

تعیین اعداد مرجع و محدودیت عناصر غذایی برای پرتقال با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی

محمدرضا چاکرالحسینی^۱، * رضا خراسانی^۲، امیر فتوت^۳ و مجید بصیرت^۳

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، آدانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد،

آستادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: وضعیت عناصر غذایی در گیاهان با عملکرد زیاد می‌تواند یک معیار واقعی برای ارزیابی رشد و وضعیت مطلوب عناصر غذایی در گیاه باشد. اولین قدم در اجرای هر روش تشخیص تغذیه‌ای، تعیین اعداد مرجع می‌باشد. این پژوهش با هدف تعیین اعداد مرجع، دامنه غلظت مطلوب و محدودیت عناصر غذایی، به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای پرتقال صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در ۳۰ باغ مرکبات از مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری استان کهگیلویه و بویراحمد اجرا شد. مبنای انتخاب این باغ‌ها، مقدار عملکرد متفاوت، رقم و سن درختان مشابه بود. نمونه‌های مرکب خاک و برگ به روش استاندارد جمع‌آوری و با استفاده از روش‌های مناسب آزمایشگاهی تجزیه شدند. در زمان برداشت، مقدار عملکرد هر باغ تعیین شد. شاخص‌های عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) تعیین شدند.

یافته‌ها: با استفاده از مدل تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و از حل معادلات تابع تجمعی درجه سه مربوط به ده عنصر غذایی به همراه غلظت باقی‌مانده، عملکردهای مرتبط با هر یک از آن‌ها بر حسب تن در هکتار محاسبه شدند و برای نیتروژن ۱۵/۸۳، فسفر ۱۴/۵۲، پتاسیم ۱۸/۹۰، کلسیم ۱۴/۲۷، منیزیم ۷/۶۹، منگنز ۱۵/۴۴، روی ۱۳/۸۴، آهن ۱۳/۵۱، مس ۱۵/۳۳ و بور ۱۴/۷۸ و عناصر باقی‌مانده (R_d) ۱۶/۷۱ به دست آمد. بر اساس میانگین عملکردهای محاسبه شده، عملکرد هدف به مقدار ۱۴/۶۲ تن در هکتار تعیین و با توجه به عملکرد هدف، ۴۳ درصد از باغ‌های انتخابی در گروه با عملکرد زیاد و ۵۷ درصد از آن‌ها در گروه با عملکرد کم قرار گرفتند. صحت این گروه‌بندی بر اساس عملکرد نیز توسط روش کیت-نلسون تأیید شد. اعداد مرجع تشخیص چندگانه (V_x^{*}) عناصر غذایی شامل: V_{Mg}^{*} = ۰/۹۶ ± ۰/۱۳۱، V_{Ca}^{*} = ۳/۳۶ ± ۰/۱۵۶، V_K^{*} = ۲/۸ ± ۰/۱۷۹، V_P^{*} = ۰/۴۷ ± ۰/۲۲۷، V_N^{*} = ۳/۱۲ ± ۰/۱۹۲، V_{Cu}^{*} = -۴/۹۲ ± ۰/۱۱۵، V_{Fe}^{*} = -۲/۶۷ ± ۰/۳۵۴، V_{Zn}^{*} = -۴/۱۶ ± ۰/۱۳۶، V_{Mn}^{*} = -۳/۳۵ ± ۰/۲۶۹، V_B^{*} = -۲/۳۹ ± ۰/۲۳۵ و V_{Rd}^{*} = ۶/۷۹ ± ۰/۰۶۶ برآورد شدند. دامنه غلظت مطلوب عناصر غذایی برای پرتقال، به‌منظور حصول عملکرد حدود ۱۵ تن در هکتار، برای نیتروژن ۲/۳۸ ± ۰/۳۲۹، فسفر ۰/۱۷ ± ۰/۰۳۳، پتاسیم ۱/۷۳ ± ۰/۲۳۵، کلسیم ۳/۰۲ ± ۰/۴۱۵، منیزیم ۰/۲۷ ± ۰/۰۴۰، منگنز ۱۱/۴۴ ± ۳/۸۲۱، روی ۲/۵۲ ± ۱۶/۳۸، آهن ۳۱/۰۷ ± ۷۷/۷، مس ۱/۰۴ ± ۷/۶۳ و بور ۲۹/۲۴ ± ۹۸/۵۴ تعیین شدند.

* مسئول مکاتبه: khorasani@um.ac.ir

نتیجه گیری: عدم تعادل عناصر غذایی مانند بور و بعضی از کاتیون‌ها می‌تواند یکی از دلایل قرار گرفتن ۵۷ درصد از باغ‌ها در گروه با عملکرد کم‌تر از عملکرد حدواسط باشد. نتایج نشان داد که غلظت بور در برخی نمونه‌ها بیش‌تر از عدد مرجع مطلوب تعیین شده بود و منیزیم، روی، آهن و کلسیم چهار عنصری بودند که کمبود آن‌ها در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری استان بیش‌تر شایع بوده که این می‌تواند دلیلی برای کاهش عملکرد باشد.

واژه‌های کلیدی: اعداد مرجع عناصر غذایی، پرتقال، تعادل عناصر

مقدمه

شناسایی وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های میوه به‌منظور افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. اولین قدم در اجرای هر روش تشخیص تغذیه‌ای تعیین اعداد مرجع (نرم) می‌باشد (۸). از طرفی مدیریت اعمال‌شده در سطح باغ، بعضی مواقع موجب تغییراتی می‌شود که پاسخ گیاه را به غلظت‌های بحرانی تعیین شده، تغییر می‌دهد و در بسیاری موارد پاسخ‌های گیاهی همبستگی مناسبی با غلظت‌های ارائه شده، نشان نمی‌دهد. برای بهینه‌سازی غلظت‌های معرفی شده بهتر است هر گونه یا رقم را در شرایط منطقه خود مورد ارزیابی قرار داد. در این صورت در شرایط موجود پاسخ‌های گیاه دقیق‌تر بررسی شده و توصیه کودی برای آن کارایی بهتری خواهد داشت (۳).

