Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Soil Management and Sustainable Production

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Interactive effects of chemical fertilizers and biostimulants on yield and fertilizer use efficiency in orange

Jahanshah Saleh[*1], Mehrdad Shahabian[2], Mohammad Mahdi Tehrani[3]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandar Abbas, Iran. E-mail: jsaleh11@yahoo.com
2. Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran. E-mail: mshahabian@yahoo.com
3. Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: mtehrani2000@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 10.26.2022
Revised: 05.01.2023
Accepted: 05.02.2023

Keywords:
Amino acid,
Fulvic acid,
Humic acid,
Mycorrhizae,
Seaweed

ABSTRACT

Background and Objectives: Ever-increasing need for humans for agricultural production has caused an ever-enhancing trend in the use of different chemical fertilizers to achieve more yield production. On the other hand, augmenting the use of chemical fertilizers results in pollution and quality decline in soil and water resources, leading to the production of unhealthy food products. Application of plant biostimulants like humic acid, fulvic acid, amino acids, mycorhizal fungi, and seaweeds could be a useful approach to reducing the use of chemical fertilizers. It leads to a reduction in the use of chemical fertilizers without a decline in quantitative and qualitative yield production. Therefore, the present research was accomplished to investigate the effects of some biostimulants on fertilizer use efficiency, as well as the yield and quality of oranges.

Materials and Methods: This experiment was carried out in a factorial manner based on a completely randomized block design (CRBD) with three replications on 63 orange trees var. Washington novel, during two consecutive years in the Hormozgan Haji-Abad agricultural research station. There were two factors consisting of 1- Application of chemical fertilizers in three levels (without any chemical fertilizers, %75 of the recommended chemical fertilizers, %100 of the recommended chemical fertilizers), and 2- Application of plant biostimulants in seven levels (control, amino acid foliar spray, seaweed extract foliar spray, soil-applied humic acid, fulvic acid foliar spray, soil-applied mycorhizal fungi, amino acid, and seaweed extract foliar spray accompanied with soil applied humic acid and mycorhizal fungi). The harvesting was done in December, every year. Some plant responses such as yield production, the concentrations of iron, manganese, and zinc in leaves, total soluble solids, vitamin C in fruit extract, and fertilizers use efficiency were determined. Finally, the results were interpreted based on the analysis of variances for the data set and the comparison of means.

Results: The results showed that the application of biostimulants caused an increase in production yield and fertilizer use efficiency, as well as the concentration of iron, manganese, and zinc in leaves. Some qualitative properties consisting of total soluble solids and vitamin C content in fruit extract were also improved. Furthermore, the use of chemical and organic fertilizers corroborated the positive effects of biostimulants. In other words,

the interactive effects of biostimulants and fertilizers on the quantitative and qualitative properties of oranges were significant. The most positive effects were observed in the treatment containing soil applied humic acid and mycorhizal fungi accompanied with amino acids and seaweed extract foliar spray, and %100 of the recommended chemical fertilizers. However, fertilizer use efficiency in trees treated with %75 of the recommended chemical fertilizers was higher, as compared to those supplied with %100 of the recommended fertilizers.

Conclusion: It is recommended that instead of excessive use of chemical fertilizers, a combination of biostimulants including humic acid, amino acids, seaweed extract, and mycorhizal fungi be applied along with %75 of the recommended chemical fertilizers in the integrated nutrition management, to achieve the increased yield, improved fruit quality, and reduced environmental pollution.

Cite this article: Saleh, Jahanshah, Shahabian, Mehrdad, Tehrani, Mohammad Mahdi. 2023. Interactive effects of chemical fertilizers and biostimulants on yield and fertilizer use efficiency in orange. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 13 (2), 27-51.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20722.2081
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲۶۷-۲۳۲۲

شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

اثرات متقابل کودهای شیمیایی و مواد محرک رشد بر عملکرد و کارایی مصرف کود در پرتقال

جهانشاه صالح*[۱]، مهرداد شهابیان[۲]، محمد مهدی طهرانی[۳]

۱. نویسنده مسئول، استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران. رایانامه: jsaleh11@yahoo.com

۲. استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. رایانامه: mshahabian@yahoo.com

۳. استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: mtehrani2000@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲

واژه‌های کلیدی:
اسید آمینه،
اسید فولویک،
اسید هیومیک،
جلبک دریایی،
مایکوریزا

چکیده

سابقه و هدف: نیاز روزافزون بشر به محصولات کشاورزی باعث شده است که استفاده از انواع کودهای شیمیایی برای دستیابی به تولید بیش‌تر این محصولات، همواره روند افزایشی داشته باشد. از سوی دیگر، افزایش مصرف کودهای شیمیایی باعث می‌شود منابع خاک و آب دچار آلودگی و تنزل کیفیت شود و متعاقب آن، محصولات غذایی تولید شده نیز ناسالم خواهند شد. مصرف مواد محرک رشد گیاه مانند اسید هیومیک، اسید فولویک، اسیدهای آمینه، قارچ‌های مایکوریزا و جلبک‌های دریایی می‌تواند راهکاری مفید جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی باشد، زیرا می‌توان بدون افت عملکرد کمی و کیفی محصول، کود شیمیایی کم‌تری مصرف کرد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر برخی مواد محرک رشد بر کارآیی مصرف کود، عملکرد و کیفیت پرتقال به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و طی دو سال متوالی بر روی ۶۳ اصله پرتقال رقم واشنگتن ناول در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد هرمزگان انجام شد. فاکتورها شامل ۱- مصرف کودهای شیمیایی در سه سطح (بدون مصرف کودهای شیمیایی، ۷۵٪ مقادیر توصیه شده کودهای شیمیایی، ۱۰۰٪ مقادیر توصیه شده کودهای شیمیایی)، و ۲- مصرف محرک‌های رشد گیاهی در هفت سطح (شاهد، محلول‌پاشی اسید آمینه، محلول‌پاشی عصاره جلبک، مصرف خاکی اسید هیومیک، محلول‌پاشی اسید فولویک، مصرف خاکی قارچ مایکوریزا، محلول‌پاشی اسید آمینه و عصاره جلبک همراه با مصرف خاکی اسید هیومیک و قارچ مایکوریزا) بود. برداشت محصول در آذرماه هر سال انجام شد و برخی پاسخ‌های

گیاهی شامل عملکرد محصول، غلظت آهن، منگنز و روی در برگ، مقدار مواد جامد محلول کل و ویتامین ث در عصاره میوه و کارایی مصرف کودها تعیین گردید. در انتها، تفسیر نتایج بر مبنای تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مصرف مواد محرک رشد علاوه بر افزایش عملکرد محصول و ارتقای کارایی مصرف کود، غلظت آهن، روی و منگنز برگ را افزایش داد و برخی ویژگی‌های کیفی شامل مقدار مواد جامد محلول و مقدار ویتامین ث در عصاره میوه را نیز بهبود بخشید. هم‌چنین مصرف کودهای شیمیایی و آلی باعث شد اثر مثبت مواد محرک رشد، تشدید گردد. به عبارت دیگر، اثرات متقابل مواد محرک رشد و کودهای شیمیایی و آلی بر ویژگی‌های کمی و کیفی پرتقال معنی‌دار بود. بیش‌ترین تأثیر مثبت در تیمار مصرف خاکی اسید هیومیک و مایه تلقیح مایکوریزا همراه با محلول‌پاشی اسید آمینه و عصاره جلبک دریایی، توأم با مصرف کودهای شیمیایی به میزان ۱۰۰٪ مقادیر توصیه شده، مشاهده گردید. با این‌حال، کارایی مصرف کودها در درختان تیمار شده با ۷۵٪ کودهای شیمیایی توصیه شده، بیش‌تر از تیمار ۱۰۰٪ بود.

نتیجه‌گیری: توصیه می‌شود به منظور نیل به افزایش عملکرد، ارتقای کیفیت محصول و کاهش آلودگی محیط زیست، با خودداری از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، کاربرد ترکیبی از مواد محرک رشد شامل اسید هیومیک، اسیدهای آمینه، عصاره جلبک و قارچ مایکوریزا به همراه مصرف ۷۵٪ مقادیر توصیه شده کودهای شیمیایی در برنامه تغذیه تلفیقی باغ‌های پرتقال مدنظر قرار گیرد.

استناد: صالح، جهانشاه، شهابیان، مهرداد، طهرانی، محمد مهدی (۱۴۰۲). اثرات متقابل کودهای شیمیایی و مواد محرک رشد بر عملکرد و کارایی مصرف کود در پرتقال. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۳ (۲)، ۵۱-۲۷.
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20722.2081

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

بسیاری از بهره‌برداران و کارشناسان کشاورزی، افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول را تنها منوط به مصرف کودهای شیمیایی می‌دانند. این در حالی است که کاربرد بیش از حد این کودها طی دهه‌های گذشته، موجب آلودگی منابع خاک و آب و حتی ناسالم شدن محصولات کشاورزی شده است. یکی از راهکارهای غلبه بر این معضل، استفاده از مواد محرک رشد به‌عنوان تغذیه تکمیلی گیاه می‌باشد. از مواد محرک رشد می‌توان به اسید هیومیک، اسید فولویک، اسیدهای آمینه، قارچ‌های مایکوریزا و جلبک‌های دریایی اشاره کرد. اسیدهای هیومیک علاوه‌بر سازگاری با محیط زیست، قادرند با ایجاد محیط مساعد رشد ریشه، کارایی مصرف کودهای شیمیایی را به‌ویژه در خاک‌های با مواد آلی کم، به‌طور معنی‌داری افزایش دهند. اسید هیومیک با کلات کردن عناصر غذایی، قابلیت استفاده آنها را برای گیاه افزایش می‌دهد. بررسی‌ها نشان داد که مصرف اسید هیومیک با القای رشد و گسترش ریشه‌ها، به درختان میوه این امکان را می‌دهد که استفاده مؤثرتری از منابع موجود خاک انجام دهند. هم‌چنین اسید فولویک که یک تامپون طبیعی و کلات‌کننده مناسب با قدرت تبادل یونی بالاست، قدرت جذب عناصر غذایی را در گیاه بالا می‌برد و در نهایت، گیاه تحمل بیش‌تری نسبت به تنش‌های محیطی پیدا می‌کند که نتیجه آن، افزایش کیفیت و کمیت محصول خواهد بود (۱، ۲ و ۳). اسید فولویک نیز به جهت دارا بودن قدرت کمپلکس‌کنندگی، نقش مهمی در افزایش فراهمی جذب عناصر غذایی دارد. برخی مطالعات بیانگر اثر مثبت نمک‌های اسید فولویک (مانند فولوات آهن) بر رشد و جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌باشد. اسید هیومیک و اسید فولویک از منابع مختلف مانند خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال‌سنگ و غیره استخراج می‌شوند و از لحاظ اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی، متفاوت هستند. اسید هیومیک با وزن مولکولی ۳۰ تا ۳۰۰ کیلو دالتون و اسید فولویک با وزن مولکولی کم‌تر از ۳۰ کیلو دالتون، به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار نامحلول و محلول، با عناصر کم‌مصرف می‌شوند. حضور توأمان این دو اسید، میزان فراهمی عناصر غذایی به ویژه ریزمغذی‌ها را برای گیاه در کوتاه‌مدت و بلندمدت افزایش می‌دهد. ترکیبات هوموسی با دارا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا که معلول یونیزه شدن گروه‌های عامل موجود در سطح آن‌هاست، قادرند از طرق مختلف شیمیایی و یا با ایجاد پل کاتیونی، ذرات خاک را به هم پیوند داده و سبب تشکیل خاک‌دانه‌های پایدار شوند (٤).

