University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Impact of Soil Application of Nitroxin and Vermicompost on Morphological and Biochemical Traits of Blackberry (*Rubus* Sp.)

Roya Mosavi[1] | Vida Chalavi[2]✉ | Kamran Ghasemi[3] | Mehdi Hadidinejad[4]

1. Department of Horticulture Sciences, Agronomy College, Sari Agriculture and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: ro.mosavi@sanru.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Horticulture Sciences, Agronomy College, Sari Agriculture and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: v.chalavi@sanru.ac.ir
3. Department of Horticulture Sciences, Agronomy College, Sari Agriculture and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: k.ghasemi@sanru.ac.ir
4. Department of Horticulture Sciences, Agronomy College, Sari Agriculture and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: m.hadadinejad@sanru.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 14 May 2024
Received in revised form
29 January 2021
Accepted 3 February 2023
Published online 30 September 2024

Keywords:
Anthocyanin
Combined use
Fruit size
Vitamin C
Yield

ABSTRACT

Objective: Considering the abundant use of chemical fertilizers in agriculture and their detriments to the environment, it is necessary to consider alternatives to prevent possible damage.

Methods: A completely randomized factorial experiment with four replications was conducted in the Nur country to investigate the imapct of nitroxin and vermicompost on the qualitative and functional characteristics of Blackberry. The first factor was the percentage of vermicompost at five levels (0, 10, 20, 30 and 40% by volume) and the second factor consisted of inoculation and lack of inoculation with nitroxin (Ni).

Results: The results demonstrated that the highest fruit weight, number of fruits, and yield were observed at 20% vermicompost. Maximum fruit length (1.62 cm) was obtained with 10% vermicompost and nitroxin inoculation. In analyzing the biochemical traits, the highest soluble solids and taste index were observed in the 10% vermicompost treatment. The largest amount of anthocyanin was obtained in the 20 and 30% vermicompost treatments at 551 and 563 (mg/L fruit juice), respectively. The application of nitroxin along with 30% vermicompost yielded the highest amount of vitamin C among all treatments.

Conclusion: The application of vermicompost at 20 to 30% levels had the best impact on the quantitative and qualitative traits of Blackberry, and in cases where high amounts of vermicompost exerted a negative effect on some traits, nitroxin was able to reduce this effect and enhance certain traits. In this assay, the application of vermicompost at 20-30% along with nitroxin demonstrated the best impacts on blackberry traits.

Cite this article: Mosavi, R., Chalavi, V., Ghasemi, K, & Hadidinejad, M. (2024). Impact of Soil Application of Nitroxin and Vermicompost on Morphological and Biochemical Traits of Blackberry (*Rubus* Sp.). *Journal of Crops Improvement*, 26 (3), 669-686. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.343045.2708

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.343045.2708

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

اثر کاربرد خاکی نیتروکسین و ورمی‌کمپوست بر صفات مورفولوژی و بیوشیمیایی تمشک سیاه (*Rubus* sp.)

رویا موسوی[۱] | ویدا چالوی[۲] ✉ | کامران قاسمی[۳] | مهدی حدادی‌نژاد[۴]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. رایانامه: ro.mosavi@sanru.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. رایانامه: v.chalavi@sanru.ac.ir

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. رایانامه: k.ghasemi@sanru.ac.ir

۴. گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. رایانامه: m.hadadinejad@sanru.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

کلیدواژه‌ها:
آنتوسیانین
اندازه میوه
عملکرد
کاربرد تلفیقی
ویتامین ث

چکیده

هدف: با توجه به کاربرد فراوان کودهای شیمیایی در کشاورزی و مخاطرات این کودهای برای محیط زیست، لازم است به موارد جایگزین توجه شود تا از آسیب های احتمالی جلوگیری شود.

روش پژوهش: با هدف بررسی اثر نیتروکسین و ورمی‌کمپوست بر خصوصیات کیفی و عملکردی تمشک سیاه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شهرستان نور انجام شد. فاکتور اول میزان درصد کود ورمی‌کمپوست در پنج سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد حجمی) و فاکتور دوم تلقیح و عدم تلقیح با نیتروکسین (Ni) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بالاترین وزن میوه، تعداد میوه و عملکرد در ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد مشاهده شد. بیش‌ترین طول میوه (۱/۶۲ سانتی‌متر) در ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد و تلقیح نیتروکسین به‌دست آمد. در بررسی صفات بیوشیمیایی، بیش‌ترین مواد جامد محلول و شاخص طعم در تیمار ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین در تیمارهای ورمی‌کمپوست ۲۰ و ۳۰ درصد به‌ترتیب به میزان ۵۵۱ و ۵۶۳ (میلی‌گرم بر لیتر آب‌میوه) حاصل گردید. کاربرد نیتروکسین به همراه ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد بیش‌ترین ویتامین ث را در میان همه تیمارها به‌همراه داشت.

نتیجه‌گیری: کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح ۲۰ تا ۳۰ درصد بهترین اثر را بر صفات کمی و کیفی تمشک سیاه داشته و در مواردی که مقادیر بالای ورمی‌کمپوست اثر منفی داشته است، نیتروکسین توانسته این اثر را کاهش دهد و موجب افزایش برخی صفات شود. در این بررسی کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح ۲۰ تا ۳۰ درصد به‌همراه نیتروکسین بهترین اثر را بر صفات مرتبط با تمشک سیاه نشان داده است.

استناد: موسوی، رویا؛ چالوی، ویدا؛ قاسمی، کامران و حدادی‌نژاد، مهدی (۱۴۰۳). اثر کاربرد خاکی نیتروکسین و ورمی‌کمپوست بر صفات مورفولوژی و بیوشیمیایی تمشک سیاه (*Rubus* sp.). *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۳)، ۶۶۹-۶۸۶. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.343045.2708

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

امروزه با توجه به افزایش بیماری‌های مزمن، مصرف کافی میوه و سبزی می‌تواند در پیشگیری بیماری‌ها و ارتقای سلامت انسان اثرگذار باشد. در این میان میوه و سبزی‌های غنی از ترکیبات (پلی) فنلی از ارزش غذایی بیش‌تری برخوردارند. اصطلاح (پلی) فنل شامل تعدادی ساختار شیمیایی مختلف از جمله فلاونوئیدها و ترکیبات مرتبط است. تمشک سیاه[1] از خانواده گُل‌سُرخیان[2] و حاوی طیف متنوعی از مواد شیمیایی گیاهی با خواص بیولوژیکی مانند فعالیت‌های ضدسرطانی، ضد التهابی می‌باشد (راموس–سولانو[3] و همکاران، ۲۰۱۵). در برخی از مطالعات نشان داده‌شده است که ترکیبات پلی‌فنلی در محصولات ارگانیک (هابر[4] و همکاران، ۲۰۱۱؛ ورچک[5] و همکاران، ۲۰۱۱) در مقایسه با محصولات کشت‌شده با کود شیمیایی بیش‌تر است. می‌توان برای تولید محصولات ارگانیک، از ورمی‌کمپوست، نیتروکسین و میکوریزای آربوسکولار استفاده نمود. ورمی‌کمپوست نوعی کمپوست تولیدشده به‌کمک کرم‌های خاکی است. ورمی‌کمپوست امکان کاهش حجم ضایعات آلی، تثبیت مواد آلی، و افزایش تولید زیست‌توده گیاهی را از طریق مکانیسم‌های مختلفی ممکن می‌سازد و باعث افزایش محتوای مواد آلی خاک می‌شود. هم‌چنین چگالی ظاهری خاک و دسترسی به آب و مواد غذایی را افزایش داده و اثرات هورمونی داشته و اثرات منفی آفات و عوامل بیماری‌زا را کاهش می‌دهد (بلوین[6] و همکاران، ۲۰۱۹). کودهای بیولوژیک، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید خاک‌زی می‌باشند که همراه با مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شوند و نقش مثبتی در رفع نیاز غذایی گیاهان داشته و سبب بهبود شرایط رشد آن‌ها می‌شوند. نیتروکسین یکی دیگر از کودهای زیستی یا کود بیولوژیک می‌باشد که حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم است که این باکتری‌ها موجب تثبیت نیتروژن شده و اثرات مفیدی در رشد و نمو گیاهان دارد (احمد[7] و همکاران، ۲۰۱۰).

