



Effects of Organic and Chemical Fertilizer Management on Yield and Qualitative Traits of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Ahvaz Climate

Mohamad Hasani Nasab¹ | Esfandiar Fateh^{2✉} | Amir Aynehband³ | Ali Monsefi⁴ | Koroush Behnam Far⁵

1. Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: m-hasaninasab@stu.scu.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: e.fateh@scu.ac.ir
3. Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: ayneband@scu.ac.ir
4. Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: a.monsefi@scu.ac.ir
5. Forests and Pastures Research Department of Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Ahvaz, Iran. E-mail: k.behnamfar@areeo.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Objective: This study aimed to investigate the effects of combined application of NPK chemical fertilizers and organic fertilizers on the yield traits and quantitative characteristics of the hibiscus plant during the 2022-2023 agricultural year at the research farm of the Agricultural and Natural Resources Research Center in Khuzestan Province, Ahvaz.
Article history: Received 14 June 2024 Received in revised form 23 December 2024 Accepted 30 May 2025 Published online 27 June 2025	Method: The experiment was conducted using a split-split plot design within a randomized complete block design with three replications. The treatments included four levels of chemical fertilizers (N0-P0-K0, N75-P50-K50, N150-P75-K75, and N225-P100-K100) and four levels of organic fertilizers (no organic fertilizer, humic acid, vermicompost, and a combination of humic acid + vermicompost).
Keywords: Anthocyanin Biological yield Humic acid Vermicompost	Results: Analysis of variance indicated significant main effects of chemical fertilizer, organic fertilizer, and their interaction on all measured traits in roselle. Post hoc comparisons using LSD test ($\alpha=0.05$) revealed that the combination of N100-P100-K225 with humic acid + vermicompost produced the highest values for most traits, except for seed oil percentage, which was comparable to the N150-P75-K75+ humic acid+ vermicompost treatment for seed dry weight. No significant differences were observed among treatment combinations for aerial parts, number of seeds per boll, 1000-seed weight, sepals per boll, antioxidant capacity of sepals, and biological yield. The lowest trait values were associated with the control treatment (N0-P0-K0) without organic fertilizer. The combined use of organic and chemical fertilizers was found to be compatible and synergistic, providing optimal conditions for plant growth.
	Conclusions: The findings underscore the significant influence of NPK fertilizer levels on measured traits, with organic fertilizer effects being comparatively less pronounced. Both chemical and organic fertilizers—individually and in combination—improved the growth, yield, and quality of roselle. The integrated use of chemical and organic fertilizers not only reduces production costs but also enhances crop quality while promoting soil health, biodiversity, and sustainability. Organic fertilizers improve soil physical and chemical properties, stimulate root development, and promote the activity of growth-promoting bacteria, thereby increasing nutrient availability. Continuous mineral supply further supports plant development, fruiting, and product quality.

Cite this article: Hasani Nasab, M., Fateh, E., Aynehband, A., Monsefi, A., & Behnam Far, K. (2025). Effects of Organic and Chemical Fertilizer Management on Yield and Qualitative Traits of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Ahvaz Climate. *Journal of Crops Improvement*, 27 (2), 315-336. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.378013.2889>





بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی روی عملکرد و ویژگی‌های کمی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب‌وهوایی اهواز

محمد حسینی نسب^۱ | اسفندیار فاتح^۲ | امیر آینه‌بند^۳ | علی منصفی^۴ | کورش بهنام‌فر^۵

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: hasaninasab@stu.scu.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: e.fateh@scu.ac.ir
۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: ayneband@scu.ac.ir
۴. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: a.monsefi@scu.ac.ir
۵. بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران. رایانامه: k.behnamfar@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: این مطالعه به منظور اثر کاربرد توأم کودهای شیمیایی NPK و آلی بر صفات عملکرد و ویژگی‌های کمی گیاه چای ترش، در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان واقع در شهرستان اهواز موردبررسی قرار گرفت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵	روش پژوهش: آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود شیمیایی ($N_{225}-P_{100}-K_{100}$ و $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ ، $N_{75}-P_{50}-K_{50}$ ، $N_0-P_0-K_0$) به عنوان کرت اصلی و چهار سطح کود آلی (عدم مصرف، هیومیک‌اسید، ورمی کمپوست و هیومیک‌اسید+ ورمی کمپوست) به عنوان کرت فرعی بودند.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۰۳	یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود شیمیایی، کود آلی و اثر متقابل کود شیمیایی× کود آلی برای کلیه صفات در چای ترش معنی‌دار بودند. با توجه به معنی‌داری اثر متقابل، مقایسه میانگین برای ترکیبات تیماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. ترکیب تیماری $N_{100}-P_{100}-K_{225}$ به همراه هیومیک‌اسید+ ورمی کمپوست بیش‌ترین مقدار را برای تمامی صفات به جز درصد روغن دانه در بین ترکیبات تیماری را به خود اختصاص داد که با ترکیب تیماری $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ به همراه هیومیک‌اسید+ ورمی کمپوست برای صفات وزن خشک اندام هوایی، تعداد دانه در غوزه، وزن هزاردانه، وزن کاسبرگ در هر غوزه، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ و عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کم‌ترین مقدار برای تمامی صفات در ترکیب تیماری $N_0-P_0-K_0$ + عدم مصرف کود آلی مشاهده شد. مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی ضمن سازش‌پذیری و مکملی با یکدیگر، شرایط مطلوب و مناسب برای رشد گیاه را فراهم نمودند. کودهای آلی شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود داده و موجب توسعه ریشه و افزایش فعالیت باکتری‌های محرک رشد می‌شوند. در نتیجه دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش می‌یابد. عرضه مداوم عناصر معدنی نیز باعث افزایش رشد، میوه‌دهی و افزایش کیفیت محصول گردید.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۹	نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که تغییر در صفات به طور مؤثری با افزایش مقدار سطوح کودی NPK مرتبط بوده است و تغییر سطوح کود آلی اثر کم‌تری در مقدار صفات مورد مطالعه داشت. مصرف کودهای شیمیایی NPK و کودهای آلی (هیومیک‌اسید و ورمی کمپوست) به صورت مجزا و ترکیبی، منجر به بهبود کیفیت و کمیت چای ترش شد. روش تلفیقی مصرف کودهای شیمیایی و آلی، ضمن کاهش هزینه‌های تولید و بهبود کمیت و کیفیت محصولات زراعی، موجب حفظ سلامت خاک، تنوع زیستی و ایجاد سیستم کشاورزی پایدار در طولانی‌مدت می‌شود.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۶	کلیدواژه‌ها: هیومیک‌اسید، آنتوسیانین، عملکرد بیولوژیک، ورمی کمپوست

استناد: حسینی نسب، محمد؛ فاتح، اسفندیار؛ آینه‌بند، امیر؛ منصفی، علی و بهنام‌فر، کورش (۱۴۰۴). بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی روی عملکرد و ویژگی‌های کمی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب‌وهوایی اهواز. به زراعی کشاورزی، ۲۷ (۲)، ۳۱۵-۳۳۶.
DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.378013.2889>



۱. مقدمه

چای ترش^۱ گیاهی از خانواده پنیرک می‌باشد. این گیاه به‌صورت درختچه‌های مقاوم رشد کرده و بومی مناطق استوایی غرب آفریقا بوده که به‌طور گسترده در مناطق گرمسیری جهان نیز رشد می‌کند. این گیاه از ارزش اقتصادی بالایی به‌عنوان یک محصول غذایی و دارویی برخوردار بوده و به‌عنوان یک گیاه زینتی و مصرفی کاربردهای متنوعی دارد. به‌عنوان مثال، از برگ و غوزه‌های آن را می‌توان برای تهیه شربت، چای، ژله، مربا و رنگ خوراکی استفاده کرد (ماهادوان و کامبوج^۲، ۲۰۰۹). گل‌ها و برگ‌ها نیز خوراکی هستند و از آن‌ها برای مصارف مختلف استفاده می‌شود. بخش اقتصادی گیاه، کاسبرگ گوشتی (کاسبرگ) است که میوه (کپسول) را احاطه کرده است (ریچاردسون و آرلوتا^۳، ۲۰۲۱). این گیاه به‌طور معمول به‌عنوان گیاه یک‌ساله رشد می‌کند و ارتفاع بوته آن بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر می‌باشد. شکلی بوته‌ای با تاج‌پوششی تا حدی متراکم از برگ‌های سبز تیره دارد. رنگ کاسه گل نقش مهمی در تعیین کیفیت محصول دارد. رنگ قرمز سرمه‌ای مشخصه و محبوب‌ترین و مطلوب‌ترین رنگ چای ترش است (النیم^۴ و همکاران، ۲۰۱۰). چای ترش می‌تواند منبع خوبی از ویتامین‌های A، C، آهن، ریوفلاوین، آسکوربیک‌اسید، نیاسین، کلسیم، منیزیم و آنتی‌اکسیدان‌ها باشد (ماهادوان و کامبوج، ۲۰۰۹؛ سلامی^۵ و همکاران، ۲۰۲۱). مطالعات در مورد روش‌های تولید چای ترش به‌طور عمده بر تأثیر تغذیه کودی، تنش آبی، شوری خاک، رقابت با علف هرز متمرکز بوده است (خلیل و یوسف^۶، ۲۰۱۴؛ علی^۷ و همکاران، ۲۰۱۴). در نظام‌های کشاورزی، آب و کود دو عامل اساسی و تعیین‌کننده هستند که رشد و عملکرد محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان راهی سریع برای تأمین عناصر غذایی و بهبود خاک به‌نظر می‌رسد. با این حال، هزینه‌های بالای کودهای شیمیایی در مقادارهای پیشنهادی و آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی، تقاضای بیش‌تری برای استفاده از کودهای آلی ایجاد کرده است (آبی^۸ و همکاران، ۲۰۲۲). با این حال، نمی‌توان به یک‌باره کودهای شیمیایی را از نظام‌های زراعی حذف کرد. در این مورد، در راستای ایجاد و توسعه کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای آلی به بهبود حاصلخیزی خاک، رشد گیاه و کاهش آسیب به محیط زیست کمک می‌کنند. این کودها شامل سلول‌های زنده از انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها هستند که می‌توانند عناصر غذایی مهم را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس از طریق فرایندهای زیستی تبدیل کنند. علاوه بر افزایش عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، کودهای آلی به بهبود دسترسی نیتروژن و پتاسیم، کنترل عوامل بیماری‌زا، افزایش باروری خاک، ارتقای کلوئیدهای مؤثر در تشکیل خاکدانه‌ها، تسریع رشدونمو گیاه، تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده و محرک رشد گیاهان و بهبود کیفیت زمین کمک می‌کنند (یادگاری، ۱۴۰۰). هم‌چنین، در این راستا استفاده از کودهای آلی به‌منظور جلوگیری از مصرف بیش‌ازحد کودهای شیمیایی و کاهش غلظت عناصر در بافت گیاه ضروری به‌نظر می‌رسد. این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات کاربرد تیمارهای مختلف کود آلی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های کمی چای ترش جهت دستیابی به مناسب‌ترین تیمار کودی از نظر عملکرد و سایر خصوصیات رشدی اجرا گردید.

1. *Hibiscus sabdariffa* L.