اسیدهای آمینه نیز محرک رشد گیاه هستند و علاوه بر ضروری بودن برای سوخت و ساز، به جهت قابلیت کلات‌کنندگی، جذب عناصر غذایی را برای گیاه تسهیل می‌کنند (۵). مصرف اسیدهای آمینه می‌تواند منجر به افزایش تولید زی‌توده گیاه (٦)، حفاظت گیاه در برابر تنش‌های زنده (۷) و غیرزنده (۸ و ۹)، و افزایش آنتی‌اکسیدان درون برگ (۱۰) شود.

معمولاً ریشه‌های مرکبات طول و گسترش زیادی ندارند و میزان فعالیت آن‌ها به‌ویژه در خاک‌های با حاصلخیزی کم، وابستگی زیادی به قارچ‌های مایکوریزا نشان می‌دهد (۱۱). رایزوسفر مرکبات میزبان بیش از ٤٥ گونه قارچ مایکوریزاست که قادرند از طریق همزیستی با ریشه‌ها موجب تشکیل و گسترش ریسه‌های قارچی و در نتیجه، افزایش سطح تماس ریشه‌ها با خاک شوند. بنابراین، جذب عناصر غذایی و رشد گیاه نیز بیش‌تر شده و عملکرد و کیفیت محصول ارتقا خواهد یافت. قارچ‌های مایکوریزا با ترشح نوعی گلیسوپروتئین با نام گلومالین به درون خاک، موجب ارتقای وضعیت کربن و بهبود ساختمان خاک شده و حاصلخیزی خاک و وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک را ارتقا می‌بخشند

(۱۲). قارچ‌های مایکوریزا هم‌چنین می‌توانند تحمل گیاه به تنش شوری و خشکی را افزایش دهند. طی آزمایشی که توسط عابدی و اسفندیاری در سال ۲۰۱۸ انجام شد، دو قارچ مایکوریزا و چهار سطح شوری خاک در دانهال‌های یکی از گونه‌های مرکبات مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۳). نتایج نشان داد در بین تیمارها، ریشه دانهال‌های تلقیح شده با قارچ آربوسکولار مایکوریزا به‌طور معنی‌داری میزان سدیم کم‌تر و میزان پتاسیم، کلسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و نسبت کلسیم به سدیم بالاتری داشتند. علاوه بر این، در گیاهان تحت شرایط تنش شوری، تیمارهای تلقیح‌شده با مایکوریزا باعث کاهش غلظت ساکارز در برگ‌ها و افزایش غلظت فروکتوز و پرولین شدند.

جلبک‌های دریایی نیز تأثیر چشمگیری بر رشد و عملکرد گیاهان دارند. رضایی و همکاران (۲۰۱۹) اثر مصرف غلظت‌های مختلف عصاره نوعی جلبک دریایی را بر فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و کیفیت پس از برداشت میوه پرتقال واشنگتن ناول در شرایط سردخانه با ۹۰ درصد رطوبت نسبی طی ٦۰ روز بررسی کردند (١٤). نتایج نشان داد در تیمار شاهد، طولانی شدن زمان انبارداری باعث شد وزن میوه، مواد جامد محلول، مقدار اسید آسکوربیک و درصد آب میوه کاهش یابد و میزان فساد میوه بیش‌تر شود، اما با غوطه‌ور کردن میوه در عصاره جلبک، کیفیت پس از برداشت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه به شدت بهبود پیدا کرد. آنلی و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان دادند کاربرد عصاره جلبک و قارچ مایکوریزا به تنهایی و یا به صورت توأمان موجب بهبود کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، سطح برگ، قطر ریشه و در مجموع، رشد نخل می‌شود (۱۵).

بنابراین، با توجه به پژوهش‌های پیشین، آزمایشی با اهداف زیر، طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ در استان هرمزگان اجرا شد:

۱- بررسی اثر مصرف کودهای شیمیایی بر کارایی مصرف کود و عملکرد کمی و کیفی محصول پرتقال

۲- بررسی اثر مصرف اسید هیومیک، اسید فولویک، اسید آمینه، مایه تلقیح مایکوریزا و جلبک دریایی بر کارایی مصرف کود و عملکرد کمی و کیفی محصول پرتقال

۳- بررسی اثر متقابل کود شیمیایی و مواد محرک رشد بر کارایی مصرف کود و عملکرد کمی و کیفی پرتقال

مواد و روش‌ها

یک باغ هشت هکتاری پرتقال در منطقه حاجی‌آباد استان هرمزگان با درختان هم‌سن و یکنواخت از رقم واشنگتن ناول انتخاب شد. قبل از آزمایش، تجزیه‌های آزمایشگاهی خاک به شرح زیر انجام شد: بافت خاک به روش هیدرومتری (١٦)، کربن آلی به روش نلسون و سامرز (۱۷)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج (Inolab-720, WTW, Germany)، pH گل اشباع با دستگاه pH متر (Inolab-720, WTW, Germany)، غلظت پتاسیم به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم نرمال و سپس اندازه‌گیری با دستگاه فلیم فتومتر (Jenway)، غلظت آهن، منگنز مس و روی از طریق عصاره‌گیری با محلول ۰/۰۰۵ مولار DTPA و اندازه‌گیری جذب با دستگاه جذب اتمی (Varian 220) و فسفر با روش اسید آسکوربیک و اندازه‌گیری جذب در طول موج ۸۸۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (۱۸ و ۱۹) (جدول ۱). تیمارها به صورت فاکتوریل شامل دو عامل مصرف کودهای شیمیایی و مصرف مواد محرک رشد گیاهی بود. مصرف کودهای شیمیایی در سه سطح (بدون مصرف کود شیمیایی، ۷۵٪ مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی، ۱۰۰٪ مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی) و مصرف محرک‌های رشد گیاهی در هفت سطح مطابق جدول ۲ و در سه تکرار انجام شد. مایه تلقیح مایکوریزا به همراه کودهای پایه در

اختیار درختان قرار گرفت و آبیاری به روش قطره‌ای و به میزان توصیه شده توسط کارشناس آبیاری انجام شد. برداشت محصول در آذرماه هر سال انجام شد و پس از توزین عملکرد میوه، سایر پاسخ‌های گیاهی به‌شرح زیر تعیین گردید: غلظت آهن، منگنز و روی در برگ، با خاکستر کردن پودر برگ در کوره ۵۵۰ درجه سلسیوس و اضافه کردن اسید کلریدریک دو مولار و با روش جذب اتمی (۲۰) به‌وسیله دستگاه جذب اتمی (SpectrAA-220, Varian Company, Australia)، مواد جامد محلول (TSS) در میوه با دستگاه رفراکتومتر (۲۱) و مقدار ویتامین ث در میوه با روش تیتراسیون با ۲ و ٦ دی کلروفنل ایندوفنل (۲۲). هم‌چنین کارآیی مصرف کودها طبق رابطه زیر محاسبه شد:

(میانگین عملکرد در تیمار شاهد – عملکرد در هر تیمار) / وزن مجموع کودهای مصرف‌شده در تیمار مربوطه

در پایان، تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله آزمایش انجام شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری پنج درصد صورت گرفت. سپس، نتایج به‌دست آمده مورد بحث و بررسی قرار گرفت و با نتایج سایر پژوهش‌ها مقایسه گردید.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک محل انجام آزمایش.

Table 1. Some properties of the soil at the test site.

رس (٪) Clay (%)	شن (٪) Sand (%)	کربن آلی (٪) OC (%)	آهک (درصد) $CaCO_3$ (%)	EC (dS/m)	pH	فسفر P	پتاسیم K	مس Cu	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zn
						(mg/kg)					
۲۲	٤۹	۰/۷۵	34	۳/۲۱	۷/۸٤	٦/۱٤	۲۰۸/٤	۰/٤٤	۱۰/۱٤	٤/۱۲	۰/٦۸

جدول ۲- شرح تیمارهای آزمایش.

Table 2. Description of the experiment treatments.

شماره تیمار Treatment No	تیمار Treatment	اولین آبیاری 1st irrigation	پس از ریزش گل After flower drop	فندقی شدن میوه Hazelnut-size
1	شاهد			
2	محلول‌پاشی AA AA foliar spray		0.005	0.005
3	محلول‌پاشی SW SW foliar spray		0.005	0.005
4	کاربرد خاکی HA HA soil application	۲۰ گرم هر درخت 20 g/tree	۲۰ گرم هر درخت 20 g/tree	
5	محلول‌پاشی FA FA foliar spray		0.005	0.005
6	کاربرد خاکی MI MI soil application	۱۰۰۰ گرم هر درخت 1000 g/tree		
7	MI+HA+SW+AA	(۲۰ گرم HA+ ۱۰۰۰ گرم MI) هر درخت (20 g HA+1000 g MI)/tree	۵ در هزار SW+ ۵ در هزار AA+ ۲۰ گرم HA هر درخت 0.005 SW+0.005 AA + 20 g HA/tree	۵ در هزار SW+ ۵ در هزار AA 0.005 SW+0.005 AA

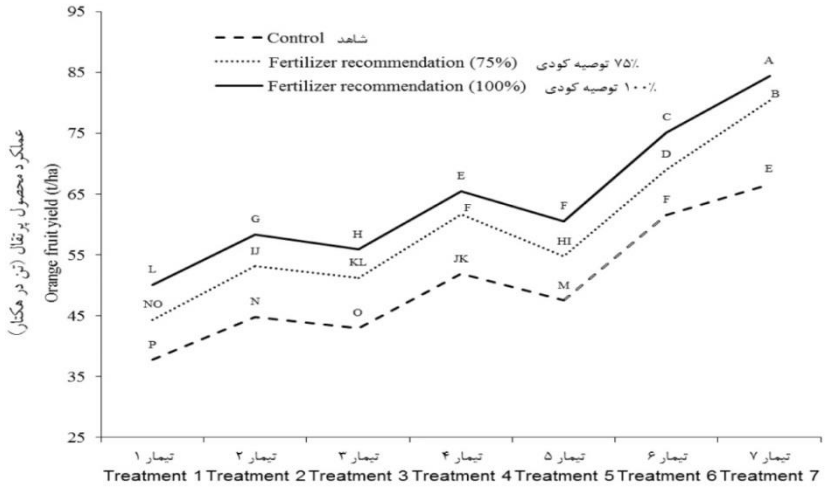
AA: اسید آمینه؛ SW: جلبک دریائی؛ HA: هیومیک اسید؛ FA: فولویک اسید؛ MI: مایه تلقیح مایکوریزا

AA: Amino Acid; SW: Sea Weed; HA: Humic Acid; FA: Fulvic Acid; MI: Mycorhiza Inoculant

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول‌های ۳ و ٤ آورده شده است. با توجه به جدول مذکور، می‌توان تشخیص داد که اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای آزمایش، بر کدام پاسخ‌های گیاهی معنی‌دار بوده است و سپس با استفاده از جداول مقایسه میانگین‌ها و نمودارها، میزان تفاوت‌های ایجاد شده به‌طور واضح‌تری تبیین خواهد شد.

