نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد یازدهم، شماره اول، ۱۴۰۰
۲۷-۴۵
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.17836.1938
(مقاله کامل علمی- پژوهشی)

بررسی تغییرات رشد رویشی، عملکرد و خواص کیفی میوه پرتقال تامسون ناول با تأکید بر مصرف بهینه کودهای حیوانی و شیمیایی

مجتبی محمودی*[۱]، مائده یوسفیان[۲]، سید وحید علوی[۳] و مهرداد شهابیان[۱]

[۱]استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران،

[۲]استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران،

[۳]دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: برای رسیدن به کشاورزی پایدار و بهبود کیفیت خاک، استفاده از منابع مواد آلی مانند کودهای حیوانی به‌صورت ترکیبی با مقدار مناسب کودهای شیمیایی ضروری است. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر مصرف کود حیوانی و شیمیایی بر رشد رویشی، عملکرد و خواص کیفی میوه پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* L. Osbeck) و با هدف کاهش مصرف کود شیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارها شامل سه سطح از کود گوسفندی (۰، ٦ و ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت) و سه سطح از کودهای شیمیایی سولفات آمونیوم، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم (۰، ۳۰ و ٦۰ درصد توصیه بر مبنای آزمون خاک) بودند که بر درختان پنج‌ساله پرتقال تامسون ناول (هر تیمار شامل دو درخت)، به مدت چهارسال در باغ مرکبات بهارستان ساری اعمال شدند. با توجه به رشد درخت به مقادیر فوق‌الذکر سالانه ۲۰ درصد اضافه شد. در پایان هر دوره رشد، رشد رویشی شامل پارامترهای طول شاخه‌های بهاره و تابستانه و قطر تنه درخت (در بالا و پایین محل پیوند) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین عملکرد میوه درخت، وزن و قطر متوسط میوه، مجموع املاح محلول (TSS)، اسیدیته کل (TA)، pH و ویتامین ث اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین رشد بهاره (طول شاخه) پرتقال تامسون ناول در نتیجه کاربرد توأم کودهای شیمیایی و کود حیوانی (مصرف ٦۰ درصد کود شیمیایی بر مبنای آزمون خاک و ۱۲ کیلوگرم کود حیوانی به ازای هر درخت) به‌دست آمد. کم‌ترین رشد رویشی بهاره معادل ۲۱/٦ سانتی‌متر در تیمار شاهد مشاهده شد. اثر متقابل سطوح

* مسئول مکاتبه: m.mahmoudip@areeo.ac.ir

مختلف کود شیمیایی و حیوانی بر رشد تابستانه معنی‌دار نبود. قطر طوقه (در پایین محل پیوند) در تیمار مصرف ٦٠ درصد توصیه کودهای شیمیایی و ٦ کیلوگرم کود حیوانی به ازای هر درخت پنج ساله تامسون ناول به بیش‌ترین حد خود (۱۳۲ میلی‌متر) رسید. بیش‌ترین عملکرد میوه درخت تامسون ناول با میانگین ٤٩/٦ کیلوگرم در تلفیق کودهای شیمیایی (٦٠ درصد توصیه بر مبنای آزمون خاک) با کود حیوانی (۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت) به‌دست آمد. سطوح مختلف کود شیمیایی موجب افزایش اسیدیته کل و برعکس سطوح کود حیوانی منجر به کاهش اسیدیته کل میوه پرتقال تامسون ناول شد. اثر متقابل کود شیمیایی و حیوانی بر غلظت املاح محلول میوه معنی‌دار و بیش‌ترین مقدار (۱۱/۰۸ درصد) در تیمار مصرف ٦٠ درصد توصیه کودهای شیمیایی و ٦ کیلوگرم کود حیوانی به ازای هر درخت مشاهده شد. این تیمار با تیمار مصرف ٦٠ درصد کود شیمیایی بر مبنای آزمون خاک و ۱۲ کیلوگرم کود حیوانی به ازای هر درخت در یک گروه قرار گرفتند. تیمار مصرف ٦٠ درصد توصیه کودهای شیمیایی و ٦ کیلوگرم کود حیوانی با ۸۰/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی عصاره بیش‌ترین مقدار ویتامین ث عصاره میوه را تولید کرد و تلفیق سطوح ٦٠ درصد کود شیمیایی بر مبنای آزمون خاک و ۱۲ کیلوگرم کود حیوانی به ازای هر درخت باعث کاهش ویتامین ث میوه شدند. اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و حیوانی بر قطر میوه معنی‌دار نشد اما بر وزن متوسط و حجم عصاره معنی‌دار و بیش‌ترین وزن متوسط و حجم میوه به ترتیب با میانگین ۳۵۲ گرم و ۱۷٦ سی‌سی در تیمار مصرف ٦٠ درصد کود شیمیایی توصیه شده و ۱۲ کیلوگرم کود حیوانی به‌ازای هر درخت به دست آمد.

نتیجه‌گیری: در مجموع، برای رسیدن به حداکثر عملکرد کمی و کیفی میوه پرتقال تامسون ناول کاربرد ٦٠ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی و ۱۲ کیلوگرم کود حیوانی پوسیده گوسفندی به ازای هر درخت توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خواص کیفی میوه، رشد رویشی، کود حیوانی، مرکبات، مصرف بهینه کود

مقدمه

مرکبات در عرض ٤٠ درجه در دو طرف خط استوا (در اقلیم گرمسیری تا نیمه‌گرمسیری)، بیش‌ترین سطح زیر کشت و تولید میوه را در جهان به خود اختصاص داده است. این محصول در ۱۳٤ کشور تولید می‌شود اما به‌طور اقتصادی در ۵۳ کشور تحت کشت و تجارت است (۳۷). سطح زیر کشت جهانی آن ۱۱/۱٤ میلیون هکتار بوده به‌طوری‌که تولید آن در سال ۲۰۱۹، به ۱۵۷/۹۸ میلیون تن رسیده است. کشورهای چین (٤٤/۰٦ میلیون تن)، برزیل (۱۹/٦۵ میلیون تن)، هند (۱٤/۰۱ میلیون تن) و مکزیک (۸/۷٦ میلیون تن) به ترتیب در رده‌های اول تا چهارم تولید جهانی قرار گرفته‌اند. بر اساس آمار سازمان جهانی غذا و کشاورزی، تولید پرتقال، نارنگی، گریپ‌فروت و لیمو در سال ۲۰۱۹ به ترتیب ۵۰/٦، ۳۱/۵، ٦/۷ و ۷/۵ میلیون تن بوده است. ایران با تولید ٤/۰۷ میلیون تن مرکبات در سال، ۲/۵۸ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است و دهمین کشور تولیدکننده این محصول در جهان محسوب می‌شود (۱٦). استان‌های سواحل دریای خزر (گلستان، مازندران و گیلان) از مناطق مرکبات‌خیز شمال بوده که از گرگان تا آستارا امتداد دارد (٤).

کودهای شیمیایی عمده‌ترین نقش را جهت افزایش محصول مرکبات در واحد سطح ایفا می‌کنند. اما بررسی‌ها نشان داده است استفاده طولانی‌مدت از کودهای شیمیایی با وجود نمک‌های قوی و مخرب،

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را تخریب، نفوذپذیری را کاهش، وزن مخصوص ظاهری را افزایش و نفوذپذیری ریشه گیاه را دچار مشکل ساخته و در نهایت حاصلخیزی و توان تولید خاک را کاهش می‌دهد و موجب آلودگی بیشتر خاک می‌شود (۱۹). از طرفی ماده آلی خاک نقش مهمی در حفظ حاصلخیزی و باروری آن ایفا می‌نماید و بسیاری از خصوصیات زراعی و محیطی از جمله چرخه عناصر غذایی، نگهداری آب و زهکشی، حساسیت خاک به آلودگی، فرسایش و مقاومت محصولات زراعی به آفات و بیماری‌ها، بستگی به کمیت و کیفیت مواد آلی خاک دارد. در ایران نیز بیش از ٦٠ درصد خاک‌های اراضی کشاورزی، ماده آلی کم‌تر از یک درصد داشته و در بخش قابل‌توجهی از آن‌ها این مقدار به ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد (۹).

