



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



تأثیر کودهای معدنی روی و اسیدهای آمینه با روی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی کاهو در

سیستم کشت هیدروپونیک

راضیه خورابلو^۱، میرحسن رسولی صدقیانی^{۲*}، آتنا میربلوک^۳، میناعلیخانی مقدم^۳

^۱ و ^۲ - گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه * m.rsadaghiani@urmia.ac.ir

^۳ - گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

در این مطالعه، تأثیر کودهای معدنی و اسیدهای آمینه حاوی روی شامل سولفات روی ($ZnSO_4$)، روی-آلانین ($Zn-Ala$)، روی-گلیسین ($Zn-Gly$) و روی کلات‌شده با EDTA ($Zn-EDTA$) و تیمار شاهد بر ویژگی‌های مورفولوژیکی کاهو (*Lactuca sativa*) در سیستم هیدروپونیک بررسی شد. هدف اصلی مطالعه ارزیابی تأثیر این تیمارها بر طول اندام هوایی، طول بوته، وزن تر اندام هوایی و وزن تر کل بوته بود. آزمایش به صورت کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارها اثر معنی‌داری ($p < 0.01$) بر طول اندام هوایی، طول بوته، وزن تر اندام هوایی و وزن تر کل بوته داشتند، در حالی که تأثیر قابل توجهی بر طول و وزن تر ریشه مشاهده نشد. بیشترین افزایش در تمامی صفات مورد بررسی مربوط به تیمار $Zn-Ala$ بود که نشان‌دهنده اثر مثبت اسید آمینه آلانین در همراهی با روی در بهبود رشد هوایی و عملکرد کلی کاهو است. این نتایج بیانگر اهمیت کاربرد کودهای حاوی اسیدهای آمینه کلات‌شده در کشت هیدروپونیک به منظور افزایش بهره‌وری و کیفیت محصول می‌باشد. در نهایت، استفاده از کودهای $Zn-Gly$ و $Zn-Ala$ به عنوان جایگزین‌های مؤثر و زیست‌سازگار برای بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی کاهو پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آمینه، روی، کشت هیدروپونیک، کودهای کلات‌شده، مورفولوژی کاهو

مقدمه

کودهای حاوی روی از عناصر کم‌مصرف با نقش‌های مهم در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان هستند که می‌توانند کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی را بهبود بخشند (Blanco and Lal, 2008). در سیستم‌های هیدروپونیک، تأمین بهینه مواد مغذی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا گیاهان مستقیماً از محلول غذایی جذب می‌کنند و هر گونه عدم تعادل می‌تواند رشد و توسعه آن‌ها را مختل سازد (محمدی و کاظمی، ۱۴۰۱). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که استفاده از کودهای کلات‌شده روی همراه با اسیدهای آمینه، مانند روی-آلانین و روی-گلیسین، جذب و انتقال روی را در گیاهان بهبود داده و باعث افزایش رشد اندام‌های هوایی می‌شود (Zhang et al., 2022; Liu et al., 2021). اما اکثر پژوهش‌ها عمدتاً بر کشت خاکی تمرکز داشته‌اند و اطلاعات اندکی در خصوص تأثیر کودهای معدنی و اسیدهای آمینه روی در کشت هیدروپونیک کاهو موجود است (حسینی و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به رشد روزافزون کشت‌های هیدروپونیک و نیاز به افزایش بهره‌وری و کیفیت محصولات، بررسی تأثیر انواع کودهای روی در این سیستم‌ها ضروری است. این پژوهش در جهت پرکردن این خلأ دانش و با هدف مقایسه تأثیر سولفات روی، روی-آلانین، روی-گلیسین و روی کلات‌شده با EDTA بر ویژگی‌های مورفولوژیکی کاهو در سیستم هیدروپونیک انجام



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



شده است. وجه تمایز این مطالعه در کاربرد همزمان کودهای معدنی و اسیدهای آمینه کلات شده در کشت بدون خاک و بررسی اثرات آن بر رشد و عملکرد کاهو است که می تواند به بهبود فرایندهای مدیریتی در کشاورزی مدرن کمک کند.