2. Mahadevan and Kamboj

3. Richardson and Arlotta

4. El Naim

5. Salami

6. Khalil and Yousef

7. Ali

8. Abebe

۲. پیشینه پژوهش

مدیریت صحیح تغذیه خاک از طریق مصرف کودهای شیمیایی و همچنین استفاده از کودهای آلی مانند هیومیک اسید و ورمی کمپوست با بهره‌مندی از روابط مفید همزیستی گیاه و عوامل زیستی خاک‌زی، راه‌کاری مفید در جهت افزایش مواد آلی خاک، تقویت جوامع میکروبی، افزایش کارایی مصرف نهاده‌های کشاورزی به‌ویژه آب و در نهایت بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان به‌ویژه در شرایط نامساعد محیطی محسوب می‌شود (آقاوانی شجری و همکاران، ۱۳۹۴). در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای به حداقل رساندن مقدار کودهای شیمیایی مصرفی به گیاهان دارویی و معطر به‌منظور کاهش هزینه‌های تولید و آلودگی محیط‌زیست بدون کاهش عملکرد انجام شده است. استفاده مداوم از کودهای معدنی بر ساختار خاک اثر نامطلوب می‌گذارد (شرف زاده^۱ و اردوخانی^۲، ۲۰۱۱). از این‌رو، کودهای آلی می‌توانند جایگزین کودهای معدنی و شیمیایی برای بهبود ساختار خاک (شامحمدی و همکاران، ۱۴۰۳) و زیست‌توده میکروبی (شاهپوری و همکاران، ۱۳۹۸) باشند. افزودن کودهای آلی به خاک‌های کشاورزی با بهبود خواص فیزیکی و بیولوژیکی خاک، اثرات مفیدی بر توسعه و عملکرد محصول دارد (ژلژاکوف^۳ و وارمن^۴، ۲۰۰۴).

کودهای آلی، مانند ورمی کمپوست و کود حیوانی، بهبود قابل‌توجهی در شرایط رشد گیاهان ایجاد می‌کنند. این کودها با افزایش دسترسی رطوبت و عناصر غذایی قابل جذب و همچنین افزایش محتوای ماده آلی خاک، به ارتقای عملکرد گیاهان کمک می‌کنند. بهبود ساختار خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی نتیجه این فرایندهاست، که در نهایت به افزایش تولید محصولات زراعی و حفظ سلامت اکوسیستم‌های کشاورزی منجر می‌شود (ریگی و همکاران، ۱۳۹۹). هیومیک اسید به‌عنوان یک اسید آلی بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی باعث بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و به دلیل داشتن ترکیبات هورمونی، اثرات مثبت قابل‌ملاحظه‌ای بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد (سبزواری^۵ و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات انجام‌شده بر روی چای ترش (مهرنیا^۶ و همکاران، ۲۰۲۴) بسیاری از گیاهان دارویی مانند زعفران (شجری^۷ و همکاران، ۲۰۱۸)، گاوزبان (امیری^۸ و همکاران، ۲۰۲۲) و آفتابگردان (مقداد^۹ و همکاران، ۲۰۲۲) حاکی از تأثیر مثبت مصرف هیومیک اسید بر رشد و عملکرد این گیاهان می‌باشد. همچنین در مطالعه انجام‌شده توسط احمد و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شد که نیتروژن علاوه بر افزایش عملکرد، تأثیر مثبتی بر کیفیت محصولات کشاورزی دارد.

مصرف بهینه نیتروژن منجر به افزایش سرعت فتوسنتز، تولید بیش‌تر سطح و وزن برگ و افزایش جذب خالص می‌شود. سطح برگ و وزن خالص برگ گیاهان بر عملکرد نهایی محصول تأثیرگذار است. از طرف دیگر، فسفر نیز بعد از نیتروژن، به‌عنوان عنصر مهم دیگری در تولید محصولات کشاورزی شناخته شده است. فسفر در فرایندهای بیوشیمیایی و واکنش‌های انتقال انرژی نور، ساخت و انتقال ویژگی‌های ژنتیکی نقش دارد (کومار^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین، فسفر جزئی از ATP واحد انرژی گیاهان بوده و می‌تواند به رشد و بلوغ گیاه کمک کند (احمد^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Sharafzad
2. Ordookhani
3. Zheljaskov
4. Warman
5. Sabzevari
6. Mehrnia
7. Shajari
8. Amiri
9. Mekdad
10. Kumar
11. Ahmad

همچنین، پتاسیم نیز نقش‌های متابولیکی مختلف در گیاهان را ایفا می‌کند و از جمله مهم‌ترین آن‌ها تنظیم پتانسیل اسمزی سلول‌ها و فعال کردن آنزیم‌های مشارکت‌کننده در تنفس و فتوسنتز می‌باشد. نتایج مطالعه اینوا^۱ و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که کاربرد سطوح مختلف NPK اثر آماری معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ و سطح برگ در گیاه چای ترش در دو مکان جغرافیایی مختلف در نیجریه داشت. همچنین این پژوهش‌گران گزارش کردند که کودهای شیمیایی به دلیل نقش نیتروژن در ساختار اسیدهای نوکلئیک و سنتز پروتئین، فسفر به عنوان یک جزء ضروری از ترکیبات انرژی و فسفوپروتئین و علاوه بر آن پتاسیم به عنوان یک ماده فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌ها، می‌توانند رشد گیاه چای ترش را افزایش دهند.

در مطالعه دیگری که توسط محمدپور وشوایی و همکاران (۱۳۹۸) طی دو سال زراعی در شهرستان زابل انجام شد اثر هم‌زمان کودهای شیمیایی و زیستی موردبررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از بهبود صفات مورد مطالعه در چای ترش، با استفاده از کودهای شیمیایی و زیستی بود و همچنین برهم‌کنش آن‌ها بر کلیه ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ در چای ترش معنی‌دار گردد. علاوه بر این نتایج آن‌ها نشان داد که تعداد غوزه در بوته از مهم‌ترین اجزا عملکرد کاسبرگ در چای ترش است و بیش‌ترین مقادیر کلیه صفات در تیمار کود شیمیایی NPK توأم با کود زیستی نیتروکسین به دست آمد که با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی، استفاده از کودهای شیمیایی NPK به همراه کود زیستی نیتروکسین در جهت بهبود رشد و افزایش عملکرد کاسبرگ در چای ترش پیشنهاد شد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳.۱. سطوح تیماری و محل اجرای آزمایش

به منظور دستیابی به میزان بهینه استفاده نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) از کود شیمیایی و بررسی اثر کاربرد انواع کود آلی (ورمی کمپوست و هیومیک اسید) بر رشد و عملکرد چای ترش، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان واقع در شهرستان اهواز اجرا گردید (شکل ۱). شهرستان اهواز در موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین درازمدت بارندگی در ۲۱۳ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالیانه ۲۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد. میانگین درجه حرارت سالیانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد با حداکثر ۵۴ درجه سانتی‌گراد و حداقل مطلق ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این مطالعه، کودهای شیمیایی NPK به عنوان عامل اصلی با چهار سطح شامل عدم مصرف کود شیمیایی یا سطح ۱ (N₀-P₀-K₀)، سطح ۲ (N₇₀-P₅₀-K₅₀)، سطح ۳ (N₁₅₀-P₇₅-K₇₅)، سطح ۴ (N₂₂₅-P₁₀₀-K₁₀₀) و کودهای آلی به عنوان عامل فرعی با چهار سطح کودی شامل سطح ۱ (عدم مصرف کود آلی)، سطح ۲ (هیومیک اسید در دو مرحله)، سطح ۳ (ورمی کمپوست)، سطح ۴ (هیومیک اسید + ورمی کمپوست) در نظر گرفته شد. پیش از اجرای آزمایش، به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل مطالعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی نمونه‌گیری و پس از مخلوط کردن آن‌ها به منظور تعیین میزان ماده آلی، میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و ظرفیت تبادل کاتیونی به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج تجزیه خاک در جدول (۱) نشان داده شده است. همچنین نتایج آزمایش کود هیومیک اسید و ورمی کمپوست در جدول (۲) ارائه شده است. مقادیر کودهای مورد استفاده در تیمارها براساس آنالیز

هیومیک اسید و ورمی کمپوست و نیاز گیاه و مقدار اولیه نیتروژن خاک تعیین شده است. از سوی دیگر، کودهای شیمیایی پایه قبل از کشت به زمین اضافه شد.

Block I	N ₇₅ -K ₅₀ -P ₅₀				N ₀ -K ₀ -P ₀				N ₂₂₅ -K ₁₀₀ -P ₁₀₀				N ₁₅₀ -K ₇₅ -P ₇₅			
	VC	HA + VC	عدم مصرف	HA	HA	HA + VC	عدم مصرف	VC	عدم مصرف	HA + VC	VC	HA	HA + VC	HA	عدم مصرف	VC
Block II	N ₂₂₅ -K ₁₀₀ -P ₁₀₀				N ₇₅ -K ₅₀ -P ₅₀				N ₁₅₀ -K ₇₅ -P ₇₅				N ₀ -K ₀ -P ₀			
	HA + VC	VC	HA	عدم مصرف	عدم مصرف	HA	VC	HA + VC	عدم مصرف	HA	VC	HA + VC	VC	عدم مصرف	HA	HA + VC
Block III	N ₁₅₀ -K ₇₅ -P ₇₅				N ₀ -K ₀ -P ₀				N ₇₅ -K ₅₀ -P ₅₀				N ₂₂₅ -K ₁₀₀ -P ₁₀₀			
	عدم مصرف	HA	HA + VC	VC	VC	عدم مصرف	HA + VC	HA	HA + VC	عدم مصرف	HA	VC	عدم مصرف	HA	HA + VC	VC

شکل ۱. نقشه آزمایش اثر کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد و ویژگی های کمی چای ترش در سال دوم آزمایش. کودهای شیمیایی NPK به عنوان عامل اصلی با چهار سطح شامل عدم مصرف یا سطح ۱ (N₀-P₀-K₀)، سطح ۲ (N₇₀-P₅₀-K₅₀)، سطح ۳ (N₁₅₀-P₇₅-K₇₅)، سطح ۴ (N₂₂₅-P₁₀₀-K₁₀₀) و کودهای آلی به عنوان عامل فرعی با ۴ سطح کودی شامل سطح ۱ (عدم مصرف کود آلی)، سطح ۲ (هیومیک اسید در دو مرحله یا HA)، سطح ۳ (ورمی کمپوست یا VC)، سطح ۴ (هیومیک اسید + ورمی کمپوست یا HA+VC) در نظر گرفته شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری (سانتی متر)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)	نیتروژن در دسترس (درصد)	بافت خاک
۳۰-۰	۰/۸۷	۲/۶۸	۸/۳۹	۲۴۱	۷/۱	۰/۱۱	سیلتی رسی
۶۰-۳۰	۰/۷۱	۱/۷۸	۸/۱	۲۱۵	۶/۱۵	۰/۰۷۵	سیلتی رسی

جدول ۲. تجزیه شیمیایی ورمی کمپوست و هیومیک اسید

نسبت کربن به نیتروژن	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)	نیتروژن (درصد)	ماده آلی (درصد)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	تیما
۲۱	۰/۴	۱/۵	۱/۶	۴۰	۲۵	۷/۲	۷/۵	ورمی کمپوست
هیومیک اسید ۶۵ درصد، فولویک اسید ۸ درصد، هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد								

۳.۲. آماده سازی و اجرای آزمایش

جهت عملیات آماده سازی زمین در اوایل اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ با رسیدن رطوبت مزرعه به ظرفیت زراعی، با استفاده از گاوآهن برگردان دار زمین عملیات شخم انجام شد. تمامی کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم و یک سوم کود نیتروژن براساس مقادیر عامل اصلی به میزان سطوح کودی در نظر گرفته شده از منابع کودی سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره به صورت طرح پایه در بلوک های آزمایشی مصرف شد و دو سوم کود نیتروژن مورد نیاز گیاه در دو مرحله رشدی چهار تا پنج برگی و قبل از ظهور غنچه ها به میزان خالص در هکتار از منبع کودی اوره در هر مرحله براساس مقدار در هر عامل اصلی، هم زمان با آبیاری مصرف گردید. همچنین کودهای آلی شامل کود ورمی کمپوست در عامل فرعی به مقدار تعیین شده برای هر تیمار هم زمان با پخش کودهای شیمیایی پایه در کرت های آزمایشی پخش گردید. در ادامه مراحل تهیه زمین، دو مرحله دیسک عمود بر هم انجام خواهد شد تا ضمن مخلوط کردن کودهای پخش شده با خاک، کلوخه ها

خرد و زمین یکنواخت گردد. هیومیک‌اسید نیز بنا به توصیه شرکت سازنده به میزان چهار کیلوگرم در هکتار در دو مرحله چهار برگی و قبل از گلدهی به مقدار مساوی مورد استفاده قرار گرفت. پس از اتمام آماده‌سازی زمین، عملیات کشت طبق نقشه طرح انجام شد. عملیات کشت به صورت دستی بود. ابعاد هر کرت ۳×۳ متر و در هر کرت چهار ردیف کشت صورت پذیرفت. فاصله بین ردیف‌های کشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و عملیات تنک‌نمودن گیاهچه‌های سبز شده برای رسیدن به تراکم مطلوب، در مرحله سه تا چهار برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به صورت نشتی انجام و فواصل آبیاری در مراحل ابتدایی رشد گیاه بین سه تا پنج روز بود و پس از پوشش کامل زمین توسط گیاه، فاصله دو آبیاری بین هفت تا ۱۰ روز در نظر گرفته شد.