از جمله مواد آلی می‌توان به کودهای حیوانی اشاره کرد. کودهای حیوانی مواد ارزشمندی هستند که سطح نیتروژن خاک را افزایش داده و ظرفیت تبادل کاتیونی را بهبود می‌بخشند (٤٣). پسماندهای آلی به‌دلیل تجزیه مواد آلی و اکسیداسیون گوگرد به اسیدی شدن خاک (گرچه به‌صورت موضعی) کمک نموده که باعث انحلال عناصر غذایی و افزایش قابلیت جذب آن‌ها، به‌ویژه عناصر کم‌مصرف غیرمحلول خاک، توسط گیاه می‌گردند. البته باید به این نکته توجه داشت که کودهای آلی و شیمیایی لازم و ملزوم یکدیگر بوده و گیاه به هر دو نوع کود برای ایجاد شرایط مطلوب جهت رشد نیاز دارد (۲). بنابراین استفاده کامل از منابع آلی و یا بیولوژیکی به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی، اهمیت زیادی در حفظ باروری و ساختمان خاک، فعالیت حیاتی و ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد (۳۰). در این راستا مطالعه ژانگ (۲۰۱۸) نشان داد که در مقایسه با مصرف کودهای شیمیایی به‌تنهایی، مصرف کودهای شیمیایی به همراه کودهای آلی، کیفیت میوه پرتقال را ارتقاء می‌بخشد. در این پژوهش کودهای آلی مصرف شده به‌طور معنی‌داری وزن متوسط و نسبت قند به اسید میوه پرتقال را بهبود بخشید. هم‌چنین املاح جامد و قند محلول میوه تا حدی افزایش یافت درحالی‌که اسیدیته قابل تیتراسیون به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در این پژوهش تیمارهای هفت‌گانه ترکیب کود آلی شامل ۱) کود آلی زیستی[1]، ۲) کود آلی مرکب[2]، ۳) کود آلی مرکب[3]، ٤) کود آلی[4]، ۵) کود ریشه‌زای[5]، ٦ و ۷) ترکیبی از کودهای آلی و شمیایی وزن متوسط و نسبت قند به اسید میوه را بهبود بخشیدند. هم‌چنین مقدار اسیدیته کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (٤٦). لی و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه میوه پرتقال (*Citrus grandis* var. onganyou) دریافتند که تیمار ٤٥٠ گرم نیتروژن، ۲٤۷ گرم فسفر به ازای هر درخت و ۲۲۵۰ کیلوگرم ماده آلی در هکتار، تعداد میوه بیش‌تر، پوست میوه ضخیم‌تر و مقدار قند کل، ویتامین ث و نسبت قند به اسید بیش‌تری نسبت به سایر تیمارها تولید کرده است (۲۷). ماراته (۲۰۰۵) گزارش کرد که مصرف کود حیوانی (برای تأمین ۵۰ درصد نیتروژن) به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۱۰۰ گرم نیتروژن، ٤۰۰ گرم P_2O_5، ٤۰۰ گرم K_2O به ازای هر درخت در سال) بیش‌ترین عملکرد و کیفیت مطلوب میوه پرتقال را تولید کرده است (۳۱). استفاده بهینه از منابع آلی و بیولوژیکی به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی، اهمیت زیادی در حفظ باروری و ساختمان خاک و ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد.

1- Hales
2- Noteck
3- Micro mass force
4- Micro-quality
5- Alaginic acid

از آن‌جا که کودهای شیمیایی و حیوانی هم‌چنان مهم‌ترین عامل حاصلخیزکننده خاک به‌شمار می‌آیند، مصرف بهینه و متناسب این دو نوع کود از مهم‌ترین مسائل در امور باغداری محسوب می‌شود. در حال حاضر مصرف کودهای شیمیایی در کشور بهینه نبوده و به دو صورت زیادمصرفی و کم‌مصرفی می‌باشد (٤٤). در راستای مصرف کم‌تر کودهای شیمیایی با هدف پیشگیری از آلودگی محیط زیست و هم‌چنین دلایل اقتصادی و ترغیب کشاورزان به کاربرد بیش‌تر کودهای آلی، پژوهش حاضر به بررسی تغییرات رشد رویشی، عملکرد و خواص کیفی میوه تامسون ناول با تأکید بر مصرف بهینه کودهای حیوانی و شیمیایی در باغ مرکبات بهارستان ساری پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و سه تکرار روی درختان پنج ساله پرتقال تامسون ناول با پایه سیترومِلو (هر تیمار شامل دو درخت)، در باغ بهارستان ساری به مدت ٤ سال به اجرا درآمد. باغ بهارستان ساری در استان مازندران و در محدوده جغرافیایی "۲٦ '۰٥ °٥۲ طول شرقی و "۰۹ '۳٥ °۳٦ عرض شمالی واقع شده است و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۵ متر می‌باشد. در این آزمایش تیمارها شامل کود حیوانی (گوسفندی) و کود شیمیایی بودند. مقادیر تیمارها بر اساس پژوهش‌های انجام شده قبلی (۱۰، ۱۵، ۱۸ و ۲۰) و نیز هدف آزمایش انتخاب شدند. به‌طوری‌که کود حیوانی (کاملاً پوسیده) در سه سطح (۰، ٦ و ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت) و کودهای شیمیایی پرمصرف سولفات آمونیوم، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم (سطوح ۰، ۳۰ و ٦۰ درصد توصیه بر مبنای آزمون خاک) مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک قبل از اعمال تیمارها.

Table 1. Some soil physical and chemical characteristics before the experiment.

عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	کربنات کلسیم معادل C.C.E (%)	کربن آلی OC (%)	فسفر قابل‌استفاده Available P ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌استفاده Available K ($mg\ kg^{-1}$)	رس Clay (%)	بافت خاک Soil texture
0-30	0.78	7.44	32	1.12	18.8	370	19	L
30-60	0.9	7.9	34.7	0.7	8.1	107	17	S.L

پس از محاسبه مقدار کودهای شیمیایی و حیوانی مورد نیاز برای هر تیمار، کودها با دقت وزن و در کانالکودهایی که در دو طرف هر درخت به عرض و عمق حدود ٤۰ سانتی‌متر و در طول آبچکان حفرشده بودند، در اسفندماه اضافه شدند (جدول ۲). در طول چهار سال کانال‌ها متناوباً در جهت شرقی – غربی و شمالی – جنوبی حفر شدند.

جدول ۲- مقادیر کودهای شیمیایی مصرف شده در تیمارها.

Table 2. Quantities of fertilizers used in treatments.

توصیه و تیمارهای کودی Recommendation and fertilizer treatments	سولفات آمونیوم* Ammonium sulfate* (g/tree)	سوپر فسفات تریپل Triple Superphosphate (g/tree)	سولفات پتاسیم Potassium sulfate (g/tree)
مقدار توصیه شده بر مبنای آزمون خاک Recommendation (based on soil test)	500	100	150
۳۰ درصد مقدار توصیه شده 30% of recommendation	150	30	50
٦۰ درصد مقدار توصیه شده 60% of recommendation	300	60	100

*(در سه مرحله: اسفند، همراه با کودهای پایه، نیمه فروردین و نیمه اردیبهشت، به‌صورت سرک).

*(In three stages: Basic application in March, and top-dressing at mid-April and mid-May).

علاوه بر کود پایه، سولفات آمونیوم در دو مرحله (فروردین و اردیبهشت) به‌صورت سرک هم مورد استفاده قرار گرفت. در سال‌های دوم تا چهارم ۲۰ درصد به مقادیر مذکور اضافه گردید. سامانه آبیاری درختان به‌صورت قطره‌ای بوده است. قبل از اجرای آزمایش نمونه‌برداری مرکب از دو عمق انجام و بافت خاک به روش هیدرومتر (۸)، کربن آلی خاک به روش سوزاندن تر (٤٥)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون (۲۸)، pH گل اشباع به وسیله الکترود شیشه‌ای (۳۲)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه هدایت‌سنج (٢٤)، فسفر قابل جذب با روش اولسن (۳۵) و پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم (۲۱) اندازه‌گیری شد. جدول ۳ خصوصیات شیمیایی و فیزیکی کود حیوانی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی کود حیوانی (گوسفندی).

Table 3. Some chemical and physical characteristics of manure.

رطوبت	پتاسیم کل K	فسفر کل P	نیتروژن کل N	ماده آلی OM	pH	هدایت الکتریکی EC
		(٪)				($dS\ m^{-1}$)
44	2.1	0.9	3.1	31	7.1	3.2

ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم کل به ترتیب با روش سوزاندن تر، هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک- اسید سالیسیلیک، کالری‌متری و فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شدند (٤٢).