مواد و روش ها

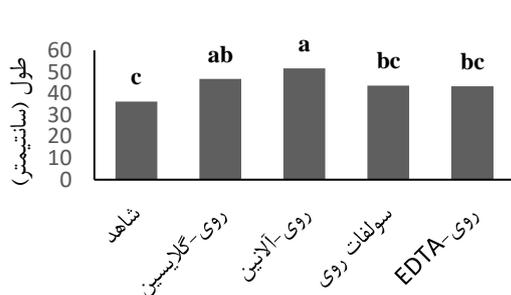
این پژوهش به منظور بررسی تأثیر اشکال مختلف عنصر روی بر ویژگی های مرفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه کاهوی فرانسوی (*Lactuca sativa L.*) در قالب یک آزمایش گلخانه ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در تابستان ۱۴۰۲ انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار غذایی شامل شاهد (بدون کاربرد روی)، گلاپسین-روی، آلانین-روی، سولفات روی و کلات EDTA-روی و در سه تکرار اجرا شد. سیستم کشت مورد استفاده از نوع هیدروپونیک کشت در محلول غذایی با هوادهی (Deep Water Culture; DWC) بود. برای این منظور، از ظروف درسته ای استفاده شد که محلول های غذایی شامل ترکیبات مورد نظر در آن ها ریخته شده و به وسیله شیلنگ به پمپ هوای برقی متصل بودند تا اکسیژن رسانی مداوم به ریشه ها انجام گیرد. شاخص های محیطی شامل نور، دما و رطوبت در طول دوره ی رشد کنترل شده و یکنواخت نگه داشته شدند. هدایت الکتریکی محلول غذایی حدود ۱۳/۵ میلی زیمنس بر سانتی متر و pH بین ۵/۶ تا ۵/۸ تنظیم گردید. مدت زمان کشت دو ماه و نیم، از اواخر خرداد تا اوایل شهریور ۱۴۰۲ بود. در پایان دوره رشد، برداشت از بافت های زنده و تازه ی گیاه صورت گرفت و صفات مرفولوژیکی شامل طول بوته، وزن تر اندام هوایی، وزن تر کل بوته، و سایر شاخص ها با استفاده از خط کش (دقت میلی متر) و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شدند. همچنین نمونه هایی جهت سنجش صفات بیوشیمیایی نظیر محتوای کلروفیل، قند محلول و فعالیت آنزیم کاتالاز جداسازی و آنالیز شدند. تحلیل آماری داده ها با نرم افزار SAS و با استفاده از آزمون تجزیه واریانس انجام شد. مقایسه میانگین ها به وسیله ی آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

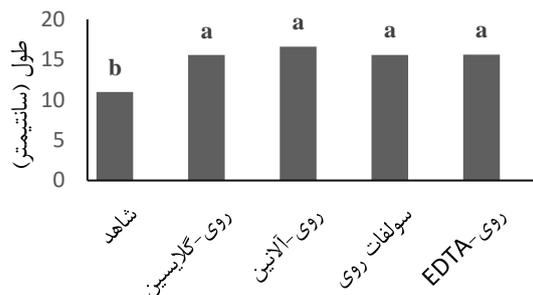
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر ویژگیهای مرفولوژیکی گیاه کاهو

منابع تغییرات	درجه آزادی تیمار	درجه آزادی خطا	طول اندام هوایی	طول ریشه	طول بوته	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن تر بوته
میانگین مربعات								
تیمارهای کلات روی	۴	۱۰	۷/۸۲۰**	۲۵/۰۱۱ ^{ns}	۵۲/۹۱۱**	۵۶۴۷/۹۵۱**	۴۵/۰۲۶ ^{ns}	۶۵۵۳/۳۱**
ضریب تغییرات (درصد)	-	-	۶/۰۰	۱۰/۷۵	۶/۶۹	۵/۷۲	۱۳/۱۲	۶/۰۳