۳.۳. ارزیابی صفات عملکرد و ویژگی‌های کمی چای ترش

پس از پایان دوره رشد در تاریخ ۲۰ مردادماه، برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت، دو پشته وسط هر کرت با حذف اثر حاشیه ابتدا و انتهای هر کرت برداشت شد. برای محاسبه وزن خشک کاسبرگ و عملکرد دانه، پس از جداسازی آن‌ها از غوزه، نسبت به خشک کردن آن‌ها در مجاورت هوای آزاد و زیر سایه انجام و در ادامه نسبت به توزین و محاسبه عملکرد در واحد سطح اقدام شد. برای تعیین میانگین وزن کاسبرگ و وزن هزاردانه بعد از برداشت محصول، پنج نمونه تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب شده و محاسبه انجام شد. شاخص برداشت کاسبرگ و دانه نیز از تقسیم عملکرد دانه و عملکرد کاسبرگ بر کل عملکرد بیولوژیک و ضرب آن به درصد محاسبه شد (پارسامطلق و همکاران، ۱۳۹۵). خصوصیت کیفی از جمله میزان آنتوسیانین کاسبرگ با استفاده از روش واگنر اندازه‌گیری شد (واگنر^۱، ۱۹۷۹). درصد روغن با استفاده از دستگاه سوکسله (مدل Foss Soxtec 2050 ساخت کشور سوئد) و اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدان کاسبرگ با استفاده از رسم منحنی DPPH برای هر کرت آزمایشی صورت گرفت.

۳.۴. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

با استفاده از آزمون بارتلت یکنواختی واریانس تیمارها و با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلکس نرمال بودن توزیع خطاها بررسی شد. تجزیه واریانس براساس طرح کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از رویه GLM^۲ در نرم‌افزار SAS^۳ (نسخه ۹،۱) انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)^۴ در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای طبقه‌بندی سطوح تیماری (کود شیمیایی×کود آلی) براساس عملکرد و شاخص‌های رشدی، تجزیه خوشه‌ای به همراه هیت‌مپ با استفاده از روش ward.D2 براساس فاصله اقلیدسی و با کمک بسته pheatmap در محیط نرم‌افزار R (نسخه ۴،۴،۱) انجام شد. برای حذف اثر واحد اندازه‌گیری و غیریکسان بودن وزن صفات اندازه‌گیری شده قبل از تجزیه خوشه‌ای مقادیر کلیه سطوح تیماری برای هر صفت به صورت جداگانه با استفاده از تابع scale در محیط نرم‌افزار R (نسخه ۴،۴،۱) تبدیل به نمره استاندارد شده Z شدند.

1. Wagner
2. Generalized Linear Model
3. Statistical Analysis System
4. Least Significant Difference

۴. یافته‌های پژوهش

۴.۱. وزن کاسبرگ در هر غوزه، عملکرد کاسبرگ خشک، تعداد دانه در غوزه و وزن هزاردانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی و برهم‌کنش تیمارهای کود شیمیایی و آلی بر صفت وزن کاسبرگ در هر غوزه در بوته در سطح احتمال $p < 0.01$ معنی‌دار بودند (جدول ۳). اثر متقابل کود شیمیایی و ترکیب کودهای آلی و شیمیایی نسبت به کودهای جداگانه و ترکیبی آلی بر روی وزن کاسبرگ در هر غوزه مؤثر بودند. بیش‌ترین وزن کاسبرگ در هر غوزه در بوته در تیمار کود شیمیایی $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ و $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به‌همراه هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست (۰/۲۲۵ گرم) مشاهده شده که نسبت به تیمار شاهد یا عدم استفاده از کودهای شیمیایی و کود آلی بیش‌ترین مقدار را دارا بودند بود (شکل ۲). میانگین ترکیبات تیماری برای وزن کاسبرگ در هر غوزه در دو سطح کود شیمیایی $N_{225}-P_{100}$ و K_{100} با استفاده جداگانه از هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست و یا استفاده توأم از این منابع کود آلی تفاوت معنی‌دار بر روی این صفت گذاشت. هم‌چنین کم‌ترین مقدار برای این صفت در شاهد با مقدار ۰/۱۶ گرم مشاهده شد.

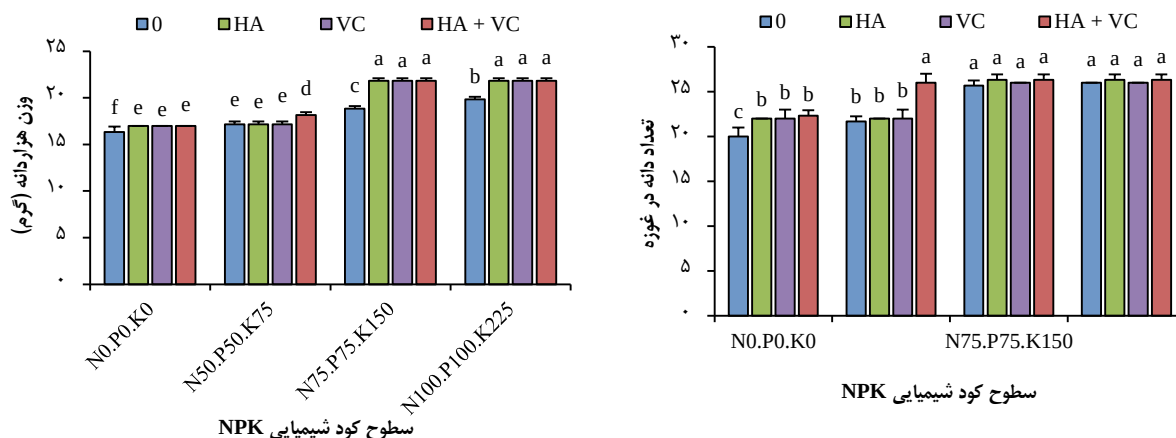
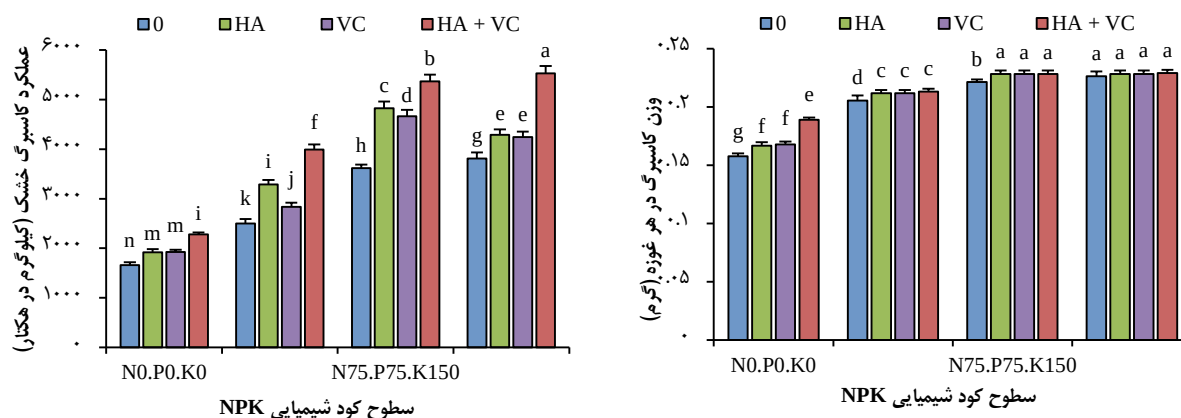
جدول ۳. تجزیه واریانس طرح کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای صفات مورد مطالعه براساس سطوح مختلف کودهای شیمیایی و آلی در چای ترش تحت شرایط مزرعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کاسبرگ خشک	وزن کاسبرگ در هر غوزه	میانگین مربعات		تعداد دانه در غوزه	وزن هزاردانه	تعداد غوزه در بوته	وزن خشک غوزه
				وزن کاسبرگ در هر غوزه	تعداد دانه در غوزه				
بلوک (تکرار)	۲	۱۳۹۷۸۳***	$9/32 \times 10^{-5}***$	۳/۵۶ ^{ns}	۰/۷۷*	۱۵۴/۸***	۰/۰۲۵***		
کود شیمیایی	۳	۱۸۸۹۰۰۰۰***	۰/۰۰۹***	۶۳/۶***	۶۷/۵***	۳۳۰۶۳***	۰/۰۴۸***		
خطای آزمایشی کرت اصلی	۶	۵۳۲۰	$7/3 \times 10^{-6}$	۰/۱۷۴	۰/۱۰۴	۱/۵	$3/78 \times 10^{-6}$		
کود آلی	۳	۳۹۹۰۲۲۳***	$2/9 \times 10^{-4}***$	۷/۵۷***	۶/۹۲***	۱۰۲۷۳***	۰/۰۰۱۵***		
کود شیمیایی × کود آلی	۹	۲۳۹۱۸۷***	$1/03 \times 10^{-4}***$	۳/۰***	۱/۳۱***	۸۹۵/۷***	$4/82 \times 10^{-4}***$		
خطای آزمایشی کرت فرعی	۲۴	۵۷۸	$1/93 \times 10^{-6}$	۰/۱۸۷	۰/۰۲۱	۰/۴۵۱	$5/78 \times 10^{-8}$		
ضریب تغییرات (درصد)		۲۶/۶۸	۱۱/۷۲	۹/۵۹	۱۱/۷۳	۲۶/۱۹	۷/۰۶		

ns، *، ** و ***: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱.