۲. پیشینه پژوهش

استفاده از ازتوباکتر موجب تقویت رشد گیاه شده که چندین مکانیسم برای این عمل پیشنهاد گردیده است، این موارد شامل تثبیت نیتروژن، تولید هورمون رشد و هم‌چنین آزادسازی سیدروفورها است(سومبول[8] و همکاران، ۲۰۲۰). ازتوباکتر با تولید مواد محرک رشد و سنتز اسیدهای آلی توسط میکروارگانیسم‌ها، اثرات محرک یا بازدارنده بر برخی از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در میکروارگانیسم ها و گیاهان نیز اعمال می‌کنند. از جمله این موارد می‌توان به نقش آن در بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی و در نتیجه افزایش اشاره کرد (انصاری[9] و محمود[10]، ۲۰۱۹). اگرچه مزیت عمده گزارش‌شده از آزوسپریلیوم ظرفیت آن در تثبیت نیتروژن است، اما ویژگی‌های دیگری داشته که منجر به افزایش رشد می‌شوند. یکی از ویژگی‌های اصلی آزوسپیریلوم سنتز هورمون‌های گیاهی و سایر ترکیبات، از جمله اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، جیبرلین‌ها، آبسزیک‌اسید است. اتیلن، سالیسیلیک‌اسید، فیتوهورمون‌ها به‌شدت

1. *Rubus* sp.
2. Rosaceae
3. Ramos-Solano
4. Huber
5. Vrček
6. Blouin
7. Ahmed
8. Sumbul
9. Ansari
10. Mahmood

بر رشد ریشه تأثیر می‌گذارند و در نتیجه جذب آب و مواد غذایی را بهبود می‌بخشند (فوکامی[1] و همکاران، ۲۰۱۸). هم‌چنین گزارش‌هایی مبنی بر کمک آزوسپیریلوم به کاهش تنش‌های غیر زیستی، مانند شوری و خشکی وجود دارد (امیریوسفی و همکاران، ۱۴۰۱؛ کیم[2] و همکاران، ۲۰۱۲؛ رودریگز-سالازار[3] و همکاران، ۲۰۰۹). یافته‌های یک پژوهش نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست و کود زیستی میکوریزا، گیاه تمشک سیاه را تحت تأثیر قرار داده است، به‌طوری‌که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار آنتوسیانین شده و تلقیح ریشه با کود زیستی میکوریزا در بستر دارای ورمی‌کمپوست ارتفاع بوته و میزان فلاونوئید را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داده‌است (عبود- آرچیلا[4] و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج پژوهش‌ها که به بررسی اثر ازتوباکتر و ورمی‌کمپوست بر خصوصیات رشدی و عملکردی توت فرنگی رقم چندلر پرداختند، حاکی از آن بود که کاربرد ترکیبی ازتوباکتر و ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد گل، تعداد تشکیل میوه در بوته و اسکوربیک‌اسید و قند کل شده است (تریپاتی[5] و همکاران، ۲۰۱۵). به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده تلفیقی آن‌ها با کودهای زیستی، در پژوهش حاضر به بررسی اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح نیتروکسین بر روی پارامترهای مورفولوژی و بیوشیمیایی گیاه تمشک سیاه پرداخته شد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش گلدانی در فضای باز در روستای بنفشه‌ده شهرستان نور انجام شد. این منطقه دارای طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۳ دقیقه و ۲۶ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه ۳۷ ثانیه شمالی با مختصات utm 609651-4037570 می‌باشد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار شامل سطوح صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست در ترکیب با دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با نیتروکسین (Ni) با چهار تکرار اجرا شد. پیش از شروع آزمایش ورمی‌کمپوست مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱).

۳. ۱. شرایط کاشت و نگهداری گیاهان

بسترهای کشت با مخلوط کردن سطوح مختلف ورمی‌کمپوست با خاک پایه (جدول ۱) در گلدان پلاستیکی سطلی با اندازه ۳۳×۳۶ آماده شد. سپس، نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده و یکنواخت از نظر اندازه (در بازه ۱۲۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر) برای استفاده در آزمایش از شرکت پدیدآوران فناوری زیست کاسپین خریداری شد و ریشه گیاهان کاملاً از خاک اولیه جدا شد و پس از هرس ریشه در تاریخ ۲۲ آبان‌ماه ۱۳۹۹ در بسترهای کاشت قرار گرفتند. آب‌وهوای منطقه معتدل و مرطوب و با بیشینه دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در فصل تابستان و کمینه منفی یک درجه سانتی‌گراد در فصل زمستان بوده است.

جدول ۱. خصوصیات ورمی‌کمپوست مورداستفاده

فاکتورهای اندازه‌گیری	مواد آلی و فرار (درصد)	pH –	کربن آلی (درصد)	شوری (میلی زیمنس)	ازت کل (درصد)	فسفر کل (درصد)	پتاسیم کل (درصد)
ورمی‌کمپوست	۲۹/۱۰	۷/۶۲	۱۶/۹۲	۶/۲۳	۱/۳۲	۰/۲۳	۰/۸۰

1. Fukami
2. Kim
3. Rodríguez-Salazar
4. Abud-Archila
5. Tripathi

در تیمارهای تلقیح با کود زیستی نیتروکسین (شرکت فناوری زیستی مهر آسیا)، ریشه گیاهان تمشک به‌مدت ۱۰ دقیقه در محلول نیتروکسین (نسبت ۱ به ۱۰ با آب) قرار داده شد و سپس در گلدانی با بستر کشتی که از قبل آماده شده‌بود کاشته شدند. کود دهی با کود سه بیست flora (کشور فرانسه) در طی دو مرحله پس از کاشت و با فاصله هر ۱۵ روز براساس توصیه شرکت تولیدکننده (پنج کیلوگرم در هزار لیتر آب) انجام گرفت. با توجه به نیاز آبی متوسط گیاه، در فصل زمستان معمولاً با آب باران آبیاری شده و در فصل گرم به‌صورت یک‌روز در میان در حدود ۵۰۰–۷۰۰ میلی‌لیتر آبیاری انجام شد.

در پایان آزمایش طول و قطر میوه با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری گردید به این صورت که از هر تیمار پنج عدد تمشک انتخاب، طول و قطر آن اندازه گرفته و به‌صورت میانگین یادداشت شد. برای وزن میوه از هر تیمار، تعداد پنج عدد تمشک انتخاب و با ترازوی دیجیتال (مدل FX-300GD– کشور ژاپن) اندازه‌گیری و میانگین وزن آن‌ها ثبت گردید. برای تعداد میوه هر خوشه، تعداد میوه‌های هر خوشه موجود بر روی شاخه تیمار شمارش و بر تعداد خوشه‌ها تقسیم گردید. عدد به‌دست‌آمده به‌صورت میانگین یادداشت شد. برای بررسی میزان عملکرد هر شاخه، تمامی میوه‌های برداشت‌شده را وزن نموده و از مجموع این اعداد میزان عملکرد حاصل گردید. برای اندازه‌گیری تعداد بذر، برای هر تیمار آب‌میوه را گرفته و پس از شست‌وشوی بذرها تعداد آن یادداشت گردید. هم‌چنین برای هر تیمار از پنج عدد میوه استفاده شده و تعداد بذرها به‌صورت میانگین بیان شده است.

در مورد صفات بیوشیمیایی، برای به‌دست‌آوردن میزان مواد جامد محلول TSS یک قطره از آب تمشک را بر روی لنز دستگاه رفراکتومتر دستی چشمی (مدل ATC-20E Atogo– کشور ژاپن) ریخته و عدد نمایش داده‌شده بر روی درجه بریکس یادداشت گردید. در مورد اسیدیته قابل تیتراسیون، آب‌میوه را با نسبت ۱:۹ با آب مقطر رقیق شد و این ترکیب را با استفاده از سود (NaOH) ۰/۱ نرمال تیتر گردید و مقدار مصرف NaOH را یادداشت کرده و میزان TA را با استفاده از فرمول زیر و برحسب گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آبمیوه محاسبه شد (رانا[1] و سینگ[2]، ۱۹۹۲).

رابطه ۱) ٪TA=(SOD× 0.1× 0.064/((حجم محلول)

برای به‌دست‌آوردن شاخص طعم میوه، مقدار مواد جامد محلول (TSS) را بر مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) تقسیم نموده که حاصل این عبارت نشان‌دهنده شاخص طعم می‌باشد. میزان pH آب‌میوه توسط دستگاه pHمتر (مدل PHS-3E– کشور تایوان) اندازه‌گیری شد. میزان ویتامین ث میوه تمشک براساس کاهش رنگ ترکیب ۲،۶ – دی کلروفنل ایندوفنل توسط اسکوربیک‌اسید اندازه‌گیری گردید (بور[3] و همکاران.، ۲۰۰۶). آنتوسیانین کل با روش رولستاد[4] (۲۰۰۵) با استفاده از روش اختلاف جذب در pHهای مختلف اسپکتروفوتومتری توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (MAPADA مدل uv-1800PC– کشور چین) اندازه‌گیری شد. در این روش از دو بافر استفاده شد. برای آماده‌سازی نمونه‌ها ۰/۵ میلی‌لیتر از هر عصاره را برداشته و یک شبانه‌روز در ۲ میلی‌لیتر بافر استخراج قرار داده شد. سپس در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت انجام گرفت و با استفاده از فرمول زیر میزان آنتوسیانین محاسبه گردید.