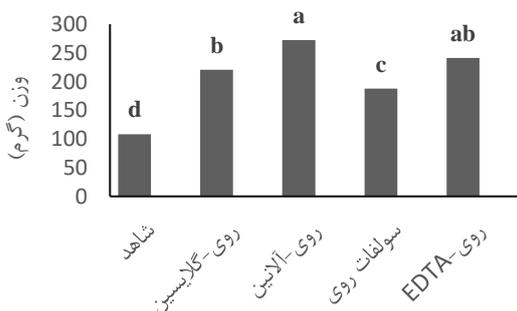
ns, * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی داری در سطح احتمال یک درصد



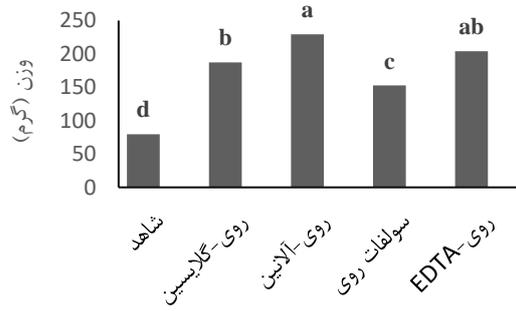
شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین طول بوته تحت تیمارهای مختلف کلات روی



شکل ۱- نمودار مقایسه میانگین طول اندام هوایی تحت تیمارهای مختلف کلات روی



شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین وزن تر بوته تحت تیمارهای مختلف کلات روی



شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین وزن تر اندام هوایی تحت تیمارهای مختلف کلات روی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد ترکیبات مختلف روی، به‌ویژه در قالب کلات با اسیدهای آمینه، اثرات متفاوتی بر صفات مورفولوژیکی کاهو در سیستم کشت هیدروپونیک داشت. به‌طور کلی، تیمار Zn-Ala در اغلب صفات بررسی شده عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها و شاهد نشان داد، به‌طوری که در برخی صفات مانند وزن تر اندام هوایی و طول بوته، تا حدود ۴۰ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد.

صفات طول اندام هوایی و طول بوته

در صفات طول اندام هوایی و طول بوته، تیمار Zn-Ala با میانگین به‌ترتیب ۱۶/۶۰ و ۵۱/۶۰ سانتی‌متر، افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد (۱۱ و ۳۶/۲۷ سانتی‌متر) نشان داد (شکل ۱ و ۲). بهبود این صفات در حضور Zn-Ala می‌تواند ناشی از افزایش دسترسی روی برای گیاه، به‌ویژه در حضور آلانین باشد که جذب عنصر را از طریق ریشه و انتقال به اندام هوایی تسهیل می‌کند.



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



(Blanco and Lal, 2008; Rehman et al., 2018). روی نقش حیاتی در تنظیم رشد سلولی، ساخت آنزیمها، سنتز اسیدهای آمینه و اکسین دارد و به ویژه در مراحل تقسیم و طویل شدن سلولی مؤثر است. (Mousavi et al., 2013; Broadley et al., 2007). مطالعات پیشین نیز چنین اثراتی را تأیید کرده اند؛ به عنوان مثال، شمسی محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۳) افزایش طول بوته ختمی را در پی مصرف نانوکلات روی گزارش کردند. همچنین صفوی و همکاران (۱۳۹۲) روی گیاه ریحان و خدادادی و همکاران (۱۴۰۰) روی لوبیا نتایج مشابهی را یافتند.