بیش‌ترین میانگین عملکرد کاسبرگ خشک در تیمار $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ همراه هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست (HA + VC) مشاهده شده است و کم‌ترین میانگین عملکرد کاسبرگ خشک در تیمارهای شاهد مشاهده شد (شکل ۲). از سوی دیگر، همان‌گونه که از شکل (۲) مشخص است، وزن کاسبرگ خشک بیش‌تر تحت کنترل کود آلی بوده و به‌ویژه با ترکیب هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری را نشان داده است. این افزایش در عملکرد کاسبرگ خشک با افزایش در میزان استفاده از کود شیمیایی افزایش چشم‌گیر و معنی‌داری نسبت به تیمارهای کم‌تر داشته است. نتایج مقایسه میانگین برای صفت تعداد دانه در غوزه نشان داد که بیش‌ترین مقدار آن در تیمار کود شیمیایی $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ و $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به‌همراه هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست در تمامی سطوح و در تیمار $N_{75}-P_{50}-K_{50}$ به‌همراه هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست وجود داشت (شکل ۳)، با افزایش غلظت کود شیمیایی NPK به غلظت‌های بالاتر در ترکیب با هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست، صفت تعداد دانه در غوزه افزایش معنی‌داری را نشان داد. هم‌چنین کم‌ترین میزان تعداد دانه در غوزه در سطح صفر از هر دو کود شیمیایی و آلی (شاهد) مشاهده شد که تفاوت آن نسبت به استفاده از ترکیب دو کود شیمیایی و آلی معنی‌دار بود. همان‌طور که از نمودار مقایسه میانگین در شکل (۳) مشخص است، بیش‌ترین میزان وزن هزاردانه در تیمار کود شیمیایی $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ و $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به‌همراه هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست در تمامی سطوح به جز N_{225}

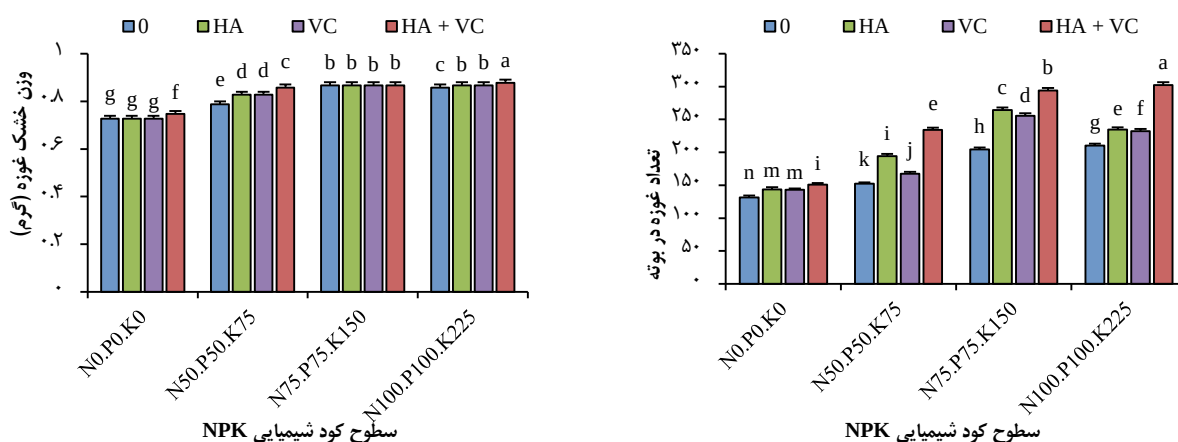
$P_{100-K100}$ با میزان صفر از کود آلی و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد. همان‌طور که مشخص است با افزایش غلظت کود شیمیایی NPK میزان وزن هزاردانه افزایش معنی‌داری مشاهده شد.



۲.۴. تعداد غوزه در بوته و وزن خشک غوزه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی و برهم‌کنش تیمارهای کود شیمیایی و آلی بر صفات تعداد غوزه در بوته و وزن خشک غوزه در سطح احتمال $p < 0.001$ معنی‌دار بودند (جدول ۳). نتایج نشان داد کود شیمیایی و ترکیب کودهای آلی و شیمیایی نسبت به کودهای جداگانه و ترکیبی آلی دارای تعداد غوزه در بوته و وزن خشک غوزه بیش‌تری بودند. بیش‌ترین تعداد غوزه در بوته (۳۰۲ غوزه در بوته) در تیمار کود شیمیایی به‌همراه هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست مشاهده شده که نسبت به تیمار شاهد یا عدم استفاده از کودهای شیمیایی و کود آلی (۱۳۲ غوزه در بوته) به میزان ۱۲۸ درصد بیش‌تر بود (شکل ۴).

بررسی دقیق‌تر میانگین ترکیبات تیماری برای تعداد غوزه مشخص شد که در دو سطح کود شیمیایی $N_{150}-P_{100}-K_{100}$ و $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ با استفاده جداگانه از هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست و یا استفاده هم‌زمان و یا عدم استفاده از این منابع کود آلی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. همچنین بعد از تیمار $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به‌علاوه هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست، کاربرد ترکیبی $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ به‌علاوه هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست و کود $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ به‌همراه هیومیک‌اسید دارای بیش‌ترین تعداد غوزه در بوته (به‌ترتیب ۲۵۸۱ و ۲۱۵ غوزه در بوته) را داشتند. از سوی دیگر، برای وزن خشک غوزه نیز، بیش‌ترین مقدار برابر با ۰/۸۸ گرم در کاربرد $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به‌همراه هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (شکل ۴). بهبود ویژگی‌های تعداد غوزه در بوته و وزن خشک غوزه در چای ترش برای تیمارهای استفاده از کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود آلی نسبت به تیمار NPK و عدم استفاده از کود آلی حاکی از تأثیر مثبت کودهای آلی بر این صفات بود.



شکل ۴. مقایسه میانگین تعداد غوزه در بوته و وزن خشک غوزه در غوزه چای ترش در سطوح مختلف NPK و کود آلی. مقادیر میانگین با حروف لاتین غیریکسان براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند. انحراف معیار به‌صورت error bar نمایش داده‌شده است. صفر: شاهد (بدون کود آلی)؛ HA: هیومیک‌اسید؛ VC: ورمی‌کمپوست؛ HA+VC: هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست.

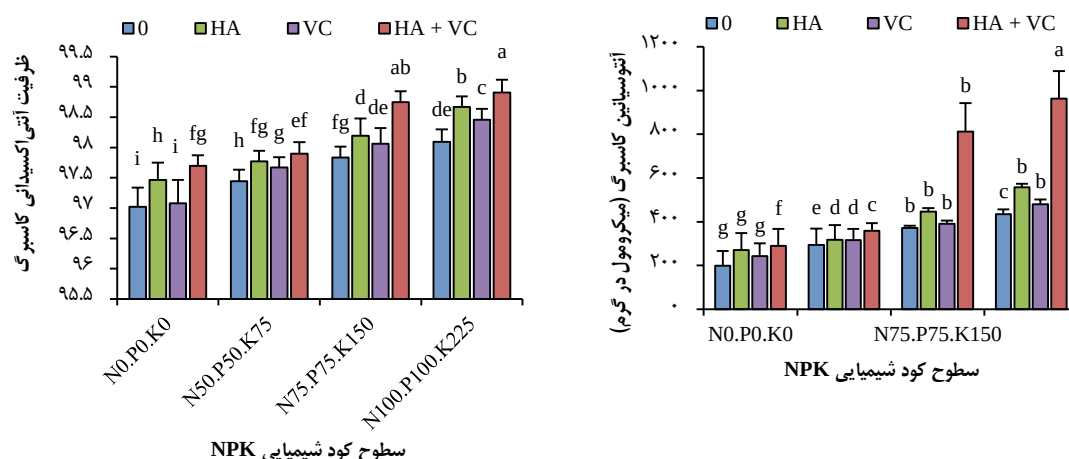
۳.۴. آنتوسیانین کاسبرگ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ و درصد روغن دانه

تجزیه واریانس برای صفات آنتوسیانین کاسبرگ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ و درصد روغن دانه حاکی از معنی‌داری اثرات اصلی و برهم‌کنش تیمارهای کود شیمیایی و آلی در سطح احتمال $p < 0.001$ بود (جدول ۴). بیش‌ترین آنتوسیانین کاسبرگ در تیمار کود شیمیایی $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به‌همراه هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست و کم‌ترین آنتوسیانین کاسبرگ در تیمار شاهد بدون اعمال ترکیب کودی حاصل شد. ترکیب هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری را در تیمارهای بالاتر NPK نشان داد که تأییدکننده این موضوع می‌باشد که وجود کود آلی در سطوح پایین کود شیمیایی تأثیر چندانی در میزان آنتوسیانین کاسبرگ ندارد. این نتیجه در سطح صفر NPK به‌وضوح مشخص است که باوجود اضافه‌شدن کود آلی جداگانه یا در ترکیب با هم افزایش چندانی در میزان آنتوسیانین کاسبرگ دیده نشده است (شکل ۵). بیش‌ترین میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ در تیمارهای $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ و $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ به‌همراه هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست مشاهده گردید. کم‌ترین میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ نیز دوباره در شاهد و سطح صفر NPK به‌همراه ورمی‌کمپوست مشاهده گردید (شکل ۵). مقایسه میانگین برای صفت درصد روغن دانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار آن در تیمار $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ به‌همراه هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست وجود داشت (شکل ۶)، همچنین کم‌ترین میزان درصد روغن دانه در تیمار شاهد و سطح صفر NPK به‌همراه ورمی‌کمپوست مشاهده گردید.

جدول ۴. تجزیه واریانس طرح کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای صفات مورد مطالعه براساس سطوح مختلف کودهای شیمیایی و آلی در چای ترش تحت شرایط مزرعه

میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	آنتوسیانین کاسبرگ	ظرفیت آنتی اکسیدانی کاسبرگ	درصد روغن دانه	وزن خشک بوته	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
شاخص برداشت کاسبرگ	شاخص برداشت دانه	شاخص برداشت دانه	شاخص برداشت دانه	شاخص برداشت دانه	شاخص برداشت دانه	شاخص برداشت دانه	شاخص برداشت دانه
بلوک (تکرار)	۲	۷۱۸۶ ^{ns}	۰/۶۳۴ ^{***}	۰/۰۲۹ ^{ns}	۳۲۰۸ ^{ns}	۱۴۱۳۰ ^{ns}	۱۹۹۸۱ ^{***}
کود شیمیایی	۳	۳۵۳۷۵۷ ^{***}	۳/۴۸ ^{***}	۱۵/۲ ^{***}	۵۳۹۳۳۰ ^{***}	۳۴۵۲۰۰ ^{***}	۱۵۲۷۰۰ ^{***}
خطای آزمایشی کرت اصلی	۶	۲۴۸۲۰	۰/۰۳۰	۰/۲۴	۲۶۵۹	۱۷۰۲۰	۴۸۱/۸
کود آلی	۳	۱۹۰۲۵۱ ^{***}	۱/۱۱ ^{***}	۴/۸۰ ^{***}	۴۹۶۰۵ ^{***}	۳۱۷۵۰۰ ^{***}	۳۳۵۶۰۰ ^{***}
کود شیمیایی × کود آلی	۹	۳۳۳۴۵ ^{***}	۰/۰۴۰ ^{***}	۰/۸۷ ^{***}	۴۴۷۱ ^{***}	۲۸۶۱۰۰ ^{***}	۳۳۳۹۲ ^{***}
خطای آزمایشی کرت فرعی	۲۴	۳۹۶۱	۰/۰۱۱	۰/۰۳۸	۱۰۵۸	۶۷۷۲	۲۸۹/۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲۸/۲۱	۱۲/۵۹	۱۶/۸۰	۲۹/۴۶	۳۱/۴۶	۲۹/۶۸
		۷/۴۶	۷/۷۴	۷/۴۶	۷/۴۶	۷/۴۶	۷/۴۶

ns و ***: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱.

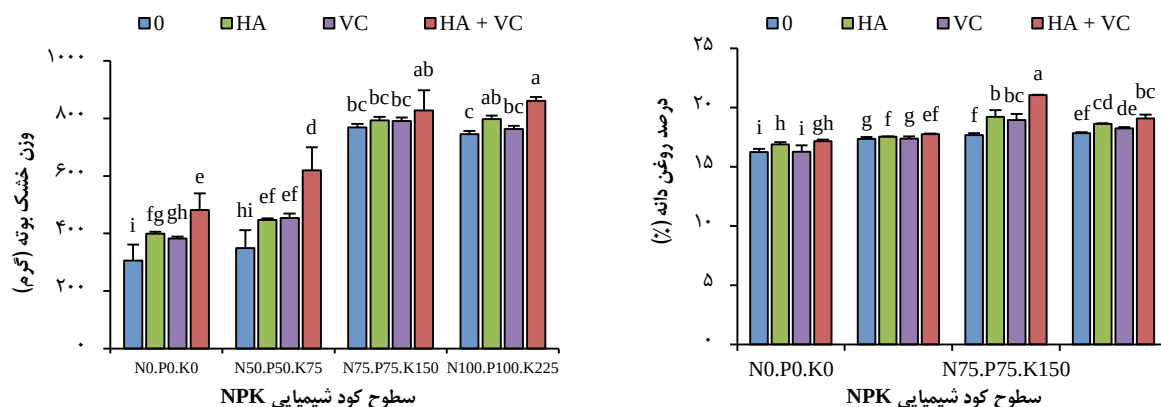


شکل ۵. مقایسه میانگین آنتوسیانین کاسبرگ و ظرفیت آنتی اکسیدانی کاسبرگ چای ترش در سطوح مختلف NPK و کود آلی. مقادیر میانگین با حروف لاتین غیریکسان براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند. انحراف معیار به صورت error bar نمایش داده شده است. صفر: شاهد (بدون کود آلی); HA: هیومیک اسید; VC: ورمی کمپوست; HA+VC: هیومیک اسید+ورمی کمپوست.