استان کهگیلویه و بویراحمد با توجه به شرایط آب و هوایی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری و همچنین بافت خاک اغلب لومی، دارای پتانسیل بالایی جهت کشت و توسعه مرکبات می‌باشد. متأسفانه متوسط سطح تولید در این استان حدود ۱۴/۵ تن در هکتار می‌باشد و احتمالاً یکی از دلایل عمده پایین بودن عملکرد کمی و کیفی (از متوسط تولید ۱۸/۲ تن در هکتار)، عدم تعادل عناصر غذایی در این باغ‌ها می‌باشد (۸). از طرفی در بعضی از موارد آزمون خاک به تنهایی کمکی به شناخت علل پایین بودن عملکرد نداشته و استفاده از تجزیه گیاه علاوه بر انجام آزمون

خاک موجب شناسایی دقیق‌تر محدودیت‌ها می‌شود. در حقیقت تجزیه برگ مشخص می‌کند که چه دامنه ترکیبی از هر یک از عناصر غذایی، برای داشتن عملکرد مطلوب در شرایط خاکی، آب و هوایی و ترکیب‌های پایه و پیوندک متفاوت مورد نیاز است (۲). در تغذیه گیاه روش‌های متعارفی برای تفسیر و تحلیل نتایج به‌دست آمده از تجزیه برگ بر مبنای تعادل عناصر معرفی شده است که از آن‌ها برای تعیین و بررسی وضعیت تغذیه‌ای گیاه استفاده می‌شود. یکی از روش‌های نسبتاً جدید، روش تشخیص چندگانه یا ترکیبی عناصر غذایی (CND) می‌باشد که برتری‌هایی نسبی در مقایسه با سایر روش‌ها از جمله CVA^۱، DOP^۲، DRIS^۳ دارد. این برتری‌ها عبارتند از: ۱- وضعیت هر عنصر غذایی نسبت به میانگین هندسی همه عناصر محاسبه می‌شود، ۲- با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر اثرات متقابل همه عناصر بیان می‌شود، ۳- تفکیک دو گروه عملکردی زیاد و کم بر مبنای محاسبات ریاضی و آماری و کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی می‌باشد، ۴- دقت بیش‌تر این روش نسبت به سایر روش‌ها، ۵- نیاز به داده‌های کم‌تر، انجام نمونه‌برداری و آزمایش‌های کم‌تر و در نتیجه کاهش هزینه در مقایسه با سایر روش‌ها و ۶- استفاده از اعداد مرجع به‌دست آمده، به‌منظور ارزیابی وضعیت

1- Critical value approach

2- Divergence from optimum percentage

3- Diagnosis and recommendation integrated system

$$G=[N \times P \times K \times \dots \times R_d]^{1/d+1} \quad (2)$$

پس از تعیین میانگین هندسی غلظت عناصر، نسبت عناصر غذایی به میانگین هندسی با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$V_N = \ln(N/G), \quad V_P = \ln(P/G), \quad (3)$$

$$V_K = \ln(K/G), \dots, V_{R_d} = \ln(R_d/G)$$

$$V_N + V_P + V_K + \dots + V_{R_d} = 0 \quad (4)$$

همان‌طوری که از رابطه ۳ مشخص است، V بیانگر نسبت لگاریتمی عناصر برای هر عنصر است. مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد ۱۰۰ است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار باقی‌مانده ترکیبات برابر صفر خواهد بود. رابطه ۴ درستی محاسبه‌ها را تأیید می‌کند در این خصوص باید بیان نمود که V برای عناصر در جامعه با عملکرد زیاد بیانگر غلظت مطلوب و ایده‌آل است و به‌عنوان اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه (CND) محسوب می‌شوند و معمولاً با V_N^* , V_P^* , $V_{R_d}^*$ و نشان داده می‌شوند. در نتیجه اگر غلظت هر عنصر غذایی گیاه مورد مطالعه را با غلظت ایده‌آل یا همان اعداد مرجع استاندارد مقایسه کنیم، شاخص عناصر غذایی روش تشخیص چندگانه (CND) برای عناصر $(X=N, P, K, \dots, R_d)$ به شرح رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$I_x = \frac{V_x - V_x^*}{SD^* x} \quad (5)$$

که در آن، V_x^* و $SD^* x$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی هستند که به‌عنوان اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه محسوب می‌شوند. V_x نسبت لگاریتمی مربوط به

عناصر غذایی، تشخیص کمبود و بیش بود عناصر و نهایتاً کمک به بهبود توصیه‌های کودی (۳، ۶، ۹، ۱۰). با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)، می‌توان شناخت مناسبی از وضعیت عناصر غذایی در گیاه پیدا کرده و اعداد مرجعی به‌دست آورد که به کمک آن‌ها می‌توان سیاست مصرف بهینه کود را نه تنها در سطح یک باغ بلکه در یک منطقه با دقت بیش‌تری اعمال و در سطوح کلان تحقق داده و ضمن حفظ حاصلخیزی خاک و محیط زیست، سبب حصول عملکرد کمی و کیفی مناسب شد. هدف از این پژوهش تعیین اعداد مرجع، دامنه مطلوب و محدودیت عناصر غذایی در باغ‌های پرتقال استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی بود.