رابطه ۲) A = (A520 - A700) pH 1.0 - (A520 - A700) pH4.5

۳. ۲. تجزیه و تحلیل آماری

پس از اتمام آزمایش و جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا آزمون نرمال بودن داده در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت و پس از اطمینان

1. Rana
2. Singh
3. Bor
4. Wrolstad

از نرمال‌بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون LSD[1] در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و رسم شکل‌ها نیز با نرم‌افزار اکسل (۲۰۱۶) انجام گرفت.

۴. یافته‌های پژوهش

نتایج بررسی جدول تجزیه واریانس صفات مورفولوژی نشان داد که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر طول، قطر، وزن و تعداد میوه و هم‌چنین عملکرد و تعداد بذر (شفتچه) معنی‌دار شده است (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی میوه‌های تمشک سیاه، تحت‌تأثیر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طول میوه	قطر میوه	وزن میوه	تعداد میوه	عملکرد	تعداد بذر
ورمی‌کمپوست	۴	۰/۰۲۳**	۰/۰۲۰**	۰/۶۰۹**	۵۷۶/۲۱**	۰/۸۶**	۱۵۷/۰۲**
نیتروکسین	۱	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۱ns	۱/۶۵۶**	۱۰۸/۹۰ns	۰/۱۳**	۲/۰۲ns
اثر متقابل	۴	۰/۰۴۴**	۰/۰۴۷**	۰/۳۶۳**	۲۳۲/۹۶**	۵/۷۳**	۷۵/۴۰**
خطا	۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۳۱/۵۳	۰/۴۸	۵/۶۰
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲/۷۳	۲/۵۶	۲/۵۸	۱۴/۳۰	۷/۷۴	۶/۶۷

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

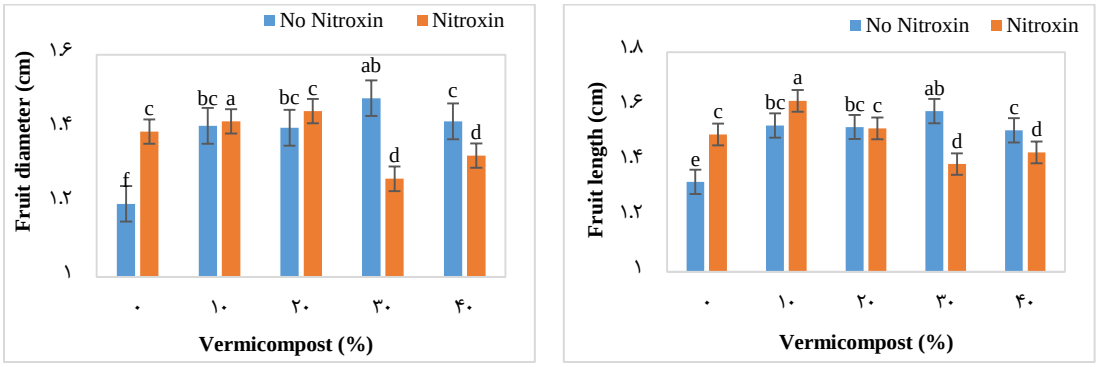
۴. ۱. طول میوه

بررسی نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست به‌تنهایی توانسته طول میوه را به‌شکل معنی‌داری افزایش دهد، به‌طوری‌که در تیمار ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۷ درصدی در طول میوه مشاهده گردید. اگرچه افزایش سطح ورمی‌کمپوست و رسیدن آن به ۴۰ درصد میزان طول میوه را کاهش داده، اما همچنان نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان‌می‌دهد. کاربرد نیتروکسین به‌همراه ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد موجب شده بیش‌ترین طول میوه به میزان ۱/۶۲ سانتی‌متر حاصل گردید. افزایش سطح ورمی‌کمپوست در گیاهان تلقیح‌شده موجب کاهش طول میوه گردید، هرچند این مقادیر در مقایسه با تیمار شاهد در سطح بالاتری قرار دارند (شکل ۱).

۴. ۲. قطر میوه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از تیمارهای نیتروکسین و ورمی‌کمپوست باعث افزایش قطر میوه می‌گردد، به طوری‌که بیش‌ترین مقدار در تیمار ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد به میزان ۱/۴۸ سانتی‌متر مشاهده شد. استفاده از نیتروکسین به‌همراه ورمی‌کمپوست تا سطح ۲۰ درصد باعث افزایش قطر میوه گردید ولی مقادیر بالاتر موجب کاهش قطر میوه شد. هم‌چنین کم‌ترین میزان قطر میوه ۱/۱۹ به تیمار شاهد تعلق داشت (شکل ۱).

1. Least Significant Difference



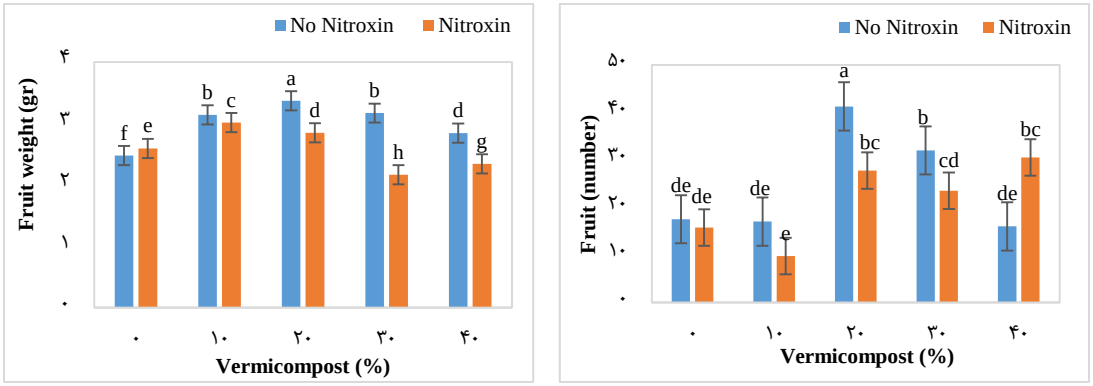
شکل ۱. اثر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر طول و قطر میوه تمشک سیاه

۴. ۳. وزن میوه

بررسی نتایج وزن میوه تمشک حاکی از آن بود که استفاده از ورمی‌کمپوست به‌تنهایی تا سطح ۲۰ درصد روند افزایش وزن میوه را نشان‌می‌دهد که بیش‌ترین مقدار وزن میوه در این سطح با مقدار ۳/۳۷ گرم مشاهده شد. با افزایش میزان ورمی‌کمپوست این روند به‌صورت نزولی تغییر کرد. همین روند در تیمار هم‌زمان نیتروکسین و ورمی‌کمپوست نیز دیده شد. کم‌ترین وزن میوه در تیمار شاهد به میزان ۲/۱۶ گرم حاصل گردید (شکل ۲).

۴. ۴. تعداد میوه

بیش‌ترین تعداد میوه در تیمار ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد به میزان ۴۱ عدد مشاهده شد. با افزایش ورمی‌کمپوست و رسیدن آن به سطح ۴۰ درصد به‌طور معنی‌داری از تعداد میوه کاسته شده است. کاربرد نیتروکسین توانسته اثر منفی سطح بالای ورمی‌کمپوست را تا حدی کاهش دهد. هم‌چنین کم‌ترین تعداد میوه در تیمار شاهد در حدود ۱۰ مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۲. اثر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر وزن و تعداد میوه تمشک سیاه

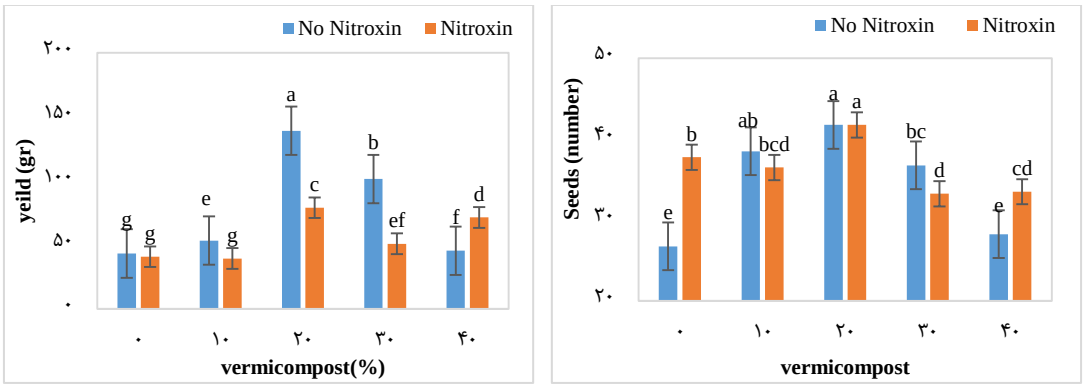
۴. ۵. عملکرد

بررسی نتایج نشان داد کاربرد ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد شده است، به‌طوری‌که افزایش پنج برابری نسبت به تیمار شاهد در ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد مشاهده گردید. رسیدن ورمی‌کمپوست به سطح ۴۰

درصد موجب کاهش سه برابری نسبت به تیمار ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد شده‌است. هم‌چنین استفاده از نیتروکسین توانسته تا حدودی اثر منفی سطح بالای ورمی‌کمپوست را کاهش دهد (شکل ۳).