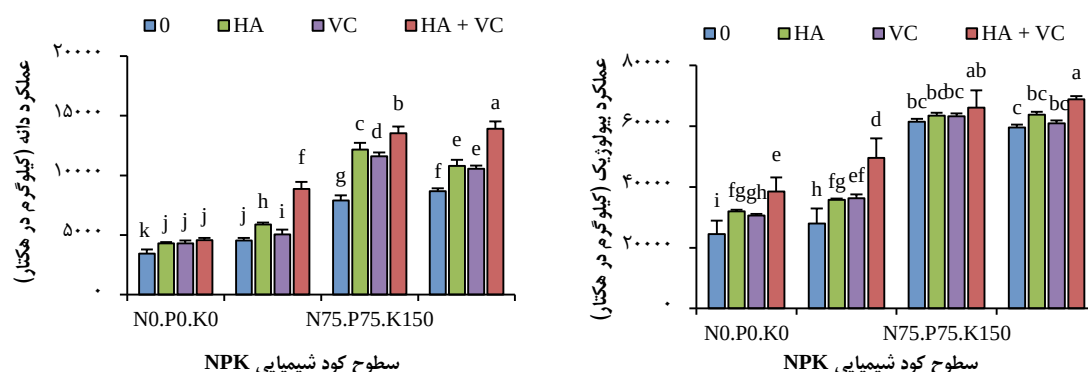
۴.۴. وزن خشک بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

در تجزیه واریانس اثرات اصلی کود شیمیایی، کود آلی و برهم‌کنش آن‌ها برای وزن خشک بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح احتمال $p < 0.01$ معنی‌دار شد (جدول ۴). در تیمار کود شیمیایی $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به علاوه هیومیک اسید+ورمی کمپوست بیش‌ترین مقدار وزن خشک بوته (۸۶۱/۴ گرم)، عملکرد بیولوژیک (۶۸۹۱۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۱۳۸۹۶ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (شکل‌های ۶ و ۷). نتایج مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) نشان داد که اختلاف تیمار کود شیمیایی $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به علاوه هیومیک اسید+ورمی کمپوست با تیمارهای کود شیمیایی $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ به علاوه هیومیک اسید+ورمی کمپوست برای وزن خشک بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

معنادار نشد (شکل‌های ۶ و ۷). بررسی‌های دقیق‌تر حاکی از آن بود که در تمامی سطوح NPK، استفاده از تیمار هیومیک‌اسید به نسبت استفاده از ورمی کمپوست در افزایش وزن خشک بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مؤثرتر واقع شده است.



شکل ۶. مقایسه میانگین درصد روغن دانه و وزن خشک بوته چای ترش در سطوح مختلف NPK و کود آلی. مقادیر میانگین با حروف لاتین غیر یکسان براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند. انحراف معیار به‌صورت error bar نمایش داده شده است. صفر: شاهد (بدون کود آلی)؛ HA: هیومیک‌اسید؛ VC: ورمی کمپوست؛ HA+VC: هیومیک‌اسید+ورمی کمپوست.

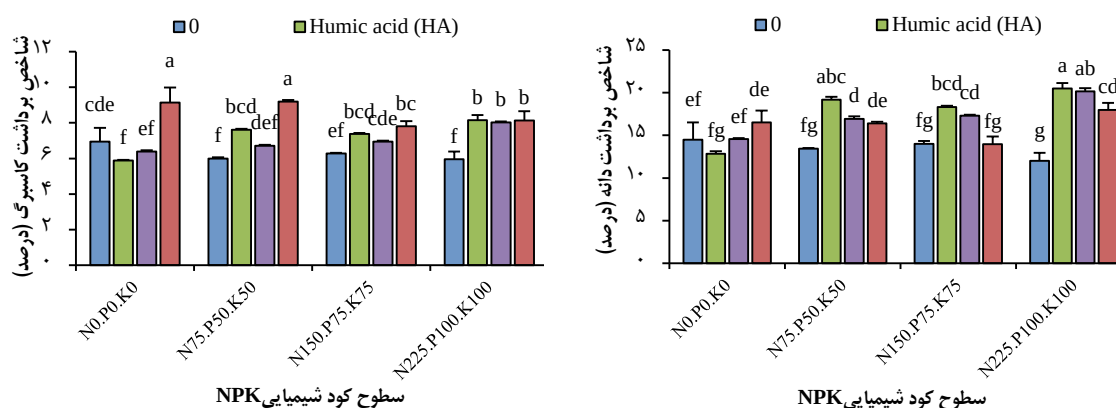


شکل ۷. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه چای ترش در سطوح مختلف NPK و کود آلی. مقادیر میانگین با حروف لاتین غیر یکسان براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند. انحراف معیار به‌صورت error bar نمایش داده شده است. صفر: شاهد (بدون کود آلی)؛ HA: هیومیک‌اسید؛ VC: ورمی کمپوست؛ HA+VC: هیومیک‌اسید+ورمی کمپوست.

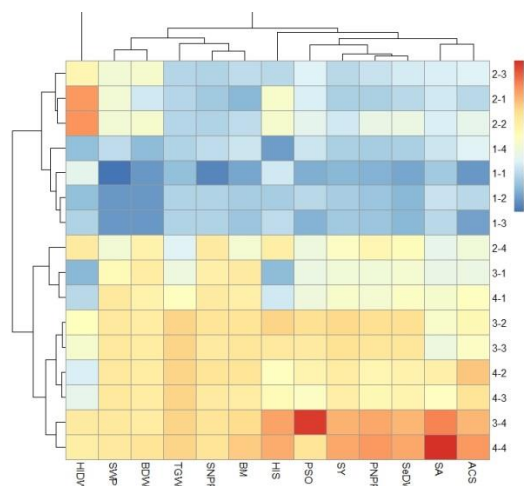
۵.۴. شاخص برداشت کاسبرگ و دانه

در تجزیه واریانس اثرات اصلی کود شیمیایی، کود آلی و برهم‌کنش آن‌ها برای شاخص برداشت کاسبرگ و دانه در سطح احتمال $p < 0.001$ معنی‌دار شد (جدول ۴). در تیمار کود شیمیایی $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به‌علاوه هیومیک‌اسید بیش‌ترین شاخص برداشت دانه (۲۰/۵ درصد) حاصل شد که با استفاده از ورمی کمپوست در این شرایط و مقادیر کم‌تر کود شیمیایی ($N_{75}-P_{50}$) تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۸). بالاترین شاخص برداشت کاسبرگ (۹/۲ درصد) نیز از استفاده از هیومیک‌اسید+ورمی کمپوست در سطوح کود شیمیایی $N_{75}-P_{50}-K_{50}$ و $N_{75}-P_{50}-K_{50}$ که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۸). نتایج مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) نشان داد که در تیمار کود شیمیایی $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ بین هیومیک‌اسید و ورمی کمپوست به تنهایی یا ترکیب با یکدیگر از نظر شاخص برداشت وجود ندارد (شکل‌های ۸).

بررسی‌های دقیق‌تر حاکی از آن بود که در تمامی سطوح NPK، استفاده از تیمار هیومیک‌اسید به نسبت استفاده از ورمی‌کمپوست در افزایش شاخص برداشت مؤثرتر بود. همچنین با بررسی ماتریس هیت‌مپ و دندروگرام تیمارهای کودی مشخص شد (شکل ۹) که برای اکثر صفات مورد مطالعه تیمارهای $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ + ورمی‌کمپوست و $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ + هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست بیش‌ترین مقدار را نشان دادند. هرچند که سطح کودی $N_0-P_0-K_0$ در سطوح مختلف کود آلی کم‌ترین مقدار صفات را به خود اختصاص داد ولی نتایج نشان داد که در سطح کودی $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ استفاده از کودهای آلی اثر تعدیل‌کننده و افزایش در صفات اندازه‌گیری‌شده در چای ترش را دارد.



شکل ۸. مقایسه میانگین شاخص برداشت کاسبرگ و شاخص برداشت دانه چای ترش در سطوح مختلف NPK و کود آلی. مقادیر میانگین با حروف لاتین غیر یکسان براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار نشان دادند. انحراف معیار به‌صورت error bar نمایش داده‌شده است. صفر: شاهد (بدون کود آلی)؛ HA: هیومیک‌اسید؛ VC: ورمی‌کمپوست؛ HA+VC: هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست.



شکل ۹. ماتریس هیت‌مپ و دندروگرام تیمارهای براساس روش ward.D2 در چای ترش. SDW: وزن خشک اندام هوایی، BDW: وزن خشک غوزه، BNPP: تعداد غوزه در بوته، SNPB: تعداد دانه در غوزه، TGW: وزن هزاردانه، SWPB: وزن کاسبرگ در هر غوزه، SA: میزان آنتوسیانین کاسبرگ، ACS: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ، PSO: درصد روغن دانه، BY: عملکرد بیولوژیک، SeDW: عملکرد کاسبرگ خشک، SY: عملکرد دانه، HIS: شاخص برداشت دانه و HIDW شاخص برداشت کاسبرگ. شانزده ترکیب تیماری شامل: $N_0-P_0-K_0$ + عدم مصرف کود آلی (1_1)، $N_0-P_0-K_0$ + هیومیک‌اسید (1_2)، $N_0-P_0-K_0$ + ورمی‌کمپوست (1_3)، $N_0-P_0-K_0$ + هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست (1_4)، $N_{75}-P_{50}-K_{50}$ + عدم مصرف کود آلی (2_1)، $N_{75}-P_{50}-K_{50}$ + هیومیک‌اسید (2_2)، $N_{75}-P_{50}-K_{50}$ + ورمی‌کمپوست (2_3)، $N_{75}-P_{50}-K_{50}$ + هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست (2_4)، $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ + عدم مصرف کود آلی (3_1)، $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ + هیومیک‌اسید (3_2)، $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ + ورمی‌کمپوست (3_3)، $N_{150}-P_{75}-K_{75}$ + هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست (3_4)، $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ + عدم مصرف کود آلی (4_1)، $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ + هیومیک‌اسید (4_2)، $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ + ورمی‌کمپوست (4_3)، و $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ + هیومیک‌اسید + ورمی‌کمپوست (4_4).

۵. بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشاهده شد که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش اثر مثبت داشتند. با مصرف کود آلی و کود شیمیایی به‌صورت تلفیقی شرایط مناسب و مطلوب برای رشد گیاه فراهم می‌شود، به‌طوری‌که نه‌تنها هیچ‌گونه اثر سازش ناپذیری بین آن‌ها وجود ندارد، بلکه مکمل همدیگر هستند. بیش‌ترین اثر بر روی عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارهایی که تلفیقی از کود شیمیایی و کود آلی بودند، مشاهده شد. یکی از دلایل این افزایش می‌تواند به‌دلیل اثرات مثبت فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی بر خاک باشد. از جمله توانایی کودهای آلی در افزایش ماده آلی خاک، افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک و افزایش انحلال و حفظ عناصر غذایی در برابر هدررفت می‌باشد. همچنین به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی از جمله هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست هم‌زمان با کودهای شیمیایی پر مصرف توانسته است با افزودن مقداری عناصر غذایی و افزایش حلالیت آن‌ها سبب افزایش جذب عناصر غذایی شده و عملکرد را افزایش دهد (ادیم، ۱۳۹۹). بنابراین کودهای آلی با بهبود شرایط فیزیکی سبب توسعه ریشه و افزایش فعالیت باکتری‌های محرک رشد می‌شوند و دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش می‌یابد که در نتیجه سبب افزایش عملکرد گیاه خواهد شد.