صفات وزن تر اندام هوایی و وزن تر بوته

در صفات وزن تر اندام هوایی و وزن تر کل بوته، بیشترین میزان مربوط به تیمار Zn-Ala با ۲۲۹/۱۵ و ۲۷۲/۳۴ گرم بود که نسبت به شاهد (به ترتیب ۷۹/۷۵ و ۱۰۸/۳۶ گرم) اختلافی چشمگیر داشت (شکل ۳ و ۴). این افزایش چشمگیر (حدود ۴۰ درصد) نشان دهنده توان بالای ترکیب Zn-Ala در بهبود عملکرد زیستی کاهو در شرایط کشت بدون خاک است. افزایش وزن تر در حضور Zn-Ala احتمالاً نتیجه بهبود سنتز کلروفیل، افزایش فتوسنتز، و در نهایت تجمع بیشتر ماده خشک در بافت های هوایی است (Fageria and Baligar, 2005; Rehman et al., 2018). فلاح زاده و همکاران (۱۳۹۴) در گیاه کاسنی و حیدری و همکاران (۱۳۹۷) در اسفناج نیز افزایش وزن تر را در نتیجه مصرف کودهای کلاتی روی گزارش کردند. نتایج پژوهش حاضر از منظر علمی با یافته های (Blanco and Lal (2008) و Mousavi و همکاران (۲۰۱۳) هم راستا است که روی را یکی از عناصر حیاتی در بهبود رشد و عملکرد گیاهان معرفی کرده اند.

صفات طول ریشه و وزن تر ریشه

در صفات طول ریشه و وزن تر ریشه تفاوت معنی داری میان تیمارهای مختلف مشاهده نشد. به نظر می رسد که زمان اجرای آزمایش، نوع گیاه، و حساسیت کمتر ریشه نسبت به فاز هوایی در دریافت روی از محلول غذایی، می تواند از دلایل اصلی نبود تفاوت آماری باشد. چنین نتایجی در مطالعات مشابه نیز گزارش شده است. برای مثال، Mousavi و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر روی بر گندم اشاره کردند که اثرات تیمار روی بر اندام های هوایی اغلب محسوس تر از اندام های زیرزمینی است. همچنین شمسی محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۳) در مورد ختمی نیز تفاوت آماری معنی داری در طول ریشه مشاهده نکردند.

نتیجه گیری

به طور کلی، استفاده از کودهای معدنی روی به ویژه به فرم کلات آلانین (Zn-Ala) تأثیر مثبت و معنی داری بر صفات مورفولوژیکی کاهو در سیستم هیدروپونیک داشت. افزایش قابل توجه در طول اندام هوایی، طول بوته، وزن تر اندام هوایی و وزن تر کل بوته، نشان دهنده بهبود وضعیت تغذیه ای و زیستی گیاه است که می تواند منجر به افزایش عملکرد محصول شود. نبود اثر معنی دار روی طول و وزن ریشه نیز با حساسیت کمتر ریشه به دریافت عنصر روی در فاز هیدروپونیک و زمان محدود مطالعه توجیه می شود. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته های سایر محققان در گیاهان مختلف مطابقت دارد و کاربرد این نتایج می تواند در بهبود مدیریت تغذیه ای گیاهان هیدروپونیک و افزایش بازدهی کشاورزی موثر باشد.

فهرست منابع

حسینی، ر.، رضایی، ن. و احمدی، س. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر ترکیبات کلات شده روی بر کیفیت محصول سبزیجات هیدروپونیک. مجله علوم باغبانی، ۵۲(۱): ۸۹-۱۰۱.



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



حیدری، س.، رضایی، ک.، نصیری، م. (۱۳۹۷). تأثیر کودهای معدنی روی رشد و عملکرد اسفناج. نشریه علوم گیاهی، ۸(۲): ۸۷-۹۵.

خدادادی، ع.، احمدی، م.، کاظمی، ف. (۱۴۰۰). بررسی اثرات کودهای کلاتی روی رشد و عملکرد لوبیا. مجله علوم خاک و محیط زیست، ۱۲(۱): ۴۵-۵۴.