مواد و روش‌ها

روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی که دارای مبانی ریاضی و آماری است، اولین بار توسط پرنس و دافیر (۱۹۹۲) ارائه گردید (۹). در این روش کل ترکیبات بافت گیاهی شامل مواد معدنی و آلی به‌صورت یک نمونه ساده (S^d) در نظر گرفته می‌شود که با توجه به تأکید بر ارزیابی تعادل عناصر غذایی، غلظت آن‌ها را به‌عنوان یک بخش اصلی و بقیه ترکیبات را به‌عنوان بخش باقی‌مانده (R_d) فرض کرده که به شکل رابطه ۱ قابل بیان است. در این معادله d نماینده تعداد عناصر غذایی و R_d بیانگر باقی‌مانده ترکیبات گیاهی است.

$$S^d = [(N, P, K, \dots, R_d): \quad (1)$$

$$N > 0, P > 0, K > 0, \dots, R_d > 0$$

$$N + P + K + \dots + R_d = 100]$$

و داشتن غلظت عناصر غذایی می‌توان میانگین هندسی غلظت عناصر غذایی را از رابطه ۲ محاسبه کرد. R_d با محاسبه

د- تابع تجمعی نسبت واریانس نیز براساس رابطه ۸ محاسبه می‌شود و تابع تجمعی $F_i^c(V_X)$ مرتبط با عملکرد (Y) با الگوی درجه ۳ قابل نمایش است (رابطه ۹).

$$F_i^c = \frac{\sum_{i=1}^{n_1-1} f_i(V_X)}{\sum_{i=1}^{n-3} f_i(V_X)} \times 100 \quad (8)$$

$$F_i^c(V_X) = aY^3 + bY^2 + cY + d \quad (9)$$

ه- نقاط عطف منحنی‌ها از طریق محاسبه مشتق دوم معادله‌ها محاسبه می‌شوند (رابطه‌های ۱۰ و ۱۱).

$$\frac{\partial F_i^c(V_X)}{\partial Y} = 3ay^2 + 2by + c \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2 F_i^c(V_X)}{dY^2} = 6ay + 2b = 0 \quad (11)$$

از حل رابطه ۱۱، مقدار $-b/3a$ که بیانگر عملکرد حد واسط است برای $d+1$ عنصر غذایی قابل محاسبه است. سپس برآورد عملکرد حد واسط بر اساس روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر شرکت داده شده در رابطه مورد محاسبه قرار می‌گیرد (۲، ۳). در گام بعدی برای تعیین اعداد مرجع به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)، غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به‌عنوان عدد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی قرار می‌گیرند.

این پژوهش در چهار شهرستان گچساران، باشت، کهگیلویه و چرام واقع در ناحیه گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جنوب و غرب استان کهگیلویه و بویراحمد اجرا شد. متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا ۹۰۰ متر، دارای خاکی آهکی اغلب با بافت لومی، آب و هوایی نسبتاً گرم و نیمه‌خشک و متوسط

نمونه مطالعاتی است. I_X شاخص عناصر غذایی می‌باشد. حال با داشتن شاخص عناصر غذایی، شاخص تعادل عناصر غذایی از رابطه ۶ به‌دست خواهد آمد.

$$r^2 = I^2N + I^2P + I^2K + \dots + I^2R_d \quad (6)$$

شاخص‌های عناصر غذایی همیشه می‌تواند اعداد صفر و بیش‌تر را به خود اختصاص دهد. از نظر تئوری هر اندازه این ویژگی به عدد صفر نزدیک‌تر شود، تعادل عناصر غذایی مطلوب‌تر خواهد شد (۷). بنابراین برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق به‌دست آوردن r^2 می‌توان عدم توازن عناصر غذایی را تعیین کرد. با توجه به این‌که شاخص‌های عناصر غذایی روش تشخیص چندگانه متغیری مستقل و نرمال (Unit-Normal) هستند. بنابراین مجموع این شاخص‌ها یعنی r^2 از یک توزیع K^2 با درجه آزادی $d+1$ تبعیت می‌کند (۱۱). تبعیت متغیر شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) روش تشخیص چندگانه از تابع توزیع K^2 یک مزیت این روش در مقایسه با سامانه دریس (DRIS) است.

انتخاب جامعه با عملکرد مطلوب: برای تمایز جامعه عملکرد به دو گروه مطلوب و نامطلوب، ابتدا تابع عملکرد- عنصر غذایی را ترسیم نموده و با تعیین نقاط عطف منحنی، می‌توان گروه‌های عملکردی را با دقت ریاضی به‌شرح ذیل تفکیک نمود (۷).

الف- عملکردها از زیاد به کم ردیف می‌شوند.
ب- نسبت لگاریتمی عناصر غذایی محاسبه می‌شود (V_X).
ج- واریانس مقادیر V_X برای اولین عملکرد و برای سایر عملکردها محاسبه و نسبت واریانس آن‌ها بر اساس رابطه ۷ محاسبه می‌شود. این عمل برای دومین عملکرد به بعد انجام می‌شود.

$$F_i(V_X) = \frac{V_X n_1}{V_X n_2} \quad (7)$$

مدیریتی دوساله باغ شامل کوددهی، مبارزه با علف‌های هرز و باغبانی در آن آورده شد. تعداد ۳۰ درخت پرتقال در هر باغ به‌طور تصادفی و پراکنده انتخاب شدند. نمونه‌های مرکب خاک و برگ به روش استاندارد جمع‌آوری شد. نمونه‌های مرکب خاک از دو سوم بیرونی تاج درخت در محلی که چالکود نشده اما جبهه رطوبتی دارد و ریشه درختان در آن فعال هستند برداشت شدند. ویژگی‌های خاک شامل درصد کربن آلی، بافت خاک، درصد آهک، pH و هدایت الکتریکی خاک در عمق‌های صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری تعیین شدند (۱). دامنه تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ذکر شده مربوط به خاک ۳۰ باغ در جدول ۱ آورده شده است.

بارندگی سالیانه منطقه، ۳۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی و خصوصیات فیزیوگرافی، منطقه مناسب کشت و توسعه باغ‌های مرکبات می‌باشد. به‌منظور اجرای این پژوهش، ابتدا تعداد ۳۰ باغ پرتقال (به‌طور متوسط تعداد ۸-۶ باغ از هر شهرستان)، انتخاب شد. مبنای انتخاب این باغ‌ها، مقدار عملکرد متفاوت و رقم و سن درختان مشابه بود. به‌دلیل واقع شدن این باغ‌ها در مناطق مختلف، محدودیت‌های غالب منطقه شامل توپوگرافی و شرایط آب و هوایی بود. در مرحله نخست برای هر باغ پرسشنامه‌ای تهیه و تکمیل شد که در آن اطلاعاتی شامل، موقعیت جغرافیایی (طول، عرض و ارتفاع از سطح دریا)، مساحت باغ، رقم غالب، سن درختان، خصوصیات آب و هوایی (میانگین درجه حرارت، میزان بارندگی)، منبع آبیاری، نوع آبیاری و اطلاع

جدول ۱- دامنه تغییرات برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ۳۰ باغ پرتقال.