بهبود ویژگی‌های وزن کاسبرگ در هر غوزه، عملکرد کاسبرگ خشک، تعداد دانه در غوزه و وزن هزاردانه در تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود آلی نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود آلی حاکی از تأثیر مثبت کودهای آلی بر این صفات بود (شکل‌های ۲ و ۳). این نتایج در تأیید با یافته‌های ابوبیکر^۱ و مصطفی^۲ (۲۰۱۱) و حسن^۳ (۲۰۰۹) در چای ترش، کاپور^۴ و همکاران (۲۰۰۷) در گندواش^۵، قریب^۶ و همکاران (۲۰۰۸) در مرزنجوش، محفوظ و شرف‌الدین (۲۰۰۷) در رازیانه و سانچز^۷ و همکاران (۲۰۰۸) در بارهنگ^۸ بود. ابوبیکر و مصطفی (۲۰۱۱) گزارش کردند که اضافه‌نمودن کودهای زیستی به ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده کودهای شیمیایی ویژگی‌های وزن خشک و عملکرد کاسبرگ را نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) در چای ترش افزایش داد. علاوه بر این، ترکیب ۵۰ درصد کودهای شیمیایی با کودهای زیستی تثبیت‌کننده ازت و فسفر نیز همین نتیجه را حاصل نمود. حسن (۲۰۰۹) گزارش نمود که کود زیستی در ترکیب با کود شیمیایی موجب بهبود ویژگی‌های عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ چای ترش شد. به‌طورکلی مطالعات نشان داده است که ازت اساسی‌ترین عنصری است که در رشد رویشی نقش دارد و همچنین پتاسیم و فسفر نیز جزو عناصر پرمصرف به‌شمار می‌روند و با توجه به نقش حیاتی آن‌ها، غلظت نسبی بالایی در بافت‌های گیاهی دارند (شمالی^۹ و همکاران، ۲۰۰۷). فسفر بیش‌تر در رشد زایشی و پتاسیم در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش ایفا می‌کند. در شرایط تلفیق این تیمارها حتی اضافه‌کردن هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست و ترکیب این‌ها روی تغییر میزان وزن هزاردانه، وزن کاسبرگ در هر غوزه و تعداد دانه در غوزه اثر معنی‌داری بین سطوح تیمار کود شیمیایی مشاهده شد و حتی افزایش میزان کود شیمیایی تغییر معنی‌داری را سبب نشد (شکل‌های ۲ و ۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه می‌توان اظهار داشت که نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی باعث

1. Abo-Baker
2. Mostafa
3. Hassan
4. Kapoor
5. *Artemisia annua* L.
6. Gharib
7. Sanchez
8. *Plantago major* L.
9. Shomali

بهبود در رشد رویشی و افزایش زیست‌توده گیاهی شده است و پتاسیم موجود در این کودها، علاوه بر تسریع تقسیم سلولی و تأثیر مستقیم در رشد رویشی به دلیل نقشی که در ساخت کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها و تغلیظ شیره سلولی دارد، باعث افزایش وزن خشک بوته گردیده است. همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با هیومیک‌اسید افزایش بالاتری در میزان وزن خشک بوته را نشان داد (شکل ۶). استفاده از ورمی‌کمپوست باعث بهبود بیوماس گیاه از طریق افزایش فعالیت‌های زیستی خاک و تأمین مواد مغذی بیش‌تر برای جذب توسط گیاهان می‌شود (پاسزکا^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). به دلیل وجود عناصر ریزمغذی، ورمی‌کمپوست، ماده آلی خاک را افزایش داده و توانایی جذب روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن خاک را بهبود می‌بخشد (کلهر منفرد^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). وجود این عناصر در خاک و جذب آن‌ها توسط ریشه‌ها، رشد رویشی و تولید برگ‌ها در گیاه را افزایش می‌دهد که این امر منجر به افزایش سطح جذب نور و فتوسنتز و همچنین تولید ترکیبات هیدروکربنی در برگ‌ها می‌شود؛ در نتیجه، عملکرد میوه، تعداد میوه‌ها و تعداد شاخه‌ها افزایش می‌یابد (لیو^۳ و همکاران، ۲۰۲۱؛ شرف و همکاران، ۲۰۱۹). اختر^۴ و صدیقی^۵ (۲۰۰۹) بیان نمودند که کودهای زیستی عناصر معدنی غیرقابل دسترس و همچنین ترکیب‌های آلی را به شکل قابل دسترس برای گیاه فراهم کرده و باعث افزایش رشد می‌شوند. برای عملکرد کاسبرگ بالا باید رشد رویشی یا زایشی در حد متعادل و غوزه‌ها مراحل رشدی خود را به‌طور کامل طی کرده و بزرگ شوند. این تعادل زمانی برقرار می‌شود که بین عنصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عنصر لازم برای رشد زایشی (فسفر) تعادل برقرار باشد. کودهای زیستی با ایجاد تعادل بین عناصر غذایی مورد نیاز زیاد، ضمن افزایش رشد رویشی و با ایجاد مقصد فراوان و انتقال آسمیلات‌های تولیدی حاصل از رشد رویشی، رشد زایشی را نیز افزایش می‌دهند (زهیر^۶ و همکاران، ۲۰۰۴). بهبود شاخص برداشت دانه و کاسبرگ نیز تأیید کنند افزایش عملکرد در مقایسه با ماده خشک در اثر کودهای شیمیایی و آلی و وجود تعادل بین رشد رویشی و زایشی در چای ترش است. احتمالاً علت افزایش وزن خشک در اثر کودهای شیمیایی نسبت به شاهد، در گونه‌های مختلف گیاهان به دلیل مقادیر کافی از عناصر اصلی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز برای گیاه، جذب و انتقال سریع این عناصر به وسیله ریشه و اثرات سریع در رشد گیاه باشد (موی^۷ و همکاران، ۲۰۱۹).

عاشوری و همکاران (۱۳۹۲) گزارش دادند کاربرد تلفیقی کود آلی با کود شیمیایی کامل باعث افزایش عملکرد دانه برنج به میزان ۲۰/۵ درصد در مقایسه با تیمار کود آلی به تنهایی گردید. همچنین افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر کاربرد تلفیقی کود شیمیایی کامل و کود آلی دامی (زوو^۸ و همکاران، ۲۰۰۸)، کاربرد تلفیقی کود شیمیایی، آلی و زیستی (راجاسیکاران^۹ و همکاران، ۲۰۱۵) گزارش شده است. تعداد دانه در غوزه یکی از صفات تعیین کننده عملکرد محسوب می‌شود. هر چه تعداد دانه در غوزه بیش‌تر باشد مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (ادیم، ۱۳۹۹). وزن هزاردانه از جمله مهم‌ترین عوامل تعیین کننده عملکرد دانه است. وزن هزاردانه به‌طور مستقیم تحت تأثیر جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده‌افشانی است. این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه‌ها برگ‌ها و یا کپسول‌ها تأمین شوند (احمدی و بحرانی، ۱۳۸۸).

1. Pączka
2. Kalhor Monfared
3. Liu
4. Akhtar
5. Siddiqui
6. Zahir
7. Moe
8. Xu
9. Rajasekaran

عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه، به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش رشد و گلدهی می‌شود. عنصر فسفر در کنار نیتروژن نیز موجب رشد زایشی و میوه‌دهی می‌شود. فسفر یک عنصر ضروری جهت تقسیم سلولی، توسعه ریشه و تشکیل دانه است (ال‌گیزاوی^۱ و محاسن^۲، ۲۰۰۹). فراهمی عناصر غذایی نظیر فسفر، آهن، مس، روی و به‌ویژه نیتروژن سبب افزایش فتوسنتز، تحریک رشد زیاد و بهبود ماده خشک گیاهی گردیده است که این مسئله در نهایت باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ چای ترش شده است. به‌عبارت دیگر، دلیل تأثیر مصرف کود بر افزایش عملکرد زیاد به‌واسطه فراهم‌بودن عناصر غذایی برای تک‌بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌هاست که افزایش عملکرد در واحد سطح را به‌دنبال خواهد داشت. بسیاری از پژوهش‌گران به نقش مثبت ریزوباکترهای محرک رشد زیاد، بر عملکرد محصولات زراعی مختلف اشاره کرده‌اند و آن را به ترشح هورمون‌های گیاهی، تولید و آزادسازی انواع اسیدهای آلی در خاک، تثبیت نیتروژن و در نهایت، برهم‌کنش مثبت بین آن‌ها و سایر ریزوموجودات خاک نسبت داده‌اند (کومار^۳ و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج نشان داد که عدم استفاده از کود NPK و هم‌چنین در سطح کودی پایین‌تر NPK یعنی سطح $N_{75}P_{50}K_{50}$ ، فارغ از استفاده از کودهای آلی (هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست) کم‌ترین مقادیر را برای صفات وزن خشک بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به‌دست آمد و در شرایطی که از مقادیر بالاتر کود NPK استفاده شد هم‌زمان از هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست در بهبود و افزایش مقادیر این صفات مؤثر واقع شد، به‌طوری‌که مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط تلفیقی استفاده توأم از هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست در هر سطح NPK تفاوت معنی‌داری را با تیمار عدم استفاده از کود آلی در بر داشت (شکل‌های ۶ و ۷). علاوه بر این، حیدری و مینایی (۱۳۹۳) کاربرد هیومیک‌اسید را در گیاه گاوزبان مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که کاربرد هیومیک‌اسید باعث افزایش معنی‌دار در میزان عملکرد گل، عملکرد زیست‌توده و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه شده است. این پژوهش‌گران، مطالعه دیگری بر روی گیاه دارویی چای ترش انجام دادند و به این نتیجه رسیدند هیومیک‌اسید توانسته است باعث بهبود میزان عملکرد دانه و گل در قیاس با نمونه شاهد گردد (حیدری و خلیلی، ۱۳۹۳) که با نتایج پژوهش حاضر و افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تیمار هیومیک‌اسید مطابقت دارد. در تیمار عدم استفاده از کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست، کم‌ترین مقادیر برای وزن خشک بوته (۳۰۵/۶ گرم)، عملکرد بیولوژیک (۲۴۴۴۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۳۴۴۸ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (شکل‌های ۵ و ۶). اکنبی^۴ و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و فسفر و پتاس ۱۰-۱۰-۲۰ به‌همراه پنج تن در هکتار کمپوست باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی چای ترش می‌گردد. گنجعلی و همکاران (۱۳۹۶) عملکرد چای ترش را در سطوح مختلف کود پتاسیم به‌عنوان فاکتور اصلی و کود فسفر و نیتروژن به‌عنوان فاکتور فرعی در منطقه سراوان مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کود فسفر و پتاسیم می‌تواند نقش مؤثری در جلوگیری از کاهش عملکرد چای ترش در شرایط آب‌وهوایی سراوان واقع در استان سیستان و بلوچستان داشته باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هم سطوح کود شیمیایی و هم سطوح کود آلی اثر افزایشی روی میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش داشتند. کاربرد کودهای هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست و کاربرد ترکیبی هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست سبب افزایش محتوای آنتوسیانین کاسبرگ گردید، اما این اثر در کاربرد ترکیبی کود هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست معنی‌دار بود. کاربرد هیومیک‌اسید در مقایسه با کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش

1. El-Gizawy

2. Mehasen

3. Kumar

4. Akanbi

بیش‌تری نسبت به شاهد در تمام سطوح کود شیمیایی نشان داد (شکل ۵). این نتایج ممکن است به تأثیر هیومیک‌اسید (مشتقاتی از ترکیبات فنولی) به‌عنوان پیش‌ساز سنتز آنتوسیانین (ساختار فلاونوئید) مربوط باشد و از این رو، با افزایش آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن همبستگی دارد (احمد و همکاران، ۲۰۱۱). زیادی^۱ و همکاران (۲۰۰۱) و آچو^۲ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که کاربرد برگی هیومیک‌اسید (۲۵ درصد هیومیک‌اسید فعال) آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند α -توکوفرول، α -کاروتن، سوپر اکسید دیسموتازها و غلظت‌های آسکوربیک‌اسید را در گونه‌های چمن افزایش می‌دهد. این آنتی‌اکسیدان ممکن است در تنظیم توسعه گیاه، گلدهی و مقاومت به سرما و بیماری‌ها نقش داشته باشد. می‌توان اشاره کرد که نتایج ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ با تیمارهای مختلف با نتایج ذکرشده قبلی در خصوص صفات مربوط به رشد گیاه و گلدهی آن مطابقت دارد. نتایج این پژوهش در تطابق با نتایج پژوهش احمد و همکاران (۲۰۱۱) می‌باشد که در آن بیان کردند کاربرد ورمی‌کمپوست به‌همراه هیومیک‌اسید میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و آنتوسیانین بالاتری در مقایسه با کاربرد ورمی‌کمپوست به‌تنهایی در طول دو سال زراعی در گیاه چای ترش را سبب می‌شود. کلهر منفرد و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی باعث بهبود محتوای آنتوسیانین کل و فلاونول‌های کل در چای ترش می‌شود. ورمی‌کمپوست سرشار از عناصر بوده و دسترسی به مواد مغذی برای گیاهان را افزایش می‌دهد که به‌نوبه خود فعالیت فتوسنتزی بالاتری را به‌همراه دارد و این امر به افزایش مقادیر آنتوسیانین و فلاونول‌های کل منجر می‌شود. از سوی دیگر، شدت نور و دما دو عامل محیطی مهم برای توسعه رنگدانه‌های قرمز مانند آنتوسیانین هستند (ناصر^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). به‌طور مشابه، نورهایاتی^۴ و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که تیمار چای ترش با کودهای آلی، منجر به افزایش محتوای آنتوسیانین کل شد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس یافته‌های این مطالعه، استفاده از کودهای شیمیایی NPK در سطوح مختلف و کودهای آلی (هیومیک‌اسید و ورمی‌کمپوست و همچنین استفاده ترکیبی از آن‌ها)، کیفیت و کمیت چای ترش را با تأمین مواد مغذی و مواد معدنی برای گیاهان بهبود بخشید. تیمار کودهای شیمیایی روی عملکرد و وزن کاسبرگ، وزن خشک بوته و محتوای آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه اثر افزایشی نشان دادند و با افزایش سطوح کود شیمیایی این ویژگی‌ها افزایش پیدا کردند. کاربرد کود هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست در مقایسه با کاربرد جداگانه هر کدام از این کودها افزایش بیش‌تری در خصوصیات رشدی و عملکرد کاسبرگ و دانه این گیاه و محتوای ترکیبات مؤثره آن نشان داد.

ورمی‌کمپوست از شسته‌شدن نیتروژن جلوگیری کرده و آب و مواد مغذی را در اطراف ریشه‌های گیاه حفظ می‌کند که این امر منجر به افزایش عملکرد و ترکیبات محصول چای ترش می‌شود. کودهای آلی تنفس خاک را ارتقا دادند که نشان‌دهنده شرایط مناسب رشد خاک برای تضمین عملکرد و کیفیت گیاه است. بنابراین، به‌دلیل حفاظت از محیط زیست و سلامت اجتماعی، بهتر است از ورودی‌های ارگانیک به‌جای ورودی‌های شیمیایی استفاده شود و استفاده از کودهای ارگانیک انتخاب خوبی برای کشاورزان است. همچنین، بیش‌ترین میزان وزن خشک بوته، تعداد غوزه در بوته، آنتوسیانین کاسبرگ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاسبرگ، عملکرد کاسبرگ خشک و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت دانه و کاسبرگ در تیمار کود شیمیایی $N_{225}-P_{100}-K_{100}$ به‌همراه هیومیک‌اسید+ ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. با توجه به این‌که

1. Ziadi
2. Achuo
3. Naser
4. Norhayati

در اکثر صفات موردبررسی، تیمارهای تلفیقی تأثیرات به مراتب بهتری بر ویژگی‌های رشدی این گیاه داشته‌اند، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده ترکیبی از کودها در مقایسه با کاربرد جداگانه آن‌ها نه تنها تأثیرات مثبت‌تری بر کاهش آلودگی محیط‌زیست دارد، بلکه می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به کاهش هزینه‌های تولید نیز کمک کند. این امر به‌ویژه در شرایطی که کشاورزان به دنبال راه کارهای اقتصادی و پایدار هستند، حائز اهمیت است. علاوه بر این، استفاده از روش‌های تلفیقی در بلندمدت می‌تواند به عنوان یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی مطرح شود. این جایگزینی نه فقط به حفظ سلامت خاک و تنوع زیستی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهبود کیفیت محصولات زراعی نیز منجر شود. به‌طور کلی، این رویکرد می‌تواند به ایجاد یک سیستم کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست کمک کند، که در آن بهره‌وری تولید و حفاظت از منابع طبیعی به‌طور هم‌زمان موردتوجه قرار می‌گیرد.

۷. تشکر و قدردانی

از همکاری معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان و مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان و هم‌چنین معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز در همکاری برای اجرای این پروژه پژوهشی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- احمدی، مصطفی و بحرانی، محمد جعفر (۱۳۸۸). تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن دانه ارقام کنجد در منطقه بوشهر، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۳(۲)، ۱۲۳-۱۳۱.
- ادیم، غلامرضا (۱۳۹۹). بررسی اثر مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد (*Brassica napus* L.) (کلزای نشایی). پایان‌نامه /رشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۰ صفحه.
- اقحوانی شجری، مهسا؛ رضوانی مقدم، پرویز؛ قربانی، رضا و نصیری محلاتی، مهدی (۱۳۹۴). اثرات کاربرد کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). نشریه علوم باغبانی، ۲۹(۴)، ۴۸۶-۵۰۰.
- امیری، محمد بهزاد؛ رضوانی مقدم، پرویز و جهان، محسن (۱۴۰۰). اثر اسیدهای آلی، کودهای زیستی و دو گونه میکوریزا روی پایه مادری بر برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشدی گیاهچه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch. & Mey). علوم و فناوری بذر/ایران، ۱۰(۴)، ۱۹-۳۲.
- پارسا مطلق، بهاره؛ رضوانی مقدم، پرویز؛ قربانی، رضا و اعظمی ساردویی، ذبیح اله (۱۳۹۵). اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب‌وهوایی جیرفت. نشریه پژوهش‌های زراعی/ایران، ۱۴(۴)، ۷۴۵-۷۳۵.
- حیدری، مصطفی و خلیلی، سمانه (۱۳۹۳). تأثیر هیومیک‌اسید و کود فسفر بر عملکرد دانه و گل، رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقادیر عناصر معدنی در گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.). مجله علوم گیاهان زراعی/ایران، ۴۵(۲)، ۱۹۱-۱۹۹.
- حیدری، مصطفی و مینایی، آزاد (۱۳۹۳). تأثیر تنش خشکی و هیومیک‌اسید بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی پرمصرف در گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.). فصلنامه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۱(۱)، ۱۶۷-۱۸۲.

ریگی، سیمین دخت؛ دهمرده، مهدی؛ خمری، عیسی و موسوی نیک، سیدمحسن (۱۳۹۹). ارزیابی اثر کودهای آلی بر ویژگی‌های کمی و کیفی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۲(۲)، ۲۱۱-۲۲۶.

شامحمدی، نوذر؛ زارع، مهدی؛ اردوختی، کوروش؛ عارف، فرشید و شرف‌زاده، شهرام (۱۴۰۳). عملکرد ذرت دانه‌ای تحت تأثیر تنش کم‌آبی، کودهای زیستی و شیمیایی. *علوم گیاهان زراعی/ایران*، ۵۵(۱)، ۲۳-۳۶.

شاهپوری ارانی، مهربان؛ فرخیان فیروزی، احمد؛ عنایتی ضمیر، نعیمه و راهنما، افراسیاب (۱۳۹۸). اثر تراکم خاک و کاربرد ماده آلی بر برخی ویژگی‌های زیستی خاک در کشت گلخانه‌ای گندم. *نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)*، ۳۳(۴)، ۴۸۵-۴۹۵.

عاشوری، محبوبه؛ اصفهانی، مسعود؛ عبداللهی، شاپور و ربیعی، بابک (۱۳۹۳). اثر محلول پاشی مکمل‌های کود آلی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.). *فصلنامه تحقیقات غلات*، ۳(۴)، ۲۹۱.

گنجعلی، حمیدرضا؛ کمالی دلجو، افسانه؛ عزیزیان شرمه، امید و لکی زهی، محمد (۱۳۹۶). خصوصیات رشدی و عملکرد چای ترش در سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شرایط آب‌وهوایی سراوان. *نشریه بوم‌شناسی گیاهان زراعی*، ۱۳(۱)، ۲۷-۳۵.

یادگاری، مهراب (۱۴۰۰). اثرات کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی اسانس گیاه دارویی بادرنجوبه (*Melissa officinalis* L.). *فصلنامه فرایند و کارکرد گیاهی*، ۱۰(۱)، ۳۱۵-۳۳۰.

References

- Abebe, T.G., Tamtam, M.R., Abebe, A.A., Abtemariam, K.A., Shigut, T.G., Dejen, Y.A., & Haile, E.G. (2022). Growing use and impacts of chemical fertilizers and assessing alternative organic fertilizer sources in Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 4738416.
- Abo-Baker, A. A., & Mostafa, G. G. (2011). Effect of bio-and chemical fertilizers on growth, sepals yield and chemical composition of *Hibiscus sabdariffa* at new reclaimed soil of South Valley area. *Asian Journal of Crop Science*, 3, 16-25.
- Achuo, E. A., Audenaert, K., Meziane, H., & Höfte, M. (2004). The salicylic acid-dependent defence pathway is effective against different pathogens in tomato and tobacco. *Plant Pathology*, 53(1), 65-72.
- Adim, Gh. (2020). Effect of combined application of organic and chemical fertilizers on growth and yield of transplanted Canola (*Brassica napus* L.). Master's thesis, *Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*, Gorgan, 100 p. (in Persian)
- Aghhavan Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Nasiri Mahalati, M. (2016). Effects of Single and Combined Application of Organic, Biological and Chemical Fertilizers on Quantitative and Qualitative Yield of Coriander (*Coriandrum sativum*). *Journal of Horticultural Science*, 29(4), 486-500. (In Persian)
- Ahmad, I. M., Qubal, B., Ahmad, G., & Shah, N. H. (2009). Maize yield, plant tissue and residual soil N as affected by nitrogen management and tillage system. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 1(1), 19-29.
- Ahmad, Z., Waraich, E. A., Ahmad, R., & Shahbaz, M. (2017). Modulation in water relations, chlorophyll contents and antioxidants activity of maize by foliar phosphorus application under drought stress. *Pakistan Journal of Botany*, 49(1), 11-9.
- Ahmadi, M., & Bahrani, M.J. (2009). Effect of Nitrogen Fertilizer on Yield and Yield Components of Three Sesame Cultivars in Bushehr Province, *Journal of Hydrology and Soil Science*, 13(2), 123-131. (In Persian)
- Ahmed, Y. M., Shalaby, E. A., & Shanan, N. T. (2011). The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 10(11), 1988-1996.
- Akanbi, W. B., Olaniyan, A. B., Togun, A. O., Ilupeju, A. E. O., & Olaniran, O. A. (2009). The effect of organic and inorganic fertilizer on growth, calyx yield and quality of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(4), 652-657.
- Akhtar, M. S., & Siddiqui, Z. A. (2009). Effect of phosphate solubilizing microorganisms and Rhizobium sp. On the growth, nodulation, yield and root-rot disease complex of chickpea under field condition. *African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3489-3496.