در پایان هر دوره رشد (بهاره و تابستانه)، پارامترهای عملکرد میوه درخت، قطر تنه در بالا و پایین محل پیوند (توسط کولیس) و رشد بهاره و تابستانه (طول شاخه) توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. هم‌چنین مقدار اسیدیته کل (TA) از طریق تیتراسیون با هیدرواکسید سدیم و pH عصاره میوه با استفاده از دستگاه pHمتر (۱۷)، مجموع املاح محلول میوه (TSS) با کمک دستگاه رفراکتومتر چشمی (۲۳)، اسید آسکوربیک به روش تیتراسیون با ۲ و ٦- دی کلروفنول اندوفنول (۲۵)، قطر میوه (توسط کولیس دیجیتالی)، وزن میوه (به کمک ترازوی دیجیتالی) و حجم عصاره میوه توسط استوانه مدرج تعیین شد. از

نماد F1، F2 و F3 به ترتیب برای نشان دادن سطح ۰، ۳۰ و ۶۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی و از نماد M1، M2 و M3 به‌ترتیب برای نشان دادن سطح صفر، ۶ و ۱۲ کیلوگرم کود حیوانی به‌ازای هر درخت استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری EXCEL نسخه ۲۰۱۳ و SPSS نسخه ۱۷ و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد میوه و رشد رویشی درخت پرتقال تامسون ناول: جدول ٤ نتایج تجزیه واریانس مرکب چهارساله عملکرد میوه و خواص رویشی درخت تامسون ناول را در تیمارهای مختلف کودهای شیمیایی و حیوانی نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های جدول ٤ کلیه شاخص‌های اندازه‌گیری شده به‌طور معنی‌داری (در سطح یک درصد) تحت‌تأثیر سال قرار گرفتند. در بخش‌های ذیل هر کدام از شاخص‌های اندازه‌گیری شده تشریح شدند.

عملکرد میوه تامسون ناول: بیش‌ترین عملکرد در سال چهارم مشاهده شد که اختلاف کاملاً معنی‌داری با سایر سال‌های آزمایش نشان داد (جدول ۵). کود شیمیایی اثر معنی‌داری بر عملکرد میوه درخت تامسون ناول داشت. به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد (با میانگین ٤۳ کیلوگرم در هر درخت) در تیمار F3 تولید شد. کم‌ترین عملکرد در تیمارهای F1 و F2 با میانگین ۳۸/٦ مشاهده شد.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و رشد رویشی پرتقال تامسون ناول.

Table 4. Analysis of variance (Mean square) for yield and vegatative growth in Thomson Navel orange.

منبع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	عملکرد میوه Fruit yield (kg)	قطر طوقه (بالای پیوند) Collar diameter (Top of the graft union) (mm)	قطر طوقه (پایین پیوند) Collar diameter (Bottom of the graft union) (mm)	رشد بهاره Spring growth (cm)	رشد تابستانه Summer growth (cm)
سال Year	3	13451**	26965**	49381**	2235**	2844**
خطا Error	8	25	64	431.7	102.5	116
کود شیمیایی Chemical fertilizer	2	230*	43^{ns}	235^{ns}	1.9^{ns}	40^{ns}
کود حیوانی Manure	2	386**	175^{ns}	428^{ns}	25^{ns}	13^{ns}
کود شیمیایی در کود حیوانی Chemical fertilizer * Manure	4	102*	141^{ns}	256^{ns}	39^{ns}	102^{ns}
سال در کود شیمیایی Year * Chemical fertilizer	6	26^{ns}	10^{ns}	96^{ns}	31*	94^{ns}
سال در کود حیوانی Year * Manure	6	214**	88^{ns}	61^{ns}	15^{ns}	127^{ns}
سال در کود شیمیایی در کود حیوانی Year * Chemical fertilizer * Manure	12	172**	139^{ns}	139^{ns}	26^{ns}	60^{ns}
خطا Error	64	68	170	217	16	89
ضریب تغییرات CV		20	16	11	16	29

^{ns}غیرمعنی‌دار و * و **معنی‌دار به ترتیب در سطوح آماری پنج و یک درصد

^{ns} not significant and * and ** significant at 5% and 1% level respectively

کود حیوانی نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد میوه نشان داد. بیش‌ترین عملکرد در تیمار M3 با میانگین ٤٣/٥ کیلوگرم در هر درخت و کم‌ترین عملکرد در تیمار شاهد (M1) با میانگین ٣٧ کیلوگرم در هر درخت به‌دست آمد. اثر متقابل کودهای شیمیایی و حیوانی بر عملکرد معنی‌دار بود و بیش‌ترین عملکرد میوه در بیشینه سطوح این کودها، تیمار F3M3، با میانگین ٤٩/٦ کیلوگرم در هر درخت تولید شد (جدول ٦). کم‌ترین عملکرد در تیمار شاهد F1M1 با میانگین ٣٥/٧ کیلوگرم در هر درخت تولید شد.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر کودهای شیمیایی و حیوانی بر عملکرد و رشد رویشی پرتقال تامسون ناول.

Table 5. Mean comparison for the effect of chemical fertilizer and manure treatments on yield and vegetative growth of Thomson Navel orange.

رشد تابستانه Summer growth (cm)	رشد بهاره Spring growth (cm)	قطر طوقه (پایین پیوند) Collar diameter (Bottom of the graft union) (mm)	قطر طوقه (بالای پیوند) Collar diameter (Top of the graft union) (mm)	عملکرد میوه Fruit yield (kg)		تیمار Treatment
47.8[a]	35.3[a]	82.7[d]	47.6[d]	14.7[d]	Y1	سال Year
26.9[b]	25.7[b]	102[c]	62.6[c]	30.1[c]	Y2	
26.4[b]	14.0[d]	144[b]	89.7[b]	49.6[b]	Y3	
28.8[b]	21.3[c]	178[a]	119[a]	65.8[a]	Y4	
31.9[a]	24.0[a]	127[a]	81.1[a]	38.6[b]	F1	کود شیمیایی Chemical Fertilizer
33.7[a]	24.4[a]	124[a]	81.3[a]	38.6[b]	F2	
31.8[a]	24.2[a]	129[a]	82.1[a]	43[a]	F3	
32.3[a]	24[a]	124[a]	81.9[a]	37.0[b]	M1	کود حیوانی Manure
33.1[a]	25.1[a]	125[a]	80.5[a]	39.6[b]	M2	
31.9[a]	23.5[a]	130[a]	80.0[a]	43.5[a]	M3	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارد.

Means within each column followed by the same letter are not statistically different at α=0.05 by Duncan test.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف کود شیمیایی و حیوانی بر عملکرد و رشد رویشی پرتقال تامسون ناول.

Table 6. Mean comparison for interaction of chemical fertilizer and manure treatments onyield and vegetative growth in Thomson Navel.

رشد بهاره Spring growth (cm)	قطر طوقه (پایین پیوند) Collar diameter (Bottom of the graft union) (mm)	عملکرد میوه Fruit yield (kg)	کود شیمیایی در کود حیوانی Chemical fertilizer * Manure
21.6[b]	122[b]	35.7[b]	F1 M1
26.2[a]	126[ab]	40.8[b]	F1 M2
21.3[b]	131[ab]	39.2[b]	F1 M3
25.0[a]	122[b]	37.1[b]	F2 M1
24.4[ab]	119[b]	36.9[b]	F2 M2
24.0[ab]	131[ab]	41.8[b]	F2 M3
24.5[ab]	127[ab]	38.3[b]	F3 M1
24.9[ab]	132[a]	41.0[b]	F3 M2
26.2[a]	127[ab]	49.6[a]	F3 M3

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارد.

Means within each column followed by the same letter are not statistically different at α=0.05 by Duncan test.

تفاوت معنی‌دار عملکرد در سال چهارم نسبت به سه سال قبل از آن نشان‌دهنده این است که گیاه کاملاً وارد فاز زایشی شده است. افزایش عملکرد در کاربرد هم‌زمان کودهای شیمیایی و حیوانی را می‌توان به بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی، حاصلخیزی خاک و قابل‌دسترس بودن عناصر غذایی نسبت داد. نتایج این آزمایش با پژوهش‌های ذیل مطابقت دارد. کاربرد متعادل کود NPK به‌اضافه کود حیوانی عملکرد، کیفیت میوه، ویتامین ث و قند محلول کل مرکبات را افزایش داد. در پرتقال گریپ‌فروت عملکرد و تعداد میوه با کاربرد کود حیوانی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار گرفته است؛ البته باید به این نکته توجه شود که ناکافی بودن مقدار کود حیوانی و زمان اندک می‌تواند باعث عدم تأثیر معنی‌داری کود حیوانی بر عملکرد میوه شود (۱٤). پژوهش‌ها نشان داد که تأمین ۱۰۰ درصد عناصر غذایی از طریق کود حیوانی به‌جای مصرف کود شیمیایی عملکرد میوه لیمو را ۲۰ درصد افزایش داده است (۲۰). اناب (۲۰۱٦) بر نقش برجسته کود حیوانی در افزایش کمیت و کیفیت محصول لیمو تأکید کرد. وی نشان داد که مصرف ۷۵ درصد کود شیمیایی (NPK) توصیه شده برای هر درخت به همراه ۲۷/۵ کیلوگرم کود حیوانی در مقایسه با مصرف تنهای کود شیمیایی، عملکرد میوه را ۱۹ درصد افزایش داد (۱۵). برخلاف نتایج بالا در پژوهش راپی ساردا (۲۰۱۰) مصرف کودهای معدنی، حیوانی، مرغی و کود آلی (با منشاء بقایای گیاهی) با مقدار نیتروژن یکسان، تفاوت معنی‌داری در عملکرد میوه و وزن متوسط پرتقال والنسیا ایجاد نکرده است (۳۸). پژوهش حاضر در باغ مرکبات بهارستان ساری نشان داد که تلفیق سطح بالای کود حیوانی و سطح بالای کود شیمیایی بیش‌ترین عملکرد میوه پرتقال تامسون ناول را تولید کرده است. این بدین معنی است که برای افزایش تولید می‌توان از ٦۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده به همراه کود حیوانی (گوسفندی) استفاده کرد. در این صورت پایداری تولید و سلامت خاک نیز حفظ خواهد شد.