عملکرد محصول: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عامل سال اثری بر عملکرد محصول در تیمارهای مختلف نداشت و بنابراین، میانگین داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳ و شکل ۱). مصرف کودهای شیمیایی هم در سطح ۷۵٪ و هم در سطح ۱۰۰٪، منجر به اختلاف معنی‌دار عملکرد شد و بالاترین عملکرد در تیمار ۱۰۰٪ توصیه کودی مشاهده گردید. کاربرد مواد محرک رشد نیز باعث شد تولید پرتقال در واحد سطح افزایش پیدا کند. استفاده از یک کیلوگرم قارچ مایکوریزا و مصرف خاکی ٤۰ گرم اسید هیومیک برای هر درخت و محلول‌پاشی ۵ در هزار عصاره جلبک و اسید آمینه در دو مرحله پس از ریزش گل و فندقی شدن میوه (تیمار ۷)، بیش‌ترین افزایش عملکرد را موجب شد و جایگاه بعد متعلق به تیماری بود که تنها یک کیلوگرم مایکوریزا به خاک هر درخت اضافه شده بود (تیمار ٦). سایر مواد محرک رشد نیز توانستند عملکرد را در مقایسه با شاهد بالاتر ببرند، به‌طوری‌که پس از تیمارهای مزبور، مصرف خاکی ٤۰ گرم اسید هیومیک برای هر درخت (تیمار ٤)، محلول‌پاشی ۵ در هزار اسید فولویک (تیمار ۵)، محلول‌پاشی ۵ در هزار اسید آمینه (تیمار ۲)، و محلول‌پاشی ۵ در هزار عصاره جلبک (تیمار ۳)، به ترتیب بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش محصول نشان دادند. اثر متقابل دو فاکتور کود شیمیایی و مواد محرک رشد نیز در تمام سطوح، اثر قابل‌ملاحظه‌ای بر مقدار پرتقال تولید شده در هکتار داشت. در هر سطح از مصرف کودهای شیمیایی، استفاده از مواد محرک رشد باعث شد عملکرد محصول افزایش چشمگیری پیدا کند و چون مصرف کود شیمیایی نیز خود موجب بیش‌تر شدن محصول شده بود، بنابراین بالاترین میزان محصول پرتقال مربوط به تیمارهایی بود که ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی توصیه شده همراه با ترکیب کامل مواد محرک رشد، در اختیار گیاه گذاشته شد (جدول ٦).



شکل ۱- تأثیر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر عملکرد پرتقال.

اعدادی که در یک حرف لاتین مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 1. Effects of chemical fertilizers and biostimulants on orange yield.
Values followed by the same letter, are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر پاسخ‌های گیاهی در پرتقال.

Table 3. ANOVA for the effects of chemical fertilizers and biostimulants on plant responses in orange.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squared					
		عملکرد Yield	آهن برگ Leaf Fe	منگنز برگ Leaf Mn	روی برگ Leaf Zn	TSS	ویتامین ث Vitamin C
تکرار Replication	2	1606312 ^{ns}	2^{ns}	7.432**	10.879**	1.019*	69.037**
سال Year	1	16677756^{ns}	3117^{ns}	62.020**	91.803**	0.022^{ns}	58.972**
تکرار × سال Replication*Year	2	55746476**	2^{ns}	0.040^{ns}	0.059^{ns}	0.011**	0.252^{ns}
کود شیمیایی Chemical fertilizer	2	2059430560**	18954**	658.872**	962.654**	5.811^{ns}	6028.878**
سال × کود شیمیایی Year*Chemical fertilizer	2	977809^{ns}	230**	0.327*	0.479*	0.019^{ns}	21.421**
تکرار × سال × کود شیمیایی Rep*Year*Chem. fertilizer	8	2105698*	3^{ns}	0.059*	0.086*	0.008^{ns}	0.625**
محرک رشد Biostimulant	6	2362448984**	13149**	303.750**	444.720**	8.187**	2461.516**
کود شیمیایی × محرک رشد Chemical fertilizer* Biostimulant	12	9711505**	223**	5.444**	7.991**	0.025**	34.803**
سال × محرک رشد Year*Biostimulant	6	709966^{ns}	88**	0.218**	0.329**	0.042**	1.449**
سال × کود شیمیایی × محرک رشد Year*Chem. fertilizer* Biostimulant	12	445645^{ns}	17^{ns}	0.012^{ns}	0.018^{ns}	0.032**	0.973**
خطا Error	72	961127	14	0.026	0.039	0.008	0.128
ضریب تغییرات Coefficient of variation		2	4	5.065	7.626	1.048	5.553

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ^{ns} غیرمعنی‌دار

** Significant at 0.01 probability level, * Significant at 0.05 probability level, ^{ns} Non significant

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر کارایی مصرف کود در پرتقال.

Table 4. ANOVA for the effects of chemical fertilizers and biostimulants on fertilizer use efficiency in orange.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squared
تکرار Replication	2	76.11^{ns}
سال Year	1	31320.05^{*}
تکرار × سال Replication*Year	2	1068.16^{**}
کود شیمیایی Chemical fertilizer	1	1458.33^{**}
سال × کود شیمیایی Year*Chemical fertilizer	1	8.05^{ns}
تکرار × سال × کود شیمیایی Replication*Year*Chemical fertilizer	4	18.44^{ns}
محرک رشد Biostimulant	6	38981.87^{**}
کود شیمیایی × محرک رشد Chemical fertilizer*Biostimulant	6	988.94^{**}
سال × محرک رشد Year*Biostimulant	6	1164.49^{**}
سال × کود شیمیایی × محرک رشد Year*Chemical fertilizer*Biostimulant	6	50.55^{ns}
خطا Error	48	23.66
ضریب تغییرات Coefficient of variation		4.35

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار

** Significant at 0.01 probability level, * Significant at 0.05 probability level, ns Non significant

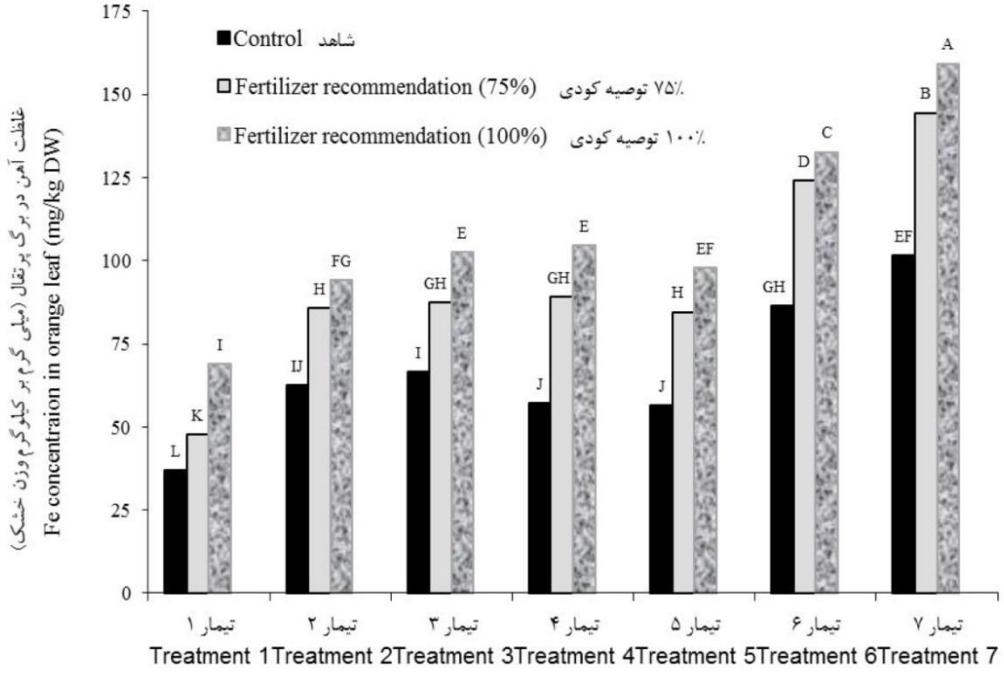
مواد هیومیکی با تأثیر بر فرآیندهای خاک و تأثیر مستقیم بر فیزیولوژی گیاه وضعیت تغذیه‌ای گیاه را بهبود می‌بخشند. سازوکارهای تأثیر بر فرآیندهای خاک، شامل بهبود ساختمان خاک و حلالیت ریزمغذی‌ها می‌باشد. سازوکار تأثیر مستقیم بر فیزیولوژی گیاه نیز شامل تغییر شکل ریشه، افزایش فعالیت آنزیم H^{+} ATPase ریشه و افزایش فعالیت آنزیم‌های جذب نیترات است (۲۳). هی و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند کاربرد کودهای حاوی اسید فولویک و اسید هیومیک موجب افزایش وزن میوه و

در نتیجه، افزایش معنی‌دار عملکرد لیمو می‌شود (۲٤). رشد و عملکرد گیاه بستگی به نوع گیاه و عوامل مختلف محیطی دارد و اسیدهای فولویک و هیومیک جزو عوامل محیطی هستند که از طریق تأثیر بر حجم ساخت و میزان فعالیت آنزیم پروتئاز، سوخت و ساز گیاه را متأثر کرده و باعث افزایش عملکرد محصول می‌شوند. از سایر مواد محرک رشد می‌توان به اسیدهای آمینه اشاره کرد که مصرف آنها می‌تواند منجر به افزایش تولید زی‌توده[1] گیاه (٦)، حفاظت گیاه در برابر تنش‌های زنده (۷)، و غیرزنده (۸ و ۹)، و افزایش آنتی‌اکسیدان در برگ (۱۰) شود. عصاره جلبک و قارچ‌های مایکوریزا هم از محرک‌های رشد گیاه محسوب می‌شوند و نتایج برخی پژوهش‌ها تأیید می‌کند که کاربرد هر یک به تنهایی و یا به صورت توأمان موجب بهبود کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، سطح برگ، قطر ریشه و در مجموع، رشد و عملکرد محصول شود (۱۵). قارچ‌های همزیست مایکوریزا از طریق تنظیم اسمزی برگ و برقراری تعادل یونی باعث تعدیل اثرات مخرب تنش شوری می‌شوند. این قارچ‌ها هم‌چنین قادرند با افزایش قابلیت استفاده برخی عناصر مانند فسفر برای گیاه، ضمن کاهش مقدار کود شیمیایی لازم، افزایش عملکرد و بهبود کیفت محصول را موجب شوند (۲۵).

