرف اسید هیومیک و کودهای ریزمغذی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد محصول داشته باشد. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی کارایی مصرف خاکی و محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک در تولید نخود دیم

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

پاییزه در شهرستان اسلام‌آباد غرب واقع در استان کرمانشاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت، زمان و طرح آزمایش

این آزمایش در مزرعه‌ای در استان کرمانشاه، شهرستان اسلام‌آباد غرب، بخش حمیل، روستای سربکوه و در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ اجرا گردید. منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۲ دقیقه و ۲۷ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۴ دقیقه و ۱۵ ثانیه شمالی با ارتفاع ۱۴۰۵ متر از سطح دریا واقع شده است. میزان کل بارندگی ایستگاه حمیل در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲، ۴۰۰ میلی‌متر و میانگین، بیشینه و کمینه دمای هوا به ترتیب برابر ۱۵، ۴۰/۶ و ۸- درجه سلسیوس بود.

این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل الف) شاهد، ب) سولفات روی خاک‌مصرف به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار، ج) اسید هیومیک خاک‌مصرف به میزان پنج کیلوگرم در هکتار و د) سولفات روی + اسید هیومیک خاک‌مصرف به ترتیب به میزان ۲۰ و پنج کیلوگرم در هکتار و کرت‌های فرعی شامل ۱) شاهد (بدون محلول‌پاشی)، ۲) محلول‌پاشی با سولفات روی با غلظت دو گرم در لیتر به صورت یک مرحله‌ای (زمان غلاف دادن)، ۳) محلول‌پاشی با سولفات روی با غلظت دو گرم در لیتر به صورت دو مرحله‌ای (قبل و بعد از گلدهی)، ۴) محلول‌پاشی با اسید هیومیک با غلظت دو گرم در لیتر به صورت یک مرحله‌ای، ۵) محلول‌پاشی با اسید هیومیک با غلظت دو گرم در لیتر به صورت دو مرحله‌ای، ۶) محلول‌پاشی با سولفات روی + اسید هیومیک هر دو با غلظت-های دو گرم در لیتر به صورت یک مرحله‌ای و ۷) محلول‌پاشی با سولفات روی + اسید هیومیک هر دو با غلظت‌های دو گرم در لیتر به صورت دو مرحله‌ای بودند. به این ترتیب، در هر بلوک، ۲۸ کرت شامل هفت کرت فرعی در چهار کرت اصلی وجود داشت و با احتساب چهار بلوک، تعداد کل کرت‌های آزمایشی، ۱۱۲ بود. افزودن سولفات روی و اسید هیومیک در تیمارهای خاک‌مصرف به صورت کرت به کرت و پیش از کاشت انجام گرفت. سپس، کودها به کمک بیل تا عمق پنج سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. حجم و غلظت مورد استفاده برای محلول‌پاشی در تیمارهای یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای با هم برابر بودند. محلول‌پاشی کرت‌ها با استفاده از سمپاش دستی دو لیتری انجام گرفت و حجم محلول‌پاشی، ۱/۵ لیتر در هر کرت با مساحت ۴۲ متر مربع بود.

نمونه‌برداری از خاک و تعیین ویژگی‌های آن

قبل از آماده‌سازی بستر کشت، یک نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی نمونه خاک شامل مقادیر شن، سیلت و رس، pH و هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی و مقادیر فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس قابل دسترس اندازه‌گیری شدند (Rowell, 1994; Jones, 2001).

عملیات کاشت، داشت و برداشت

این پژوهش با استفاده از بذر نخود دیم رقم منصور انجام شد. کاشت بذر در تاریخ ۲۰ آبان ۱۴۰۱ به صورت مکانیزه انجام گرفت. همزمان با کاشت، ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره و سوپرفسفات تریپل استفاده شد. عملیات تنک کردن در مرحله ۶ برگی و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی انجام گرفت.پس از تنک کردن، تراکم بوته‌ها به ۳۰ بوته در متر مربع کاهش یافت. از سم فن والریت نیز جهت مبارزه با کرم پیله خوار استفاده شد. اوایل اسفند، زمانی که ارتفاع بوته‌ها ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر بود، ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف شد. برداشت محصول بین ۲۷ خرداد تا ۲ تیر ۱۴۰۲ به صورت دستی انجام شد.

تعیین عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت، تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و صفات

نسخه پیش از چاپ

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه (روستای سربکوه، سال ۱۴۰۱)

Table 1. Physico-chemical properties of the studies field soil (Sarbekuh village, 2022)

پارامتر (Parameter)	واحد (Unit)	مقدار (Value)
$pH_{1:2}$	-	7.8
$EC_{1:2}$	$dS\ m^{-1}$	0.4
کربن آلی (Organic carbon)	%	1.0
کربنات کلسیم معادل (Equivalent calcium carbonate)	%	29
نیتروژن کل (Total N)	%	0.1
فسفر قابل دسترس (Available P)	$mg\ kg^{-1}$	10.8
پتاسیم قابل دسترس (Available K)	$mg\ kg^{-1}$	273
آهن قابل دسترس (Available Fe)	$mg\ kg^{-1}$	4.4
منگنز قابل دسترس (Available Mn)	$mg\ kg^{-1}$	6.0
روی قابل دسترس (Available Zn)	$mg\ kg^{-1}$	0.6
مس قابل دسترس (Available Cu)	$mg\ kg^{-1}$	1.3
شن (Sand)	%	19.2
سیلت (Silt)	%	44.8
رس (Clay)	%	36
بافت خاک (Soil Texture)	-	لوم رسی سیلتی (Silty clay loam)

مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه، وزن خشک گره و تعداد گره در بوته، صفات عملکردی شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه و صفات فیزیولوژیک شامل مقدار نیتروژن، پتاسیم، فسفر، روی و پروتئین دانه اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای و کف‌بر کردن بوته‌ها تعیین شدند. نیتروژن دانه به روش کجلدال اندازه‌گیری گردید و برای استخراج پتاسیم، فسفر و روی دانه از روش حل کردن خاکستر حاصل از هضم خشک در مخلوط اسیدی استفاده شد (Jones, 2001). مقادیر پتاسیم، فسفر و روی در عصاره‌ها به ترتیب با استفاده از دستگاه‌های فلیم فتومتر، اسپکتروفتومتر و جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. مقدار پروتئین دانه بر اساس حاصلضرب مقدار نیتروژن در عدد ۶/۲۵ به دست آمد (Maleki et al., 2021).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد در محیط نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک مزرعه مورد مطالعه

نتایج تجزیه فیزیکی-شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. خاک دارای pH قلیایی، از نوع آهکی، غیر شور و دارای بافت لوم رسی سیلتی بود. مقادیر نیتروژن، فسفر، آهن و روی در این خاک کمتر از حدود بهینه، مقدار پتاسیم فراتر از حد بهینه و مقادیر منگنز و مس نزدیک به حدود بهینه قرار داشتند.