۴. ۶. تعداد بذر در میوه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد به‌تنهایی و به‌صورت هم‌زمان با نیتروکسین موجب افزایش تعداد بذر و رسیدن آن به ۴۲ گردد، این در حالی است که در تیمار شاهد تنها ۲۷ عدد حاصل گردید، اختلاف معنی‌داری را بین این تیمارها نشان‌می‌دهد. به‌نظر می‌رسد سطوح بالای ورمی‌کمپوست چه در گیاهان تلقیح‌شده با نیتروکسین چه بدون آن، اثر منفی بر تعداد بذر داشته، این در حالی است که نیتروکسین توانسته اثر منفی آن را کاهش دهد (شکل ۳).



شکل ۳. اثر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر عملکرد و تعداد بذر (شفتچه) میوه تمشک سیاه

۴. ۷. صفات بیوشیمیایی

نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی نشان داد که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، شاخص طعم، ویتامین ث و آنتوسیانین معنی‌دار شده است. هم‌چنین اثر ساده ورمی‌کمپوست و نیتروکسین به‌تنهایی بر میزان pH آب‌میوه معنی‌دار شده است (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی میوه‌های تمشک سیاه، تحت‌تأثیر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		مواد جامد محلول	اسیدیته قابل تیتر	شاخص طعم	pH	ویتامین ث	آنتوسیانین
ورمی‌کمپوست	۴	۱۱/۱۱**	۰/۰۳۶**	۳۹/۵**	۰/۱۷۳**	۹۱/۰۵*	۲۴۳۳۱/۳۹**
نیتروکسین	۱	۳/۶۶**	۰/۰۰۶**	۸/۶۸**	۰/۰۷۰**	۷۱۸/۴۳**	۴۵۸۶/۲۲**
اثر متقابل	۴	۳/۵۸**	۰/۰۰۶**	۱/۹۲*	۰/۰۱۴ns	۲۷۲/۳۱**	۹۴۸۵۶/۱۴**
خطا	۳۰	۰/۱۶	۰/۰۰۰۶	۰/۶۷	۰/۰۰۸	۲۵/۰۳	۱۰۷/۶۸
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۲۴	۶/۱۴	۹/۱۳	۲/۴۸	۷/۷۵	۲/۷۱

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

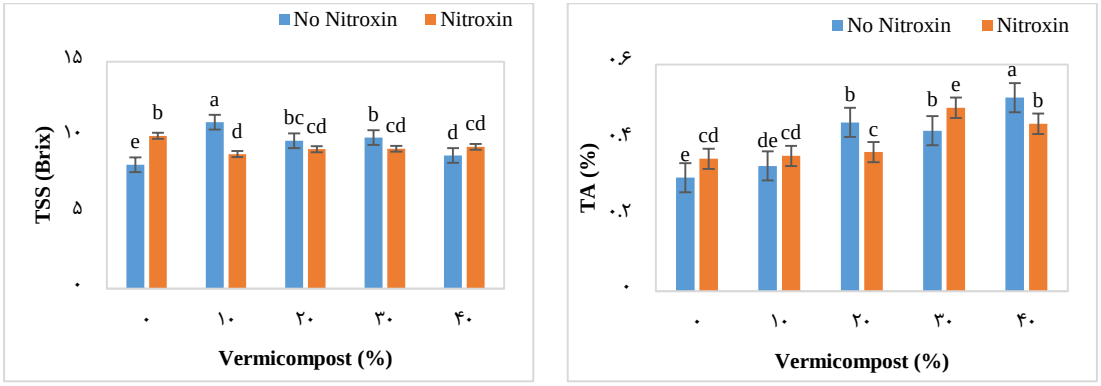
۴. ۸. مواد جامد محلول

بیش‌ترین مقدار TSS در تیمار ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد (۱۱ درجه بریکس) مشاهده شد و کم‌ترین مقدار نیز متعلق به

تیمار شاهد با مقدار ۸/۲ درجه بریکس بود. افزایش سطح ورمی‌کمپوست به‌تنهایی تا ۱۰ درصد منجر به افزایش TSS گردید، اما سطوح بالاتر روند نزولی داشت. استفاده از نیتروکسین به‌تنهایی به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد مقدار TSS را افزایش داد، اما زمانی‌که همراه ورمی‌کمپوست استفاده گردید، تأثیری بر افزایش میزان TSS نداشت (شکل ۴).

۴. ۹. اسید قابل تیتراسیون (TA)

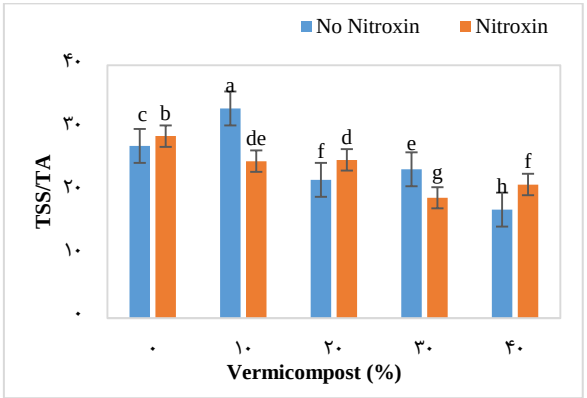
با توجه به مقایسه میانگین درصد TA در شاهد کم‌ترین مقدار یعنی ۰/۳ درصد بود و با افزایش درصد ورمی‌کمپوست در تیمارها به‌صورت مجزا و به‌صورت هم‌زمان با نیتروکسین روند صعودی را به‌همراه داشت که بیش‌ترین مقدار آن در سطح ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست به مقدار ۰/۵۱ درصد بود، اگرچه اختلاف معنی‌داری با تیمار نیتروکسین و ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد نشان نداد (شکل ۴).



شکل ٤. اثر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه تمشک سیاه

۴. ۱۰. شاخص طعم (TSS/TA)

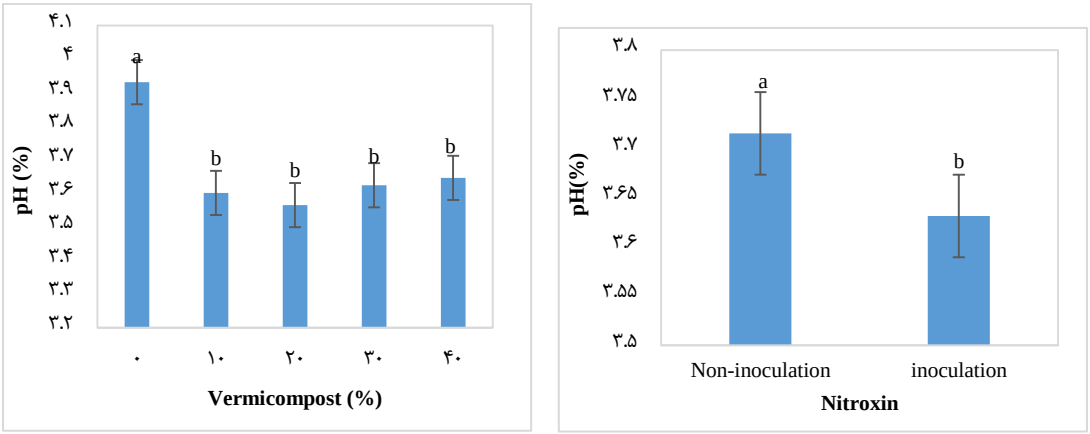
نتایج نشان داد که بیش‌ترین شاخص طعم در تیمار ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست حاصل گردید. با افزایش سطح ورمی‌کمپوست و رسیدن آن به سطح ۴۰ درصد، کم‌ترین مقدار شاخص طعم به‌دست آمد. کاربرد نیتروکسین نیز به‌تنهایی اثر مطلوبی بر شاخص طعم داشته و کاربرد هم‌زمان آن با ورمی‌کمپوست توانسته اثر منفی سطوح بالا ورمی‌کمپوست را کاهش دهد (شکل ۵).