Table 1. Variation range of some soil physical and chemical characteristics of 30 orange orchards.

خصوصیات خاک (Soil characteristics)							
هدایت الکتریکی (Ec) (d Sm ⁻¹)	pH	کربنات‌کلسیم معادل (%) Calcium carbonate equivalent (%)	کربن آلی (%) Organic carbon (%)	بافت خاک (Soil Texture)			عمق خاک Soil depth (cm)
				رس (Caly) (%)	سیلت (Silt) (%)	شن (Sand) (%)	
0.4-2.31	7-7.6	28-61	0.18-1.46	14-42	30-60	10-50	0-30
0.34-2.55	7-7.7	37-61	0.18-1.15	11-46	19-49	10-70	30-60

عصاره‌گیری با اسیدکلریدریک انجام و توسط دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 1100B اندازه‌گیری شد (۴). عنصر بور به روش کالریمتری آزومتین-اچ و با دستگاه اسپکتروفتومتری مورد سنجش قرار گرفت (۴). در زمان برداشت با توزین میزان محصول ۳۰ درخت انتخابی در هر باغ، مقدار

تجزیه‌های آزمایشگاهی برگ شامل نیتروژن کل به روش میکروکجلدال و با استفاده از دستگاه اتوآنالیز Kejeltec، فسفر به روش کالریمتری توسط اسپکتروفتومتر، پتاسیم به‌وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. عناصر کلسیم، منیزیم، روی، منگنز، آهن و مس در برگ به روش هضم خشک و

عملکرد هر باغ تعیین شد. سپس معادلات ریاضی روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) در محیط نرم افزار اکسل وارد شد و با وارد کردن داده‌های عناصر غذایی و عملکرد ۳۰ باغ مطالعه شده، بر اساس عملکرد، از زیاد به کم ردیف شد. مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی ۱۱ عنصر غذایی، بر اساس رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه شد. در ادامه بر اساس رابطه ۷ مقادیر تابع نسبت واریانس عناصر غذایی $[F_i(V_X)]$ برای همه عناصر محاسبه شد. سپس تابع جمع‌ی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی $[F_i^c(V_X)]$ بر اساس رابطه ۸ برای ده عنصر برآورد شد. نهایتاً شاخص‌های عناصر غذایی نیز به روش گام به گام تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) با استفاده از رابطه‌های مربوطه تعیین شدند (۳، ۶، ۷، ۱۶، ۱۷).

$F_i^c(V_B) = 14/52$ ، $F_i^c(V_N) = 15/83$
 $F_i^c(V_{Ca}) = 14/27$ ، $F_i^c(V_K) = 18/90$
 $F_i^c(V_{Mn}) = 15/44$ ، $F_i^c(V_{Mg}) = 7/69$
 $F_i^c(V_{Fe}) = 13/51$ ، $F_i^c(V_{Zn}) = 13/84$
 $F_i^c(V_B) = 14/78$ ، $F_i^c(V_{Cu}) = 15/33$
 $F_i^c(R_d) = 16/71$ تن در هکتار به‌دست آمد. مدل درجه سه به‌دست آمده برای همه عناصر معنی‌دار بود (جدول ۳) و بالا بودن ضریب تبیین ($R^2 = 0/97 - 0/99$) نشان‌دهنده برازش بهتر نقاط با معادله درجه سه و انتخاب دقیق‌تر و با اطمینان بالاتر نقطه عطف یعنی عملکرد تمایزکننده، می‌باشد. بر این اساس عملکرد عملکرد ۱۴/۶۲ تن در هکتار به‌عنوان عملکرد حد واسط (میانگین) برای تفکیک دو گروه عملکرد کم و زیاد ملاک قرار گرفت و در نتیجه از مجموع باغ‌های مطالعه شده، ۴۳ درصد از آن‌ها در گروه عملکرد زیاد و ۵۷ درصد از باغ‌ها در گروه عملکرد کم قرار گرفتند.

دامنه غلظت عناصر غذایی در برگ در باغ‌های مطالعه شده در جدول ۲ آورده شده است. برای تعیین عملکرد حد واسط و تمایز گروه‌های با عملکرد کم و زیاد ارتباط بین عملکرد میوه پرتقال و مقادیر جمع‌ی نسبت واریانس هر عنصر غذایی یعنی $F_i^c(V_N)$ ، $F_i^c(V_P)$ ، $F_i^c(V_{Ca})$ ، $F_i^c(V_K)$ ، $F_i^c(V_{Mg})$ ، $F_i^c(V_{Mn})$ ، $F_i^c(V_{Zn})$ ، $F_i^c(V_{Fe})$ ، $F_i^c(V_{Cu})$

نتایج و بحث

جدول ۲- دامنه غلظت عناصر غذایی در برگ پرتقال در باغات مورد مطالعه.

Table 2. Concentration range of nutrients in the leaves of orange in studied orchards.

B	Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	P	P	N
(mg kg ⁻¹)					(%)				
66-179	6-10	11-40	19-63	32-145	0.2-0.36	2.3-3.7	1-2.1	0.11-0.23	1.8-3.2

جدول ۳- برآورد عملکرد حد واسط (نقطه عطف منحنی) بر اساس روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی $[F_i^c(V_X)]$.

Table 3. Estimation of mean yield (inflection points) based on cumulative variance function of logarithmic nutrients ratio.

