ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در گوجه فرنگی به روش تشخیص چندگانه در استان بوشهر

مختار زلفی باوریانی[1]، سیدعلی غفاری نژاد و مهرداد نوروزی

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران؛ **mzolfi2001@yahoo.com**

استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ **ma_ghaffari51@yahoo.com**

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران؛ **nowroozi50@yahoo.com**

دریافت: **1400/10/20** و پذیرش: **1401/2/21**

چکیده

گوجه‌فرنگی از مهمترین محصولات زراعی استان بوشهر است و کشت آن به صورت خارج از فصل اهمیت آن را دوچندان نموده است. رسیدن به حد مطلوب عملکرد با برقراری تعادل بین عناصر غذایی امکان‌پذیر است. برای تشخیص اختلالات تغذیه‌ای و درپی آن مصرف بهینه کودهای شیمیایی، از شاخص‌های تغذیه‌ای استفاده می‌شود. به این منظور پروژه تحقیقاتی حاضر به مدت دو سال زراعی (1397-1399) با انتخاب تعداد 79 مزرعه گوجه‌فرنگی با عملکرد متفاوت و در نقاط مختلف استان اجرا شد. در مزارع انتخابی نمونه خاک از عمق 0-30 سانتی‌متری و نمونه برگ در اوایل میوه‌دهی برداشت شد. میانگین عملکرد هر مزرعه در پایان برداشت محصول اندازه‌گیری و نیز تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌ها به روش استاندارد انجام شد. داده‌های حاصله از اجرای آزمایش با مدل تشخیص چندگانه عناصر غذایی (Compositional Nutrient Diagnosis) برازش داده شد. با انجام محاسبات مطابق روش مذکور، مزارع مورد مطالعه به دو گروه با عملکرد کم و زیاد با مرز عملکرد 86/7 تن در هکتار دسته‌بندی شد. براساس نتایج بدست آمده اعداد مرجع برای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور به ترتیب 2/79±0/202، 0/460 ±0/174، 2/62±0/143، 2/57±0/195، 2/08±0/225، 2/20±0/134-، 3/10±0/134-، 3/74±0/250-، 4/34±0/173-، 3/25±0/173- محاسبه شد. همچنین دامنه غلظت مطلوب برای حصول عملکرد 86/7 تن در هکتار برای نیتروژن 3/38±0/94% فسفر 0/074± 0/324%، پتاسیم 2/77±0/397%، کلسیم 2/63±0/423%، و منیزیم 1/64±0/394% ، و برای آهن 221±24/6، منگنز 14/8± 90/9، روی 48/3±11/1، مس 8/40± 27/3، و بور 79/3±17/5 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. بر این اساس، عناصر غذایی پتاسیم، نیتروژن و روی به دلیل کمبود و منیزیم، کلسیم و منگنز به دلیل بیش‌بود به ترتیب به عنوان عناصر غذایی غیرمتعادل در تولید گوجه‌فرنگی در استان بوشهر مشخص شد. این موضوع می‌تواند ناشی از آهکی بودن خاک و نیز مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی باشد.

واژه‌های کلیدی: تعادل عناصر غذایی، حد بحرانی، تجزیه گیاه

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: بوشهر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر

مقدمه

بیش از 11 هزار هکتار از اراضی زراعی استان بوشهر به کشت گوجه فرنگی اختصاص دارد (احمدی و همکاران، 1399). کشت خارج از فصل این محصول در استان بوشهر و نقش آن در تأمین بخشی از نیاز داخلی و نیز صادرات، اهمیت آن را دوچندان نموده است. متوسط عملکرد گوجه‌فرنگی در استان براساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی 98- 1397 حدود 50 تن در هکتار گزارش شده است (احمدی و همکاران، 1399). درآمد نسبتاً زیاد حاصل از کشت این گیاه زمینه مناسب برای توسل کشاورزان به راههای مختلف برای بهبود عملکرد را فراهم نموده است. یکی از مهمترین اقدامات اعمال شده در این راستا مصرف انواع کودهای شیمیایی بدون در نظر گرفتن ملاحظات تعادل عناصر غذایی است.