شکل ۵. اثر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر شاخص طعم تمشک سیاه

۴. ۱۱. اسیدیته (pH)

نتایج نشان داد که میزان pH تحت تأثیر تیمار ورمی‌کمپوست کاهش یافت، کم‌ترین مقدار pH در تیمار کوددهی ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد به میزان ۳/۵۶ درصد و بیش‌ترین میزان pH به میزان ۳/۹۳ متعلق به شاهد بود (شکل ۶). تحت تأثیر تیمار نیتروکسین pH به میزان ۳/۶۵ درصد بود، در صورتی‌که pH برای برای تیمارهای فاقد نیتروکسین ۳/۷۱ درصد مشاهده شد (شکل ۶).



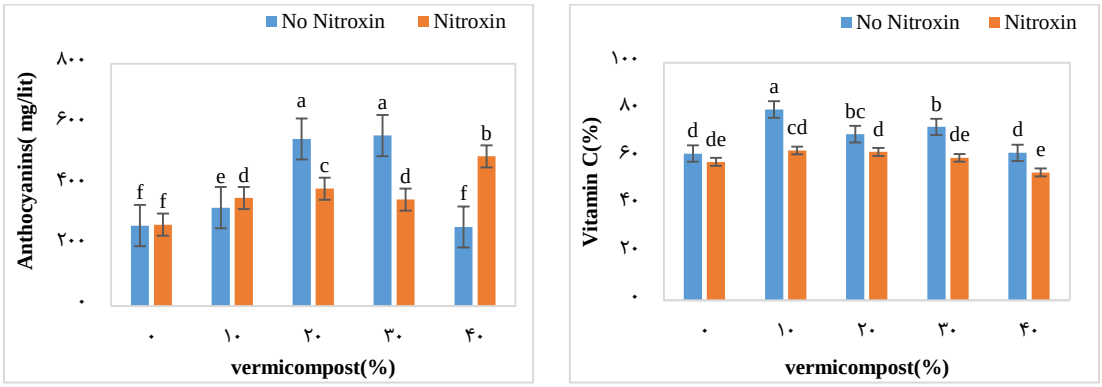
شکل ٦. اثر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر pH آب‌میوه تمشک سیاه

۴. ۱۲. ویتامین ث

نتایج نشان داد که میزان ویتامین ث با افزایش سطح ورمی‌کمپوست تا ۳۰ درصد روند صعودی داشته، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن به میزان ۸۰/۳۲ درصد در این تیمار دیده‌شده، اگرچه با رسیدن به سطح ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری از میزان آن کاسته شده و به مقدار ۶۱/۸۳ درصد رسیده است. در تیمارهای تلقیح‌شده با نیتروکسین نیز افزایش سطح ورمی‌کمپوست تا ۳۰ درصد موجب افزایش ویتامین ث شده است، به طوری‌که نتایج حاکی از آن بود که تلقیح ریشه تمشک با نیتروکسین توانسته موجب افزایش بیش از ۲۰ درصدی ویتامین ث در تیمار مشابه گردد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار ویتامین ث در تیمار شاهد به میزان ۵۳/۸۷ درصد مشاهده شده‌است (شکل ۷).

۴. ۱۳. آنتوسیانین

بیش‌ترین میزان آنتوسیانین در تیمار حاوی ورمی‌کمپوست ۲۰ و ۳۰ درصد مشاهده شد، به‌طوری‌که در این تیمارها میزان آنتوسیانین به‌ترتیب ۵۵۱/۷۷ و ۵۶۳ میلی‌گرم بر لیتر بوده‌است. کم‌ترین مقدار آنتوسیانین نیز در تیمارهای شاهد، ورمی‌کمپوست ۴۰ درصد و تیمار نیتروکسین به‌ترتیب ۲۶۵/۳۶، ۲۶۰/۷۳ و ۲۶۸/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده گردید. حضور هم‌زمان نیتروکسین و ورمی‌کمپوست منجر به افزایش مقدار آنتوسیانین و سیر صعودی آن گردید. هم‌چنین کاربرد نیتروکسین توانسته اثر منفی ورمی‌کمپوست ۴۰ درصد را کاهش دهد و افزایش آنتوسیانین در این تیمار نسبت به تیمار بدون نیتروکسین مشاهده گردید (شکل ۷).



شکل ۷. اثر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر ویتامین ث و آنتوسیانین میوه تمشک سیاه

۵. بحث

۵. ۱. صفات مورفولوژی

بررسی نتایج نشان داد که تیمارهای ورمی‌کمپوست به‌تنهایی تا سطح ۲۰ و ۳۰ درصد و به‌همراه نیتروکسین باعث افزایش میزان صفات مورفولوژی تمشک سیاه شده است. اندازه میوه با کاربرد ورمی‌کمپوست و نیتروکسین افزایش معنی داری نسبت به شاهد نشان داد. درواقع کاربرد ورمی‌کمپوست بر رشد میوه اثر مثبت داشته که با گزارش خلیلیان بروجنی (۱۳۹۵) منطبق می‌باشد که اظهار داشتند سطوح مختلف کمپوست به‌طور معنی‌داری عملکرد میوه را نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. در واقع افزایش طول میوه می‌تواند به‌دلیل افزایش عناصر غذایی در هنگام کاربرد ورمی‌کمپوست شده و از طریق افزایش رشد رویشی شاخه‌ها و برگ‌ها، باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد و از این طریق فرایند کربن‌گیری را فزایش داده و کمیت و کیفیت میوه را ارتقا می‌بخشد (جانعلی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۰). علاوه بر عناصر غذایی و مواد آلی، ورمی‌کمپوست و عصاره آن دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد که این مواد از طریق بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی خاص به‌ویژه آهن و روی (چن[1] و همکاران، ۲۰۰۴) و اثر مستقیم بر متابولیسم گیاهی، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند. تلقیح نیتروکسین نیز به‌دلیل فراهم‌نمودن نیتروژن موجب افزایش تولید پروتئین‌های ساختاری و در نتیجه افزایش طول و قطر میوه می‌گردد. به‌طور کلی طول و قطر میوه از پارامترهای موردبررسی در عملکرد تمشک سیاه بوده که همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دارا می‌باشند (محمدی، ۱۳۹۷). افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، سرعت بیش‌تری به تجزیه مواد آلی می‌دهد که افزایش قطر میوه‌ها را می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود شرایط فتوسنتزی نسبت داد. به‌طورکلی بستر مناسب از طریق دسترسی مطلوب گیاهان به مواد غذایی، منجر به افزایش رشد و تولید و عملکرد بیش‌تر می‌گردد، که به‌نظر می‌رسد تلقیح ریشه با نیتروکسین و کاربرد ورمی‌کمپوست ۲۰ و ۳۰ درصد توانسته اثر مطلوبی بر اندازه میوه اعمال نماید.

بررسی نتایج نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست به‌تنهایی و در تیمار هم‌زمان نیتروکسین و ورمی‌کمپوست تا سطح ۲۰ درصد اثر مثبت بر وزن میوه داشته است. ورمی‌کمپوست و نیتروکسین توانسته‌اند با اصلاح ساختار خاک، افزایش قدرت تهویه و جذب آب و ایجاد شرایط مناسب برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در خاک، محیط مناسبی برای رشد ریشه و جذب بیش‌تر مواد غذایی، برای گیاه به‌وجود آورند که در نهایت موجب افزایش عملکرد در تمشک شده است. باکتری‌های آزادزی هوازی تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی از مواد آلی به‌عنوان منبع انرژی و هم‌چنین

1. Chen

به‌عنوان ماده دهنده الکترون استفاده می‌نمایند و با اکسیدکردن مواد آلی و تبدیل آن به آب و دی‌اکسیدکربن انرژی موردنیاز خود را تأمین می‌کنند (منافی[1] و کلوپر[2]، ۱۹۹۴). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول‌کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل‌ملاحظه هورمون‌های محرک رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین، رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به این‌ترتیب افزایش عملکرد در گیاهان تلقیح‌شده با باکتری را می‌توان به تأثیر این مواد محرک رشد که توسط باکتری ترشح می‌شود، نسبت داد. کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن باعث افزایش تعداد میوه و عملکرد میوه توت‌فرنگی می‌شوند (کارلیداگ[3] و همکاران، ۲۰۱۱). از طرف دیگر کاهش وزن میوه در نسبت‌های بالاتر ورمی‌کمپوست و تلقیح ریشه با نیتروکسین را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که نیتروژن بستر با استفاده از این تیمارها افزایش‌یافته و افزایش بیش از حد نیتروژن خاک، سبب نسبت بالای نیتروژن به روی یا فسفر به آهن، تجمع بر، مولیبدن و کادمیوم در بافت‌های گیاهی می‌شود (لوندبرگ[4] و همکاران، ۲۰۰۸)، یا با تحریک رشد رویشی بخشی از گل‌های تولیدی را ریخته و یا در رقابت با بخش زایشی، مواد غذایی بیش‌تری جذب نموده و منجر به کاهش تعداد و وزن میوه می‌گردد (ایپک[5] و همکاران، ۲۰۱۴).