نقطه عطف (-b/3a) ton ha ⁻¹	R ²	معادله $F_i^c(V_X)=aY^3+bY^2+cY+d$	عناصر غذایی Nutrient
15.83	0.97**	-0.014x ³ +0.686x ² -15.13x+156.1	N
14.52	0.99**	0.029x ³ -1.283x ² + 10.75x+72.1	P
18.90	0.97**	0.027x ³ -1.562x ² + 19.71x+28.5	K
14.27	0.99**	0.032x ³ -1.381x ² + 11.71x+71.13	Ca
7.69	0.99**	-0.006x ³ +0.157x ² -5.79x+130.9	Mg
15.44	0.99**	0.011x ³ -0.528x ² -2.55x+101.7	Mn
13.84	0.97**	-0.016x ³ +0.668x ² -13.10x+142.8	Zn
13.51	0.97**	0.016x ³ -0.650x ² -2.40x+90.8	Fe
15.33	0.98**	-0.006x ³ +0.274x ² -5.27x+47.6	Cu
14.78	0.98**	-0.005x ³ +0.204x ² -3.66x+29.0	B
16.71	0.99**	-0.022x ³ +1.132x ² -22.64x+194.2	Rd

با کلسیم، ایجاد محدودیت عملکرد می‌تواند به دلیل بهم‌خوردن تعادل این عنصر در پرتقال باشد و با توجه به ایجاد بیش‌ترین عملکرد توسط پتاسیم (جدول ۳)، این عنصر می‌تواند نقش بیش‌تری در این خصوص داشته باشد. در تأیید این موضوع صمدی و مجیدی (۲۰۱۱) خاطرنشان کردند که مصرف زیاد کودهای پتاسیمی و زیاد بودن پتاسیم در خاک باغ‌ها موجب بهم‌خوردن تعادل کلسیم و منیزیم در گیاه شده به‌طوری کلسیم منفی‌ترین شاخص دریس را نشان داد (۱۴). در مورد عنصر بور محدودیت عملکرد توسط این عنصر به‌عنوان یک عنصر مزاحم به‌دلیل افزایش شوری مطرح و اثرات آن بر روی عملکرد منفی می‌باشد. همان‌طوری که از جدول ۲ مشاهده می‌گردد، غلظت این عنصر در برگ در باغ‌های مطالعه شده به ۱۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم هم رسیده در صورتی‌که با توجه به جدول ۴، میانگین غلظت مطلوب این عنصر بر اساس روش تشخیص چندگانه ۹۸/۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین

بر اساس داده‌های جدول ۳، بیش‌ترین میانگین عملکرد مربوط به عنصر پتاسیم و کم‌ترین آن مربوط به عنصر منیزیم است. بر این اساس می‌توان یکی از دلایل محدودیت عملکرد پرتقال به‌واسطه منیزیم را، افزایش جذب پتاسیم و احتمالاً کاهش جذب منیزیم دانست. در تأیید این موضوع، زادصالحی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که بین پتاسیم، منیزیم و کلسیم برای محل‌های جذب بر روی غشاء ریشه رقابت وجود دارد و همچنین مقدار جذب منیزیم به‌وسیله کاتیون‌های پتاسیم، کلسیم و آمونیم به‌شدت کاهش می‌یابد (۱۸). پس از منیزیم چهار عنصر آهن، روی و کلسیم محدودکننده‌ترین عامل عملکرد در تولید پرتقال در منطقه می‌باشند (جدول ۳). یکی از دلایل اصلی ایجاد محدودیت عملکرد توسط آهن و روی در این باغ‌ها می‌تواند زیاد بودن مقدار آهک باشد به‌طوری‌که دامنه درصد آهک در خاک‌های این باغ‌ها بین ۶۱-۲۸ درصد می‌باشد (جدول ۱). در رابطه

تشخیص چندگانه (V_x^*)، صفر می‌باشند، که این موضوع صحت محاسبه‌ها را نشان می‌دهد. پژوهش‌گران متعددی این موضوع را تأیید نموده‌اند (۳، ۶، ۹، ۱۰، ۱۲). همچنین در جدول ۴ میانگین غلظت‌های مطلوب عناصر غذایی نیز ارائه شده که در واقع میانگین غلظت عناصر در باغ‌های با عملکرد زیادتر از میانگین ۱۴/۶۲ تن در هکتار می‌باشد. با توجه به میانگین غلظت مطلوب در جدول ۴ و همچنین دامنه غلظت عناصر غذایی در باغ‌ها در جدول ۲ و داده‌های غلظت عناصر غذایی در برگ در باغ‌های مطالعه شده، یکی از دلایل قرار گرفتن ۵۷ درصد از باغ‌ها در گروه با عملکرد کم، می‌تواند سوءتغذیه و پایین بودن غلظت عناصر غذایی از حد مطلوب آن باشد. به طوری که غلظت منیزیم، آهن، کلسیم و روی به ترتیب در ۴۱، ۷۰، ۵۵ و ۵۲ درصد از باغ‌ها، کم‌تر از میانگین مطلوب بوده‌است. با توجه به نقش و اهمیت این عناصر در رشد و تولید محصول، کاهش عملکرد در نتیجه کمبود این عناصر، منطقی به نظر می‌رسد.

شده است. بنابراین با توجه به سمیت بالقوه این عنصر، علی‌رغم نیاز و اهمیت آن به عنوان یک عنصر کم‌مصرف برای گیاه، افزایش بیش از میانگین مطلوب می‌تواند سبب کاهش عملکرد شود (۵).