شناخت وضعیت موجود تغذیه‌ای گیاه برای رسیدن به حدودی از غلظت عناصر در برگ که در اغلب شرایط عملکرد نسبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به منظور پی بردن به اثرگذارترین یا محدودکننده‌ترین عامل یا عوامل تغذیه‌ای مؤثر در عملکرد امری ضروری است (ملکوتی، 1387). هرچند آزمون خاک در مدیریت کوددهی بسیاری از گیاهان زراعی یکساله مناسب‌ترین روش به منظور ارزیابی حاصلخیزی خاک و انجام توصیه صحیح کودی است، اما با توجه به اینکه کشت گوجه‌فرنگی در ردیف‌هایی با فاصله حدود 2 متر از یکدیگر انجام می شود، آزمون خاک به تنهایی به دلیل دقت پایین در نمونه‌برداری، نمی‌تواند در مدیریت کوددهی این محصول چندان مؤثر باشد. از سوی دیگر در برخی موارد مشاهده شده است که غلظت عنصر در گیاه با غلظت عنصر در خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری ندارد (ملکوتی، 1387). در این شرایط غلظت عناصر در برگ تعیین کننده وضعیت تغذیه‌ای گیاه است نه شرایط خاک (بصیرت و همکاران، 1395). بنابراین شناخت و ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع گوجه‌فرنگی منطقه با استفاده از تجزیه گیاه از اولویت بیشتری برخوردار بوده و روش آزمون خاک می‌تواند مکمل این روش در مدیریت تغذیه مزرعه باشد.

به‌طور کلی روش تجزیه گیاه بر این پایه استوار است که مقدار یک عنصر معین در گیاه نشانه‌ای از تأمین آن عنصر از خاک است. میانگین غلظت عناصر غذایی در گیاه، تابع شرایط متعددی از جمله اقلیم، خاک، آب، گونه و رقم گیاه و نیز زمان، روش و پراکنش نمونه‌برداری است. مطلوب و کاربردی بودن ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای از طریق تجزیه گیاه با وجود نرم‌های مطلوب برای هر عنصر غذایی و در هر منطقه میسر است. بنابراین اولین قدم در اجرای هر روش تشخیص وضعیت تغذیه‌ای از طریق تجزیه گیاه ایجاد ارقام مرجع یا نرم است (ملکوتی، 1378). برای تفسیر و تحلیل نتایج حاصل از تجزیه برگ روش‌های متعددی معرفی شده است. مهمترین ویژگی روش‌های معرفی شده، تعیین اولویت و فراوانی کمبود عناصر در وضعیت تغذیه گیاه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (دریاشناس و ثقفی، 1390). با بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی در عملکردهای پایین و بالا در شرایط منطقه‌ای می‌توان وضعیت تغذیه‌ای منطقه مورد مطالعه را ارزیابی و مقایسه کرد و نشان داد در عملکرد مطلوب چه شاخص‌هایی بایستی اصلاح گردد.

مهمترین روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه شامل غلظت بحرانی (CVA)، دریس (DRIS)، انحراف از حد بهینه (DOP) و تشخیص چندگانه (CND) می‌باشد. هر کدام از این روش‌ها دارای معایب و محاسنی نسبت به یکدیگر هستند. روش تشخیص چندگانه که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت اولین بار توسط پرنت و دافیر (1992) ارائه شد. با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی می‌توان شناخت مناسبی از وضعیت عناصر غذایی در گیاه پیدا کرد و اعداد مرجعی به دست آورد که به کمک آنها می‌توان سیاست مصرف بهینه کود را نه تنها در سطح یک باغ و مزرعه 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 (پرنت، 2011؛ دریاشناس و ثقفی،1390؛ خیاری 2001a). در روش تشخیص چندگانه به داده کمتری نسبت به روش‌های دیگر نیاز است و تعداد نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه تا حد امکان کاهش می‌یابد (دریاشناس و ثقفی، 1390). در روش تشخیص چندگانه تفکیک گروه‌های عملکردی مطلوب با دقت زیاد تعیین می‌شوند که این مقادیر در آن جامعه بیانگر غلظت مطلوب و ایده‌آل برای گیاه است و راهنمای مناسبی برای تفسیر نتایج تجزیه گیاه می‌باشد. مزیت روش تشخیص چندگانه این است که وضعیت هر عنصر غذایی نسبت به میانگین هندسی کلیه عناصر محاسبه می‌شود و اثرات متقابل یک عنصر نسبت به کلیه عناصر سنجیده می‌شود (والورد و سامنر، 1987 و خیاری و همکاران، 2001). اما یکی از مهمترین معایب این روش انجام محاسبات آماری نسبتاً پیچیده است. خیاری و همکاران (2001a) با استفاده از روش CND توانستند شاخص عناصر غذایی و نرم‌های استاندارد CND را برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای ذرت تعیین نمایند. در این تحقیق با مقایسه شاخص نیتروژن به روش های مختلف گزارش شد که این شاخص در روش CND از برتری نسبی برخودار است.