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و عملکردی بوته نخود تحت اثر تیمارهای خاک‌مصرف سولفات روی و اسید هیومیک

Table 2. Comparison of means of morphological and yield traits of chickpea plant under the influence of soil application of zinc sulfate and humic acid

تیمارها Treatments	تعداد غلاف در بوته Pod no. in plant	تعداد دانه در غلاف Grain no. in pod	وزن صد دانه 100-grain weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک گره Nodule dry weight	تعداد گره Nodule no.	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
			(g)	(g)	(g)		(kg ha^{-1})	(kg ha^{-1})	(%)
شاهد Control	10.1 b	1.00 b	29.7 c	9.0 b	3.5 b	8.3 a	2491 d	950 c	38.3 a
سولفات روی Zinc sulfate	10.9 ab	1.00 b	31.4 ab	9.4 b	3.8 a	8.9 a	2783 c	1035 bc	37.2 a
اسید هیومیک Humic acid	11.5 ab	1.00 b	31.2 b	9.5 b	3.7 a	9.1 a	2964 b	1139 b	38.5 a
سولفات روی + اسید هیومیک Zinc sulfate + Humic acid	12.3 a	1.11 a	32.1 a	10.6 a	3.8 a	10.0 a	3251 a	1274 a	39.2 a

حروف نامشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p\leq0.05$) بر اساس آزمون LSD هستند.

Dissimilar letters in each column indicate significant difference ($p\leq0.05$) according to LDS test.

صفات مورفولوژیک و عملکردی

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف (جدول ۲) نشان می‌دهد که مصرف همزمان سولفات روی و اسید هیومیک بیشترین تعداد غلاف در بوته را رقم زد که نسبت به عدم مصرف خاکی، ۲۲ درصد افزایش داشت. بیشترین تعداد غلاف در بوته در میان تیمارهای محلول‌پاشی مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی بود که نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی، ۱۹ درصد افزایش داشت (جدول ۳). بیشترین مقدار این پارامتر در تیمار تلفیقی خاک‌مصرف سولفات روی + اسید هیومیک و محلول‌پاشی آن‌ها قبل و بعد از گلدهی با میانگین ۱۳/۷ عدد به دست آمد که نسبت به شاهد (بدون خاک‌مصرف و محلول‌پاشی اسید هیومیک و سولفات روی) با میانگین ۸/۸ عدد، ۵۶ درصد افزایش را نشان داد.

محلول‌پاشی اسید هیومیک در نخود سبب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود و می‌توان این افزایش را به جذب بهتر آب و مواد غذایی و در نتیجه، افزایش فتوسنتز نسبت داد (El-Bassiony et al., 2010). محققان، حداکثر تعداد غلاف در بوته نخود را با کاربرد اسید هیومیک به میزان ۶ لیتر در هکتار گزارش کردند که در مقایسه با شاهد، ۲۹ درصد افزایش را نشان داد. آن‌ها بیان کردند که اسید هیومیک اثر مثبت و معنی‌داری بر جذب عناصر مس، روی، منگنز و فسفر داشت و از این‌رو، رشد گیاه افزایش یافت (Armin and Moslehi, 2013). نتایج یک مطالعه، بیشترین تعداد غلاف در بوته نخود دیم را در تیمار محلول‌پاشی در مراحل رویشی و گلدهی با اختلاط ٪۷۵ اسید هیومیک + ٪۲۵ اوره و کمترین مقدار را در تیمار محلول‌پاشی در مراحل رویشی و گلدهی با اختلاط ٪۲۵ اسید هیومیک + ٪۷۵ اوره نشان داد (Shabani and Armin, 2017). محققان نشان دادند که تعداد

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و عملکردی بوته نخود تحت اثر تیمارهای محلول‌پاشی با سولفات روی و اسید هیومیک

Table 3. Comparison of means of morphological and yield traits of chickpea plant under the influence of foliar spraying of zinc sulfate and humic acid

تیمارها Treatments	تعداد غلاف در بوته Pod no. in plant	تعداد دانه در غلاف Grain no. on pod	وزن صد دانه 100-grain weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک گره Nodule dry weight	تعداد گره Nodule no.	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
			(g)	(g)	(g)		(kg ha^{-1})	(kg ha^{-1})	(%)
شاهد Control	10.5 b	1.00 b	28.3 d	8.8 cd	3.1 e	7.4 d	2540 e	926 d	37.1 bc
سولفات روی دو مرحله‌ای Double application of Zn	10.8 b	1.00 b	29.4 c	9.5 c	3.7 c	8.9 bc	2792 cd	1040 cd	37.2 bc
اسید هیومیک دو مرحله‌ای Double application of HA	11.4 ab	1.00 b	31.5 b	9.4 cd	3.4 d	8.5 c	2932 bc	1012 cd	34.7 c
سولفات روی + اسید هیومیک دو مرحله‌ای Double application of Zn + HA	12.5 a	1.13 a	34.9 a	12.3 a	4.6 a	11.4 a	3365 a	1431 a	42.7 a
سولفات روی یک مرحله‌ای Single application of Zn	10.8 b	1.00 b	29.1 cd	8.6 cd	3.6 c	9.7 b	2707 d	1120 bc	41.2 ab
اسید هیومیک یک مرحله‌ای Single application of HA	11.4 ab	1.00 b	32.2 b	8.5 d	3.4 d	8.7 c	2765 d	996 cd	36.2 c
سولفات روی + اسید هیومیک یک مرحله‌ای Single application of Zn + HA	11.0 b	1.06 ab	32.3 b	10.4 b	4.1 b	9.0 bc	3006 b	1170 b	38.8 abc

حروف نامشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p\leq0.05$) بر اساس آزمون LSD هستند.

Dissimilar letters in each column indicate significant difference ($p\leq0.05$) according to LDS test.

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

غلاف در بوته نخود رقم هاشم به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد سطوح مختلف کود حیوانی (۱، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) و کود-آبیاری جداگانه با آهن و روی (هر کدام به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفت و کمترین تعداد غلاف برای شاهد به دست آمد. همچنین، بین تعداد غلاف در بوته‌های تحت کود-آبیاری با آهن و روی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما با افزایش میزان مصرف کود حیوانی از صفر به ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار، تعداد غلاف به طور معنی‌داری افزایش یافت (Jonmohammadi et al., 2018).