قطر طوقه: با توجه به تفاوت قطر طوقه در بالا و پایین محل پیوند (پرتقال تامسون ناول با پایه سیترومِلو)، قطر طوقه در پایین پیوند و بالای پیوند جداگانه اندازه‌گیری شد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت در سال چهارم بیش‌ترین قطر طوقه در پایین و بالای پیوند مشاهده شد (جدول ۵). اثر ساده کودهای شیمیایی و حیوانی بر قطر طوقه معنی‌دار نبود. داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کودهای شیمیایی و حیوانی بر قطر پایین پیوند معنی‌دار بوده و بیش‌ترین قطر طوقه پایین پیوند در تیمار F3M2 (۱۳۲ میلی‌متر) مشاهده شد. مصرف ٦۰ درصد توصیه کود شیمیایی و ٦ کیلوگرم کود حیوانی به‌ازای هر درخت پنج ساله توانست بیش‌ترین قطر طوقه را در مقایسه با تیمار شاهد و تیمارهای F2M1 و F2M1 ایجاد نماید. در مطالعه اثر کودهای حیوانی و کمپوست لجن شهری بر رشد رویشی و عملکرد پرتقال، کوستا (۲۰۱۱) نشان داد که مصرف ۱۲/٦ کیلوگرم کود حیوانی و ۹/۵ کیلوگرم لجن فاضلاب محیط طوقه درخت را به‌طور قابل‌توجهی نسبت به شاهد افزایش دادند. اما افزایش ناشی از مصرف کود حیوانی بیش‌تر از لجن فاضلاب بود (۱۰). هم‌چنین ساوریت و بال (۲۰۱٤) نشان دادند که در نتیجه مصرف دو برابر کود حیوانی و ۱/۵ برابر کود شیمیایی توصیه شده، تاج‌پوشش و قطر درخت لیمو نسبت به تاج‌پوشش و قطر اولیه به‌ترتیب ۱۱ و ۱/٤ درصد افزایش یافت. تاج‌پوشش و قطر در تیمار عرف باغدار به ترتیب ۹ و ۰/۷ درصد افزایش

یافته بود (٤٠). گین و همکاران (٢٠١٩) اثر کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم را همراه کودهای حیوانی و مرغی بر رشد رویشی پرتقال بررسی کردند. نتایج نشان داد که مصرف ٢٥ درصد کود شیمیایی به همراه ٢٥ درصد کود حیوانی و ٢٥ درصد کود مرغی توصیه شده، باعث ایجاد بیش‌ترین قطر طوقه درخت چهار ساله پرتقال در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها شده است (١٨).

رشد بهاره: داده‌های چهارساله جدول ٤ نشان می‌دهند که رشد بهاره در طی سال‌های مختلف اختلاف معنی‌داری داشته و بیش‌ترین رشد در سال اول با میانگین ٣٥/٣ سانتی‌متر و کم‌ترین رشد بهاره در سال سوم با میانگین ١٤ سانتی‌متر اتفاق افتاده است. اثرات ساده کودهای شیمیایی و حیوانی بر رشد بهاره معنی‌دار نبود. درحالی‌که اثر متقابل کود شیمیایی در کود حیوانی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). بیش‌ترین رشد بهاره در تیمار F3M3 (سطوح بالای کود شیمیایی و کود حیوانی) رخ داد که با تیمار شاهد (F1M1) اختلاف معنی‌داری نشان داد. به نظر می‌رسد مصرف ٦٠ درصد کود شیمیایی به همراه ١٢ کیلوگرم کود حیوانی برای رسیدن به بیش‌ترین رشد رویشی بهاره ضروری است. مصرف توأم این دو نوع کود (شیمیایی و حیوانی) بواسطه تأمین مقادیر مطلوب عناصر غذایی مانند نیتروژن و پتاسیم و افزایش قابلیت جذب برخی عناصر دیگر مانند فسفر، آهن و روی که در شرایط خاکی تحت آزمایش (حاوی درصد آهک و pH بالا) جذب آن‌ها همواره با مشکل همراه است، فعالیت فتوسنتزی گیاه و سنتز بیشتر هیدرات‌های کربن را به همراه دارد که متعاقباً منجر به تشکیل اسیدهای آمینه، نکلئوپروتئین‌ها، کلروفیل، آلکالوئیدها و آمیدها می‌شود. این ترکیبات تشکیل‌دهنده ساختارهای مهم مانند کلروپلاست و میتوکندری و غیره هستند و بیش‌تر واکنش‌های بیوشیمیایی در آن‌ها انجام می‌شود (١٨، ٢٠). در پژوهش باگات و همکاران (٢٠١٣)، بیش‌ترین ارتفاع گیاه، قطر طوقه، تعداد برگ و سطح برگ و نسبت ریشه به شاخه لیمو با کاربرد کود حیوانی و کوکوپیت به‌دست آمد (٧). نایک و همکاران (٢٠١٨) نشان دادند که وزن خشک برگ نهال‌های دو ماهه لیمو اسیدی، ١٥٠ روز بعد از کاشت، در تیمار مصرف توأم کود حیوانی و کود آلی[1]، ٥٣ درصد افزایش یافت (٣٤). در پژوهش اناب (٢٠١٦)، طول شاخه‌های بهاره و تابستانه درخت لیمو در نتیجه مصرف توأم ٧٥ درصد کودهای شیمیایی توصیه شده و ٢٧/٥ کیلوگرم کود آلی به‌ازای هر درخت در سال دوم آزمایش به‌ترتیب ٥ و ٣ درصد افزایش یافت (١٥).

رشد تابستانه: رشد تابستانه پرتقال تامسون ناول نیز در سال اول بیش‌ترین مقدار را نشان داد (جدول ٥). در سه سال دیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثر ساده کودهای شیمیایی و حیوانی (جدول ٥) و اثر متقابل آن‌ها نیز معنی‌دار نبود. رشد رویشی گیاه تابع شرایط اقلیمی نیز می‌باشد. بالا بودن رشد رویشی بهاره و تابستانه در سال اول می‌تواند به‌دلیل غالب بودن فاز رویشی رشد گیاه در این سال نسبت به سال‌های بعد باشد. لازم به ذکر است که در فاز زایشی مرکبات، رشد تابستانه اولویت کم‌تری نسبت به رشد بهاره داشته و زمانی‌که گیاه کاملاً بارده شد، این رشد بسیار محدود می‌شود.

1- Neem cake

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خواص کیفی میوه پرتقال تامسون ناول.

Table 7. Analysis of variance (Mean square) forqualitative propertiesof Thomson Navel orange.

منبع تغییرات Sources	درجه آزادی df	اسیدیته کل عصاره Total acidity (%)	مجموع املاح محلول Total soluble solids (%)	ویتامین ث Vitamin C (mg (100cc) $^{-1}$)	pH عصاره میوه pH of fruit juice	قطر میوه Fruit diameter (mm)	وزن میوه Fruit weight (g)	حجم عصاره Volume extract (cc)
سال Year	3	0.3**	6.06**	5273**	3.49**	1698**	550846**	20239**
خطا Error	8	0.03	1.3	74	0.03	35	2860	4.67
کود شیمیایی Chemical fertilizer	2	0.03*	0.21^{ns}	98*	0.01^{ns}	21^{ns}	2428*	5.53**
کود حیوانی Manure	2	0.17**	2.38**	126*	0.12**	9.9^{ns}	20440**	1.47^{ns}
کود شیمیایی در کود حیوانی Chemical fertilizer * Manure	4	0.01^{ns}	0.34^{ns}	52^{ns}	0.007^{ns}	36^{ns}	11696**	4.33**
سال در کود شیمیایی Year * Chemical fertilizer	6	0.02^{ns}	0.18^{ns}	30^{ns}	0.012^{ns}	23^{ns}	4384^{ns}	0.40^{ns}
سال در کود حیوانی Year * Manure	6	0.02^{ns}	0.68*	49^{ns}	0.004^{ns}	16^{ns}	9213**	1.47^{ns}
سال در کود شیمیایی در کود حیوانی Year * Chemical fertilizer * Manure	12	0.03*	0.13^{ns}	30^{ns}	0.01^{ns}	44.6^{ns}	4707*	0.49^{ns}
خطا Error	64	0.01	0.31	29	0.007	43	2689	206
ضریب تغییرات CV		9.5	5.2	6.3	2.5	7.9	16	10.7

^{ns} غیرمعنی‌دار و * و ** معنی‌دار به ترتیب در سطوح آماری پنج و یک درصد

^{ns} not significant and * and ** significant at 5% and 1% level respectively

خواص کیفی میوه پرتقال تامسون ناول: با عنایت به داده‌های جدول ۷، کلیه خواص کیفی میوه تحت‌تأثیر سال قرار گرفتند و سال اثر معنی‌داری در سطح یک درصد روی خواص کیفی میوه داشته است. در بخش‌های زیر هرکدام از خواص کیفی میوه بررسی شدند.