غلظت آهن در برگ: غلظت آهن برگ در دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری نشان نداد و بنابراین برای مقایسه میانگین‌ها از متوسط دوساله داده‌ها استفاده شد (جدول ۳ و شکل ۲). مصرف خاکی ۱۰۰۰ گرم قارچ مایکوریزا و ٤۰ گرم اسید هیومیک برای هر درخت همراه با محلول‌پاشی ۵ در هزار عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه در مراحل مختلف رشد گیاه (تیمار ۷)، بیش‌ترین تأثیر را بر غلظت آهن برگ پرتقال نشان داد. تیمار ٦ یعنی مصرف ۱۰۰۰ گرم مایکوریزا به تنهایی نیز توانست پس از تیمار ۷، بیش‌ترین غلظت آهن برگ را باعث شود. تیمارهای ۳ و ٤ به‌طور مشترک در جایگاه بعدی قرار گرفتند. هم‌چنین تیمارهای ۵ و ۲ (به ترتیب، محلول‌پاشی ۵ در هزار گیاه با اسید فولویک و اسید آمینه) کم‌ترین تأثیر مثبت بر افزایش مقدار آهن برگ پرتقال را نشان دادند و از لحاظ آماری نیز تفاوتی بین این دو تیمار مشاهده نشد. شکل ۲ هم‌چنین نشان می‌دهد هر دو سطح مصرف کودهای شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن برگ نسبت به تیمار شاهد شدند و در این راستا، تیمار ۱۰۰٪ توصیه کودی، در مقایسه با تیمار ۷۵٪ توصیه کودی بهتر عمل کرد. سانچز و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده کردند که کاربرد مواد هیومیک و اسیدهای آمینه منجر به افزایش تأثیر کلات سکوسترین آهن در لیمو ترش می‌شود (۲٦). در یک مطالعه دیگر بر روی پرتقال واشنگتن ناول نیز ثابت شد که مصرف خاکی ۱/۵ گرم بر لیتر از یک ترکیب هیومیکی به همراه محلول پاشی ۷/۵ گرم بر لیتر اسید فولویک و ۰/۵ گرم بر لیتر اسید آمینه سبب بهبود ویژگی‌های رشدی، کمی و کیفی میوه و نیز وضعیت عناصر غذایی گردید، در حالی‌که اسید هیومیک به تنهایی، به‌ویژه در حالت محلول‌پاشی، اثر چندانی نشان نداد و کارآیی پایینی داشت (۲۷). در پژوهش دیگری مشاهده شد که مصرف اسید آمینه می‌تواند کارایی برگ‌پاشی ریزمغذی‌ها را افزایش دهد، به‌طوری‌که کاربرد مخلوط سولفات آهن و اسید آمینه به‌صورت محلول‌پاشی بر علیه زردبرگی در انگور، در مقایسه با تیمار بدون مصرف اسید آمینه، تأثیر قابل‌توجهی نشان داد (۲۸). کاربرد اسید آمینه با تأثیر بر فرآیندهای خاکی و اثر مستقیم بر فیزیولوژی گیاه، باعث می‌شود وضعیت تغذیه گیاه ارتقا پیدا کند (۲۹). این فرآیند از طریق

1- Biomass

تأثیر بر تحریک اجتماعات مفید میکروبی خاک و معدنی شدن عناصر در خاک، بهبود حلالیت عناصر ریزمغذی در خاک از طریق کلات کردن، بهبود پویایی عناصر کم نیاز در گیاه، تغییر در شکل ظاهری ریشه و افزایش فعالیت آنزیم‌های جذب نیترات محقق می‌شود (۲۳). قارچ‌های مایکوریزا و عصاره جلبک نیز به‌عنوان مواد محرک رشد، موجب افزایش جذب و انباشت آهن در مرکبات می‌شوند. بررسی‌ها نشان داده که استفاده از قارچ‌های مایکوریزا با بهبود چشمگیر توسعه سیستم ریشه و القای ساخت و ترشح برخی مواد، می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش ظرفیت جذب آهن توسط ریشه و بیش‌تر شدن قابلیت استفاده این عنصر برای گیاه داشته باشد (۳۰). گیاهان تیمارشده با عصاره جلبک نیز معمولاً توانایی بیش‌تری برای جذب عناصر غذایی دارند. در آزمایشی که گیاه کلزا با عصاره جلبک *A. nodosum* تیمار شد، قابلیت استفاده نیتروژن، گوگرد و آهن توسط گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد و با انجام مطالعات رونویسی[1] مشخص شد که این افزایش در واقع به‌دلیل بیش‌ترشدن بیان ژن‌های BnNRT1.1/BnNRT2.1 و Bn-Sultr4.1/BnSultr4.2 می‌باشد که مسئول رمزگذاری ناقل‌های مسئول جذب و انتقال نیتروژن، آهن و گوگرد در ریشه هستند (۳۱).



شکل ۲- تأثیر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر غلظت آهن برگ پرتقال.

اعدادی که در یک حرف لاتین مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 2. Effects of chemical fertilizers and biostimulants on Fe concentration in orange leaves. Values followed by the same letter, are not significantly different at 5% probability level.

1- Transcription studies

غلظت منگنز و روی در برگ: جدول ۳ نشان می‌دهد غلظت منگنز و روی در برگ پرتقال در دو سال آزمایش متفاوت بوده است و بنابراین مقایسه میانگین‌ها برای سال اول و دوم آزمایش به‌طور مجزا انجام شد (جدول‌های ۵ و ٦). مصرف کودهای شیمیایی هم در سطح ۷۵٪ و هم در سطح ۱۰۰٪ توصیه کودی منجر به بیش‌تر شدن غلظت منگنز و روی برگ پرتقال نسبت به تیمار بدون مصرف کود شد و این روند در تمام تیمارهای مواد محرک رشد نیز ملاحظه گردید. هم‌چنین مصرف برخی مواد محرک رشد باعث شد مقدار این دو عنصر کم‌مصرف در برگ پرتقال افزایش پیدا کند. در سال اول آزمایش، بالاترین میزان افزایش غلظت منگنز و روی برگ در درختانی مشاهده شد که ۱۰۰۰ گرم قارچ مایکوریزا و ٤۰ گرم اسید هیومیک به‌صورت خاکی دریافت کردند و در دو مرحله با عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه ۵ در هزار محلول‌پاشی شدند. بعد از این تیمار، بیش‌ترین مقدار منگنز و روی برگ مربوط به تیمارهایی بود که یا ۱۰۰۰ گرم مایکوریزا به منطقه ریشه آن‌ها اضافه شد و یا با عصاره جلبک دریایی ۵ در هزار محلول‌پاشی شدند. سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند. در سال دوم نیز روند تقریباً مشابهی وجود داشت، با این تفاوت که تیمارهای ۲ (محلول‌پاشی اسید آمینه)، ٤ (مصرف خاکی اسید هیومیک) و ۵ (محلول‌پاشی اسید فولویک)، در مقایسه با شاهد، غلظت روی و منگنز برگ را افزایش دادند. البته مقدار عناصر مذکور در این سه تیمار مشابه بود و تفاوت آماری نشان نداد. بررسی منابع علمی نشان می‌دهد کاربرد اسید آمینه باعث افزایش کارایی جذب و انتقال ریزمغذی‌ها در درختان میوه می‌شود (۳۲). هم‌چنین پژوهش‌گران اثبات کردند که مواد هیومیکی تأثیر مثبت قابل‌توجهی بر جذب عناصر غذایی کم‌نیاز دارند، به‌ویژه در شرایط خاک‌های قلیایی و یا محلول‌های قلیایی که قابلیت استفاده و جذب عناصر کم‌نیاز در آن‌ها دچار محدودیت می‌باشد (۲۳ و ۲۸). مصرف اسید آمینه و مواد هیومیکی باعث می‌شود جمعیت مفید میکروبی خاک بیش‌تر شده و روند معدنی شدن عناصر خاک تشدید گردد، ضمن این‌که حلالیت عناصر ریزمغذی را نیز از طریق کلات کردن ریزمغذی‌ها و افزایش قابلیت استفاده آن‌ها، بهبود می‌بخشد. این ترکیبات هم‌چنین تحرک ریزمغذی‌ها در گیاه را افزایش داده و علاوه بر تغییر شکل ظاهری ریشه‌ها، فعالیت آنزیم‌های جذب نیترات را نیز افزایش می‌دهند (۲۷). نتایج یک پژوهش گلدانی بر روی پرتقال در ایران نیز اثر معنی‌دار محلول‌پاشی اسید هیومیک و اسید فولویک بر غلظت منگنز، روی، آهن و مس در گیاه را تأیید کرد (۳۳). در مورد تأثیر مایکوریزا نیز پژوهشی توسط اورتاس (۲۰۱۲) صورت گرفت و طی آن، خاک استریل شده و نیز خاک تلقیح‌شده با قارچ مایکوریزا، با غلظت‌های صفر تا ٤۰۰ میلی گرم P_2O_5 در هر کیلوگرم خاک تیمار شدند (۳۰). نتایج نشان داد در یک دوره پنج ماهه، رشد گیاه و جذب عناصر غذایی فسفر، روی و منگنز در گیاهان تلقیح‌شده با مایکوریزا، افزایش چشمگیری پیدا کرد. مایکوریزا می‌تواند موجب رشد و توسعه بیش‌تر ریشه‌ها شده و با ترشح برخی ترکیبات، قابلیت استفاده عناصر غذایی و به‌ویژه ریزمغذی‌ها را افزایش دهد. عصاره جلبک دریایی نیز به عنوان یکی از مواد محرک رشد، قادر است توانایی گیاه برای جذب عناصر را ارتقا بخشد. محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی سبب توسعه بیش‌تر ریشه گیاهانی مانند ذرت، انگور و توت‌فرنگی می‌شود (۳٤) که این افزایش توسعه ریشه می‌تواند ناشی از وجود هورمون‌های گیاهی اکسین و سیتوکینین در این عصاره باشد (۳۵). در نتیجه توسعه ریشه، جذب عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد) و کم‌مصرف (آهن، منگنز و روی) نیز افزایش خواهد یافت (۳٦).

جدول ۵- تأثیر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر منگنز برگ پرتقال (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک).

Table 5. Effects of chemical fertilizers and biostimulants on Mn concentration in orange leaves (mg kg^{-1} DW).