تعداد دانه در غلاف

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف بر تعداد دانه در غلاف نخود در سطح یک درصد معنی‌دار شد، اما اثر ساده تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثرات ساده در تیمارهای خاک‌مصرف نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار سولفات روی + اسید هیومیک با مقدار ۱/۱۱ به دست آمد و بین دو تیمار خاک‌مصرف دیگر و عدم خاک‌مصرف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته در میان تیمارهای محلول‌پاشی مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی بود (جدول ۳). کاربرد اسید هیومیک در زمان گلدهی می‌تواند از ریزش یا عقیم شدن غلاف‌ها در شرایط دیم جلوگیری کند و موجب افزایش تعداد دانه در بوته شود (Shabani and Armin, 2017). محققان با بررسی تأثیر تیمارهای مختلف شامل تلقیح بذر نخود دیم با باکتری *ریزوبیوم* و مصرف اوره (۴۰ کیلوگرم) و سولفات روی (۲۵ کیلوگرم در هکتار) گزارش کردند که تعداد غلاف در بوته در دامنه ۱/۱۹-۱/۰۳ عدد متغیر بود (Soleimani and Asgharzadeh, 2010).

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. نتایج مقایسه میانگین در شکل ۱ نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع بوته (۶۷/۸ سانتی‌متر) مربوط به تیمار خاک‌مصرف سولفات روی + اسید هیومیک و محلول-پاشی با سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی بود که نشان از اثرات مثبت مصرف همزمان خاک‌مصرف و محلول-پاشی روی و اسید هیومیک بر این پارامتر دارد. اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری، باعث افزایش جذب آن‌ها می‌شود و باروری و تولید را در گیاهان افزایش می‌دهد. تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته مستلزم دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی به ویژه نیتروژن است. کاربرد اسید هیومیک می‌تواند موجب افزایش جذب نیتروژن، فسفر و ریزمغذی‌ها شود. همچنین، اسید هیومیک می‌تواند به عنوان یک هورمون تنظیم کننده رشد عمل نماید (Ayaş and Gülser, 2005; Khan et al., 2013).

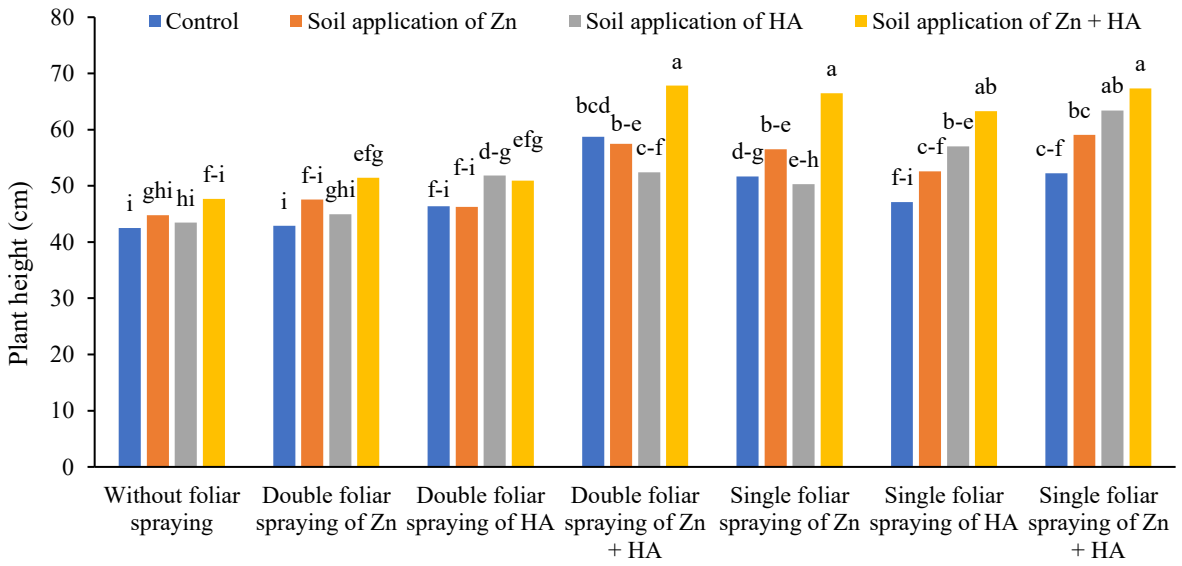
وزن صد دانه

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی بر وزن صد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای خاک‌مصرف نشان داد که بیشترین مقدار وزن صد دانه مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک با میزان ۳۲/۱ گرم بود که با تیمار سولفات روی اختلاف معنی‌داری نشان نداد و افزایش ۸ درصدی نسبت عدم خاک‌مصرف داشت (جدول ۲). اسید هیومیک با داشتن اثرات شبه هورمونی، افزایش قدرت جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی و با اثرات مثبت بر غشای سلولی و بهبود انتقال عناصر غذایی در گیاه باعث افزایش رشد گیاه، تعداد دانه در بوته و عملکرد می‌گردد. نتایج یک مطالعه نشان داد که عملکرد نخود و اجزای عملکرد آن تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک به میزان یک گرم در لیتر قرار گرفت (Gad El-Hak et al., 2012).

بیشترین وزن صد دانه در میان تیمارهای محلول‌پاشی مربوط

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]



شکل ۱. مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت اثر متقابل تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک (Zn: سولفات روی؛ HA: اسید هیومیک)؛ حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p\leq0.05$) بر اساس آزمون LSD هستند.

Fig. 1. Comparison of means of plant height under the interaction of soil application and foliar spraying of zinc sulfate and humic acid (Zn: Zinc sulfate; HA: Humic acid); Dissimilar letters in each column indicate significant difference according to LDS test, $p\leq0.05$.

به تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی با میانگین ۳۴/۹ گرم بود که باعث افزایش ۲۳ درصدی وزن صد دانه نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی گردید (جدول ۳). اسید هیومیک رشد گیاه را از طریق تغییرات فیزیولوژیک و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک افزایش می‌دهد (Dawood et al., 2019). اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری سبب جذب آن‌ها می‌شود و باروری خاک و عملکرد گیاه را افزایش می دهد و در نتیجه، می‌تواند یکی از دلایل افزایش وزن دانه در بوته در اثر محلول‌پاشی برگی باشد (Liu and Cooper, 2000). محققان، بیشترین تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نخود را در تیمار محلول‌پاشی با اسید هیومیک با غلظت دو گرم در لیتر به دست آوردند (Maleki et al., 2021).

وزن خشک ریشه

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که وزن خشک ریشه نخود به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده سطوح مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی در سطح یک درصد قرار گرفت. بیشترین مقدار وزن خشک ریشه در میان تیمارهای خاک‌مصرف (۱۰/۶ گرم) در تیمار سولفات روی + اسید هیومیک مشاهده شد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). بیشترین وزن خشک ریشه در میان تیمارهای محلول‌پاشی مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی با میانگین ۱۲/۳ گرم بود (جدول ۳).

مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک سبب افزایش فتوسنتز و فعالیت آنزیمی در گیاهان می‌شود. تأثیر مواد هیومیکی در گیاهان به صورت غیر مستقیم (افزایش بهره‌وری کودها و کاهش تراکم خاک) و یا مستقیم (افزایش زیست‌توده گیاه به ویژه در قسمت ریشه) است. مواد هیومیکی موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی کم‌مصرف به ویژه آهن و روی برای گیاهان می‌شوند (Khaled and Fawy, 2011). به نظر می‌رسد کاربرد کود آلی می‌تواند منجر به افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه شود.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

احتمالاً می‌توان افزایش وزن خشک ریشه را در اثر کاربرد هیومیک اسید به اثرات شبه هورمونی آن نسبت داد که موجب افزایش رشد ریشه و وزن خشک آن می‌شود. افزایش ماده خشک در اثر کاربرد عنصر روی نیز می‌تواند به علت افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش غلظت کلروفیل، کاهش تجمع سدیم و افزایش کارایی نیتروژن و فسفر باشد (Khalili Mahalleh and Roshdi, 2008).

وزن خشک گره

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی بر وزن خشک گره در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای خاک‌مصرف نشان داد که کمترین مقدار این پارامتر (۳/۵ گرم) مربوط به شاهد بود و سه تیمار خاک‌مصرف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن خشک گره در میان تیمارهای محلول‌پاشی مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی با میانگین ۴/۶ گرم و کمترین مقدار مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی با میانگین ۳/۱ گرم بود (جدول ۳). افزایش وزن خشک گره در اثر کاربرد خاکی سولفات روی توسط محققان گزارش شده است (Soleimani and Asgharzadeh, 2010).

تعداد گره

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای محلول‌پاشی در سطح یک درصد بر تعداد گره معنی‌دار شدند، در حالی‌که اثر ساده تیمارهای خاک‌مصرف و اثر متقابل تیمارهای خاک‌مصرف و محلول‌پاشی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که بیشترین تعداد گره در میان تیمارهای خاک‌مصرف مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک بود که با شاهد و سایر تیمارهای خاک‌مصرف اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در میان تیمارهای محلول‌پاشی، بیشترین تعداد گره مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی با میانگین ۱۱/۴ عدد و کمترین تعداد مربوط به تیمار بدون محلول‌پاشی (شاهد) با میانگین ۷/۴ عدد بود (جدول ۳).

محققان، بیشترین تعداد گره در بوته نخود دیم (۱۱ عدد) را در تیمار تلقیح با *ریزوبیوم* + سولفات روی خاک‌مصرف و کمترین تعداد (۶ عدد) را در تیمارهای اوره خاک‌مصرف و اوره + سولفات روی خاک‌مصرف گزارش کردند (Soleimani and Asgharzadeh, 2010). افزایش تعداد و وزن گره در بوته نخود می‌تواند نشانه افزایش فعالیت باکتری *ریزوبیوم*، افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و فراهمی آن برای گیاه و در نتیجه، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد باشد. اگرچه ریشه نخود توانایی تثبیت نیتروژن را دارد، اما مقایسه تعداد گره روی ریشه در سطوح مختلف کود حیوانی (۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) نشان داد که کمترین تعداد گره مربوط به شرایط عدم مصرف کود آلی بود (Janmohammadi et al., 2018). ریزمغذی‌ها نیز برای فرآیند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن ضروری هستند و بنابراین، بین کودهای آلی و معدنی می‌تواند اثرات هم‌افزایی وجود داشته باشد (Janmohammadi et al., 2018). با این حال، سرنوشت زیست محیطی ریزمغذی‌ها و فراهمی آن‌ها برای گیاهان توسط متغیرهای مختلف خاک مانند pH، ماده آلی، کربنات کلسیم و ظرفیت تبادل کاتیونی کنترل می‌شود (Najafi-Ghiri et al., 2013).

عملکرد بیولوژیکی

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیکی نخود در سطح یک درصد معنی‌دار شدند، اما اثر متقابل معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای خاک‌مصرف نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی در میان تیمارهای خاک‌مصرف در تیمار سولفات روی + اسید هیومیک با مقدار ۳۲۵۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به عدم خاک‌مصرف، ۳۰ درصد افزایش پیدا کرد (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیکی در بین تیمارهای محلول‌پاشی مربوط به تیمار سولفات روی + اسید

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

هیومیک قبل و بعد از گلدهی با میانگین ۳۳۶۵ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به عدم محلول‌پاشی، ۳۲ درصد افزایش داشت (جدول ۳). پارامترهای مؤثر بر افزایش عملکرد بیولوژیکی در تیمارهای خاک‌مصرف و محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه بودند (جداول ۲ و ۳).

محلول‌پاشی با اسید هیومیک بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت گیاه نخود اثر معنی‌داری دارد (Rasaei et al., 2012). محققان گزارش کردند که محلول‌پاشی با اسید هیومیک در فازهای رویشی و زایشی به طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیکی نخود دیم را تحت تأثیر قرار داد (Shabani and Armin, 2017). نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تیمار محلول‌پاشی با اسید هیومیک بدون اختلاط با اوره و کمترین عملکرد در تیمار اختلاط ٪۷۵ اوره + ٪۲۵ اسید هیومیک به دست آمد. اسید هیومیک با تأثیرات مثبت فیزیولوژیک مانند افزایش متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش مقدار کلروفیل برگ و افزایش کارایی بافت‌های فتوسنتز کننده موجب افزایش عملکرد می‌گردد (Gad El-Hak et al., 2012). محلول‌پاشی با اسید هیومیک منجر به افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها در اندام‌های هوایی گیاه می‌شود که به ریشه و سپس، به ریزوسفر منتقل می‌شوند. در اثر این فرایند، فعالیت میکروبی در محیط اطراف ریشه افزایش می‌یابد و منجر به افزایش تولید اسیدهای آلی و فراهمی عناصر غذایی برای گیاه می‌گردد (Sassi-Aydi et al., 2014). نتایج یک مطالعه نشان داد که اثر محلول‌پاشی با سطوح مختلف سولفات روی (۱۲، ۲۴ و ۳۶ گرم در لیتر) بر عملکرد بیولوژیکی نخود دیم بهاره رقم هاشم در سطح یک درصد معنی‌دار شد و بیشترین مقدار عملکرد مربوط به محلول‌پاشی با مقدار ۳۶ گرم در لیتر سولفات روی بود (Borzabadi and Farahani, 2012). اسید هیومیک هورمون‌هایی را فعال می‌کند که نفوذپذیری ریشه را افزایش می‌دهند و در نتیجه به سازماندهی رشد گیاه و تنظیم پاسخ آن به شرایط محیطی کمک می‌کنند و منجر به بهبود عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی گیاه می‌شوند (Roudgarnejad et al., 2021).