خیاری و همکاران (2001b) در تحقیق دیگر نرم های CND را برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در سیب زمینی بررسی کردند. در این تحقیق نیز با مقایسه روش های مختلف گزارش شد که روش CND از دقت بیشتری برخوردار است. همچنین CND برای پیاز توسط پرنت و خیاری (2003) و لوبیا چشم بلبلی توسط جوز و همکاران (2005) و نوعی کاکتوس دارویی توسط رافائل و همکاران (2004) تعیین شده است. دریاشناس و ثقفی (1390) با بررسی وضعیت تغذیه‌ای چغندر قند با روش CND، نرم‌های استاندارد برای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز، بور و گوگرد را برای این گیاه مشخص نمودند. در این تحقیق با بررسی و مقایسه انجام شده برتری روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی نسبت به روش دریس گزارش شده است. بصیرت و همکاران (1395) در پژوهشی که بر روی انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چندگانه انجام شد، مشخص کردند کمبود کلسیم و نیتروژن در مقایسه با سایر عناصر بیشتر بوده است. چاکرالحسینی و همکاران (1395) با مطالعه با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی اعداد مرجع ومحدودیت‌های عناصر غذایی را در پرتقال تعیین کردند. نتایج حاصل از بررسی وضعیت تغذیه‌ای لیموترش در استان هرمزگان به روش تشخیص چندگانه نشان داد که کمبود عناصر نیتروژن، پتاسیم، منگنز، محدودکننده‌های عمده تولید لیموترش در باغ‌های هرمزگان بودند. علاوه بر این، زیادی عناصر فسفر، کلر، آهن و بور نیز تأثیر نامطلوبی بر عملکرد محصول لیمو نشان دادند. در این تحقیق غلظت بهینه عناصر غذایی برای رسیدن به عملکرد مشخص شد (حسینی و همکاران، 1399). با توجه به اهمیت گوجه‌فرنگی در استان بوشهر، این آزمایش به منظور بررسی وضعیت تغذیه‌ای آن به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) و ارائه راهکار مناسب به منظور اصلاح وضعیت موجود و بهبود عملکرد محصول اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های 1397 و 1398 بر روی محصول گوجه فرنگی استان بوشهر اجرا شد. طی دو سال اجرای آزمایش تعداد 79 مزرعه گوجه‌فرنگی با وضعیت ظاهری و عملکردهای متفاوت از نقاط مختلف استان انتخاب شدند. در تمامی مزارع نمونه‌برداری مرکب خاک از عمق 30-0 سانتی متری کف جوی انجام و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ها نظیر بافت، کربن آلی، pH گل اشباع توسط pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع توسط هدایت سنج، کربنات کلسیم معادل از طریق تیتراسیون با سود، مواد آلی به روش والکلی بلاک، فسفر به روش اولسن، پتاسیم با

روش عصاره‌گیری با استات آمونیم و عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس، منگنز) با روش عصاره‌گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی تیپ Solaar 969 MKII اندازه‌گیری شد (علی احیایی و بهبهانی‌زاده، 1375). در اوایل مرحله میوه‌دهی (ماه‌های آذر و دی) نمونه برگ از برگ‌های کامل نزدیک به میوه تهیه شد (ملکوتی و همکاران، 1384). تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های برگ به روش معمول موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (علی احیایی و امامی، 1375). میزان عملکرد در هر مزرعه طی بازدید میدانی توسط کشاورزان مشخص شد. نتایج تجزیهٔ آزمایشگاهی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور در نمونه‌های برگ به عنوان داده‌های پایه در بانک اطلاعاتی ایجاد شده درمحیط نرم افزاری SPSS برای بهره‌برداری بعدی دسته‌بندی شد. همچنین برنامه‌نویسی شاخص CND با برنامهٔ Excel انجام شد.

محاسبات روش تشخیص چند گانه عناصر غذایی (CND)

روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی که دارای مبانی ریاضی و آماری است، اولین بار توسط پرنت و دافیر (1992) ارائه شد. برای انجام محاسبات لازم ابتدا عملکرد محصول در تمامی مزارع نمونه‌برداری شده از زیاد به کم به صورت ستونی منظم می‌شود. سپس برای هر کدام از مزارع نمونه‌برداری شده غلظت عناصر غذایی برحسب درصد در ستون‌های مجزا در جلو آن وارد می‌شود. در این روش کل ترکیبات بافت گیاهی شامل مواد معدنی و آلی به صورت یک نمونه ساده (S_d) در نظر گرفته می‌شود که با توجه به تأکید بر ارزیابی تعادل عناصر غذایی، غلظت آن‌ها را به عنوان یک بخش اصلی و بقیه ترکیبات را به عنوان بخش باقی‌مانده (R_d) فرض کرده و به شکل رابطه 1 قابل بیان است.