بیش‌ترین تعداد میوه کل در تیمار کود ورمی‌کمپوست ۲۰ و ۳۰ درصد مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد دلیل افزایش عملکرد بهبود سطح تغذیه، بالارفتن نفوذپذیری و تهویه و فعالیت میکروبی در ناحیه ریشه باشد. از طرف دیگر، افزایش نیتروکسین اثر معنی‌داری بر تعداد میوه کل دارد، از آنجا که کود بیولوژیک نیتروکسین شامل دو باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن است تلقیح ریشه گیاه با این باکتری‌ها باعث افزایش سطح ریشه، توان زیستی نیتروژن، جذب بهینه آب و عناصر غذایی، تولید برخی از ویتامین‌ها و تولید سیدروفورهای کلاته‌کننده آهن و محلول ساختن فسفات می‌شود که در نتیجه افزایش عملکرد را به‌دنبال دارد (نورایی، ۱۳۹۲). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن موجب افزایش تعداد میوه و عملکرد می‌شوند که این افزایش عملکرد را می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت داد (کارلیداگ[6] و همکاران، ۲۰۱۱). هم‌چنین، کاربرد نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌صورت کود آبیاری[7] در سه رقم تمشک سیاه موجب افزایش عملکرد و تعداد میوه شد (محمدی، ۱۳۹۷). در این پژوهش نیز کاربرد ورمی‌کمپوست و نیتروکسین موجب افزایش تعداد میوه شده است که در پژوهشی دلیل این تغییر را افزایش در سطح عناصر غذایی به‌ویژه NPK بیان شده است (نورایی، ۱۳۹۲). در پژوهشی دیگر نیز استفاده از ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد به‌همراه خاک باغچه موجب افزایش معنی‌دار تعداد میوه در بوته توت‌فرنگی شده است (نصیری آبکنار و صداقت حور، ۱۴۰۱).

تعداد بذر تحت‌تأثیر ورمی‌کمپوست ۲۰ درصد به‌تنهایی و به‌صورت توأم با نیتروکسین موجب افزایش یافته‌است و بیش‌ترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها نشان داده‌است. کم‌ترین تعداد بذر نیز در شاهد حاصل گردید. در پژوهشی افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه‌تنها فراهم‌شدن عناصر غذایی موردنیاز گیاه را افزایش داد، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و در نهایت بهبود عملکرد دانه را نیز فراهم آورد (آتیه[8] و همکاران، ۲۰۰۲). به‌طورکلی هر بذر در تمشک سیاه

1. Manaffee
2. Kloepper
3. Karlidag
4. Lundberg
5. Ipek
6. Karlidag
7. Ferti-irrigation
8. Atiyeh

یک شفتچه را به‌وجود آورده که مجموع این شفتچه‌ها میوه مجتمع را ایجاد می‌نماید و در نتیجه افزایش تعداد بذر در یک میوه می‌تواند افزایش عملکرد را نیز به‌دنبال داشته‌باشد. اگرچه به‌نظر می‌رسد که وضعیت تغذیه و شرایط محیطی بر تعداد برچه در تمایز گل‌های اولیه و هم‌چنین تعداد شفتچه و در نتیجه اندازه میوه تأثیرگذار باشد. کاربرد ورمی‌کمپوست و نیتروکسین به‌دلیل افزایش قابلیت دسترسی عناصر مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و هم‌چنین ترکیب‌های دیگری مانند هورمون‌های رشد گیاهی و هیومیک‌اسید نیز نقش به‌سزایی در افزایش زیست‌توده و عملکرد زایشی دارند (شکفته و عرب‌نژاد، ۱۳۹۵). کاربرد نسبت‌های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم را موجب افزایش تعداد شفتچه در میوه‌های تمشک سیاه شد (محمدی، ۱۳۹۷).

۵. ۲. صفات بیوشیمیایی

بیش‌ترین مقدار مواد جامد محلول در تیمار ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد و کم‌ترین مقدار نیز متعلق در تیمار شاهد حاصل گردید. افزایش سطح ورمی‌کمپوست به‌تنهایی تا ۱۰ درصد منجر به افزایش TSS گردید، اما سطوح بالاتر روند نزولی داشت. استفاده از نیتروکسین به‌تنهایی موجب افزایش TSS شده اما کاربرد نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست و نیتروکسین اگرچه TSS بیش‌تری نسبت به شاهد دارا بود، اما روند کم‌وبیش ثابتی داشته که کم‌تر از تیمارهای ورمی‌کمپوست تنها بوده است. مواد جامد محلول یک ویژگی بسیار مهم است که تحت تأثیر تعدادی از عوامل، از جمله ژنتیک، آب‌وهوا، مدیریت آب و سایر شیوه‌های کشت است. استفاده از کود تأثیر زیادی بر عملکرد و پارامترهای کیفیت میوه در تمشک سیاه دارد که شامل مواد جامد محلول و اسید میوه‌ای می‌شود (محمدی، ۱۳۹۷). کاربرد ورمی‌کمپوست، موجب افزایش مقدار مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی شد (بیدکی و چالوی، ۱۳۹۳). اگرچه در پژوهش ایشان افزایش سطح ورمی‌کمپوست افزایش TSS را به‌دنبال داشت، اما در این پژوهش با افزایش سطح ورمی‌کمپوست بیش‌تر از ۱۰ درصد روند نزولی مشاهده گردید. ورمی‌کمپوست حاوی مواد غذایی زیادی است، اما مقادیر زیادی نمک نیز دارد که باعث افزایش هدایت الکتریکی و شوری خاک می‌گردد (سریکانت[1] و همکاران، ۲۰۰۰)، در نتیجه به‌نظر می‌رسد افزایش بیش از حد فراهمی عناصر غذایی موجب کاهش مواد جامد محلول در تمشک سیاه گردیده است. با توجه به این‌که نیتروکسین موجب فراهمی نیتروژن و ورمی‌کمپوست نیز موجب افزایش عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌گرد. غلظت بالای نیتروژن پتاسیم به‌طور قابل‌توجهی مواد جامد محلول در میوه‌های توت‌فرنگی افزایش داده است. علاوه بر آن افزایش غلظت فسفر، مواد جامد محلول و اسید بیش‌تر میوه را به‌دنبال داشت (مشایخی و تاتاری، ۱۳۹۵).

گزارش‌شده باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن از قبیل ازتوباکتر و آزوسپریلیوم نه‌تنها باعث تثبیت نیتروژن می‌شوند، بلکه قادر به تولید فیتوهورمون‌هایی مانند اسید جیبرلیک و ایندول‌استیک‌اسید هستند که می‌توانند سبب تحریک رشد گیاه و جذب مواد غذایی و فتوسنتز شوند. هم‌چنین مصرف مقادیر مناسب ورمی‌کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز تدارک جذب بیش‌تر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز گیاه شد (رضایی و برادران، ۱۳۹۲). با توجه به نقش هر دو تیمار در افزایش عناصر غذایی و محرک‌های رشد، می‌توان نتیجه گرفت که به همین دلیل اسیدیته نیز افزایش یافته است. در پژوهشی بیان گردید تیمار کود زیستی سبب افزایش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در گوجه فرنگی شده است (شیخ‌علیپور و همکاران، ۱۳۹۸). در میوه کیوی نیز کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار اسیدیته قابل تیتراسیون نسبت به شاهد شده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶).

1. Srikanth

به‌طورکلی pH با اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) رابطه معکوس دارد که با افزایش یکی از این پارامترها دیگری کاهش می‌یابد. در این پژوهش نیز تیمار شاهد ورمی‌کمپوست و یا در گیاه تلقیح‌شده با نیتروکسین که بیش‌ترین pH را نشان دادند، کم‌ترین مقدار TA حاصل گردید. با افزایش سطح ورمی‌کمپوست و تلقیح ریشه تمشک با نیتروکسین مقدار pH کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده مقدار زیاد اسید آلی می‌باشد (تسنیم[1] و همکاران، ۲۰۱۰). علت کاهش pH آب‌میوه در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست و تلقیح نیتروکسین می‌تواند به‌دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی باشد، زیرا غلظت بالای عناصر به‌خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌تواند موجب افزایش اسیدیته قابل تیتر شود که در نتیجه کاهش pH را به دنبال دارد (مشایخی و تاتاری، ۲۰۱۷).