سال Year	مواد محرک رشد Biostimulant	کودهای شیمیایی Chemical fertilizers: شاهد Control	۷۵٪ توصیه کودی 75% Fertilizer recommendation	۱۰۰٪ توصیه کودی 75% Fertilizer recommendation	میانگین Mean
سال اول 1st Year	تیمار ۱ Treatment 1	22.2 q*	26.1 n	28.6 l	25.6 C
	تیمار ۲ Treatment 2	25.3 p	29.0 k	32.2 g	28.8 C
	تیمار ۳ Treatment 3	28.2 m	34.2 e	36.3 d	32.9 B
	تیمار ٤ Treatment 4	25.6 o	29.9 i	32.6 f	29.4 C
	تیمار ٥ Treatment 5	25.9 n	29.3 j	32.1 g	29.1 C
	تیمار ٦ Treatment 6	28.8 kl	34.4 e	36.9 c	33.4 B
	تیمار ۷ Treatment 7	31.6 h	39.8 b	42.2 a	37.9 A
	میانگین Mean	26.8 C	31.8 B	34.4 A	
سال دوم 2nd Year	تیمار ۱ Treatment 1	23.1 q	27.3 n	29.8 l	26.7 E
	تیمار ۲ Treatment 2	26.3 p	30.4 k	33.6 g	30.1 D
	تیمار ۳ Treatment 3	29.4 m	35.6 e	37.9 d	34.3 C
	تیمار ٤ Treatment 4	26.8 o	31.3 i	34.0 f	30.7 D
	تیمار ٥ Treatment 5	27.1 n	30.8 j	33.5 g	30.5 D
	تیمار ٦ Treatment 6	30.2 k	35.9 e	38.7 c	34.9 BC
	تیمار ۷ Treatment 7	33.1 h	41.7 b	44.2 a	39.7 A
	میانگین Mean	28.0 C	33.3 B	36.0 A	

* اعدادی که در یک حرف لاتین مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

* Values followed by the same letter, are not significantly different at 0.05 probability level

جدول ٦- تأثیر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر غلظت روی در برگ پرتقال (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک).

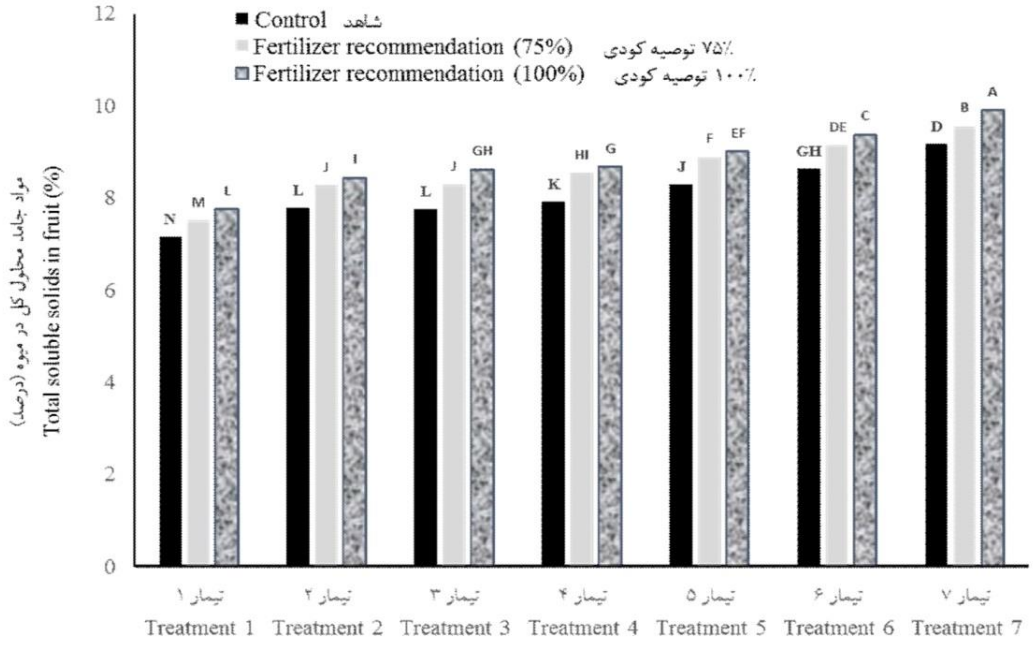
Table 6. Effects of chemical fertilizers and biostimulants on Zn concentration in orange leaves (mg kg^{-1} DW).

سال Year	مواد محرک رشد Biostimulant	کودهای شیمیایی Chemical fertilizers			میانگین Mean
		شاهد Control	۷۵٪ توصیه کودی 75% Fertilizer recommendation	۱۰۰٪ توصیه کودی 75% Fertilizer recommendation	
سال اول 1st Year	تیمار ۱ Treatment 1	15.1 q*	17.8 n	19.5 l	17.5 C
	تیمار ۲ Treatment 2	17.2 p	19.7 k	21.9 g	19.6 C
	تیمار ۳ Treatment 3	19.2 m	23.3 e	24.7 d	22.4 B
	تیمار ٤ Treatment 4	17.4 o	20.3 i	22.2 f	20.0 C
	تیمار ٥ Treatment 5	17.6 n	19.9 j	21.8 g	19.8 C
	تیمار ٦ Treatment 6	19.6 kl	23.4 e	25.1 c	22.7 B
	تیمار ۷ Treatment 7	21.5 h	27.1 b	28.7 a	25.8 A
	میانگین Mean	18.2 C	21.6 B	23.4 A	
سال دوم 2nd Year	تیمار ۱ Treatment 1	15.7 q	18.6 n	20.3 l	18.2 E
	تیمار ۲ Treatment 2	17.9 p	20.7 k	22.9 g	20.5 D
	تیمار ۳ Treatment 3	20.0 m	24.2 e	25.8 d	23.3 C
	تیمار ٤ Treatment 4	18.2 o	21.3 i	23.1 f	209 D
	تیمار ٥ Treatment 5	18.4 n	20.9 j	22.8 g	20.7 D
	تیمار ٦ Treatment 6	20.5 k	24.4 e	26.3 c	23.7 BC
	تیمار ۷ Treatment 7	22.5 h	28.4 b	30.1 a	27.0 A
	میانگین Mean	19.0 C	22.6 B	24.5 A	

* اعدادی که در یک حرف لاتین مشترک هستند، در سطح احتمال ٥٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

* Values followed by the same letter, are not significantly different at 0.05 probability level

مواد جامد محلول کل (TSS) در عصاره میوه: مقدار مواد جامد محلول کل در عصاره میوه پرتقال (TSS)، در دو سال آزمایش مشابه بود (جدول ۳)، بنابراین میانگین دوساله داده‌ها برای مقایسه آماری میانگین‌ها استفاده شد (شکل ۳). مشابه نتایج مربوط به عملکرد محصول، تیمار ۷ و ٦ به ترتیب بیش‌ترین تأثیر را بر میزان مواد جامد محلول نشان دادند. بعد از این دو تیمار، محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۵ در هزار و در دو مرحله پس از ریزش گل و فندقی شدن میوه (تیمار ۵)، و کاربرد خاکی ٤٠ گرم اسید هیومیک در دو مرحله یعنی هنگام اولین آبیاری و پس از ریزش گل‌ها (تیمار ٤) بیش‌ترین درصد افزایش در مواد جامد محلول میوه را باعث شدند. تیمارهای ۲ و ۳ نیز به‌طور مشترک در جایگاه بعدی قرار گرفتند و نسبت به تیمار شاهد افزایش ملموسی نشان دادند. مصرف کودهای شیمیایی نیز منجر به بالا رفتن چشم‌گیر میزان مواد جامد محلول در میوه پرتقال شد و حاصل مصرف ۱۰۰٪ توصیه کودی، بهتر از نتایج مربوط به تیمار ۷۵٪ توصیه کودی بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها در شکل ۳ بیانگر آن است که مصرف مواد محرک رشد، برهم‌کنش مثبتی با کودهای شیمیایی داشته و موجب افزایش بیش‌تر مواد جامد محلول میوه شده است و به همین دلیل، بیش‌ترین مقدار TSS میوه پرتقال (۹/۹۱٪)، مربوط به مصرف توأمان محرک‌های رشد و کودهای شیمیایی می‌باشد.



شکل ۳- تأثیر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر مواد جامد محلول کل در میوه پرتقال.
اعدادی که در یک حرف لاتین مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 3. Effects of chemical fertilizers and biostimulants on Total soluble solids in orange fruits. Values followed by the same letter, are not significantly different at 5% probability level.

از نتایج مشابه آزمایش حاضر می‌توان به پژوهشی بر روی نارنگی کینو در پاکستان اشاره کرد که کاربرد اسید هیومیک ۸ درصد با مقادیر ٤٠، ٦٠ و ۸۰ میلی‌لیتر همراه با مصرف NPK با نسبت ۱۰۰۰:۵۰۰:۵۰۰ گرم برای هر درخت، اثرات هم‌افزایی چشمگیری بر تعداد میوه‌ها در هر درخت داشت و به‌طور واضحی سبب کاهش ریزش میوه گردید، ضمن این‌که ویژگی‌های کیفی میوه از جمله مقدار مواد جامد محلول (TSS)، ویتامین ث و قند کل را نیز بهبود بخشید (۳۷). نتایج یک پژوهش دیگر نیز نشان داد مصرف اسیدهای هیومیک و فولویک باعث القای ساخت آنزیم پروتئاز و تحریک فعالیت این آنزیم شده و با تأثیر بر سوخت و ساز گیاه، مقدار برخی ترکیبات مانند مواد جامد محلول، قند کل و فلاونوئیدها را افزایش می‌دهد (٢٤). هم‌چنین شنگ و همکاران طی آزمایشی، تأثیر کاربرد اسید آمینو بوتیریک بر کیفیت پس از برداشت مرکبات را مورد بررسی قرار دادند (۳۸). نتایج نشان داد مصرف این اسید آمینه موجب افزایش معنی‌دار سیترات شد که در وهله نخست، ناشی از اثر بازدارندگی اسید آمینه بر ساخت آنزیم گلوتامات دکربوکسیلاز بود. اسید آمینو بوتیریک هم‌چنین سبب افزایش غلظت پرولین و اسید آمینه‌های گلوتامات، آلانین و آسپارتات و کاهش سرعت فساد میوه گردید. بررسی اثر مصرف عصاره جلبک دریایی در نارنگی رقم بالادی با پایه نارنج در مصر نیز باعث شد ویژگی‌های کیفی میوه از جمله میزان مواد جامد محلول کل افزایش معنی‌داری پیدا کند. پژوهش‌گران این پژوهش، این افزایش را عمدتاً ناشی از تأثیر عصاره جلبک بر تحریک فرآیند تقسیم سلولی و هم‌چنین افزایش مقدار رنگدانه‌ها و بیوسنتز کربوهیدرات‌ها در گیاه دانستند (۳۹). در مورد مصرف قارچ‌های مایکوریزا نیز نتایج مشابهی توسط سایر پژوهش‌گران گزارش شده است (٤٠ و ٤١). کاربرد قارچ مایکوریزا در پرتقال نیوهال ناول باعث شد TSS میوه به‌طور معنی‌داری افزایش یابد که علت آن می‌تواند تأثیر مثبت مایکوریزا بر گسترش سیستم ریشه و در نتیجه بهبود وضعیت تغذیه‌ای و فتوسنتز در گیاه باشد. بدین‌ترتیب، مقدار کربوهیدرات در برگ‌ها نیز بیش‌تر شده و عملکرد محصول و هم‌چنین ویژگی‌های کیفی میوه از جمله مقدار مواد جامد محلول کل، افزایش خواهد یافت (٤٠).