(1)

$$S_d = [(N, P, K, \ldots, R_d): N > 0, P > 0, K > 0, \ldots R_d > 0, \ N + P + K + \ldots + R_d = 100]$$

در این معادله، 100 مجموع غلظت عناصر غذایی، N ، P ، K و ... سهم نسبی غلظت عناصر غذایی برحسب درصد، d نماینده تعداد عناصر غذایی و R_d بیانگر باقی‌مانده ترکیبات گیاهی است که مطابق معادله شماره 2 محاسبه می‌شود (خیاری و همکاران، 2001).

$$[R_d = 100-[(N + P + K + \ldots)] \qquad (2)$$

سهم نسبی غلظت عناصر غذایی با تقسیم غلظت هرکدام از عناصر بر میانگین هندسی (G) آنها مطابق معادلات زیر به مقیاس نامتغیری تبدیل می شود (اتکیسن، 1986)

(3)

$$G = \left[N \times P \times K \times \ldots. \times R_d\right]^{\frac{1}{d+1}}$$

در هرکدام از مزارع نسبت لگاریتمی هرکدام از عناصر غذایی (V_x) با استفاده از رابطه 4 محاسبه می‌شود. براساس فرضیه اولیه (رابطه 1) مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد 100 بوده و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار باقی‌مانده ترکیبات بایستی برابر صفر باشد. لذا برای کنترل صحت محاسبات، مجموع نسبت لگاریتمی عناصر غذایی در هر مزرعه بایستی مطابق رابطه 5 برابر با صفر باشد.

(4)

$$V_N = \ln\left(\frac{N}{G}\right), \quad V_P = \ln\left(\frac{p}{G}\right), \ V_K = \ln\left(\frac{K}{G}\right), \ldots. V_{Rd} = \ln\left(\frac{R_d}{G}\right)$$

(5)

$$V_N + V_P + V_K + \ldots. V_{Rd} = 0$$

اگر مقادیر V^*_N، .... V^*_{Rd} و SD^*_N، .... SD^*_{Rd} که به ترتیب میانگین و انحراف معیار مربوط به نسبت لگاریتمی هرکدام از عناصر در جامعه با عملکرد زیاد می‌باشد به عنوان نرم‌ها یا اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه (CND) در نظر گرفته شود، شاخص‌های هر کدام از عناصر (I_x) مطابق رابطه 6 محاسبه می‌شود

(6)

$$I_x=(V_x-V^*_x)/SD^*_x$$

در این معادله V^*_x و SD^*_x به ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی هستند که به عنوان اعداد مرجع روش تشخیص چندگانه محسوب می‌شوند. V_x نسبت لگاریتمی مربوط به نمونه مطالعاتی است. I_x شاخص‌های هرکدام از عناصر غذایی می‌باشد. حال با داشتن شاخص‌های عناصر غذایی، شاخص تعادل یا عدم تعادل عناصر غذایی از رابطه 7 به‌دست خواهد آمد.

(7)

$$r^2 = I^2_N + I^2_P + I^2_K + \ldots + I^2_{Rd}$$

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 بوده و عملکرد بیشتر حاصل خواهد شد (خیاری و همکاران، 2001). بنابراین برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق به‌دست آوردن شعاع، r ، آن می‌توان عدم توازن عناصر غذایی را تعیین کرد. با توجه به این که شاخص‌های عناصر غذایی در روش تشخیص چندگانه، متغیری مستقل و نرمال (Unit-Normal) هستند، مجموع این شاخص‌ها یعنی r^2 از یک توزیع K^2 با درجه آزادی d+1 تبعیت می‌کند (رز، 1987).

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 به شرح ذیل تفکیک نمود (خیاری و همکاران، 2001C). برای این منظور واریانس مقادیر V_x برای اولین عملکرد و سایر عملکردها محاسبه و نسبت واریانس آن‌ها بر اساس رابطه 8 محاسبه می‌شود. این عمل برای دومین عملکرد به بعد نیز انجام می‌شود.