نتایج نشان داد که میزان ویتامین ث و آنتوسیانین با افزایش سطح ورمی‌کمپوست تا ۳۰ درصد روند صعودی داشته و با رسیدن ۴۰ درصد اندکی از آن کاسته شده است. در تیمارهای تلقیح‌شده با نیتروکسین نیز افزایش سطح ورمی‌کمپوست تا ۳۰ درصد موجب افزایش ویتامین ث شده است، به‌طوری‌که نتایج حاکی از آن بود که تلقیح ریشه تمشک با نیتروکسین توانسته موجب افزایش بیش از ۲۰ درصدی ویتامین ث در تیمار مشابه گردد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که کاربرد هم‌زمان نیتروکسین و ورمی‌کمپوست اثر مثبت و معنی‌داری بر مقدار ویتامین ث داشته‌است. کیفیت میوه توابع عوامل محیطی و ژنتیکی است و تغذیه گیاه نقش کلیدی در بهبود کیفیت میوه دارد (کارلیداگ[2] و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین تغذیه تلفیقی علاوه بر افزایش عملکرد میوه، کیفیت میوه تولیدی را نیز بهبود می‌بخشد. هم‌چنین باکتری‌های محرک رشد می‌توانند در تولید متابولیت‌های ثانویه گیاه تأثیر بگذارد. تأثیر باکتری ازتوباکتر نیز بر تولید متابولیت‌های ثانویه گیاه از جمله غلظت فلاونول‌ها و اسیدهای فنلی در توت‌فرنگی گزارش شده است (هاشم آبادی و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش جذب عناصر غذایی توسط باکتری‌ها در این آزمایش بیان‌کننده این گفته‌ها می‌باشد، به‌طوری‌که حداکثر جذب فسفر و پتاسیم در تیمارهای تلقیحی مشاهده شد که در همین تیمارها حداکثر ویتامین ث و آنتوسیانین نیز به‌دست آمد. اثر باکتری‌های محرک رشد در افزایش جذب فسفر، پتاسیم، نیتروژن (هاشم‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۷)، آهن و کلسیم (ایپک[3] و همکاران، ۲۰۱۴)، در توت‌فرنگی نشان‌دهنده تأثیر مثبت این دسته از باکتری‌ها در بهبود خصوصیات کمی و کیفی است که با نتایج ما هم‌راستا می‌باشد. این باکتری‌ها پتاسیم را به‌شکل قابل‌استفاده برای گیاه در می‌آورند. سیدروفور ترشحی باکتری‌ها می‌تواند با عناصر موجود در سطح کانی کمپلکس برقرار کند و در آزادسازی عناصری مثل فسفر، پتاسیم و آهن اثر گذارد (ارتورک[4] و همکاران، ۲۰۱۲).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کاربرد ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر صفات موردبررسی اثرگذار بود. ورمی‌کمپوست در سطوح ۲۰ درصد به‌تنهایی بیش‌ترین وزن میوه، تعداد میوه، عملکرد و تعداد بذر (شفتچه) را به‌دنبال داشت. هم‌چنین طول و قطر میوه به‌ترتیب با کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد و نیتروکسین و کاربرد ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد بیش‌ترین مقدار را نشان دادند. هم‌چنین در پارامترهای بیوشیمیایی کاربرد ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد بیش‌ترین مواد جامد محلول و شاخص طعم را به دنبال داشت. بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین در تیمارهای ورمی‌کمپوست ۲۰ و ۳۰ درصد حاصل گردید. کاربرد نیتروکسین به‌همراه ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد بیش‌ترین ویتامین ث را به‌همراه داشت. در نهایت نتایج نشان داد که کاربرد

1. Tasnim
2. Karlidag
3. Ipek
4. Erturk

ورمی‌کمپوست در سطوح ۲۰ تا ۳۰ درصد بهترین اثر را بر صفات کمی و کیفی تمشک سیاه داشته و نیتروکسین نیز می‌تواند اثر منفی مقادیر بالای ورمی‌کمپوست را کاهش داده و موجب افزایش اثر ورمی‌کمپوست بر گیاه تمشک شود. در مجموع می‌توان گفت که کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح ۲۰ تا ۳۰ درصد به‌همراه نیتروکسین بهترین اثر را بر صفات کمی و کیفی تمشک سیاه نشان داده است.

۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت تامین امکانات و تجهیزات لازم برای انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

ابراهیمی، رضا؛ حسن‌زاده، فاطمه؛ مرادی، بیژن و رئیسی، طاهره (۱۳۹۶). بررسی تاثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و کیفیت میوه کیوی رقم هایوارد. *مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۷(۲)، ۱۹۵-۱۸۳.

امیریوسفی، مهدی، تدین، محمودرضا و حسینی فرد، مرجان سادات (۱۴۰۱). تأثیر کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره بر برخی صفات جوانه‌زنی بذر دو رقم کینوا تحت تنش شوری. *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۸(۲۴)، ۷۹-۹۴. doi: 10.22052/deej.2018.7.24.49

بیدکی، سمیرا و چالوی، ویدا (۱۳۹۳). اثر کاربرد کودهای آلی در کشت بدون خاک بر ماندگاری پس از برداشت میوه توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa* Duch. cv. Camarosa). *مجله روابط خاک و گیاه*، ۵(۲)، ۱۱۴-۱۰۷.

جانعلی‌نژاد، محمد؛ افشاری، حسین؛ علیزاده، بهداد و قاسمی، امید (۲۰۲۱). بررسی اثرات تنش آبی و مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست و سولفات پتاسیم بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه شلیل رقم 'ردگلد'. *علوم باغبانی*، ۳۵(۳)، ۳۳۰-۳۱۳.

خلیلیان بروجنی، فرناز (۱۳۹۵). تاثیر ورمی‌کمپوست بدست آمده از کود گاوی، ضایعات خرما و تفاله چای به عنوان جایگزین کوکوپیت بر رشد خیار گلخانه ای. *پایان نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی ژیلا بهارلویی یانچشمه. اصفهان: دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

رضایی، مریم و برادران، رضا (۱۳۹۲). بررسی تأثیر انواع کودهای آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.). *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۹(۳)، ۶۵۰-۶۳۵.

شکفته، حسین و عرب‌نژاد خانوکی، مریم (۱۳۹۵). بررسی تأثیر زئولیت، هیدروژل و ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناختی گیاه دارویی همیشه‌بهار. *علوم باغبانی ایران*، ۴۷(۴)، ۸۳۳-۸۲۳.

شیخ علیپور، پیمان؛ بلندنظر، صاحبعلی؛ ساریخانی، محمدرضا و پناهنده، جابر (۱۳۹۸). تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد، کیفیت و ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه گوجه فرنگی. *علوم باغبانی ایران*، ۵۰(۳)، ۶۳۲-۶۲۱.

محمدی، امیرعلی (۱۳۹۷). بررسی نسبت های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر خصوصیات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی ارقام مختلف تمشک سیاه در گلخانه. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی مهدی حدادی نژاد. ساری: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. دانشکده علوم زراعی.

مشایخی، پریسا و تاتاری، مریم (۱۳۹۵). تأثیر غلظت‌های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک. *پژوهش‌های خاک*، ۳۰(۴)، ۴۰۲-۳۹۱.

نصیری‌آبکنار، حامد و صداقت‌حور، شهرام (۱۴۰۱). اثر اسید هیومیک، آرژنین و سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa* L.) رقم گاویتا. *مجله روابط خاک و گیاه*، ۱۳(۱)، ۷۹-۶۱.

نورایی، زهرا (۱۳۹۲). بررسی اثر کودهای نیتروکسین و نیتروژن بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی توت‌فرنگی تحت شرایط کم آبی. *پایان نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی ناصر قادری. کردستان: دانشگاه کردستان، دانشکده کشاورزی.

هاشم‌آبادی، داود؛ نمکی، محمد و سعیدزاده، فرزین (۱۳۹۷). تأثیر کودهای زیستی و نیتروژن بر برخی صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa* Duch., cv. *Selva*) تحت سطوح مختلف کود نیتروژن. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۳(۵۲)، ۸۰-۶۷.