اسیدیته کل عصاره (TA): اسیدیته کل در طول چهار سال، روند نوسانی از خود نشان داده است. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۸) نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین اسیدیته کل میوه پرتقال تامسون ناول به ترتیب در سال‌های چهارم و دوم تولید شد. سطوح مختلف کود شیمیایی موجب افزایش اسیدیته کل شده است (جدول ۸). درحالی‌که سطوح کود حیوانی منجر به کاهش اسیدیته کل میوه پرتقال تامسون ناول شد و کم‌ترین آن با اختلاف معنی‌دار در تیمار M2 مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر متقابل کود شیمیایی و کود حیوانی بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف ایجاد شده در اسیدیته کل عصاره میوه پرتقال تامسون ناول می‌باشد (جدول ۹). بیش‌ترین اسیدیته کل (۱/۲۳ درصد) در تیمار مصرف ۳۰ درصد کود شیمیایی و عدم مصرف کود آلی می‌باشد. هم‌چنین کم‌ترین اسیدیته کل در تیمار F1M2 با مقدار ۰/۹۸ درصد مشاهده شد. این نتایج با پژوهش انجام‌شده توسط

رودریگز (۲۰۰۰)، اولار و همکاران (۲۰۱۷) و آلوا و همکاران (۲۰۰۶) بر درختان پرتقال مطابقت دارد (۳، ٦ و ۳۸). مصرف تقسیطی نیتروژن (۵۰ درصد در مراحل خاص فنولوژیکی و ۵۰ درصد مصرف دوره‌ای مرسوم) در پرتقال والنسیا که بر دو پایه مختلف پیوند شده بود، موجب کاهش معنی‌دار اسیدیته کل در هر دو پایه نسبت به شاهد شد (۲۲). در پژوهشی دیگر مشاهده شد که مقدار اسیدیته کل عصاره میوه در تیمار مصرف ۷۵ درصد کود NPK توصیه شده و ۲۷/۵ کیلوگرم کود حیوانی در هر دو سال آزمایش، کاهش معنی‌داری نسبت به مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده نشان داد. این کاهش در سال اول ٤/۵ و در سال دوم ۱۲/۵ درصد بود (۱۵).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای کود شیمیایی و حیوانی بر خواص کیفی پرتقال تامسون ناول.

Table 8. Mean comparison for effect of chemical fertilizer and manure treatments on qualitative properties of Thomson Navel orange.

حجم عصاره Volume extract (cc)	وزن میوه Friut weight (g)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	pH عصاره میوه pH of fruit juice	ویتامین ث Vitamin C (mg (100cc)$^{-1}$)	مجموع املاح محلول Total soluble solids (%)	اسیدیته کل عصاره Total acidity (%)		تیمار Treatment
125^{b}	304^{b}	87.8^{a}	3.594^{a}	71.85^{d}	11.33^{a}	1.10^{b}	Y1	سال Year
125^{b}	300^{b}	84.6^{a}	3.604^{a}	104.7^{a}	10.85^{b}	1.02^{c}	Y2	
173^{a}	496^{a}	88^{a}	3.624^{a}	86.17^{b}	10.54^{bc}	1.04^{bc}	Y3	
111^{c}	147^{c}	71.2^{b}	2.889^{b}	79.92^{c}	10.22^{c}	1.256^{a}	Y4	
123^{b}	301^{b}	82.1^{a}	3.430^{a}	87.27^{a}	10.67^{a}	1.08^{b}	F1	کود شیمیایی Chemical fertilizer
128^{b}	315^{a}	83.7^{a}	3.411^{a}	85.73^{ab}	10.82^{a}	1.14^{a}	F2	
139^{a}	319^{a}	82.8^{a}	3.443^{a}	83.97^{b}	10.72^{a}	1.10^{ab}	F3	
129^{a}	291^{b}	80.3^{b}	3.365^{c}	84.97^{b}	10.99^{a}	1.18^{a}	M1	کود حیوانی Manure
137^{a}	307^{b}	83.3^{a}	3.480^{a}	87.78^{a}	10.47^{b}	1.04^{c}	M2	
133^{a}	338^{a}	83.1^{a}	3.439^{b}	84.23	10.75^{a}	1.10^{b}	M3	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارد

Means within each column followed by the same letter are not statistically different at α=0.05 by Duncan test

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف کود شیمیایی و کود حیوانی بر خواص کیفی پرتقال تامسون ناول.

Table 9. Mean comparison for interaction of chemical fertilizer and manure treatments on qualitative properties of Thomson Navel orange.

حجم عصاره Volume extract (cc)	وزن میوه Friut weight (g)	pH عصاره میوه pH of fruit juice	ویتامین ث Vitamin C (mg (100cc)$^{-1}$)	مجموع املاح محلول Total soluble solids (%)	اسیدیته کل عصاره Total acidity (%)	کود شیمیایی در کود آلی Chemical fertilizer * Manure
127^{b}	267^{d}	3.36^{c}	84.60^{bc}	10.40^{bc}	1.14^{ab}	F1 M1
139^{ab}	331^{ab}	3.50^{a}	90.20^{a}	10.33^{c}	0.98^{c}	F1 M2
125^{b}	337^{ab}	3.41^{bc}	87.02^{ab}	10.67^{abc}	1.10^{b}	F1 M3
123^{b}	295^{bcd}	3.35^{c}	84.36^{bc}	10.88^{ab}	1.23^{a}	F2 M1
139^{ab}	288^{cd}	3.46^{ab}	87.97^{ab}	10.58^{abc}	1.06^{bc}	F2 M2
122^{b}	325^{abc}	3.41^{bc}	84.84^{bc}	11.00^{ab}	1.11^{b}	F2 M3
136^{ab}	311^{abcd}	3.37^{c}	85.94^{ab}	11.08^{a}	1.15^{ab}	F3 M1
135^{ab}	281^{cd}	3.47^{ab}	85.16^{bc}	10.50^{bc}	1.07^{bc}	F3 M2
147^{a}	352^{a}	3.48^{ab}	80.82^{c}	10.9^{ab}	1.08^{b}	F3 M3

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارد

Means within each column followed by the same letter are not statistically different at α=0.05 by Duncan test

مجموع املاح محلول میوه (TSS): همان‌طور که جدول ۸ نشان می‌دهد با گذشت زمان از مجموع املاح محلول میوه تامسون ناول کاسته شده به‌طوری‌که در سال چهارم کم‌ترین مقدار املاح محلول (۱۰/۲۲ درصد) تولید شده است. سطوح کودهای شیمیایی بر این خاصیت میوه تأثیر معنی‌داری نداشتند. سطوح کود حیوانی در ابتدا موجب کاهش (M2) ولی در سطح بالاتر موجب افزایش املاح محلول شد. مطابق داده‌های جدول ۹ اثر متقابل کود شیمیایی و حیوانی بر غلظت املاح محلول میوه معنی‌دار و در تیمار F3M1 (هم‌گروه با F3M3) بیش‌ترین مقدار آن معادل ۱۱/۰۸ درصد مشاهده شد. در تطابق با نتایج این پژوهش، ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشتند که مصرف کودهای شیمیایی بر مقدار مواد جامد محلول (TSS) تأثیر معنی‌داری ندارد (۱۱). اما اسکومن و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که درصد TSS عصاره میوه پرتقال هاملین با افزایش کود نیتروژنی افزایش یافته است (٤١). در پژوهش اناب (۲۰۱٦) مصرف ۲۷/۵ کیلوگرم کود حیوانی و ۷۵ درصد کودهای NPK توصیه شده منجر به کاهش معنی‌دار مجموع املاح محلول نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کودهای شیمیایی مذکور شد (۱۵). احتمالاً با افزایش سطح مصرف ماده آلی، مجموع املاح محلول عصاره میوه افزایش می‌یافت. هیفنی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در پژوهش خود نشان دادند که مصرف تقسیطی نیتروژن (۵۰ درصد در مراحل خاص فنولوژیکی و ۵۰ درصد مصرف دوره‌ای مرسوم)، عکس‌العمل‌های متفاوت در مجموع املاح محلول و ویتامین ث میوه در دو پایه مختلف پرتقال والنسیا ایجاد کرده است (۲۲). هم‌چنین بر اساس گزارش راپیساردا و همکاران (۲۰۱۰) مجموع املاح محلول میوه (TSS) پرتقال والنسیا در تیمارهای کمپوست کود حیوانی[1] و کود مرغی نسبت به کمپوست بقایای گیاهی مرکبات[2] افزایش معنی‌داری نشان داد (۳۸).