(8)

$$F_i(V_x) = \frac{\text{واریانس } V_x \text{ برای } n_{+1} \text{ مشاهده}}{\text{واریانس } V_x \text{ برای } n_{+0} \text{ مشاهده}}$$

در ادامه تابع تجمعی نسبت واریانس $F_i^c(V_x)$ براساس رابطه 9 محاسبه و ارتباط تابع تجمعی هر عنصر غذایی با عملکرد (Y) با الگوی درجه 3 نمایش داده شده (رابطه 10) و نقاط عطف منحنی‌ها از طریق محاسبه مشتق دوم معادله‌ها محاسبه می‌شوند (رابطه های 11 و 12). از حل رابطه 12، مقدار b/3a– که بیانگر عملکرد در نقطه عطف می‌باشد برای تمامی عنصر غذایی و مقدار باقیمانده قابل محاسبه است. از بین تمامی عناصر، حداکثر عملکرد نقطه عطف تعیین کننده مرز بین گروه عملکرد زیاد و کم بوده و گروهها از یکدیگر تفکیک می‌شود.

(9)

$$F_i^c = \frac{\sum_{i=1}^{n_{+1}} f_i\,(V_x)}{\sum_{i=1}^{n_{+3}} f_i\,(V_x)} \times 100$$

(10)

$$F_i^C\,(V_x) = aY^3 + BY^2 + cy + d$$

(11)

$$\frac{\partial F_i^c\,(V_x)}{\partial Y} = 3ay^2 + 2by + c$$

(12)

$$\frac{\partial^2 F_i^c\,(V_x)}{dY^2} = 6ay + 2b = 0$$

در گام بعدی برای تعیین اعداد مرجع به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی، غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به عنوان عدد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی قرار می‌گیرند (حسینی و همکاران، 1399).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک مزارع مورد مطالعه

برای بررسی وضعیت خاک مناطق مورد مطالعه، برخی فاکتورهای خاک شامل درصد ماده آلی، غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز، مس، آهک، قابلیت هدایت الکتریکی، واکنش شیمیایی خاک در عمق صفر تا 30 سانتی‌متری مورد بررسی قرار گرفت. براساس محدوده‌های در نظر گرفته شده برای هر کدام از ویژگی‌های خاک (جونز، 2001؛ ملکوتی و غیبی، 1379؛ طبقه بندی خاک ، 1999) که در جدول شماره یک آمده است، مقادیر حداقل و حداکثر داده، انحراف از میانگین

(SD) و درصد فراوانی غلظت عناصر غذایی در خاک مشخص شد (جدول 2).

جدول 1- محدوده های در نظر گرفته شده برای محاسبه درصد فراوانی

فاکتور اندازه گیری شده	محدوده در نظر گرفته شده			
	خیلی کم	کم	متوسط	کافی تا زیاد
کربن آلی (%)	کمتر از 0/5	0/5-1	1-1/5	بیشتر از 1/5
فسفر ($mgkg^{-1}$)	کمتر از 5	5-10	10-15	بیشتر از 15
پتاسیم ($mgkg^{-1}$)	کمتر از 150	150-200	200-250	بیشتر از 250
آهن ($mgkg^{-1}$)	کمتر از 2/5	2/5-5	5-8	بیشتر از 8
روی ($mgkg^{-1}$)	کمتر از 0/5	0/5-1	1-2	بیشتر از 2
منگنز ($mgkg^{-1}$)	کمتر از 4	4-8	8-10	بیشتر از 10
مس ($mgkg^{-1}$)	کمتر از 0/3	0/8-0/3	1/2-0/9	بیشتر از 1/2
کربنات کلسیم معادل (%)		کمتر از 15		بیشتر از 15
قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	کمتر از2	4-2	4-8	بیشتر از 8

نتایج نشان‌دهنده پایین بودن مقدار کربن آلی در تمامی مزارع است. در مزارع گوجه‌فرنگی عمدتاً کود مرغی به مقدار حدود 2 تا 5 تن در هکتار به عنوان منبع ماده آلی استفاده می‌شود. در اکثر موارد نیز تنها شیره این کود برای بهبود وضعیت تغذیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. گرم و خشک بودن منطقه مهمترین دلیل پایین بودن کربن آلی خاک است، اما مصرف کود مرغی در مقادیر ذکر شده و به روش فوق نیز مزید بر علت شده و تأثیری بر افزایش کربن آلی خاک نداشته است. مقدار بالای آهک که در تمامی موارد بیشتر از 40 درصد بود از عوامل مهم تأثیرگذار بر وضعیت تغذیه‌ای می‌تواند باشد (جدول 2).