تعیین اعداد مرجع تشخیص چندگانه عناصر غذایی: با توجه به این که غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به عنوان عدد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی قرار می‌گیرند، در نتیجه با در نظر گرفتن عملکرد حد واسط ۱۴/۶۲ تن در هکتار، مقدار V_x^* مربوط به ده عنصر غذایی به همراه غلظت باقی‌مانده در جدول ۴ به عنوان اعداد مرجع تشخیص چندگانه آورده شده است. همان طوری که در جدول مذکور مشاهده می‌شود اعداد مرجع تشخیص چندگانه (V_x^*) شامل اعداد مثبت و منفی می‌باشد. منفی شدن اعداد مرجع تشخیص چندگانه (V_x^*) به دلیل کم‌تر بودن مقدار عددی میانگین غلظت عنصر از میانگین هندسی و نهایتاً کم‌تر از یک شدن مقدار عددی داخل پرانتز معادله ($V_x = \ln(X/G)$) می‌باشد. همان طوری که در جدول ۴ نشان داده شده، مجموع اعداد مرجع

جدول ۴- اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه (CND) و میانگین غلظت مطلوب عناصر غذایی در باغات پرتقال.

Table 4. Compositional nutrient diagnosis norms and mean optimum concentration of nutrient in orange orchards.

اعداد مرجع CND	میانگین	انحراف معیار	عناصر	میانگین غلظت مطلوب	انحراف معیار
CND Norms	Mean	SD	Nutrient	Mean optimum concentration	SD
V_N^*	3.12	0.192	N	2.38 (%)	0.329
V_P^*	0.47	0.227	P	0.17	0.033
V_K^*	2.8	0.179	K	1.73	0.235
V_{Ca}^*	3.36	0.156	Ca	3.02	0.415
V_{Mg}^*	0.96	0.131	Mg	0.27 (mg kg ⁻¹)	0.04
V_{Mn}^*	-3.35	0.269	Mn	38.21	11.44
V_{Zn}^*	-4.16	0.136	Zn	16.38	2.52
V_{Fe}^*	-2.67	0.354	Fe	77.7	31.57
V_{Cu}^*	-4.92	0.115	Cu	7.63	1.04
V_B^*	-2.39	0.235	B	98.54	29.24
V_{Rd}^*	6.79	0.066			
ΣV^*	0				

صفر نزدیک تر باشد، نشان دهنده تعادل بیشتر و بالعکس می باشد (۳، ۶، ۷، ۹، ۱۲). بر این اساس در مورد عناصر هم موردی می توان این تفسیر را داشت که با توجه به جدول ۵ مقدار شاخص بحرانی عناصر غذایی (I^2x) که برای همه عناصر، تقریباً کم تر از یک می باشد، می تواند نشان دهنده تعادل نسبتاً مناسب عناصر غذایی در گروه باغ های با عملکرد زیاد باشد. در تأیید این موضوع خیار و همکاران (۲۰۰۱a, c) نیز گزارش کردند که با توجه به این که شاخص تعادل عناصر غذایی (I^2) از حاصل جمع مربع شاخص های همه عناصر به دست می آید، در نتیجه می توان هر یک از مربعات شاخص های عناصر را به صورت یک محدوده متقارن نسبت به عدد صفر بیان داشت (۶، ۷).

تعیین شاخص بحرانی (I^2x) و تعادل (r^2) عناصر غذایی در روش تشخیص چندگانه برای پرتقال: مقدار شاخص بحرانی عناصر غذایی (I^2x) و شاخص تعادل عناصر غذایی (I^2) در جدول ۵ آورده شده است. در روش تشخیص چندگانه، اعداد مرجع و شاخص ها، حاصل اثرات متقابل عناصر و تحت شرایط محیطی متفاوت بوده و شاخص های عناصر غذایی در این روش، متغیری مستقل و نرمال هستند و شاخص تعادل غذایی (I^2) از مجموع شاخص بحرانی عناصر غذایی یعنی $I^2_N + I^2_P + I^2_K + \dots + I^2_{Rd}$ به دست می آید و از یک توزیع مربع کای با درجه آزادی $d+1$ پیروی می کند (۳، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۳). همچنین در مورد شاخص تعادل عناصر غذایی (I^2) گزارش شده که هر چه مقدار عددی این شاخص به

جدول ۵- شاخص بحرانی (I^2x) و تعادل عناصر غذایی (r^2) در پرتقال.

Table 5. Critical and balance nutrients index of orange.

مقدار باقی مانده (R^d)	بور (B)	مس (Cu)	روی (Zn)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	منیزیم (Mg)	کلسیم (Ca)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	نیتروژن (N)	عناصر غذایی (Nutrients)
0.924	0.921	0.926	0.920	0.924	0.924	0.922	0.924	0.921	0.925	0.926	شاخص بحرانی (Critical index)

$$\sum I^2x = r^2 = 10.16$$

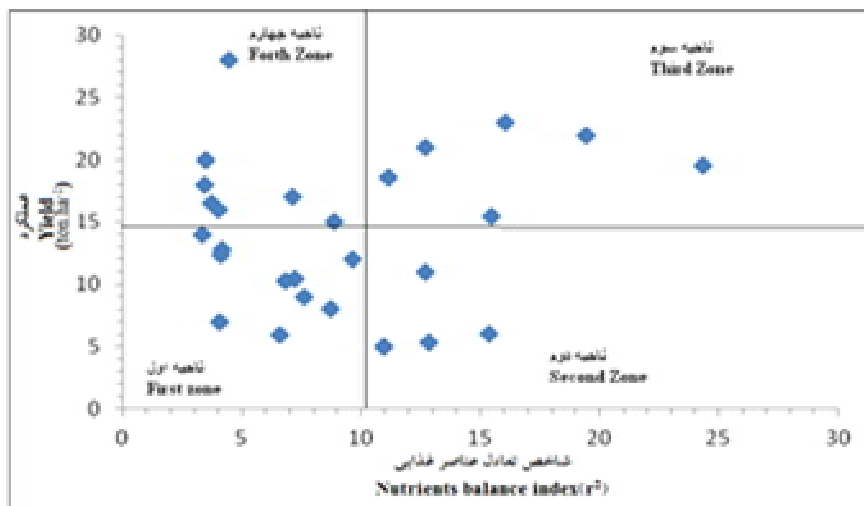
هکتار به دست آمد که این مقدار به شاخص تعادل عناصر غذایی (I^2) به دست آمده از جدول ۵ یعنی ۱۰/۱۶ بسیار نزدیک است. بر اساس روش ترسیم کیت-نلسون که در شکل ۱ نشان داده شده، تحلیل این نتایج نشان می دهد برای عملکردهای زیادتر از ۱۴/۶۲ تن در هکتار، مقدار شاخص تعادل عناصر غذایی از ۱۰/۱۶ به طرف صفر میل می کند (نقاط ناحیه چهارم) و برای عملکرد کم تر از ۱۴/۶۲ تن در هکتار این ویژگی به طرف مقادیر بیش تر از ۱۰/۱۶ میل خواهد کرد (نقاط ناحیه دوم). این بدان معنی است که باغاتی که در ناحیه دوم و چهارم قرار