ویتامین ث (اسید آسکوربیک): بر اساس داده‌های جدول ۸، بیش‌ترین ویتامین ث میوه در سال دوم آزمایش (۱۰٤/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی عصاره) و کم‌ترین آن در سال چهارم ۷۹/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی عصاره تولید شد. اثر کود شیمیایی بر غلظت ویتامین ث میوه معنی‌دار و کاهشی بود. تیمار F3 کم‌ترین مقدار ویتامین ث را تولید کرد. در این تیمار غلظت ویتامین ث ۳/۷ درصد کمتر از شاهد بود. ال-سایدا (۲۰۰٦) در پژوهش خود گزارش کرده است که مقدار ویتامین ث موجود در میوه نارنگی با مصرف ۱۲۰۰ گرم نیتروژن به‌ازای هر درخت، نسبت به شاهد افزایش داشته است (۱۳). کود حیوانی نیز اثر معنی‌داری بر این خاصیت مهم میوه پرتقال تامسون ناول داشت. سطوح کود حیوانی ابتدا موجب افزایش و سپس کاهش ویتامین ث شدند. به‌طوری‌که بیش‌ترین غلظت ویتامین ث در تیمار M2 معادل ۸۷/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی عصاره تولید شد. با توجه به جدول ۹، اثر متقابل کود شیمیایی و حیوانی بر غلظت ویتامین ث معنی‌دار بود. تیمار F1M2 و F3M3 به ترتیب با ۹۰/۲۰ و ۸۰/۸۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی عصاره بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ویتامین ث را تولید کردند. بنابراین در این پژوهش با افزایش عملکرد در تیمار F3M3، غلظت ویتامین ث کاهش یافته است. در مطالعات لو و همکاران (۲۰۰۱) گزارش‌شده که کاربرد متعادل کود NPK به‌اضافه کود حیوانی می‌تواند تولید، وضعیت تغذیه گیاه، کیفیت میوه، افزایش ویتامین ث و کل قند محلول مرکبات را افزایش دهد (۲۹). در پژوهش راپیساردا (۲۰۱۰) بین

1- Livestock manure compost
2- Citrus byproduct compost

کودهای آلی تفاوت معنی‌داری در مقدار اسید آسکوربیک عصاره میوه پرتقال والنسیا مشاهده نشد. اما تیمار کود آلی با منشأ گیاهی اسید آسکوربیک میوه را نسبت به کود معدنی افزایش داد. اختلاف در مقدار ویتامین ث تولید شده در تیمار مصرف مواد آلی با منشاء گیاهی و کود معدنی ممکن است به نوع خاص کود آلی به کار رفته مربوط شود. زیرا شدت معدنی شدن در مواد آلی با منشا گیاهی (به علت وجود لیگنوسلولز) پایین بوده و در نتیجه نیتروژن آن آهسته‌تر آزاد و وارد خاک می‌شود. ثابت شده است که غلظت ویتامین ث در میوه‌ها و سبزی‌ها نسبت معکوس با قابلیت دسترسی این گیاهان به نیتروژن دارد (۳۸).

pH عصاره میوه: طبق داده‌های جدول ۸، pH عصاره میوه تامسون ناول در سال چهارم بیش‌ترین حد را نشان داد (pH=۲/۸۸). سایر سال‌های آزمایش در یک گروه قرار گرفتند. کود شیمیایی اثر معنی‌داری بر pH عصاره میوه نداشت اما سطوح کود حیوانی ابتدا افزایش و سپس کاهش pH عصاره میوه را به همراه داشتند. اما در مجموع کم‌ترین pH عصاره در تیمار شاهد (M1) مشاهده شد. بیش‌ترین pH در تیمار M2، معادل ۳/٤۸ مشاهده شد. اثر متقابل کود شیمیایی و کود حیوانی بر pH معنی‌دار بود اما از روند خاصی پیروی نکرد (جدول ۸). کم‌ترین pH عصاره در تیمار F2M1 با میانگین ۳/۳۵ مشاهده شد. این تیمار با تیمارهای F1M1 و F3M1 در یک گروه قرار گرفتند. طبق گزارش اقبال (۲۰۰۲) کاربرد کود حیوانی باعث افزایش pH و کاربرد کود شیمیایی نیترات آمونیوم باعث کاهش آن می‌شود (۱۲). گزارش‌های دیگر نشان می‌دهند کودهای دامی به تنهایی بر میزان اسیدیته آب میوه پرتقال تأثیر چندانی ندارند، ولی با تلفیق کودهای شیمیایی به حداکثر مقدار خود می‌رسند (۳۹).

قطر میوه: قطر متوسط میوه با اختلاف معنی‌دار نسبت به سال‌های ماقبل، در سال چهارم کم‌ترین مقدار را نشان داد (۷۱/۲ میلی‌متر). بیش‌ترین قطر متوسط میوه در سال سوم (۸۸ میلی‌متر) تولید شد. اثر تیمارهای کود شیمیایی بر قطر میوه معنی‌دار نشد اما سطوح کود حیوانی (جدول ۷) باعث افزایش معنی‌دار قطر میوه گردید. در بررسی کاربرد کودهای شیمیایی بر عملکرد و قطر میوه درختان پرتقال، کوآگیو همکاران (۲۰۱۱) با کاربرد صفر تا ۳۰۰ کیلوگرم K_2O در هکتار مشاهده کردند که حداکثر اندازه میوه با کاربرد ۲۸۲ کیلوگرم K_2O در هکتار (با میانگین ۲۸۸ گرم) حاصل شد (۳٦). اسدی کنگرشاهی و همکاران (۲۰۰٤) در پژوهش خود نشان دادند که تأثیر تیمارهای کودی (شاهد و مصرف متعادل کود بر اساس آزمون برگ و عملکرد درخت) بر عملکرد متوسط درخت و قطر و وزن میوه مرکبات از نظر آماری معنی‌دار بود. قطر و وزن متوسط میوه به ترتیب از ٦۷/۷ میلی‌متر و ۱٥۹ گرم در تیمار شاهد به ٦۸/۳ میلی‌متر و ۱٦۷ گرم به‌ازای هر میوه در تیمار مصرف کود افزایش یافت (٥). در پژوهش هازاریکاو آهیبام (۲۰۱۹) قطر طولی میوه لیمو با جایگزین شدن کود شیمیایی توسط کود حیوانی افزایش یافت. بیشترین افزایش زمانی اتفاق افتاد که کود شیمیایی به‌طور کامل حذف و کود حیوانی به‌جای آن مصرف شد. جایگزینی ٥۰ درصد و ۷٥ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (۲۰).

وزن میوه: بیش‌ترین وزن میوه در سال سوم (با میانگین ٤۹٦ گرم) و کم‌ترین آن در سال چهارم (با میانگین ۱٤۷ گرم) مشاهده شد (جدول ۸). اثر کودهای شیمیایی بر وزن میوه معنی‌دار نبود ولی اثر کود حیوانی بر وزن میوه مشابه اثر آن روی عملکرد بود. به‌طوری که بیش‌ترین وزن میوه با میانگین ۳۳۸ گرم در تیمار M3 مشاهده شد. اثر متقابل کود شیمیایی و حیوانی بر وزن متوسط میوه معنی‌دار و

بیش‌ترین وزن متوسط میوه در تیمار F3M3 با میانگین ۳۵۲ گرم مشاهده شد که نسبت به شاهد ۲٤ درصد افزایش نشان داد (جدول ۹). در پژوهش انجام‌شده بر پرتقال، با کاربرد کودهای شیمیایی از جمله پتاسیم اثر اندکی بر متوسط وزن هر میوه حاصل شد (۱ و ۳٦). مرادی و عبادی (۲۰۱۱) نیز به منظور بررسی اثر پتانسیل آب خاک، همراه با پتاسیم بر رشد درخت و خصوصیات کمی و کیفی پرتقال تامسون ناول بر پایه سیترومِلو، به این نتیجه رسیدند که کود پتاسیم سبب افزایش میانگین وزن میوه، کل اسیدیته میوه و کل مواد جامد محلول، ضخامت پوست میوه، نسبت ضخامت پوست به قطر میوه، قطر میوه، پتاسیم قابل جذب خاک و درصد پتاسیم برگ شده است (۳۳). مشابه پژوهش اخیر، پژوهش اناب (۲۰۱٦) نشان داد که قطر، وزن و درصد عصاره میوه لیمو در تیمار مصرف ۷۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده و ۲۷/۵ کیلوگرم کود حیوانی برای هر درخت به ترتیب ۱۱/۷، ۳/۸ و ۲/۹۷ درصد از تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بیش‌تر بود (۱۵).