References

Abud-Archila, M., Luján-Hidalgo, M. C., López-Pérez, J. M., Ordaz-Rivera, J., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Oliva-Llaven, M. Á., & Gutiérrez-Miceli, F. A. (2018). Growth and fruit chemical characteristics of blackberry (*Rubus fruticosus*) cultivated with vermicompost, glomus mosseae and phosphate rock. *Compost Science & Utilization*, *26*(4), 225-231.

Ahmed, A. G., Orabi, S. A., & Gaballah, M. S. (2010). Effect of Bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. *International Journal* of *Academic Researches*, *2*(4), 271-277.

Amiryousefi, M., Tadayon, M. R., & Hoseinifard, M. S. (2022). Effect of Nitrogen and Phosphorus Bio Fertilizers on Some Seed Germination Traits of Two Cultivars of Quinoa under Salinity Stress. *Desert Ecosystem Engineering*, *8*(24), 79-94. doi: 10.22052/deej.2018.7.24.49. (In Persian).

Ansari, R. A., & Mahmood, I. (2019). *Plant health under biotic stress: organic strategies*. Berlin: Springer.

Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., & Metzger, J. D. (2002). Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, 75(3), 175-180.

Bidaki, S., & Chalavi, V.(2014). The effect of organic manures in soilless culture on shelf-life extension of strawberry fruit (*Fragaria× ananassa* Duch. cv. Camarosa). *Journal of Soil and Plant Interactions*, *5*(18), 107-114. (In Persian).

Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S., & Mathieu, J. (2019). Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, *39*(4), 1-15.

Bor, J. Y., Chen, H. Y., & Yen, G. C. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(5),1680-1686.

Chen, Y., Nobili, M. D., & Aviad, T. (2004). Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In *Soil organic matter in sustainable agriculture*. Edited by Magdoff, F., & Weil, R. Florida: CRC Press.

Ebrahimi, R., Hassanzade Naranjboni, F., Moradi, B., & Raiesi, T. (2017). Effects of organic and chemical fertilizers on yield and quality in Hayward variety of kiwifruit. *Soil Management and Sustainable Production*, *7*(2), 183-195. (In Persian).

Erturk Y., Ercilsi, S., & Cakmakci, R. (2012). Yield and growth response of strawberry to plant growth promoting rhizobacteria inoculation. *Journal of Plant Nutrition*, *35*(6),817-826.

Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M. (2018). Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *Amb Express*, *8*(1), 1-12.

Hashem Abadi, D., Namaki, M. H., & Saeidzade, F. (2018). The effect of biofertilizers and nitrogen on some quantitative and qualitative traits of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch., Cv. Selva) under different levels of nitrogen fertilizer, *Journal of Plant Environmental Physiology*, *13*(52), 67-80. (In Persian).

Huber, M., Rembiałkowska, E., Średnicka, D., Bügel, S., & Van De Vijver, L. P. L. (2011). Organic food and impact on human health: Assessing the status quo and prospects of research. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, *58*(3-4), 103-109.

Ipek, M., Pirlak, L., Esitken, A., Figen Dönmez, M., Turan, M., & Sahin, F. (2014). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) increase yield, growth and nutrition of strawberry under high-calcareous soil conditions. *Journal of Plant Nutrition*, *37*(7), 990-1001.

Janali nejad, M., Afshari, H., Alizadeh, B., & Ghasemi, O.(2021). Investigation the Effects of Water Stress and Different Levels of Vermicompost and Potassium Sulfate on some Quantitative and Qualitative Characteristics of Redgold Nectarine. *Journal of Horticulture Science*, *35*(3), 313-330. (In Persian).

Karlidag, H., Yildirim, E., Turan, M., & Donmez, M. F. (2009). Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria on Mineral-Organic Fertilizer Use Efficiency, Plant Growth and Mineral Contents of Strawberry (*Fragaria x ananassa* L. Duch.). *Reviewed Papers*, 218-226.

Khalilian Borojni, F. (2015). *Effect of Vermicompost of Cow Manure, Date Palm Wastes and Tea Residue as a Substitute for Cocopeat on Cucumber Growth*. Master's thesis. under the guidance of Zhila Baharloi Yanchashme. Isfahan: Islamic Azad University Isfahan. Faculty of Agriculture and Natural Resources. (In Persian).

Kim, Y. C., Glick, BR., Bashan, Y., & Ryu, C. M. (2012). Enhancement of plant drought tolerance by microbes. In *Plant responses to drought stress: from morphological to molecular features*. edited by Aroca, R. Berlin: Springer.

Lundberg, J. O., Weitzberg, E., & Gladwin, M. T. (2008). The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature reviews Drug discovery*, *7*(2), 156-167.

Manaffee, W. F., & Kloepper, J. W. (1994). Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In *Soil biota management in sustainable farming system.* East Melbourne: CSLRO Publication.

Mashayekhi, P., & Tatari, M. (2017). Effect of Different Concentrations of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry cv. Selva in Hydroponic Culture. *Iranian Journal of Soil Research*, *30*(4), 391-402. (In Persian).

Mohammadi, A. A. (2018). *Investigation of different ratios of nitrogen, phosphorus and potassium on biochemical and morphological traits of different blackberry varieties in greenhouse*. Master Thesis. under the guidance of Mehdi Hadadinejad. Sari: Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. (In Persian).

Nasiri Abkenar, H., & Sedghathoor, Sh. (2022). Effect of Humic Acid, Arginine and Different Levels of Vermicompost on Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry (*Fragaria× ananassa* L. cv. Gaviota). *Soil and Plant Interactions*, *13*(1), 61-79. (In Persian).

Niva, M. (2007). All foods affect health: understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. *Appetite*, *48*(3), 384-393.

Noraei, Z. (2013). *Evaluation of the effect of nitroxin and nitrogen fertilizers on physiological and morphological characteristics of strawberries under dehydration conditions*. Master Thesis. Master Thesis. under the guidance of Naser Ghaderi. Kurdistan: University of Kurdistan, Faculty of Agriculture. (In Persian).

Ramos-Solano, B., Algar, E., Gutierrez-Mañero, F. J., Bonilla, A., Lucas, J. A., & García-Seco, D. (2015). Bacterial bioeffectors delay postharvest fungal growth and modify total phenolics, flavonoids and anthocyanins in blackberries. *LWT-Food Science and Technology*, *61*(2), 437-443.

Rana, G. S., & Singh, K. (1992). Storage life of sweet orange fruits as influenced by fungicides, oil emulsion and package practices. *Crop Research*, *5*, 150-155.

Rezae, M., & Baradaran, R. (2013). Effects of bio fertilizers on the yield and yield components of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants*, *29*(3),635-650. (In Persian).

Rodríguez-Salazar, J., Suárez, R., Caballero-Mellado, J., & Iturriaga, G. (2009). Trehalose accumulation in *Azospirillum brasilense* improves drought tolerance and biomass in maize plants. *FEMS Microbiol Lett*, *296*, 52-59.

Sheikhalipour, M., Bolandndnazar, S. A., Sarikhani, M. R., & Panahandeh, J. (2019). Effect of application of biofertilizers on yield, quality and antioxidant capacity of tomato fruit. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *50*(3), 621-632. (In Persian).

Shekofteh, H., & Arabnejad Khanooki, M. (2017). Effect of zeolit, hydrogel and vermicompost on some morphological traits in marigold (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Horticaltural Sciences*, *47*(4), 823-833. (In Persian).

Srikanth, K., Srinivasamurthy, C. A., Siddaramappa, R., & Parama, V. R. (2000). Direct and residual effect of enriched composts, FYM, vermicompost and fertilizers on properties of an Alfisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, *48*(3), 496-499.

Sumbul, A., Ansari, R. A., Rizvi, R., & Mahmood, I. (2020). Azotobacter: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Saudi journal of biological sciences*, *27*(12), 3634-3640.

Tasnim, F., Hossain, M. A., Nusrath, S., Hossain, M. K., Lopa, D., & Haque, K. M. (2010). Quality assessment of industrially processed fruit juices available in dhaka city, bangladesh. *Malaysian journal of nutrition*, *16*(3), 431-438.

Tripathi, V. K., Kumar, S., & Gupta, A. K. (2015). Influence of Azotobacter and vermicompost on growth, flowering, yield and quality of strawberry cv. Chandler. *Indian Journal of Horticulture*, *72*(2), 201-205.

Vrček, I. V., Bojić, M., Žuntar, I., Mendaš, G., & Medić-Šarić, M. (2011). Phenol content, antioxidant activity and metal composition of Croatian wines deriving from organically and conventionally grown grapes. *Food Chemistry*, *124*(1), 354-361.

Wrolstad, R. E. (1976). *Color and pigment analysis in fruit products*. Corvallis: Agriculiural Experiment Station, Oregon State University.