عملکرد دانه

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شدند، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین تیمارهای خاک‌مصرف نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه (۱۲۷۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک و کمترین مقدار (۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به عدم خاک‌مصرف بود (جدول ۲). به این ترتیب، مصرف خاکی اسید هیومیک + سولفات روی منجر به افزایش ۳۴ درصدی در عملکرد دانه نسبت به عدم مصرف آن‌ها شد. در میان تیمارهای محلول‌پاشی، بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی با میانگین ۱۴۳۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار مربوط به عدم محلول‌پاشی با میانگین ۹۲۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). افزایش عملکرد دانه در تیمارهای خاک‌مصرف و محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک تحت تأثیر افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه قرار داشت (جداول ۲ و ۳).

نتایج یک پژوهش نشان داد که مصرف خاکی اسید هیومیک نسبت به محلول‌پاشی آن اثرات سودمند بیشتری بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود داشت؛ به نحوی‌که مصرف خاکی ۱۵ یا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری با مصرف ۴۵ میلی‌گرم در لیتر این کود به صورت محلول‌پاشی نداشت. همچنین، مصرف اسید هیومیک موجب افزایش عملکرد دانه و تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته نخود شد و بیشترین غلظت پتاسیم، فسفر و آهن نیز با مصرف خاکی ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به دست آمد (Khan et al., 2013). در یک مطالعه، بیشترین عملکرد دانه (۱۰۲۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۲۲۰۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تلقیح بذر نخود با *ریزوبیوم* همراه با مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی گزارش شدند که نسبت به شاهد به ترتیب ۴۹ و ۳۵ درصد افزایش داشتند (Soleimani and Asgharzadeh, 2010). محققان نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی با

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

۱۰۰٪ اسید هیومیک بدون اختلاط با اوره در مراحل رویشی و گلدهی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی با اختلاط ۷۵٪ اسید هیومیک + ۲۵٪ اوره نداشت (Shabani and Armin, 2017). کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول‌پاشی موجب افزایش غلظت ترکیباتی مانند بتا کاروتن، سوپر اکسید دیسموتاز و اسید آسکوربیک در گیاه می‌شود که نقش بسیار مهم در تنظیم فازهای رویشی و زایشی گیاه، افزایش مقاومت نسبت به تنش‌های محیطی و در نتیجه، افزایش عملکرد گیاه دارند (El-Ghamry et al., 2009). بنابراین، محلول‌پاشی با اسید هیومیک در مراحل حساس رشد و رهاسازی تدریجی مواد مغذی منجر به افزایش پتانسیل تولید جذب در گیاه می‌شود و از آنجا که دانه‌ها ذخایر اصلی در گیاه هستند، افزایش نسبت دانه به زیست‌توده کل دور از انتظار نیست. محققان نشان دادند که محلول‌پاشی با سولفات روی به میزان شش کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه نخود از ۱۲۲۴ به ۱۳۸۴ کیلوگرم در هکتار شد (Dadkhah et al., 2015). روی با فعال‌سازی آنزیم‌های‌کاهنده گونه‌های فعال اکسیژن موجب افزایش پایداری غشای سلولی، انباشت متابولیت‌های ثانویه مانند پرولین و قندهای محلول، افزایش غلظت کلروفیل و افزایش فعالیت فسفواینول پیروات کربوکسیلاز و ریبلوز بیس فسفات کربوکسیلاز (روبیسکو) می‌شود و در نتیجه، می‌تواند میزان فتوسنتز و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار دهد (Ravi et al., 2008).

شاخص برداشت

شاخص برداشت نشان دهنده چگونگی و کارایی توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی (دانه) و عملکرد بیولوژیکی است. تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای محلول‌پاشی بر شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار شد، در حالی‌که اثر ساده تیمارهای خاک‌مصرف و اثر متقابل تیمارهای خاک‌مصرف و محلول‌پاشی بر این پارامتر معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با عدد ۴۲/۷ درصد مربوط به تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی و کمترین مقدار مربوط به تیمار محلول‌پاشی با اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی بود (جدول ۳). در یک مطالعه، بیشترین شاخص برداشت نخود دیم در شرایط عدم مصرف کود (شاهد) گزارش شد و دلیل آن، افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیکی در تیمارهای کاربرد کود حیوانی و ریزمغذی‌ها (آهن و روی) عنوان گردید (Janmohammadi et al., 2018). یکی از دلایلی که کودهای آلی موجب افزایش شاخص برداشت، عملکرد دانه و یا عملکرد بیولوژیکی می‌شوند، افزایش حلالیت ترکیبات غیر محلول حاوی عناصر غذایی مانند فسفر، آهن، منگنز و روی و افزایش فراهمی آن‌ها برای گیاه می‌باشد. محققان گزارش کردند که عملکرد دانه و شاخص برداشت نخود با مصرف خاکی اسید هیومیک افزایش پیدا کرد و بیشترین مقادیر این پارامترها در بالاترین سطح کاربرد آن (پنج کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (Abhari and Gholinezhad, 2019). نتایج یک مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی با اسید هیومیک در مراحل مختلف رشد باقلا اثرات متفاوتی بر افزایش ارتفاع بوته، عملکرد دانه، پروتئین دانه و صفات کیفی دانه داشت و بیشترین افزایش در صفات رشدی و عملکردی در تیمار محلول‌پاشی در اواسط فاز رویشی گیاه رخ داد. همچنین، افزایش میزان مصرف اسید هیومیک از ۲۰۰ به ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر بهبود صفات اندازه‌گیری شده تأثیری نداشت (Roudgarnejad et al., 2021).