شمسی محمودآبادی، م.، رحمانی، ر.، صفوی، م. (۱۳۹۳). اثر نانوکلات روی بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد ختمی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۴(۳): ۲۲۵-۲۳۶.

فلاحزاده، ر.، بهشتی، ج.، جعفری، م. (۱۳۹۴). تأثیر کودهای کلاتی روی رشد گیاه کاسنی. پژوهش‌های کشاورزی، ۲۹(۴): ۳۲۱-۳۳۰.

صفوی، م.، رحیمی، ج.، رضایی، ن. (۱۳۹۲). تأثیر کودهای کلاتی روی بر رشد گیاه ریحان. فصلنامه علوم باغبانی، ۱۷(۲): ۱۱۲-۱۱۹.

محمدی، ع. و کاظمی، م. (۱۴۰۱). تأثیر کودهای معدنی و اسیدهای آمینه بر رشد و عملکرد کاهو در کشت هیدروپونیک. فصلنامه پژوهش‌های کشاورزی، ۳۷(۲): ۴۵-۵۶.

Blanco, H., Lal, R. (2008). Principles of Soil Conservation and Management. Springer, USA. 617 p.

Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist*, 173(4), 677-702.

Fageria, N. K., Baligar, V. C. (2005). Enhancing nutrient use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88, 97-185.

Liu, J., Chen, M., et al. (2021). Comparative study of zinc sulfate and zinc amino acid chelates on plant growth and stress tolerance in hydroponic culture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(14): 4050-4058.

Mousavi, S. F., et al. (2013). The effects of zinc on wheat growth and physiology. *Plant Science*, 21(5), 477-485.

Rehman, A., Tariq, M., Ali, S., Bibi, N., Wang, W., Shahzad, M. K., & Raza, M. A. (2018). Zinc oxide nanoparticles improved morpho-physiological growth, antioxidant system and yield of tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 41(10), 1392-1404.

Zhang, Y., Wang, X., et al. (2022). Effects of amino acid-chelated zinc on nutrient uptake and growth of lettuce in hydroponic systems. *Plant Nutrition and Soil Science*, 185(3): 456-468.



19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



"The Effect of Zinc Mineral Fertilizers and Zinc-Amino Acid Chelates on Morphological Characteristics of Lettuce in a Hydroponic System

Razieh Khorabloo¹, MirHassan Rasouli-Sadaghiani^{2*}, Atena Mirbolook³, Mina Alikhani Moghadam³

1,2- Dept of Soil science, Faculty of Agriculture, Urmia University

3- Dept of Soil Sci, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashad

Abstract

In this study, the effects of zinc-containing mineral fertilizers and amino acids, including zinc sulfate ($ZnSO_4$), zinc-alanine (Zn-Ala), zinc-glycine (Zn-Gly), and zinc chelated with EDTA (Zn-EDTA), along with a control treatment, were investigated on the morphological characteristics of lettuce (*Lactuca sativa*) grown in a hydroponic system. The main objective was to evaluate the effects of these treatments on shoot length, plant height, shoot fresh weight, and total fresh weight of the plant. The experiment was conducted in a completely randomized design with five treatments and three replications. Analysis of variance showed that the treatments had a significant effect ($p < 0.01$) on shoot length, plant height, shoot fresh weight, and total fresh weight, while no significant effect was observed on root length and root fresh weight. The highest increase in all studied traits was related to the Zn-Ala treatment, indicating the positive effect of alanine in combination with zinc on aerial growth and overall lettuce performance. These findings highlight the importance of using amino acid-chelated zinc fertilizers in hydroponic cultivation to enhance productivity and crop quality. Ultimately, the use of Zn-Ala and Zn-Gly fertilizers is recommended as effective and eco-friendly alternatives to improve the morphological characteristics of lettuce.

Keywords: Zinc, Chelated fertilizers, Amino acids, Hydroponic cultivation, Lettuce morphology