ویتامین ث در عصاره میوه: جدول ۳ نشان می‌دهد مقدار ویتامین ث میوه پرتقال در سال دوم آزمایش، به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از میزان این ویتامین در سال اول بود و بنابراین مقایسه میانگین‌ها به تفکیک سال اول و سال دوم انجام شد (جدول ۷). در مورد ویتامین ث نیز مشابه پارامترهای قبل، بیش‌ترین میزان اثر مربوط به تیمار ۷ بود. این در حالی است که تأثیر بقیه تیمارها بر ویتامین ث میوه، روندی متفاوت با سایر پاسخ‌های گیاهی نشان داد. تیمار ۳ یعنی محلول‌پاشی عصاره جلبک در دو مرحله پس از ریزش گل و فندقی شدن میوه، بعد از تیمار ۷، موجب بیش‌ترین درصد افزایش در مقدار ویتامین ث میوه پرتقال شد. نتایج نشان داد تیمارهای ٦، ٤، ٥ و ٢ در جایگاه‌های بعد قرار گرفتند و به ترتیب باعث افزایش ویتامین ث میوه نسبت به شاهد شدند. مصرف کودهای شیمیایی نیز هم به‌طور میانگین و هم در برهم‌کنش با انواع محرک‌های رشد، منجر به افزایش چشم‌گیر ویتامین ث میوه شد و تأثیر کاربرد ۱۰۰٪ توصیه کودی نیز بیش‌تر از مصرف ۷۵٪ توصیه بود. نتایج یک آزمایش نشان داد مخلوط کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست می‌تواند غلظت ویتامین ث عصاره میوه را نسبت به شاهد به‌طور چشمگیری افزایش دهد (٤٢). میناکوماری و شخار (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند اعمال تیمارهای کودی حاوی ترکیبی از کودهای آلی، شیمیایی و زیستی موجب بهبود قابل‌ملاحظه صفات کیفی میوه پرتقال شده است (٤٣). پژوهش‌ها نشان داده که اسیدهای هیومیک و فولویک می‌توانند به‌عنوان یکی از عوامل محیطی، با تنظیم میزان فعالیت آنزیم پروتئاز یا القای ساخت این آنزیم، سوخت و

ساز گیاه را تحت‌تأثیر قرار داده و از این طریق، میزان ترکیباتی مانند ویتامین ث در میوه را افزایش دهد (۲٤). مطالعه چند گونه از مرکبات نیز ثابت کرد استفاده از اسید آمینه با القای اثر بازدارندگی بر ساخت آنزیم گلوتامات دکربوکسیلاز، موجب افزایش غلظت سیترات، پرولین و ویتامین ث در عصاره میوه شد و عمر انبارمانی محصول را افزایش داد (۳۸). کاربرد عصاره جلبک دریایی نیز پارامترهای کیفی میوه نارنگی مانند TSS و ویتامین ث را به شدت بهبود بخشید که احتمالاً مربوط به اثر مثبت جلبک بر سرعت تقسیم سلول‌ها و ساخت و انباشت کربوهیدرات‌ها در گیاه می‌باشد (۳۹). به‌علاوه، اضافه کردن قارچ مایکوریزا به محیط ریشه پرتقال باعث شد غلظت ویتامین ث میوه افزایش پیدا کند. پژوهش‌گران مربوطه، دلیل این افزایش را توسعه بیش‌تر ریشه و جذب بهتر عناصر غذایی توسط گیاه دانستند که متعاقب آن، فتوسنتز و ماده سازی در برگ‌ها افزایش یافته و در نتیجه، مقدار محصول و نیز غلظت ترکیبات کیفی میوه مانند ویتامین ث بیش‌تر خواهد شد (٤۰).

کارایی مصرف کود: بررسی نتایج تجزیه واریانس (جدول ٤) نشان داد کارایی مصرف کود در سال اول آزمایش، تفاوت معنی‌داری با نتایج سال دوم دارد. به‌همین دلیل، روند تغییرات میزان کارایی کود، در دو نمودار جداگانه مورد بررسی قرار گرفت (شکل ٤). نمودار سال اول نشان می‌دهد کارایی مصرف کود در تیمار ۷ به بالاترین میزان رسید و تیمارهای ٦، ٤ و ٥، به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند. تیمار ۲ یعنی محلول‌پاشی اسید آمینه نیز گرچه تفاوت معنی‌داری با تیمار ٥ نداشت، اما باعث شد کارایی مصرف کود نسبت به گیاهان رشد کرده در تیمارهای ٤، ٦ و ۷ کم‌تر باشد. تیمار ۳ که محلول‌پاشی گیاه با عصاره جلبک دریایی بود نیز مشابه تیمار ۲ عمل کرد اما کارایی مصرف کود را نسبت به تیمار بدون مصرف محرک‌های رشد، کاهش داد. در سال دوم، روند کمی متفاوت بود، بگونه‌ای که بالاترین کارایی مصرف کود به ترتیب در تیمارهای ۷، ٦ و ٤ ثبت گردید و تیمارهای ۲، ۳ و ٥ به‌طور مشترک در جایگاه بعدی قرار گرفتند. با این حال، در تمام این تیمارها، میزان کارایی مصرف کود به‌طرز چشم‌گیری بالاتر از تیمار شاهد بود (شکل ٤). بررسی شکل ٤ نشان می‌دهد به‌جز تیمار شاهد، در سایر تیمارها با افزایش مصرف کودهای شیمیایی در سطح ۱۰۰٪ مقادیر توصیه شده، کارایی مصرف کودها نسبت به تیمار ۷٥٪ توصیه کودی کاهش یافته است. در توضیح این نتایج می‌توان گفت با توجه به فرمول محاسبه کارایی مصرف کود که در بالا اشاره شد، در تیمارهای مصرف ۱۰۰٪ توصیه کودی، مخرج کسر بیش از ۳۰٪ افزایش یافته است (از ۷٥ به ۱۰۰٪)، اما صورت کسر یعنی تفاضل عملکرد بین تیمار کودی و تیمار شاهد، به این میزان افزایش پیدا نکرده است، زیرا می‌دانیم که با افزایش مصرف کود، شیب نمودار افزایش عملکرد به تدریج کاهش می‌یابد. بنابراین قابل انتظار است که علی‌رغم ثبت عملکردهای بالاتر در تیمارهای مصرف ۱۰۰٪ توصیه کودی، کارایی مصرف کودها نسبت به تیمار ۷٥٪ کاهش نشان دهد. تأثیر معنی‌دار مصرف مواد محرک رشد بر افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی در محصولات مختلفی گزارش شده است (٤٤، ٤٥، ٤٦ و ٤۷). کاربرد مواد محرک رشد باعث می‌شود قابلیت استفاده عناصر غذایی گیاه مانند نیتروژن که از اجزای اصلی سازنده سبزینه است افزایش یابد. این مواد هم‌چنین موجب تحریک ساخت هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین و سیتوکنین می‌شوند که پیامد آن، افزایش سطح سبز و دوام بیش‌تر برگ و در نتیجه تأخیر در پیری اندام‌های گیاه خواهد بود. مجموع اثرات مزبور سبب می‌شود از یک‌سو عملکرد محصول افزایش یابد و از سوی دیگر، مقدار عناصر غذایی قابل استفاده گیاه افزایش و در نتیجه، مصرف کودهای شیمیایی کاهش یابد. برآیند کلی فرآیندهای ذکر شده، ارتقای کارایی مصرف کودها در گیاه می‌باشد (٤۷).

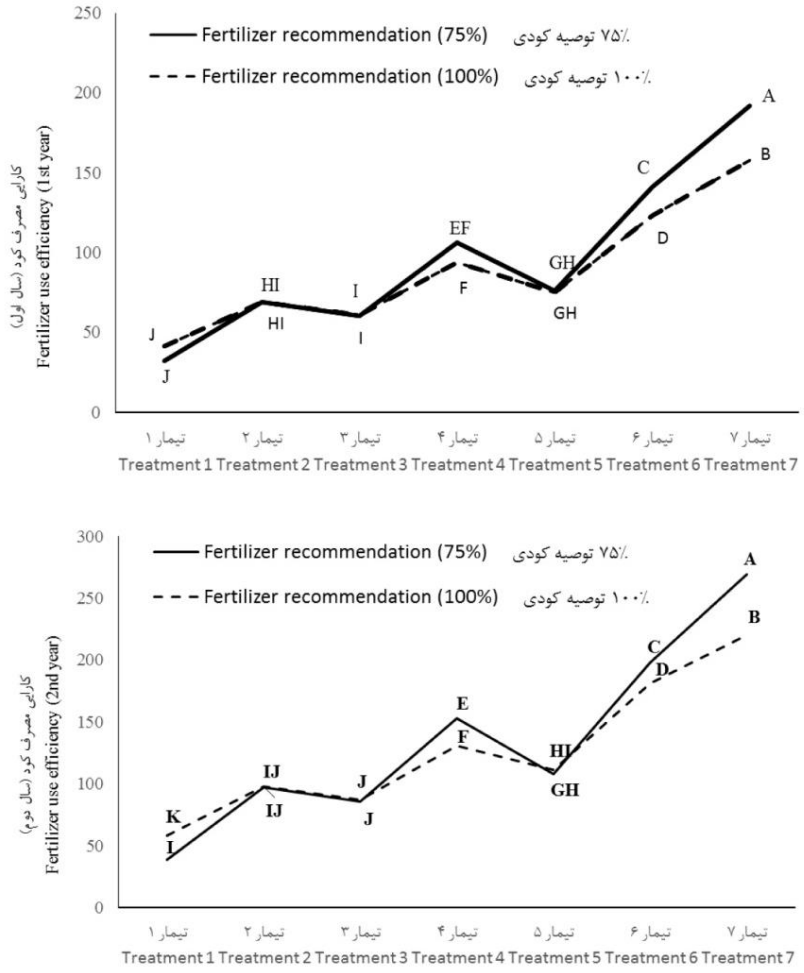
جدول ۷- تأثیر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر ویتامین ث میوه پرتقال (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر).

Table 7. Effects of chemical fertilizers and biostimulants on vitamin C in orange fruits (mg kg^{-1} DW).