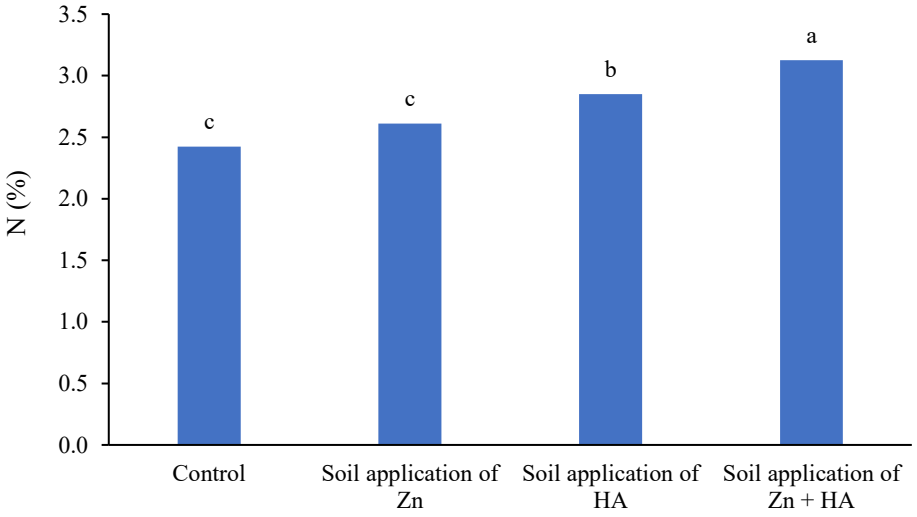
صفات فیزیولوژیک

نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی در سطح یک درصد بر مقدار نیتروژن دانه معنی‌دار شدند، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین درصد نیتروژن دانه در میان تیمارهای خاک‌مصرف مربوط به تیمار سولفات روی + اسید هیومیک (شکل ۲) و در میان تیمارهای محلول‌پاشی مربوط به تیمار اسید هیومیک قبل و

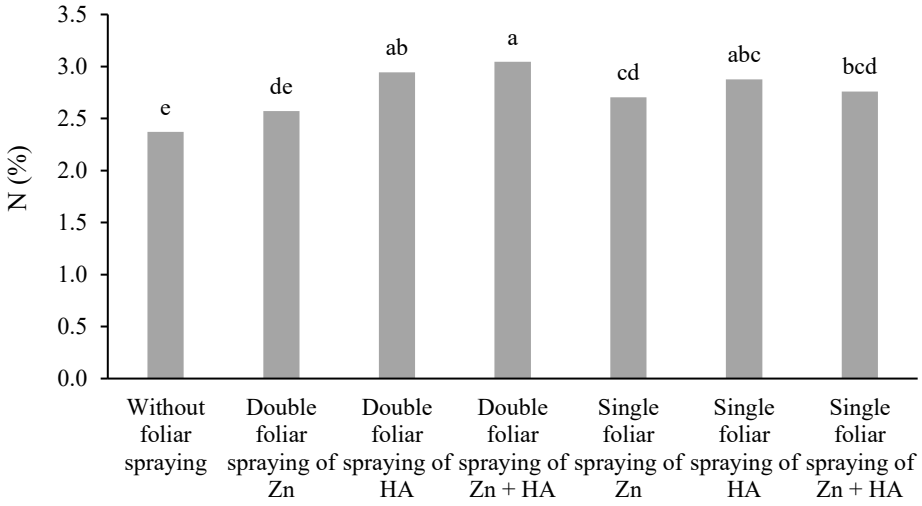
نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]



شکل ۲. مقایسه میانگین درصد نیتروژن دانه تحت اثر تیمارهای خاک‌مصرف سولفات روی و اسید هیومیک (Zn: سولفات روی؛ HA: اسید هیومیک)؛ حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p\leq0.05$) بر اساس آزمون LSD هستند.

Fig. 2. Comparison of means of grain nitrogen percentage under the influence of soil application of zinc sulfate and humic acid (Zn: Zinc sulfate; HA: Humic acid); Dissimilar letters in each column indicate significant difference according to LDS test, $p\leq0.05$.



شکل ۳. مقایسه میانگین درصد نیتروژن دانه تحت اثر تیمارهای محلول‌پاشی با سولفات روی و اسید هیومیک (Zn: سولفات روی؛ HA: اسید هیومیک)؛ حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p\leq0.05$) بر اساس آزمون LSD هستند.

Fig. 3. Comparison of means of grain nitrogen percentage under the influence of foliar spraying of zinc sulfate and humic acid (Zn: Zinc sulfate; HA: Humic acid); Dissimilar letters in each column indicate significant difference according to LDS test, $p\leq0.05$.

بعد از گلدهی (شکل ۳) بود. مقدار نیتروژن دانه در دامنه ۳/۶–۲/۱ درصد قرار داشت و بر اساس تلفیق تیمارهای خاک‌مصرف و محلول‌پاشی، بیشترین درصد نیتروژن دانه در تیمار خاک‌مصرف سولفات روی + اسید هیومیک همراه با محلول‌پاشی با اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی و کمترین مقدار در شاهد به دست آمد.

اسید هیومیک با افزایش کارایی سیستم ریشه‌ای در گیاهان منجر به افزایش جذب نیتروژن و جلوگیری از اتلاف آن از خاک

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

می‌گردد. همچنین، اسید هیومیک می‌تواند جذب عناصر غذایی مانند پتاسیم، کلسیم، فسفر و آهن را افزایش دهد و منجر به بهبود تعادل غذایی گیاه، جذب کودها، رشد ریشه، اندام هوایی و عملکرد گیاه گردد. اسید هیومیک با فعال‌سازی پمپ پروتونی و افزایش نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه موجب بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود (Tan, 2003). از سوی دیگر، محققان، درصد نیتروژن در دانه نخود دیم را تحت تأثیر تیمارهای تلقیح بذر و مصرف اوره و سولفات روی در دامنه ۳/۷-۳/۱ درصد گزارش کردند و کمترین و بیشترین مقدار را به ترتیب برای شاهد و تیمار اوره + سولفات روی به دست آوردند (Soleimani and Asgharzadeh, 2010).

فسفر و پتاسیم دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی بر میزان فسفر دانه معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار فسفر دانه (۰/۳۸ درصد) مربوط به تیمار خاک‌مصرف اسید هیومیک همراه با محلول‌پاشی با اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی بود که بر اساس آزمون LSD با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. محققان، افزایش جذب فسفر در گیاه را از طریق کاربرد اسید هیومیک به میزان ۲ گرم در کیلوگرم خاک و محلول‌پاشی آن به میزان ۰/۱ درصد نشان دادند (Khaled and Fawy, 2011). همچنین، گزارش شده است که اسید هیومیک در سازگاری گیاهان نسبت به فراهمی فسفر نقش دارد (Jindo et al., 2016).

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که مقدار پتاسیم دانه به طور معنی‌دار تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی قرار نگرفت. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف نشان داد که بیشترین مقدار پتاسیم دانه (۱/۱۴ درصد) مربوط به تیمار خاک‌مصرف اسید هیومیک بدون محلول‌پاشی و کمترین مقدار (۰/۷۹ درصد) مربوط به شاهد بود که بر اساس آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ($p \leq$ ۰/۰۵). اسید هیومیک به دلیل داشتن گروه‌های عاملی کربوکسیل و اثر کلات کنندگی می‌تواند موجب رهاسازی پتاسیم تثبیت شده و افزایش فراهمی آن برای گیاه شود (Rousta and Enayati, 2019).