ارتباط شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) با عملکرد پرتقال: در روش تشخیص چندگانه (CND) شاخص تعادل عناصر غذایی (I^2)، از جمع مربعات شاخص های عناصر غذایی ($I^2_{RD, \dots} + I^2_K + I^2_P + I^2_N$) به دست می آید و از نظر تئوری رابطه معکوس با عملکرد دارد (۳، ۷). شاخص تعادل عناصر غذایی (I^2) به روش کیت-نلسون آماری بر اساس تابع توزیع آماری کای اسکوئر (K^2) با درجه آزادی $d+1$ و فرمول مربوط^۱ در نرم افزار اکسل محاسبه شده (۱۱)، که مقدار آن ۱۰/۵۶ برای عملکرد حدود ۱۵ تن در

1- $CHIINV(\text{Probability, deg-freedom})$

گرفته‌اند به دلیل پیروی نکردن از تئوری رابطه عکس شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) با عملکرد، جزء دسته با عملکرد نامطلوب به حساب می‌آیند (۳، ۶).

گرفته‌اند به‌عنوان گروه با عملکرد مطلوب و مورد استناد به‌عنوان تعیین‌کننده اعداد مرجع به حساب می‌آیند و باغاتی که در دو ناحیه اول و سوم قرار



شکل ۱- رابطه بین عملکرد و شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) برای پرتقال.

Figure 1. Relation between yield and nutrients balance index for orange.

در شکل ۱، حدود ۴۰ و ۶۰ درصد از باغ‌ها که به‌ترتیب در دسته عملکرد زیاد و کم قرار گرفته‌اند را نیز نشان می‌دهد به‌طوری‌که حدود ۴۰ درصد از نقاط در ناحیه دوم و چهارم و بقیه در ناحیه اول و سوم قرار گرفته‌اند که این نشان‌دهنده صحت برآورد شاخص‌های عناصر غذایی می‌باشد. به‌عبارتی روش کیت- نلسون می‌تواند به‌عنوان یک روش کنترل برای برآورد صحیح شاخص‌های عناصر غذایی محسوب شود و این پتانسیل در روش دریس امکان‌پذیر نیست (۷، ۱۵).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه اعداد مرجع عناصر غذایی با در نظر گرفتن عملکرد حد واسط ۱۴/۶۲ تن در هکتار برای نیتروژن $۲/۳۸ \pm ۰/۳۲۹$ ، فسفر $۰/۱۷ \pm ۰/۰۳۳$ ، پتاسیم $۱/۸۳ \pm ۰/۲۳۵$ ، کلسیم $۳/۰۲ \pm ۰/۴۱۵$ ، منیزیم $۰/۲۷ \pm ۰/۰۴۰$ ، منگنز $۳/۸/۲۱ \pm ۱۱/۴۴$ ، روی $۱۶/۳۸ \pm ۲/۵۲$ ، آهن

۷۷/۷ \pm ۳۱/۵۷، مس ۷/۶۳ \pm ۱/۰۴ و بور ۹۸/۵۴ \pm ۲۹/۲۴ تعیین شدند. نتایج نشان داد بر اساس روش تشخیص چندگانه (CND)، برای رسیدن به حداقل عملکرد حدود ۱۵ تن در هکتار در باغ‌های پرتقال در منطقه گرمسیری و نیمه‌گرمسیری استان کهگیلویه و بویراحمد، غلظت عناصر باید در محدوده دامنه غلظت عناصر غذایی ارائه شده باشد. بر اساس عملکرد حد واسط و اعداد مرجع و شاخص‌های عناصر غذایی تعیین شده، ۴۳ درصد از باغ‌های مطالعه شده در گروه با عملکرد زیاد (مطلوب) و ۵۷ درصد از آن‌ها در گروه با عملکرد کم (نامطلوب) قرار گرفتند که صحت شاخص‌ها و گروه‌بندی بر اساس عملکرد نیز توسط روش کیت- نلسون تأیید شد. کنترل برآورد صحیح شاخص‌های عناصر غذایی و گروه بندی بر اساس عملکرد، توسط روش کیت- نلسون یکی از مزایای روش تشخیص چندگانه (CND) در مقایسه با سایر روش‌ها می‌باشد (۶، ۷، ۱۰، ۱۵). یکی از

دلایل قرار گرفتن ۵۷ درصد از باغها در گروه با عملکرد کم تر از عملکرد حد واسط می تواند عدم تعادل عناصر غذایی در این دسته از باغها باشد به طوری که نتایج نشان داد که غلظت بور در برخی نمونهها بیش تر از عدد مرجع مطلوب تعیین شده بود و چهار عنصر منیزیم، آهن، روی و کلسیم، به ترتیب دارای بیشترین فراوانی کمبود را در بین باغهای مطالعه شده داشتند.