حجم عصاره: بیش‌ترین حجم عصاره با میانگین ۱۷۳ سی‌سی در سال سوم تولید شد (جدول ۸). در سال چهارم به علت ریز شدن میوه کم‌ترین حجم عصاره (۱۱۱ سی‌سی) مشاهده شد. اثر کود شیمیایی بر حجم عصاره میوه مؤثر و معنی‌دار بود. بیش‌ترین حجم عصاره در سطح بالای کود شیمیایی (F3) و با ۳ درصد افزایش نسبت به شاهد تولید شد. اثر کود حیوانی بر حجم عصاره میوه تامسون ناول افزایشی اما غیرمعنی‌دار بود. اثر متقابل کود شیمیایی و کود حیوانی بر حجم عصاره میوه معنی‌دار و تیمار F3M3 بیش‌ترین مقدار (۱۷٦ سی‌سی) را نشان داد (جدول ۹). طبق نتایج، مصرف بهینه و متعادل کود باعث ایجاد توازن در بین عناصر شده که عاملی برای جذب بهتر عناصر است. بر این اساس گزارش شده که کاربرد متعادل کود NPK به‌اضافه کود حیوانی می‌تواند تولید، وضعیت تغذیه گیاه و کیفیت میوه مرکبات را افزایش دهد. ولی استفاده بیش از حد کود نمی‌تواند عملکرد را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش دهد و اثر منفی در سود خالص دارد (۲٦).

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج نشان داد که بیش‌ترین رشد بهاره در نتیجه کاربرد توأم ٦۰ درصد کودهای شیمیایی توصیه شده بر مبنای آزمون خاک و ۱۲ کیلوگرم کود حیوانی به ازای هر درخت (۲٦/۲ سانتی‌متر) به‌دست آمده است. بیش‌ترین عملکرد میوه در تلفیق کودهای شیمیایی با کود حیوانی (مصرف ٦۰ درصد کودهای شیمیایی توصیه شده بر مبنای آزمون خاک و ۱۲ کیلوگرم کود حیوانی) به ٤۹/٦ کیلوگرم در هر درخت رسید. با توجه به نتایج به‌دست آمده برای رسیدن به حداکثر عملکرد کمی میوه پرتقال تامسون ناول، کاربرد کودهای شیمیایی (٦۰ درصد مقدار توصیه شده بر اساس آزمون خاک) و کود حیوانی (۱۲ کیلوگرم کود گوسفندی پوسیده) به‌ازای هر درخت توصیه می‌شود. افزایش و تأثیر مواد آلی (بقایای گیاهی و کود سبز) و کودهای حیوانی برای حفظ فعالیت بیولوژیکی خاک اجتناب‌ناپذیر است. پژوهش چهار ساله حاضر نشان داد که جایگزین نمودن بخشی از کود شیمیایی با کود حیوانی در راستای ارتقاء کمی و کیفی محصولات باغی، موجب کاهش مصرف کود شیمیایی به عنوان یکی از نهاده‌های پرهزینه و هم‌چنین دستیابی به اهداف تولید پایدار محصولات باغی می‌شود. بالاترین میزان محصول در استفاده توأم کود حیوانی و شیمیایی حاصل می‌شود که این امر ناشی از عملکرد کود حیوانی در بهبود فعالیت‌های زیستی و اصلاح ساختمان خاک، علاوه بر تأمین بخشی از

عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد. در خصوص خواص کیفی میوه می‌توان نتیجه گرفت که بیش‌ترین وزن متوسط و حجم عصاره میوه در تیمار F3M3 (کاربرد توأم ٦٠ درصد کودهای شیمیایی توصیه شده بر مبنای آزمون خاک و ١٢ کیلوگرم کود حیوانی) به‌ترتیب با با میانگین ٣٥٢ گرم و ١٧٦ سی‌سی به‌دست آمد. اما با افزایش سطح مصرف کودهای شیمیایی و حیوانی (در تیمار مصرف ٦٠ درصد کودهای شیمیایی توصیه شده بر مبنای آزمون خاک و ١٢ کیلوگرم کود حیوانی) ویتامین ث به کم‌ترین مقدار خود رسید در حالی‌که مجموع املاح محلول میوه بیش‌ترین مقدار را نشان داد.

سپاسگزاری

این پروژه تحقیقاتی با حمایت مالی شرکت تعاونی اتحادیه باغداران استان مازندران و نیز مشارکت شرکت باغداری فجر ساری (شرکت دشت ناز ساری فعلی) اجرا شد. بدین‌وسیله از مدیران و کارکنان محترم این دو شرکت قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

1. Achilea, O., Soffer, Y., Raber, D., and Tamim, M. 2002. "Bonus-NPK"-highly concentrated, enriched potassium nitrate, an optimal booster for yield and quality of citrus fruits. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants, Italy, Pp: 461-466.
2. Alexandratos, N., and Bruinsma, J. 2012. World agriculture: towards 2015-2030. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italy, 153p.
3. Alva, A.K., Mattos Jr.D., Paramasivam, S., Patil, B., Dou, H., and Sajwan, K.S. 2006. Potassium management for optimizing citrus production and quality. International Journal of Fruit Science. 6: 1. 3-43.
4. Asadi Kangarshahi, A., and Akhlaghi Amiri, N. 2015. Advanced and Applied Citrus Nutrition. Agricultural Research. Extension and Education Organization Press, 588p. (In Persian)
5. Asadi Kangarshahi, A., Malakouti, M.J., and Emdad, M.R. 2004. Effect of Irrigation Methods and Balanced Fertilization on The Yield and Water Use Efficiency of Citrus in Mazandaran. Iranian Journal of Soil and Waters Sciences. 18: 193-197. (In Persian)
6. Aular, J., Cásares, M., and Natale, W. 2017. Factors affecting citrus fruit quality: Emphasis on mineral nutrition. Cientifica. 45: 1. 64-72.
7. Bhagat, S., Thakur, A., and Dhaliwal, H. 2013. Organic amendments influence growth, buddability and budding success in rough lemon (*Citrus jambhiri* Lush.). Biological Agriculture and Horticulture. 29: 1. 46-57.
8. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy Journal. 54: 5. 464-465.
9. Brunetti, G., Senesi, N., and Plaza, C. 2007. Effects of amendment with treated and untreated olive oil mill wastewaters on soil properties, soil humic substances and wheat yield. Geoderma. 138: 1-2. 144-152.
10. Costa, M., Beltrao, J., De Brito, J.C., Neves, M.A., and Guerrero, C. 2010. The sludge and manure effects on the growth of citrus trees. WSEAS Transactions on Environment and Development. 6: 11. 721-730.
11. Ebrahimi Gaskarei, R., Hasanzadeh, F., Moradi, B., and Raeesi, T. 2017. Effects of organic and chemical fertilizers on yield and quality in Hayward variety of kiwifruit. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 7: 2. 183-195. (In Persian)
12. Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus-and nitrogen-based manure and compost applications. Agronomy Journal. 94: 1. 128-135.

13. El-Saida, S. 2006. Studies on NPK fertigation on Balady mandarin trees in sandy soil. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo. 57: 2. 365.
14. Elhassan, A.A., El-Tilib, A.M., Ibrahim, H.S., Hashim, A.A., and Awadelkarim, A.H. 2011. Response of foster grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) to organic and inorganic fertilization in central Sudan. Annals of Agricultural Sciences. 56: 1. 37-41.
15. Ennab, H. 2016. Effect of organic manures, biofertilizers and NPK on vegetative growth, yield, fruit quality and soil fertility of Eureka lemon trees (*Citrus limon* (L.) Burm). Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering. 7: 10. 767-774.
16. Food and Agriculture Organization. 2020. FAOSTAT. Crops country data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available from: http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.
17. Fattahi, J., Fifall, R., and Babri, M. 2010. Postharvest quality of kiwifruit (Actinidia deliciosa cv. Hayward) affected by pre-storage application of salicylic acid. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment. 1: 2. 175-186.
18. Gain, S., Prasad, V., Singh, S., Pal, A.K., and Kumar, R. 2019. Effect of NPK along with FYM and Poultry manures on growth, flowering and fruiting of four year old sweet orange (*Citrus sinensis* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 8: 3. 553-555.
19. Ghosh, A., Dey, K., Bhowmick, N., and Dey, A. 2020. Reproductive behaviour of lemon *(Citrus limon* Burm.) affected by different pruning intensities and integrated nutrient management under various growing seasons. National Academy Science Letters. 43: 81-84.
20. Hazarika, T.K., and Aheibam, B. 2019. Soil nutrient status, yield and quality of lemon (*Citrus limon* Burm.) cv. 'Assam lemon' as influenced by bio-fertilizers, organics and inorganic fertilizers. Journal of Plant Nutrition. 42: 8. 853-863.
21. Helmke, P.A., and Sparks, D.L. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. Methods of soil analysis: Part 3 chemical methods. Soil science of American and American society of Agronomy, USA, Pp: 551-574.
22. Hifni, H., Fahmy, M., Bagdady, G., Abdrabboh, G., and Hamdy, A. 2013. Effect of nitrogen fertilization added at various phenological stages on growth, yield and fruit quality of valencia orange trees. Nature and Science. 11: 12. 220-229.
23. Kimball, D.A. 2012. Citrus processing: quality control and technology. Springer Science & Business Media, USA. 473p.
24. Klute, A. 1965. Laboratory Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Soil. P 210-220, In: C.A. Black, D. Evans, J. White, L. Ensminger and F. Clarke (eds), Methods of soil analysis. part I, American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
25. Ladanyia, M. 2010. Citrus fruit: biology, technology and evaluation. Business & Economics, Academic Press, India. 576p.
26. Lai, Y., Tong, Y., Chen, L., Gao, Y., and Yang, J. 2011. Effect of fertilization on kiwifruit yield and quality. J. of Northwest A & F University-Natural Science Edition. 39: 10. 171-176.
27. Li, R., Chang, Y., Hu, T., Jiang, X., Liang, G., Lu, Z., Yi, Y., and Guo, Q. 2017. Effects of different fertilization treatments on soil, leaf nutrient and fruit quality of *Citrus grandis* var. longanyou. World Journal of Engineering and Technology. 5: 2. 1-14.
28. Loeppert, R.H., and Sparks, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. P 437-474, In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (eds), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America: Madison, WI, USA.
29. Lu, J., Chen, F., Wan, Y., Liu, D., Yu, C., Wang, Y., Song, F., Wang, Y., and Härdter, R. 2001. Effect of application of potassium on the yield and quality of navel orange. Journal Fruit Science. 18: 272-275.