روی دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف کودی بر میزان روی دانه معنی‌دار نبودند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار روی دانه (۲/۹۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در تیمار خاک‌مصرف سولفات روی همراه با محلول‌پاشی با سولفات روی قبل و بعد از گلدهی و کمترین مقدار (۱/۸۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در شاهد به دست آمد که بر اساس آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ($p \leq$ ۰/۰۵). این نتیجه نشان می‌دهد که امکان غنی‌سازی روی در دانه نخود با کاربرد سولفات روی به صورت خاک‌مصرف و محلول‌پاشی امکان‌پذیر است. محققان، بیشترین مقدار روی در دانه نخود دیم (۴/۳۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) را در تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به دست آوردند که ۳۸/۵ درصد نسبت به شاهد (۳/۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) افزایش داشت. مقدار روی دانه در تیمارهای حاوی اسید هیومیک نیز نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (Soleimani and Asgharzadeh, 2010). جذب بیشتر مس، آهن منگنز و روی با کاربرد خاک‌مصرف و محلول‌پاشی اسید هیومیک ممکن است به توسعه بهتر ریشه، کلات شدن یون‌های فلزی با اسید هیومیک و دپلیمریزاسیون ترکیبات پیچیده با وزن مولکولی بالا مانند اسید هیومیک با ترشحات ریشه و آنزیم‌های موجود در خاک نسبت داده شود (Shreelatha et al., 2020).

پروتئین دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، میزان پروتئین دانه به طور معنی‌دار تحت تأثیر اثرات ساده تیمارهای مختلف خاک‌مصرف و محلول‌پاشی قرار گرفت ($p \leq$ ۰/۰۱) ، در حالی‌که اثر متقابل تیمارها بر این پارامتر معنی‌دار نبود. مقدار پروتئین دانه در دامنه

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

۹/۵–۱۲/۲۲ درصد قرار داشت و روند تغییرات آن در میان تیمارهای مختلف همانند نیتروژن بود. محققان گزارش کردند که مقدار ترکیبات بیوشیمیایی مانند کلروفیل، قند، پروتئین و اسیدهای آمینه آزاد و فنل‌های محلول در شاخ و برگ و غلاف نخود در اثر کاربرد اسید هیومیک افزایش پیدا کرد (Khan et al., 2013). نتیجه یک مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی نخود با اسید هیومیک سبب افزایش اندازه و تعداد غلاف، وزن غلاف و مقدار کلروفیل و پروتئین به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه گردید (El-Bassiony et al., 2010). مقدار پروتئین دانه نخود دیم در یک مطالعه در دامنه ۱۹/۴–۲۳/۱ درصد به دست آمد که بیشترین مقدار مربوط به تیمار اوره + سولفات روی و کمترین مقدار مربوط به شاهد بود (Soleimani and Asgharzadeh, 2010). مقدار پروتئین دانه نخود آبی بهاره در شرایط کاربرد سطوح ۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار به ترتیب ۲۱/۷۲، ۲۲/۲۰، ۲۵/۸۸ و ۲۰/۵۶ درصد گزارش شده است (Kahraman, 2020). بر آن اساس، مصرف بیش از حد اسید هیومیک مؤثر نبود، در حالی‌که دوزهای پایین‌تر باعث افزایش مقدار پروتئین دانه‌های نخود شد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در بین تیمارهای خاک‌مصرف، کاربرد همزمان سولفات روی و اسید هیومیک و در بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی، کاربرد دو مرحله‌ای آن‌ها (قبل و بعد از گلدهی)، بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود داشتند. عملکرد دانه در این تیمارها به ترتیب به میزان ۳۴ و ۵۵ درصد و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب به میزان ۳۰ و ۳۲ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کردند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر محلول‌پاشی بر افزایش عملکرد بیشتر از مصرفی خاکی سولفات روی و اسید هیومیک بوده است. اگرچه اثر متقابل تیمارهای خاک‌مصرف و محلول‌پاشی بر عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار نبود، بیشترین مقدار عملکرد از طریق مصرف همزمان خاکی و محلول‌پاشی سولفات روی + اسید هیومیک قبل و بعد از گلدهی به دست آمد. نیاز به آگاهی روزافزون در زمینه اصلاح مدیریت تغذیه در سیستم تولید نخود در مناطق نیمه‌خشک از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی با کودهای آلی وجود دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد تلفیقی ریزمغذی‌ها و کودهای آلی می‌تواند منجر به افزایش کمیت و کیفیت نخود دیم شود.

تشکر و سپاسگزاری

در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

References

1. Abhari, A., Gholinezhad, E., 2019. Effect of humic acid on grain yield and yield components in chickpea under different irrigation levels. J. Plant Physiol. Breed. 9(2), 19–29. https://doi.org/10.22034/jppb.2019.10441.
2. Al-Shareef, A.R., Nakhlawy, F.S., Ismail, S.M., 2018. Enhanced mung bean and water productivity under full irrigation and stress using humic acid in arid regions. Legum Res. 41(3), 428–431. https://doi.org/10.18805/LR-362.
3. Armin, M., Moslehi, J., 2013. Yield and yield components response of chickpea to time and different levels of humic acid foliar application. Agroecol. J. 8(4), 1–9. (In Persian with English abstract)
4. Ayaş, H., Gülser, F., 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach (*Spinacia Oleracea* Var. Spinoza). J. Biol. Sci. 5(6), 801–804. https://doi.org/10.3923/jbs.2005.801.804.
5. Borzabadi, V., Farahani, I., 2012. Effect of supplementary irrigation and foliar application of zinc sulfate on seed yield and its components of chickpea in Arak, Iran. J. Crop Ecophysiol. 5(20), 43–52. (In Persian with English abstract)
6. Dadkhah, N., Ebadi, A., Parmoon, G., Gholipoori, A., Jahanbakhsh, S., 2015. Effect of spraying zinc on photosynthetic pigments and grain yield of chickpea under different levels of irrigation. Iran. Dryland Agron. J. 3(2), 141–160.