سال Year	مواد محرک رشد Biostimulant	کودهای شیمیایی Chemical fertilizers			میانگین Mean
		شاهد Control	۷۵٪ توصیه کودی 75% Fertilizer recommendation	۱۰۰٪ توصیه کودی 75% Fertilizer recommendation	
سال اول 1st Year	تیمار ۱ Treatment 1	41.1 s*	49.2 p	58.7 k	49.7 E
	تیمار ۲ Treatment 2	44.3 r	51.6 o	61.8 j	52.6 E
	تیمار ۳ Treatment 3	58.9 k	70.7 f	84.9 b	71.5 BC
	تیمار ٤ Treatment 4	53.2 n	63.8 i	76.6 e	64.6 CD
	تیمار ٥ Treatment 5	48.1 q	56.9 j	68.3 g	57.8 DE
	تیمار ٦ Treatment 6	54.7 m	66.3 h	79.6 d	66.9 CD
	تیمار ۷ Treatment 7	68.2 g	82.4 c	97.7 a	82.8 A
	میانگین Mean	52.7 C	63.0 B	75.4 A	
سال دوم 2nd Year	تیمار ۱ Treatment 1	39.7 s	51.3 p	60.2 l	50.4 F
	تیمار ۲ Treatment 2	43.2 r	53.2 o	63.6 k	53.3 F
	تیمار ۳ Treatment 3	59.6 lm	73.7 f	87.1 b	73.5 BC
	تیمار ٤ Treatment 4	51.9 p	65.3 j	78.9 e	65.4 CDE
	تیمار ٥ Treatment 5	49.6 q	59.1 m	69.8 g	59.5 DEF
	تیمار ٦ Treatment 6	55.0 n	68.8 h	81.7 d	68.5 CD
	تیمار ۷ Treatment 7	67.6 i	84.7 c	101.7 a	84.6 A
	میانگین Mean	52.4 C	65.2 B	77.6 A	

* اعدادی که در یک حرف لاتین مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

* Values followed by the same letter, are not significantly different at 0.05 probability level



شکل ٤- تأثیر کودهای شیمیایی و محرک‌های رشد بر کارایی مصرف کود در پرتقال.

مقادیر مشترک در یک حرف لاتین، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 4. Effects of chemical fertilizers and biostimulants on fertilizer use efficiency in orange. Values followed by the same letter, are not significantly different at 5% probability level.

برآورد اقتصادی: در جدول ۸، نحوه محاسبه برآورد اقتصادی نتایج، آورده شده است. در جدول مزبور، درآمد کشاورز براساس قیمت پرتقال تامسون ناول در هرمزگان برابر با ۲۰۰۰۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم محاسبه شده است. از سوی دیگر، قیمت کود اوره معادل ۳۰۰۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم، سوپرفسفات تریپل برابر با ۱۱۰۰۰۰ ریال برای یک کیلوگرم، سولفات پتاسیم ۱۳٦۰۰۰ ریال برای هر کیلوگرم، سولفات مس ٦۰۰۰۰ ریال، سولفات روی ٤۲۰۰۰۰ ریال و کلات آهن برابر با ٤۳۰۰۰۰۰ ریال به ازای یک کیلوگرم در نظر گرفته شد. هزینه مصرف مواد محرک رشد برای یک هکتار نیز برای هر تیمار محاسبه و به هزینه مصرف مواد شیمیایی اضافه گردید. مجموع هزینه مصرف کودهای شیمیایی و مواد محرک رشد، در یک ستون تحت عنوان هزینه تیمار، بر حسب میلیون ریال برای یک هکتار آورده شد. تفاضل درآمد و هزینه تیمار، در ستون انتهای جدول ۸ نشان داده شد که با استفاده از این ستون، مقایسه سود حاصل از اعمال تیمارهای مختلف پژوهش امکان‌پذیر خواهد بود.

نتایج جدول ۸ ثابت می‌کند که هم در مورد کودهای شیمیایی و هم در مورد محرک‌های رشد، سود حاصل از افزایش عملکرد چندین برابر هزینه مربوطه بوده است. به عنوان مثال، مصرف ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی توصیه شده (تیمار C3P1) با صرف هزینه‌ای برابر با ۱۷۱ میلیون ریال در هکتار، باعث شده درآمد حاصل از فروش محصول، نسبت به تیمار بدون مصرف کود شیمیایی (تیمار C1P1)، معادل ۲۲۹۱ میلیون ریال در هکتار افزایش داشته باشد. این یعنی به ازای هر یک ریال هزینه، بیش از ۱۳ ریال درآمد نصیب کشاورز شده است که می‌تواند توجیه اقتصادی خوبی برای کاربرد کودهای شیمیایی در باغ مرکبات باشد. هم‌چنین در مورد مواد محرک رشد، مصرف هر یک از این مواد و یا استفاده از ترکیب همه محرک‌های رشد گیاه، باعث افزایش چشم‌گیر سودآوری باغ شده است. به عنوان مثال، بیش‌ترین هزینه مصرف محرک‌های رشد که در تیمار C1P7 و برابر با ۱۷۲ میلیون ریال در هر هکتار بود، درآمد فروش محصول را به میزان ۵۶۰۸ میلیون ریال در هکتار نسبت به تیمار بدون مصرف محرک‌های رشد افزایش داد. اثرات متقابل کاربرد کودهای شیمیایی و مواد محرک رشد نیز بسیار قابل‌ملاحظه بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان درآمد و بالاترین مقدار سود کشاورز در تیمار C3P7 ملاحظه گردید که در آن، همه کودهای شیمیایی توصیه‌شده و ترکیبی از انواع مواد محرک رشد در اختیار گیاه قرار داده شده بود (جدول ۸).

جدول ۸- برآورد اقتصادی اثر کودهای شیمیایی و مواد محرک رشد در تولید گندم، با در نظر گرفتن مقادیر هزینه و درآمد در استان هرمزگان.

Table 8. Economics of chemical fertilizers and plant growth-promoting materials in wheat production, considering the costs and income in Hormozgan province.

سود (میلیون ریال در هکتار) Benefit (MIRR/ha)	درآمد (میلیون ریال در هکتار) Income (MIRR/ha)	هزینه تیمار (میلیون ریال در هکتار) Treatment costs (MIRR/ha)	عملکرد (تن در هکتار) Yield (Ton/ha)	تیمار Treatment
7550	7550	0	37.75	C1P1
8941	8954	13	44.77	C1P2
8553	8598	45	42.99	C1P3
10318	10372	54	51.86	C1P4
9457	9502	45	47.51	C1P5
12251	12310	59	61.55	C1P6
13158	13330	172	66.65	C1P7
8750	8878	128	44.39	C2P1
10485	10626	141	53.13	C2P2
10071	10244	173	51.22	C2P3
12148	12330	182	61.65	C2P4
10777	10950	173	54.75	C2P5
13627	13814	187	69.07	C2P6
15770	16070	300	80.35	C2P7
9841	10012	171	50.06	C3P1
11488	11672	184	58.36	C3P2
10960	11176	216	55.88	C3P3
12877	13102	225	65.51	C3P4
11900	12116	216	60.58	C3P5
14794	15024	230	75.12	C3P6
16541	16884	343	84.42	C3P7

C1= بدون مصرف کودهای شیمیایی؛ C2= کاربرد ۷۵٪ مقادیر کودهای شیمیایی توصیه‌شده؛ C3= کاربرد همه کودهای شیمیایی توصیه شده؛ P1= بدون مصرف مواد محرک رشد؛ P2= محلول‌پاشی اسیدهای آمینه؛ P3= محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی؛ P4= مصرف خاکی اسید هیومیک؛ P5= محلول‌پاشی اسید فولویک؛ P6= مصرف خاکی مایکوریزا؛ P7= مصرف تمام مواد محرک رشد

C1= No Chemical fertilizer was used; C2= %75 of chemical fertilizer recommendation was applied; C3= All recommended chemical fertilizers were used; P1= No plant growth-promoting was used; P2= Foliar spray of amino acids; P3= Foliar spray of seaweed extract; P4= Soil application of humic acid; P5= Foliar spray of fulvic acid; P6= Soil application of mycorrhizae; P7= Combined use of plant growth-promoting materials

نتیجه‌گیری کلی

هر چند کاربرد هر یک از مواد محرک رشد به تنهایی، باعث می‌شود هم کارایی مصرف کودهای شیمیایی، هم میزان عملکرد و هم ویژگی‌های کیفی یعنی ویتامین ث و مواد جامد محلول میوه و غلظت آهن، منگنز و روی برگ نسبت به شاهد افزایش پیدا کند، اما با مصرف هم‌زمان مواد محرک رشد شامل اسید هیومیک، اسید آمینه، عصاره جلبک دریایی و قارچ مایکوریزا می‌توان این افزایش را مضاعف کرده و به بالاترین میزان بهبود کمی و کیفی تولید دست پیدا کرد. در مورد کودهای شیمیایی نیز مصرف ۱۰۰٪ مقادیر توصیه شده، بهترین نتایج را به‌دست داد، ضمن این‌که تیمار ۷۵٪ مقدار توصیه شده نیز نسبت به تیمار شاهد، افزایش معنی‌داری در تمام پارامترهای اندازه‌گیری‌شده نشان داد. برهم‌کنش کودهای شیمیایی و مواد محرک رشد نیز مثبت بود و بنابراین می‌توان کاربرد هم‌زمان کودها و محرک‌های رشد را توصیه نمود. با این‌حال، با توجه به این‌که کارایی مصرف کودهای شیمیایی در تیمارهای ۷۵٪ توصیه کودی بیش‌تر از تیمار ۱۰۰٪ بود، توصیه می‌شود به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جلوگیری از اثرات نامطلوب زیست‌محیطی آن، مصرف اسید آمینه، اسید هیومیک، عصاره جلبک دریایی و قارچ مایکوریزا همراه با ۷۵٪ مقادیر توصیه شده کودهای شیمیایی در باغات پرتقال مدنظر قرار گیرد. به این ترتیب علاوه بر دستیابی به اهداف زیست‌محیطی، عملکرد بیش‌تر و کیفیت بالاتر محصول نیز محقق خواهد شد.