قابلیت استفاده فسفر در 40 درصد مزارع در دامنه کافی تا زیاد و در 60 درصد مزارع خیلی‌کم و یا کم بود (جدول 2). به دلیل آهکی بودن خاک‌های منطقه و پایین بودن قابلیت جذب فسفر در این خاک‌ها (هاولین و همکاران، 2005)، مصرف مقادیر متفاوت کودهای حاوی فسفر در مزارع گوجه‌فرنگی منطقه معمول است. این موضوع می‌تواند در دامنه نسبتاً وسیع قابلیت استفاده فسفر در خاک در مزارع مختلف مؤثر باشد. در 80% مزارع مورد مطالعه میزان پتاسیم قابل استفاده در خاک کمتر از 180 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. با توجه به اینکه حدبحرانی پتاسیم در خاک برای گوجه‌فرنگی 200 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (ملکوتی و غیبی، 1379)، انتظار می‌رود بخش اعظم مزارع دچار کمبود نسبی پتاسیم باشد.

مقدار آهن قابل جذب خاک در بیش از 70 درصد موارد کمتر از 5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود (جدول 2). به طور طبیعی قابلیت استفاده آهن در خاک‌های شدیداً آهکی منطقه بسیار کم است و مصرف کودهای حاوی آهن عمومیت دارد. مقدار آهن بیش از 5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در 30 درصد مزارع، ناشی از مصرف کودهای آهن است. قابلیت استفاده عناصر غذایی منگنز، روی و مس در خاک‌های مورد بررسی نسبتاً زیاد بود. با توجه به آهکی بودن خاک‌های منطقه و پایین بودن قابلیت استفاده عناصر غذایی کم مصرف کاتیونی در این خاک‌ها (هاولین و همکاران، 2005)، مصرف کودهای حاوی ریزمغذی‌های روی، منگنز و مس در مزارع گوجه‌فرنگی منطقه عمومیت دارد. معمولاً کودهای مرکب حاوی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف به نسبت‌های مختلف، بدون برنامه منسجم و یا آزمون خاک مصرف می‌شود. اضافه می‌نماید سموم حاوی مس و منگنز به دلیل بارندگی و رطوبت زیاد هوا در فصول پاییز و زمستان و در نتیجه شیوع عوامل بیماری‌زا در حد زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. احتمال می‌رود این امر یکی از عوامل مؤثر بر مقدار زیاد عناصر غذایی مس و منگنز در خاک باشد.

جدول 2- وضعیت خاک‌های مزارع انتخابی

فاکتور اندازه گیری	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	درصد فراوانی			
					خیلی کم	کم	متوسط	زیاد
کربن آلی (%)	0/04	1/23	0/42	0/2	85	13	2	0
فسفر ($mgkg^{-1}$)	1/8	33/9	12/1	7/67	16	32	13	39
پتاسیم ($mgkg^{-1}$)	60	230	127	47/6	26	55	19	0
آهن ($mgkg^{-1}$)	1/54	10/86	6/41	1/70	8	64	24	4
منگنز ($mgkg^{-1}$)	3/81	18/3	7/96	3/37	0	12	48	40
روی ($mgkg^{-1}$)	0/26	14/6	3/26	3/03	4	16	32	48
مس ($mgkg^{-1}$)	0/26	37/8	2/25	3/99	0	4	20	76
کربنات کلسیم معادل (%)	52/8	89/5	61/8	7/7	0	0	0	100
رس (%)	9/60	49/6	19/0	9/16	-	-	-	-
شن (%)	24/4	76/4	49/5	16/9	-	-	-	-
قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	2/24	15/3	7/22	1/57	0	48	46	6

نتایج تجزیه گیاه و محدوده کفایت و بحرانی عناصر غذایی در روش تشخیص چندگانه

براساس نتایج حاصل از تجزیه آزمایشگاهی محدوده نسبتاً وسیعی از غلظت هرکدام از عناصر غذایی در مزارع مورد مطالعه وجود داشت (جدول 3). عملیات گام به گام بررسی وضعیت تغذیه‌ای به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی، مطابق روش پیشنهادی (خیاری و همکاران، 2001abc)، (دریاشناس و ثقفی،1390) و (بصیرت و همکاران، 1395) انجام شد.