- Ali, A. S., Mohamed, B. F., & Dreyling, G. (2014). Salt tolerance and effects of salinity on some agricultural crops in the Sudan. *Journal of Forest Products and Industries*, 3(2), 56-65.
- Ali, M. M., Anwar, R., Malik, A. U., Khan, A. S., Ahmad, S., Hussain, Z., Ul Hasan, M., Nasir, M., & Chen, F. X. (2022). Plant growth and fruit quality response of strawberry is improved after exogenous application of 24-epibrassinolide. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41, 1786-1799.
- Amiri, M.B., Rezvani Moghaddam, P., & Jahan, M. (2022). Effect of organic acid, biofertilizers and two mycorrhiza species in the rootstock on some germination characteristics and seedling growth of Iranian oxtongue (*Echium amoenum* Fisch & Mey.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 10(4), 19-32. (In Persian)
- Ashoori, M., Esfahani, M., Abdollahi, S.H., & Rabiei, B. (2014). Effect of foliar application of organic fertilizer complements on grain yield, yield components and quality in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars, *A Quarterly Journal Cereal Research*, 3(4), 291. (In Persian)
- Beeby, J., Moore, S., Taylor, L., & Nderitu, S. (2020). Effects of a one-time organic fertilizer application on long-term crop and residue yields, and soil quality measurements using biointensive agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 67.
- El Naim, A. M., & Ahmed, S. E. (2010). Effect of weeding frequencies on growth and yield of two roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) varieties under rain fed. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9), 4250-4255.
- El-Gizawy, N. K. B., & Mehasen, S. A. S. (2009). Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal*, 6(10), 1359-1365.
- Ganjali, H. R., Deljoo, A. K., Shermeh, O. A., & Lakizahi, M. (2017). Growth and yield characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) affected by different rates of nitrogen, phosphorus and potassium in Saravan, Iran. *Agroecology Journal*, 13(1), 27-35. (In Persian)
- Gharib, F. A., Moussa, L. A., & Massoud, O. N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). *Journal of Agriculture and Biological Science*, 10, 381-387.
- Guo, J. X., Hu, X. Y., Gao, L. M., Xie, K. L., Ling, N., Shen, Q. R., Hu, S. J., & Guo, S. W. (2017). The rice production practices of high yield and high nitrogen use efficiency in Jiangsu, China. *Scientific Reports*, 7, 2101.
- Hassan, F.A.S. (2009). Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. *Annals of Agricultural Science*, 54, 437-446.
- Heidari, M., & Khahlil, S. (2014). Effect of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, photosynthetic pigments and mineral elements concentration in sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45(2), 191-199. (In Persian).
- Heidari, M., & Minaei, A. (2014). Effects of drought stress and humic acid application on quantitative yield and content of macro-elements in medical plant Borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Plant Production Research*, 21(1), 167-182. (In Persian).
- Hu, G. Q., Ma, X. X., Li, X. H., & Wang, H. (2022). Evaluation of organic substitution based on vegetable yield and soil fertility. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 34, 162-170.
- Inuwa, N. M., Fagge, A. A., Mohamed, A. M. L., Lado, A., & Aliyu, A. M. (2022). Effect of Stand Densities and NPK Fertilizer on Growth and Calyx Yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Sudan Savanna Zone of Nigeria: An Approach towards Growth Characters. *Journal of Experimental Agriculture International*, 44(10), 238-47.
- Kalhor Monfared, R., Ardakani, M. R., & Paknejad, F. (2022). Evaluation of organic fertilizers and soil amendments on yield and yield compounds of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Organic Farming of Medicinal Plants*, 1(2), 71-78.
- Kapoor, R., Chaudhary, V., & Bhatnagar, A. K. (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycoriza*, 17, 581-587.
- Khalil, S. E., & Yousef, R. M. (2014). Study the effect of irrigation water regime and fertilizers on growth, yield and some fruit quality of *Hibiscus sabdariffa* L. *International Journal of Advanced Research*, 2(5), 738-750.
- Kumar, T. S., Swaminathan, V., & Kumar, S. (2009). Influence of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on growth, yield and essential oil constituents in ratoon crop of davana (*Artemisia pallens* Wall.). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8(2), 86-95.

- Lam, S. K., Suter, H., Mosier, A. R., & Chen, D. L. (2017). Using nitrification inhibitors to mitigate agricultural N₂O emission: A double-edged sword? *Global Change Biology*, 23, 485-489.
- Liu, D., Ding, Z., Ali, E. F., Kheir, A. M., Eissa, M. A., & Ibrahim, O. H. (2021). Biochar and compost enhance soil quality and growth of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under saline conditions. *Scientific Reports*, 11(1), 8739.
- Maguire, V. G., Bordenave, C. D., Nieva, A. S., Llamas, M. E., Colavolpe, M. B., Garriz, A., & Ruiz, O. A. (2020). Soil bacterial and fungal community structure of a rice monoculture and rice-pasture rotation systems. *Applied Soil Ecology*, 151, 103535.
- Mahadevan, N., & Kamboj, P. (2009). *Hibiscus sabdariffa* Linn. –an overview.
- Mahfouz, S. A., & Sharaf-Eldin, M. A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel [*Foeniculum vulgare* Mill.]. *International agrophysics*, 21(4), 361-366.
- Shahpouri Arani, M., Farrokhan Firouzi, A., Enayatizamir, N., & Rahnama, A. (2020). Effect of Soil Compaction and Organic Matter Application on some Soil Biological characteristic under wheat cultivation in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Soil Research*, 33(4), 485-495.
- Mehrnia, M., Filizadeh, Y., & Naji, A. (2024). Evaluation the effects of shade and humic acid on the eco-physiological traits of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under different irrigation regimes. *Journal of Medicinal plants and By-product*.
- Mekdad, A.A.A., El-Sherif, A.M.A., Rady, M.M. et al. (2022). Culture management and mpplication of humic acid in favor of *Helianthus annuus* L. oil yield and nutritional homeostasis in a dry environment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22, 71-86.
- Naguib, N.Y.M. (2011) Organic vs. chemical fertilization of medicinal plants: A concise review of researches. *Advances in Environmental Biology*, 5, 394-400.
- Naser, H. M., Hanan, E. H., Elsheery, N. I., & Kalaji, H. M. (2016). Effect of biofertilizers and putrescine amine on the physiological features and productivity of date palm (*Phoenix dactylifera*, L.) grown on reclaimed-salinized soil. *Trees*, 30, 1149-1161.
- Norhayati, Y., NG, W., & Dzemi, M. (2019). Effects of organic fertilizers on growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) on bris soil. *Malaysian Applied Biology*, 48(1), 177-184.
- Pączka, G., Mazur-Pączka, A., Garczyńska, M., Hajduk, E., Kostecka, J., Bartkowska, I., & Butt, K. R. (2021). Use of vermicompost from sugar beet pulp in cultivation of peas (*Pisum sativum* L.). *Agriculture*, 11(10), 919.
- Rajasekaran, S., Sundaramoorthy, P., & Sankar Ganesh, K. (2015). Effect of FYM, N, P fertilizers and biofertilizers on germination and growth of paddy (*Oryza sativa* L.). *International Letters of Natural Sciences*, 35, 5-65.
- Ramos, F.T., Does, E.F.d.C., Weber, O.L.d.S., Beber, D.C., Campelo, J.H. Jr., & Maia, J.C.d.S. (2018). Soil organic matter doubles the cation exchange capacity of tropical soil under no-till farming in Brazil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 3595-3602.
- Richardson, M.L., & Arlotta, C.G. (2021). Differential yield and nutrients of *Hibiscus sabdariffa* L. genotypes when grown in urban production systems. *Scientia Horticulturae*, 288, 110349.
- Rigi, S. D., Dahmarde, M., Khammari, I., & Mousavi Nik, S. M. (2020). Evaluation of Organic Fertilizers on Yield and Yield Components in Intercropping of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and Cow Pea (*Vigna unguiculata* L.). *Journal of Agroecology*, 12(2), 211-226. (In Persian)
- Sabzevari, S., & Khazaei, H. (2009). Effect of Solution Spyraying (Foliar) of various amounts of Humic acid on grwoth specifications, performance and components of yield of wheat with "Pishtaz" cultivar. *Agricultural Ecology Periodical*, 1(2), 53- 63.
- Salami, S.O., & Afolayan, A.J. (2021) Evaluation of nutritional and elemental compositions of green and red cultivars of roselle: *Hibiscus sabdariffa* L.. *Scientific Reports*, 11, 1030.
- Sanchez, G. E., Carballo, G. C., & Romos, G. S. R. (2008). Influence of organic manures and biofertilizers on the quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *P. lanceolata* L. *Revista cubana de plants Medicinales*, 13, 12-15.
- Shahpouri Arani, M., Farrokhan Firouzi, A., Enayatizamir, N., & Rahnama, A. (2020). Effect of soil compaction and organic matter application on some soil biological characteristic under wheat cultivation in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Soil Research*, 33(4), 485-495. (In Persian).
- Shajari, M.A., Moghaddam, P.R., Ghorbani, R., & Koocheki, A. (2018). Increasing saffron (*Crocus sativus* L.) corm size through the mycorrhizal inoculation, humic acid application and irrigation managements. *Journal of Plant Nutrition*, 41, 1047-1064.

- Shamohammadi, N., Zare, M., Ordokhani, K., Aref, F., & Sharafzaeh, S. (2024). Grain Corn Yield under the Influence of Water Deficit Stress, Biological and Chemical Fertilizers. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(1), 23-36. (In Persian).
- Sharaf, E. D., Ahmed, H. A., Shalan, M. M., & Hussien, H. M. (2019). The Effect of Organic and Bio-Fertilization on Vegetative Growth and Yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Plant Production*, 10(12), 1175-1185.
- Sharafzadeh, S., & Ordookhani, K. (2011). Organic and bio fertilizers as a good substitute for inorganic fertilizers in medicinal plants farming. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12), 1330-1333.
- Shomali, R., Abdolzadeh, A., Haddadchi, G.R., & Sadeghipour, H.R. (2007). Effect of different potassium and iron concentration on growth, ion contents and some biochemical parameters in rice (var. Tarem). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(5), 64-85.
- Simpson, R. J., Oberson, A., Culvenor, R. A., Ryan, M. H., Veneklaas, E. J., Lambers, H., Lynch, J. P., Ryan, P. R., Delhaize, E., & Smith, F. A. (2011). Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. *Plant and Soil*, 349, 89-120.
- Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant physiology*, 64(1), 88-93.
- Xu, M. G., LI, D. C., LI, J. M., QIN, D. Z., Kazuyuki, Y., & Hosen, Y. (2008). Effects of organic manure application with chemical fertilizers on nutrient absorption and yield of rice in Hunan of Southern China. *Agricultural Sciences in China*, 7(10), 1245-1252.
- Yadegari, M. (2021). The Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Content and Composition of Essential Oil in Lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Plant Process and Function*, 10(1), 315-330. (In Persian).
- Zahir, A. Z., Arshad, M., & Frankenberger, W. F. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Advanced Agronomy*, 81, 97-168.
- Zheljazkov, V., & Warman, P.R. (2004). Sourceseparated municipal soil waste compost application to Swiss chard and basil. *Journal of Environmental Quality*, 33, 542-552.
- Ziadi, S., Barbedette, S., Godard, J. F., Monot, C., Le Corre, D., & Silue, D. (2001). Production of pathogenesis-related proteins in the cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis)-downy mildew (*Peronospora parasitica*) pathosystem treated with acibenzolar-S-methyl. *Plant Pathology*, 50(5), 579-586.