منابع

1. Nunes, R. O., Domiciano, G. A., Alves, W. S., Melo, A. C. A., Nogueira, F. C. S., Canellas, L. P., Olivares, F. J., Zingali, R. B., & Soares, M. R. (2019). Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis. *Scientific Reports*, 9, 1-12019. **doi.org/10.1038/s41598-019-48509-2.**
2. De Hita, D., Fuentes, M., Fernández, V., Zamarreño, A. M., Olaetxea, M., & Ve García-Mina, J. M. (2020). Discriminating the short-term action of root and foliar application of humic acids on plant growth: Emerging role of jasmonic acid. *Frontiers in Plant Science*, 11, 493-509. **doi.org/10.3389/fpls.2020.00493.**
3. Da Silva, M. S. R. D. A., dos Santos, B. D. M. S., da Silva, C. S. R. D. A., de Sousa Antunes, L. F., dos Santos, R. M., Santos, C. H. B., & Rigobelo, E. C. (2021). Humic substances in combination with plant growth-promoting bacteria as an alternative for sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 12, 719653. **doi.org/10.3389/fmicb.2021.719653.**
4. Fang, Z., Wang, X., Zhang, X., Zhao, D., & Tao, J. (2020). Effect of fulvic acid on the photosynthetic and physiological characteristics of *Paeonia ostii* under drought stress. *Plant Signaling and Behaviour*, 15 (7), 1774714. **doi.org/ 10.1080/15592324.2020.1774714.**
5. Jalali, M., Feyzian, M., Zare, A. A., & Mirzae Najafgholi, H. (2018). Comparison of the efficiency of some different Zn sources on quantitative and qualitative yield of Lemon verbena. *Journal of Plant Process and Function*, 8 (31), 45-55.
6. Shehata, S. A., Abdel-Azam, H. S., El-Yazied, A. A., & El-Gizawy, A. M. (2011). Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of celeriac plant. *European Journal of Science Research*, 58, 257-265. **doi.org/10.22059/jci.2021.320460.2530.**
7. Cohen, Y., & Gisi, U. (1994). Systemic translocation of 14C-dl-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 45, 441-456. **doi.org/ 10.1016/S0885-5765(05)80041-4.**

8. Maini, P. (2006). The experience of the first biostimulant, based on amino acids and peptides: a short retrospective review on the laboratory researches and the practical results. *Fertilitas Agrorum*, 1, 29-43.
9. Polo, J., Barroso, R., Rodenas, J., Azcon-Bieto, J., Caceres, R., & Marfa, O. (2006). Porcine hemoglobin hydrolysate as a biostimulant for lettuce plants subjected to conditions of thermal stress. *HortTechnology*, 16, 483-487. **doi.org/ 10.21273/HORTTECH.16.3.0483.**
10. Ardebili, Z., Moghadam, A. R, Ardebili, N. O., & Pashaie, A. R. (2012). The induced physiological changes by foliar application of amino acids in *Aloe vera* L. plants. *Plant Omics*, 5, 279-284.
11. Abobatta, W. F. (2019). Arbuscular mycorhizal and citrus growth: Overview. *Acta Scientific Microbiology*, 2 (6), 14-17. **doi.org/10.31080/ ASMI. 2019.02.0226.**
12. Wu, Q. S, Srivastava, A. K., Zou, Y. N., & Malhotra, S. K. (2017). Mycorhizas in citrus: Beyond soil fertility and plant nutrition. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 87 (4), 427-443. **doi.org/10. 56093/ijas.v87i4.69308.**
13. Abedi, B., & Esfandiari, B. (2018). Effect of mycorrhizal fungi on morphophysiological and nutritional factors of flying dragon rootstock under salt stress. *Journal of Horticultural Science*, 32 (2), 335-344. **doi.org/10. 22067/jhorts4.v32i2.70246.**
14. Rezaei, M., Abdollahi, F., Mirzaalian Dastjerdi, A., & Yousefzadi, M. (2019). Role of seaweed (*Ulva flexuosa* Wulfen) extract in improvement of postharvest quality of Washington navel orange fruits. *Iran Agricultural Research*, 38 (2), 111-118. **doi.org/10.22099/iar.2020.35017.1366.**
15. Anli, M., Kaoua, M. K., Mokhtar, M., Boutasknit, A., Laouanea, R., Toubali, S., Baslam, M., Lyamloulid, K., Hafidid, M., & Meddicha, A. (2020). Seaweed extract application and arbuscular mycorrhizal fungal inoculation: a tool for promoting growth and development of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv «Boufgous». *South African Journal of Botany*, 132, 15-21. **doi.org/10.1016/ j.sajb.2020.04.004.**
16. Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle Size Analysis. P. 383-409. In: A. Klute, (ed), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
17. Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. P. 967-1010. In: D. L., Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabaei, C. Johnson, and M. E. Sumner (eds), Methods of soil analysis. Part 3, Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series 5. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
18. Aliehiaei, M., & Behbahanizadeh, A. A. (1993). Description of soil chemical analysis methods. Technical bulletin No 893. 1st Volume. Soil and Water Research Institute Press, 276p. (In Persian)
19. Aliehiaei, M. (1998). Description of soil chemical analysis methods. Technical bulletin No 1024. 2nd Volume. Soil and Water Research Institute Press, 314p. (In Persian)
20. Ryan, J. R., Stefan, G., & Rashid, A. (2001). Soil and Plant Analysis Laboratory Manual (2nd edition). ICARDA. Aleppo, Syria, 172p. **https:// dor.dorle.net/20.500.11766/67563.**
21. Kimball, D. A. (1991). Citrus Processing: quality control and technology. Springer Science, New York, USA. 473p.
22. Ladaniya, M. (2008). Citrus fruit: biology, technology and evaluation. Academic Press, Elsevier INC, USA. 576p. **doi.org/10.1016/B978-012374130 -1.50003-6.**
23. Halpern, M., Bar-Taly, A., Ofeky, M., Minzy, D., Mullerx, T., & Yermiyahu, U. (2015). The Use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130, 141-174. **doi.org/10. 1016/bs.agron.2014.10.001.**
24. He, X., Zhang, H., Li, J., Yang, F., Dai, W., Xiang, D., & Zhang, M. (2022). The

positive effects of humic/fulvic acid fertilizers on the quality of lemon fruits. *Agronomy*, 12, 1919. **doi.org/10.3390/ agronomy12081919.**

25. Ortaş, I. (2019). Effect of mycorhizal inoculation on citrus seedling growth and nutrient uptake. *Acta Horticulturae*, 1253, 77-84. **10.17660/ActaHortic.2019. 1253.11.**
26. Sánchez-Sánchez, A., Sánchez-Andreu, J., Juárez, M., Jordá, J., & Bermúdez, D. (2002). Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 2433-2442. **doi.org/ 10.1081/PLN-120014705.**
27. Sharaf, M. M., Bakry, K. A., & EL-Gioushy, S. F. (2011). The influence of some bio and organic nutritive addenda on growth, productivity, fruit quality and nutritional status of Washington navel orange trees. *Egyptian Journal of Applied Science*, 26 (9), 253-268.
28. Khan, S., Yu, H., Li, Q., Gao, Y., Sallam, B. N., Wang, H., Liu, P., & Jiang, W. (2019). Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic assimilation and nutrient availability. *Agronomy*, 9 (5), 266-283. **doi.org/10.3390/agronomy9050266.**
29. Williams, A., Gamir, J., Gravot, A., & Pétriacq, P. (2021). Untangling plant immune responses through metabolomics. *Advances in Botanical Research*, 98, 73-105. **doi.org/10.1016/bs.abr. 2020.09.017.**
30. Ortas, I. (2012). The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. *Field Crops Research*, 125, 35-48. **doi.org/10.1016/j.fcr.2011. 08.005.**
31. Ali, O, Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021) Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*, 10, 531-548. **doi.org/10.3390/ plants10030531.**
32. El-Badawy, H. (2019). Effects of spraying amino acids and micronutrients as well as their combination on growth, yield, fruit quality and mineral content of canino apricot trees. *Journal of Plant Production*, 10 (2), 125-132. **doi.org/10. 21608/jpp.2019.36242.**
33. Mahmoudi, M., & Barzegar, H. (2015). The Effects of humic substances on some physiological properties of *Citrus sinensis* cv. Thomson navel under lime condition. International Research *Journal of Applied and Basic Sciences*, 9 (1), 132-135. **doi.org/10.22059/ijhst. 2016.62924.**
34. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(2), 611-620. **doi.org/10.1007/ s11104-014-2131-8.**
35. Khan, W., Hiltz, D., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. P. (2011). Bioassay to detect *Ascophyllum nodosum* extract-induced cytokinin-like activity in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Applied Phycology*, 23, 409-414. **doi.org/10. 1007/s10811-010-9583-x.**
36. Zodape, S. T., Gupta, A., & Bhandari, S. C. (2011). Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70, 215-219.
37. Abbas, T., Ahmad, S., Ashraf, M., Adnan Shahid, M., Yasin, M., Mukhtar Balal, R., Aslam Pervez, M., & Abbas, S. (2013). Effect of humic and application at different growth stages of kinnow mandarin (*citrus reticulata* blanco) on the basis of physio-biochemical and reproductive responses. *Academia Journal of Biotechnology*, 1 (1), 14-20. **doi.org/10.15413/ajb.2012. 0106.**
38. Sheng, L., Shen, D., Luo, Y., Sun, X., Wang, J., Zeng, Y., Xu, J., Deng, X., & Cheng, Y. (2017). Exogenous γ-aminobutyric acid treatment affects citrate and amino acid accumulation to improve fruit quality and storage performance of postharvest citrus fruit. *Food Chemistry*, 216, 138-145. **doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2016.08.024.**

39. Rabeh, M. R. M., Higazy, A. M., Hassan, A. E., & Alghial, A. (2020). The effects of application of yeast extracts, seaweed and farmyard manure as a partial substitute for mineral fertilization on fruiting of Balady mandarin. *Menoufia Journal of Plant Production*, 5, 79-89. **doi.org/10.21608/ mjppf.2020.170348.**
40. Cheng, X. F., Xie, M. M., Li, Y., Liu, B. Y., Liu, C. Y., Wu, Q. S., & Kuča, K. (2022). Effects of field inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and endophytic fungi on fruit quality and soil properties of Newhall navel orange. *Applied Soil Ecology*, 170 (2), 104308. **doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104308.**
41. Shaimaa, A. M., & Massoud, O. N. (2017). Impact of inoculation with mycorrhiza and azotobacter under different N and P rates on growth, nutrient status, yield and some soil characteristics of Washington navel orange trees. *Middle East Journal of Agricultural Research*, 6 (3), 617-638.
42. Veisi, A., Binaeian, A., & Salehinia, Z. (2015). Comparison of the effects of vermicompost, manure and chemical fertilizer on yield and quality of greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum* L. var Hamra). *Vegetative Environmental Physiology*, 36 (9), 21-33. **doi.org/10. 4236/ojss.2015.52006**.
43. Meenakumari, T., & Shekhar, M. (2012). Vermicompost and other fertilizers effect on growth, yield and nutritional status of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) plant. *World Research Journal of Agricultural Biotechnology*, 1 (1), 14-16.
44. Maignan, V., Bernay, B., Geliot, P., & Avice, J. C. (2020). Biostimulant effects of glutacetine and its derived formulations mixed with n fertilizer on post-heading n uptake and remobilization, seed yield, and grain quality in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, 11, 607615. **doi.org/ 10.3389/fpls.2020.607615.**
45. McGehan, R. (2020). The benefits of biostimulants in increasing fertilizer efficiency and yield crop. SYMPHOS 2019, 5th International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry. Université Mohamed VI Polytechnique. Ben Guerir, Morocco.
46. Sanchez, F. G., Grao, S. S., Perez, V. N., & Simon, M. A. (2022). Scientific advances in biostimulation reported in the 5th biostimulant world congress. *Horticulturae*, 8, 665. **doi.org/10.3390/ horticulturae8070665.**
47. Sible, C. N., Seebauer, J. R., & Below, F. E. (2021). Plant biostimulants: A categorical review, their implications for row crop production, and relation to soil health indicators. *Agronomy*, 11, 1297. **doi.org/10.3390/agronomy11071297.**