جدول 3- دامنه غلظت عناصر غذایی در برگ گوجه‌فرنگی مزارع مورد مطالعه

عناصر غذایی	پارامترهای آماری				
	حداقل	حداکثر	میانگین	میانه	انحراف معیار
نیتروژن (%)	0/643	4/93	2/49	2/45	0/883
فسفر (%)	0/023	0/418	0/268	0/254	0/073
پتاسیم (%)	0/139	3/55	2/06	2/12	0/632
کلسیم (%)	2/00	4/80	2/96	2/86	0/663
منیزیم (%)	0/840	3/54	2/24	2/28	0/702
آهن ($mgkg^{-1}$)	82	1132	231	179	191
منگنز ($mgkg^{-1}$)	37	278	105	92	53
روی ($mgkg^{-1}$)	6	73	36	35	13
مس ($mgkg^{-1}$)	0/3	257	33	19	43
بور ($mgkg^{-1}$)	32	105	63	60	17

مرحله اول

داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوطه به 79 مزرعه گوجه‌فرنگی مورد مطالعه براساس میزان عملکرد از زیاد به کم مرتب شد. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی 10 عنصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور) و نیز مقدار باقیمانده (R_d) بر اساس معادلات 3 و 4 محاسبه شد. در ادامه براساس معادله 8 مقادیر تابع نسبت واریانس عناصر غذایی ($F_i (V_X)$) برای کلیه عناصر محاسبه شد. متعاقب آن تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی ($F_i^C (V_X)$) براساس معادله

9 برآورد شد. برای تعیین عملکرد حد واسط و تمایز گروه با عملکرد کم و زیاد ارتباط بین عملکرد و مقادیر تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی هر عنصر غذایی محاسبه و ترسیم شد که بصورت 11 معادله درجه 3 برای 10 عنصر و یک قسمت باقیمانده (R_d) برازش داده شد (جدول 4). نقاط عطف منحنی‌ها نیز از طریق محاسبه مشتق دوم معادلات (-b/3a) برای هر 10 عنصر و ترکیبات باقی‌مانده برآورد شد (جدول 4). بالا بودن ضریب تبیین نشان‌دهنده برازش مناسب نقاط با معادله درجه 3 و انتخاب دقیق و با اطمینان بالاتر نقطه عطف یعنی عملکرد تمایزکننده می‌باشد. بر این اساس عملکرد 86/7 تن در هکتار به عنوان حداکثر عملکرد که ناشی از عنصر غذایی منیزیم بود، مرز تفکیک دو گروه با عملکرد زیاد و کم از یکدیگر قرار گرفت. بر این اساس از 79 مزرعه مورد مطالعه 16 درصد از آنها در گروه با عملکرد زیاد و 84 درصد در گروه با عملکرد کم قرار گرفتند.

جدول 4- برآورد عملکرد حد واسط براساس روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی از مزارع

عناصر غذایی	$F_i^c(V_X)=aY^3+bY^2+cY+d$	R^2	(-b/3a) ton.ha^{-1}
N	$-0.0007x^3 + 0.1717x^2 - 13.359x + 358.98$	0.96^{**}	80.9
P	$-0.000447x^3 + 0.105084x^2 - 8.663911x + 264.136286$	0.96^{**}	78.4
K	$-0.000628x^3 + 0.150403x^2 - 12.179588x + 345.933982$	0.97^{**}	79.8
Ca	$-0.000445x^3 + 0.105750x^2 - 8.777955x + 269.053813$	0.97^{**}	79.2
Mg	$-0.000303x^3 + 0.078772x^2 - 7.143617x + 230.753586$	0.96^{**}	86.7
Fe	$-0.000424x^3 + 0.107627x^2 - 9.190590x + 267.995591$	0.96^{**}	84.6
Mn	$-0.000343x^3 + 0.088032x^2 - 7.681118x + 230.800223$	0.95^{**}	85.6
Zn	$-0.000655x^3 + 0.150753x^2 - 11.490096x + 296.662046$	0.90^{**}	76.7
Cu	$-0.000639x^3 + 0.153038x^2 - 12.174935x + 326.409249$	0.93^{**}	79.8
B	$-0.000265x^3 + 0.067883x^2 - 6.425140x + 230.749784$	0.98^{**}	85.4
Rd	$-0.000553x^3 + 0.127510x^2 - 10.063960x + 287.126489$	0.96^{**}	76.8