منابع

1. Ali-Ehyaiei, M. 1997. Methods of Soil Analysis. Soil and Water Research Institute Publications. Tehran. Publication No. 1024, 115p. (In Persian)
2. Basirat, M. 2015. Determination of critical level of macro and micro nutrient in the most important horticultural products in order to application optimum fertilizer in different areas of country. Research Report. Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.
3. Daryashenas, A.M., and Saghafi, K. 2011. Compositional nutrient diagnosis for sugar beet. J. Soil Res. 25: 1. 1-12. (In Persian)
4. Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute, Technical publication No. 982, Tehran, Iran, 128p.
5. Goldberg, S., Lesch, S.M., and Suarez, D.L. 2000. Predicting boron adsorption by soils using soil chemical parameters in the constant capacitance model. Soil Science Society of America Proceeding. 64: 1356-1363.
6. Khiari, L., Parent, L.E., and Tremblay, N. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agron. J. 93: 809-814.
7. Khiari, L., Parent, L.E., and Tremblay, N. 2001c. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. Agron. J. 93: 802-808.
8. Malakouti, M.J., Keshavarz, P., and Karimian, N. 2008. A comprehensive approach towards identification of nutrients deficiencies and optimal fertilization for sustainable agriculture. 7th ed. With full revision, Tarbiat Modars University Press, Tehran, Iran, 755p. (In Persian)
9. Parent, L.E., and Dafir, M. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 239-242.
10. Parent, L.E. 2011. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal. 33: 321-334.
11. Ross, S.M. 1987. Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. John Wiley & Sons, New York, 233p.
12. Rozane, D., Junior, D.M., Parent, S., Natalei, W., and Parent, L.E. 2011. Compositional meta-analysis of Citrus varieties in the state of São Paulo Brazil. The 4th International workshop on compositional data analysis.
13. Rozane, D., Parent, L.E., and Natalei, W. 2016. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit treenutritional status. Científica, Jaboticabal. 44: 1. 102-112.
14. Samadi, A., and Majidi, A. 2011. Norms establishment of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) and comparison with DOP approach for nutritional diagnosis of seedless grape (Sultana, cv) in western Azarbaijan province, Iran. J. Soil Res. 24: 2. 89-105. (In Persian)
15. Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers. 6th. ed., Charles Stewart, New Jersey, 648p.
16. Xu, M., Zhang, J., Wu, F., and Wang, X. 2015. Nutritional diagnosis for apple by DRIS, CND and DOP. Adv. J. Food Sci. Technol. 7: 4. 266-273.
17. Yousuf, M.N., Akter, S., Haque, M.I., Mohammad, N., and Zaman, M.S. 2013. Compositional nutrient diagnosis (CND) of onion (*Allium cepa* L.). Bangladesh J. Agric. Res. 38: 2. 271-287.
18. Zad-Salehi, F., Mozaffari, V., Taj-Abadipour, A., and Hokmabadi, H. 2011. Interaction of sodium and magnesium on some growth characteristics and chlorophyll content of pistachio in perlite substrate. J. Sci. Technol. Greenhous Cul. 2: 6. 23-350.



Determination of norms and limitation of nutrients for orange by the compositional nutrient diagnosis method

M.R. Chakerolhosseini¹, *R. Khorassani², A. Fotovat² and M. Basirat³

¹Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad,

²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad,

³Research Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Iran

Received: 11/11/2015; Accepted: 02/01/2016

Abstract

Background and Objectives: Nutrients status in plants with high yield can be a real benchmark for evaluating the growth and desirable nutrient status in the plant. The first step in the implementation of any nutritional diagnosis method is determining norms. This study aimed to determine norms, rang of optimum concentration and limitation of nutrients for orange by compositional nutrient diagnosis method.

Material and Methods: This study was conducted in 30 citrus orchards in the tropical and semi-tropical regions of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province. The base of selecting these orchards was the similarity in age and variety, with different yield. Composite samples of soil and leaf were taken by standard method and analyzed by using appropriate laboratory methods. The yield of each orchard was determined at the harvested time. Norms of nutrients were determined by compositional nutrient diagnosis method.

Results: The yield related to each of nutrient was calculated by the model of cumulative variance ratio function of nutrients and solving cumulative third-rank function related to 10 nutrients along and also remaining concentration, with unit of ton per hectare as 15.83 for nitrogen, 14.17 for phosphorus, 18.90 for potassium, 14.27 for calcium, 7.69 for magnesium, 15.44 for manganese, 13.84 for zinc, 13.51 for iron, 15.33 for copper, 14.78 for boron and 16.71 for remained nutrients (R_d). Based on average of optimal yield, the goal yield was determined as 14.62 ton per hectare and with attention to the goal yield, 43% of the selected orchards were located in high-yield subpopulation and 57% of them were located in low-yield subpopulation. This was confirmed by Cate-Nelson method. Compositional nutrients diagnosis norms were estimated as: $V_N^* = 3.12 \pm 0.192$, $V_P^* = 0.47 \pm 0.227$, $V_K^* = 2.8 \pm 0.179$, $V_{Ca}^* = 3.36 \pm 0.156$, $V_{Mg}^* = 0.96 \pm 0.131$, $V_{Mn}^* = -3.35 \pm 0.269$, $V_{Zn}^* = -4.16 \pm 0.136$, $V_{Fe}^* = -2.67 \pm 0.354$, $V_{Cu}^* = -4.92 \pm 0.115$, $V_B^* = -2.39 \pm 0.235$ and $V_{Rd}^* = 6.79 \pm 0.066$. Optimal range of nutrients for orange to achieve yield of about 15 ton per hectare were determined as 2.38 ± 0.335 for nitrogen, 0.17 ± 0.033 for phosphorus, 1.73 ± 0.235 for potassium, 3.02 ± 0.415 for calcium, 0.27 ± 0.040 for magnesium, 38.21 ± 11.44 for manganese, 16.38 ± 2.52 for zinc, 77.7 ± 31.57 for iron, 7.63 ± 1.04 for copper and 98.54 ± 29.24 for boron.

Conclusion: Imbalance of nutrients such as boron and some cations can be one of the reasons of locating 57% of orchards in low-yield subpopulation. In this way, results showed that the concentration of boron in some samples was higher than appropriate determinate norm while, the deficiency of four elements, including magnesium, zinc, iron and calcium is more common in these areas of the province, which it can be a reason for decreasing of yield.

Keywords: Norms of nutrients, Orange, Balance of nutrients

* Corresponding Authors; Email: khorassani@um.ac.ir