30. Malhotra, M., and Srivastava, S. 2009. Stress-responsive indole-3-acetic acid biosynthesis by Azospirillum brasilense SM and its ability to modulate plant growth. European Journal of Soil Biology. 45: 1. 73-80.
31. Marathe, R.A. 2005. Effect of integrated nutrient management on soil properties, yield and quality of sweet orange (*Citrus Sinensis* osbeck) grown on vertisol. Dr. Panjabrao Deshmukh Krishi Vidyapeeth, Akola. 273p.
32. McLean, E.O. 1983. Soil pH and lime requirement. Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties. American society of Agronomy, USA, Pp: 9: 199-224.
33. Moradi, B., and Ebadi, H. 2011. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of Thomson navel orange on Citromelo rootstock as affected by potassium and supplementary irrigation. Plant Production. 18: 3. 47-62.
34. Naik, S.R., Nandini, M.L.N., Venkataramana, K., and Mukundalakshmi, L. 2018. Effect of organic amendments and bio-agents on growth of acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) cv. Balaji seedlings in the nursery. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7: 6. 1611-1616.
35. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.D., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture, USA. 19p.
36. Quaggio, J.A., Mattos Junior, D., and Boaretto, R.M. 2011. Sources and rates of potassium for sweet orange production. Scientia Agricola. 68: 3. 369-375.
37. Rajangam, J. 2018. Effect of foliar application of micronutrients on cost of economics of mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco.) under lower Pulney hills. International Journal of Chemical Studies. 6: 5. 164-166.
38. Rapisarda, P., Camin, F., Fabroni, S., Perini, M., Torrisi, B., and Intrigliolo, F. 2010. Influence of different organic fertilizers on quality parameters and the δ15N, δ13C, δ2H, δ34S, and δ18O values of orange fruit (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58: 6. 3502-3506.
39. Rodriguez, V., Mazza, S., Martinez, G., and Ferrero, A. 2005. Zn and K incidence in fruit sizes of 'Valencia' orange. Revista brasileira de Fruticultura. 27: 1. 132-135.
40. Savreet, K., and Bal, J.S. 2014. Influence of organic and inorganic nutrient sources on growth of lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) cv. Baramasi. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 2: 1. 126-129.
41. Schumann, A.W., Fares, A., Alva, A.K., and Siva, P. 2003. Response of' Hamlin'orange to fertilizer source, annual rate and irrigated area. in Proceedings of the Florida State Horticultural Society. Florida State Horticultural Society, United State of America, 116: 256-260.
42. Shahbazi, K., Davodi, M.H., and Feizolahzadeh Ardebili, M. 2018. Methods of Fertilizer Analysis. Soil and Water Research Institute Press, Karaj, Iran. 404p. (In Persian)
43. Sharma, R., Dubey, A., Awasthi, O., and Kaur, C. 2016. Growth, yield, fruit quality and leaf nutrient status of grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.): Variation from rootstocks. Scientia Horticulturae. 210: 41-48.
44. Tehrani, M.M. 2019. The fertilizer consumption in Iran is equal to and even lower than the world standard. 2019; Availablefrom:http://www.swri.ir/DesktopModules/NewsNewsView.aspx?TabID=1&Site=DouranPortal&Lang=fa-IR& ItemID=2115&mid=14472&wVersion=Staging.
45. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-38.
46. Zhang, X., Gao, Y., and Wang, Z. 2018. Effects of different organic fertilizer treatments on fruit quality of a citrus cultivar (Huangguogan). International Conference on Zoology, Botany and Ecology (ICZBE 2018). Chengdu, China, Pp: 85-88.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 11(1), 2021
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.17836.1938

(Research Full Paper)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Investigation of changes in vegetative growth, yield and qualitative properties of Thomson Navel Orange fruit with emphasis on optimal consumption of manure and chemical fertilizers

M. Mahmoudi[*1], M. Yousefian[2], S.V. Alavi[3] and M. Shahabian[1]

[1]Research Assistant Prof., Soil and Water Research Dept., Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran,

[2]Research Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Dept., Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran,

[3]Research Associate Prof., Plant Protection Research Dept., Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran

Received: 03.26.2020; Accepted: 01.30.2021

Abstract

Background and Objectives: To achieve sustainable agriculture and improve soil quality, it is necessary to use organic sources such as animal manure in combination with suitable amount of chemical fertilizers. The purpose of this study was to investigate the effect of animal and chemical fertilizer on vegetative growth, yield and qualitative properties of Thomson Navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit to reduce chemical fertilizer consumption.

Materials and Methods: The experiment was carried out as a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications. Treatments included three levels of sheep manure (0, 6 and 12 kg per tree) and three levels of macronutrient fertilizers: nitrogen, phosphorus and potassium (0, 30 and 60% recommended amount, based on soil test) on five years old Thomson Navel orange trees (each treatment including two trees) in the Sari Baharestan citrus orchard for four years. Based on the growth of the trees, the above-mentioned values were added 20% annually. At the end of each growth period, vegetative growth including the length of spring and summer shoots and diameter of the collar (top and bottom of the graft union) were measured. Fruit yield and mean weight and diameter, total soluble solids (TSS), total acidity (TA), pH and vitamin C of harvested fruits were also measured.

Results: The results showed that the highest spring growth (shoot length) of Thomson Navel oranges was obtained as a result of the combined application of chemical fertilizer and manure (60% of the recommended amount) and manure (12 kg/tree). The lowest spring vegetative growth of 21.6 cm was observed in the control. The Interaction between different levels of chemical fertilizer and manure on summer growth was not significant. Collar diameter (at the bottom of the graft union) reached its maximum level (132 mm) in 60% recommended fertilizer and 6 kg of manure per tree treatment. The highest fruit yield of Thomson Navel trees was obtained with an average of 49.6 kg/tree, in a combination of chemical fertilizers (60% of the recommended amount) and manure (12 kg/tree). The fruit TA in different levels of chemical fertilizer and manure increased and decreased, respectively. The Interaction between chemical

* Corresponding Author; Email: m.mahmoudip@areeo.ac.ir

fertilizers and manure on TSS was significant and the highest (11.08%) was observed at 60% of the recommended amount of chemical fertilizers and 6 kg/tree of manure. This treatment and the treatment of 60% of the recommended amount of chemical fertilizer and 12 kg/tree of manure were located in the same group. The 60% recommended chemical fertilizer treatment + 6 kg of manure produced the highest amount of vitamin C in the fruit extract (80.8 mg/100 ml of extract), however the combination of high levels of chemical fertilizer and animal manure reduced the vitamin. The Interaction of chemical fertilizer and manure levels was not significant on fruit diameter but it was significant on average weight and volume of extract. The highest mean weight (352g) and fruit volume (176cc) was obtained in the treatment of 60% chemical fertilizer + 12 kg of manure per tree.

Conclusion: The results showed that 60% of the recommended amount of chemical fertilizers + 12 kg of rotten sheep manure per tree is recommendable to achieve the highest quality and quantity of Thomson Navel orange fruit.

Keywords: Citrus, Fruit quality, Manure, Optimal fertilizer consumption, Vegetative growth