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

https://doi.org/10.22092/idaj.2015.101295. (In Persian with English abstract)
7. Dawood, M.G., Abdel-Baky, Y.R., El-Awadi, M.E.S., Bakhoum, G.S., 2019. Enhancement quality and quantity of faba bean plants grown under sandy soil conditions by nicotinamide and/or humic acid application. Bull. Natl. Res. Cent. 43(1), 28. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0067-0.
8. El-Bassiony, A.M., Fawzy, Z., El-Baky, M.A., Asmaa, R., 2010. Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. Res. J. Agric. Biol. Sci. 6(2), 169–175. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103157609.
9. El-Ghamry, A.M., Abd El-Hai, K.M. Ghoneem, K.M., 2009. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. Aust. J. Basic Appl. Sci. 3(2), 731–739.
10. FAOSTAT. 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT Database. http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx.
11. 11.Gad El-Hak, S.H., Ahmed, A.M., Moustafa, Y.M.M., 2012. Effect of foliar application with two antioxidants and humic acid on growth, yield and yield components of peas (*Pisum sativum* L.). J. Hortic. Sci. Ornam. Plants 4(3), 318–328. https://doi.org/10.5829/idosi.jhsop.2012.4.3.262.
12. Graham, A., Mcdonald G.K., 2001. Effects of zinc on photosynthesis and yield of wheat under heat stress. In: Proceedings of 10th Australian Agronomy Conference, Hobart, Tasmania, Australia.
13. Heng, L. K., Cai, G., Ramana, M.V., Sachdev, M.S., Rusan, M.M., Sijali, I.V., El Mejahed, K., Mohammad, W., Sene, M., Prieto, D., Issaka, M., Moutonnet, P., 2005. The effect of soil fertility, crop management on carbon-isotope discrimination and their relationships with yield and water-use efficiency of crops in semi-arid and arid environments. In: Nutrient and water management practices for increasing crop production in rainfed arid/semi-arid areas. Proceedings of a coordinated research project, IAEA-TecDoc-1468, pp. 15–41.
14. Janmohammadi, M., Abdoli, H., Sabaghnia, N., Esmailpour, M., Aghaei, A., 2018. The effect of iron, zinc and organic fertilizer on yield of chickpea (*Cicer artietinum* L.) in mediterranean climate. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun. 66(1), 49–60. https://doi.org/10.11118/actaun201866010049.
15. Jindo, K., Soares, T.S., Peres, L.E.P., Azevedo, I.G., Aguiar, N.O., Mazzei P, Spaccini, R., Piccolo, A., Olivares, F.L., Canellas, L.P., 2016. Phosphorus speciation and high-affinity transporters are influenced by humic substances. J. Plant Nutr. Soil Sci. 179(2), 206–214. https://doi.org/10.1002/jpln.201500228.
16. Jones, J.B., 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis, CRC Press, Boca Raton. https://doi.org/10.1201/9781420025293.
17. Kahraman, A., 2020. Managing the humic acid Fertilizing of chickpea and protein status. Selcuk J. Agric. Food Sci. 34(1), 107–110. https://doi.org/10.15316/SJAFS.2020.202.
18. Khaled, H., Fawy, H.A., 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil Water Res. 6(1), 21–29. https://doi.org/10.17221/4/2010-SWR.
19. Khalili Mahalleh, J., Roshdi, M., 2008. Effect of foliar application of micro nutrients on quantitative and qualitative characteristics of 704 silage corn in Khoy. Seed Plant J. 24(2), 281–293. https://doi.org/10.22092/spij.2017.110804. (In Persian with English abstract)
20. Khan, A., Khan, M., Hussain, F., Akhtar, M., Gurmani, A., Khan, S., 2013. Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.). J. Chem. Soc. Pak. 35(1), 206–211.
21. Liu, C., Cooper, R.J., 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. Golf Course Manag. 68(10), 49–53.
22. Lotfollahi, M., Nezami, M.T., Satari, M., Mohammadi, A., 2013. The yield of wheat affected by zinc fortified seeds. J. Agron. Plant Breed. 9(3), 81–88. (In Persian with English abstract)
23. Maleki, A., Khalesro, S., Heidari, G.R., 2021. Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of Chickpea as Affected by Biofertilizer, Nitrogen, and Humic Acid in Dryland Condition. J. Crop Prod. Process. 11(1), 83–94. http://dx.doi.org/10.47176/jcpp.11.1.35941. (In Persian with English abstract)
24. Najafi-Ghiri, M., Ghasemi-Fasaei, R. Farrokhnejad, E., 2013. Factors affecting micronutrient availability in calcareous soils of Southern Iran. Arid Land Res. Manag. 27(3), 203–215. https://doi.org/10.1080/15324982.2012.719570.
25. Rasaei, B., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., Najaphy, A., 2012. Effects of rhizobium, mycorrhiza, and humic acid on yield and some physiological traits of chickpea under supplemental irrigation in the Kermanshah region. MSc Thesis, Razi University, Kermanshah, Iran. (In Persian with English abstract)
26. Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., Dharmatti, P.R., 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L). Karnataka J. Agric. Sci. 21(3), 382–385.
27. Roudgarnejad, S., Samdeliri, M., Mirkalaei, A.M., Moghaddam, M.N., 2021. The role of humic acid application on quantitative and qualitative traits of faba bean (*Vicia faba* L.). Gesunde Pflanze, 73, 603–611.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]

https://doi.org/10.1007/s10343-021-00581-3.
28. Rousta, M.J., Enayati, K., 2019. The Effects of Humic Acid Application on Yield and Yield Components of Wheat and Some Chemical Properties of a Saline-Sodic Soil. J. Soil Manag. Sustain. Prod.. 8(4), 95-109. https://doi.org/10.22069/ejsms.2019.14096.1778. (In Persian with English abstract)
29. Rowell, D.L., 1994. Soil science: Methods and applications, Routledge, Oxfordshire. https://doi.org/10.4324/9781315844855.
30. Sassi-Aydi, S., Aydi, S., Abdelly, C., 2014. Inorganic nitrogen nutrition enhances osmotic stress tolerance in Phaseolus vulgaris: Lessons from a drought-sensitive cultivar. HortScience 49(5), 550–555. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.5.550.
31. Shabani, R., Armin, M., 2017. The effect of foliar application of urea and humic acid in rainfed conditions on yield and yield components of chickpea. Crop Sci. Res. Arid Regions 1(1), 77–88. https://doi.org/10.22034/csrar.01.01.07. (In Persian with English abstract)
32. Shreelatha, Bhat, S.N., Balanagoudar, S.R., Kmble, A.S., Rao, S., Beladhadi, R.V., 2020. Response of chickpea to application of humic acid along with vermicompost on uptake of nutrients, yield attributes and yield. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 9(1), 2306–2312. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.901.262.
33. Soleimani, R., Asgharzadeh, A., 2010. Effects of Mesorhizobium inoculation and fertilizer application on yield and yield components of rainfed chickpea. Iran. J. Pulses Res. 1(1), 1–8. https://doi.org/10.22067/ijpr.v1i1.6316. (In Persian with English abstract)
34. Tan, K.H., 2003. Humic Matter in Soil Environment: Principles and Controversies, CRC Press, New York. https://doi.org/10.1201/9780203912546.
35. Yadav, S.S., Redden, R. J., Chen, W., Sharma, B., 2007. Chickpea Breeding and Management, CABI Publishing, Oxford-shire.

نسخه پیش از انتشار

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-10-14]