مرحله 2

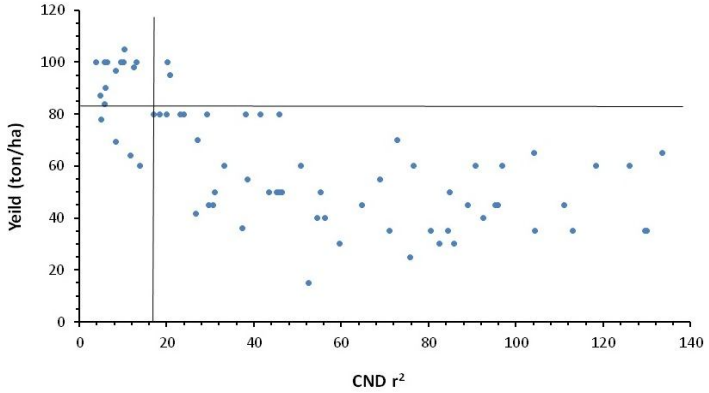
شاخص‌های عناصر (I_x) در روش تشخیص چندگانه برای هر کدام از عناصر غذایی و در هرکدام از نمونه‌های برداشت شده براساس رابطه 6 محاسبه شد. با کمک شاخص‌های عناصر غذایی و با استفاده از رابطه 7 شاخص عدم تعادل عناصر غذایی (r^2) در هر کدام از مزارع نمونه‌برداری شده محاسبه شد. همچنانکه در مرحله یک اشاره شد 84 درصد جمعیت در گروه با عملکرد پایین قرار گرفت و مقدار مربع کای مربوطه با درجه آزادی 11 برابر با 17/4 بود. حد بحرانی مربع کای 17/4 حداکثر مقدار مربع کای برای واجد شرایط بودن یک نمونه برای قرار گرفتن در زیرجمعیت با عملکرد بالا است (خیاری و همکاران، 2001).

مرحله 3

میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی برای 10 عنصر مورد مطالعه در نمونه‌های با عملکرد زیاد که عملکرد آنها بیشتر از 7/ 86 تن در هکتار بود به عنوان نرم‌های CND در جدول شماره 5 آمده است. شاخص‌های عناصر مختلف غذایی (I_x) و $CNDr^2$ به عنوان متغیرهای خطی و استاندارد محاسبه شدند (خیاری و همکاران 2001 a). برای مطالعه اعتبارسنجی با استفاده از روش پارتیشن بندی کیت -نلسون، ارتباط بین $CNDr^2$ و عملکرد گوجه‌فرنگی برای 79 نمونه مستقل ترسیم شد که مقدار عملکرد مرزی 84 و مقدار $CNDr^2$ برابر با 17 را نشان داد (شکل 2). این نتایج تأیید کننده عملکرد مرزی بدست آمده در مرحله یک و مقدار حد بحرانی مربع کای بدست آمده در مرحله 2 است.

جدول 5- نرم‌های CND عناصر غذایی در زیرگروه جمعیت با عملکرد بیشتر از 7/ 86 تن در هکتار

انحراف معیار	میانگین	نسبت لگاریتمی
0/202	2/79	V^*_N
0/174	0/460	V^*_P
0/143	2/62	V^*_K
0/195	2/57	V^*_{Ca}
0/225	2/08	V^*_{Mg}
0/134	-2/20	V^*_{Fe}
0/134	-3/10	V^*_{Mn}
0/200	-3/74	V^*_{Zn}
0/250	-4/34	V^*_{Cu}
0/173	-3/25	V^*_B



شکل 2- رابطه بین شاخص عدم تعادل عناصر غذایی CND r^2 و عملکرد محصول

مرحله 4- ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع گوجه فرنگی استان بوشهر

برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای مزارع گوجه‌فرنگی مـورد بـررسی، از میانگین شاخص‌های عملکردی عناصر غذایی در جمعیت با عملکرد مطلوب استفاده شد (جدول 6). در این جدول حدود بحرانی بالا و پایین از ریشه دوم شاخص بحرانی عناصر غذایی حاصل شده است (دریاشناس و ثقفی، 1390).

جدول 6- مقدار شاخص عناصر غذایی و محدوده بحرانی آن برای 10 عنصر غذایی مورد بررسی

	عملکرد بحرانی (تن در هکتار)	I^2_X بحرانی	حد پایین بحرانی	حد بالا بحرانی
I^2_N	81	0/923	-0/961	0/961
I^2_P	78/4	0/923	-0/961	0/961
I^2_K	79/8	0/923	-0/961	0/961
I^2_{Ca}	79/2	0/923	-0/961	0/961
I^2_{Mg}	86/7	0/923	-0/961	0/961
I^2_{Fe}	84/6	0/923	-0/961	0/961
I^2_{Mn}	85/6	0/923	-0/961	0/961
I^2_{Zn}	76/7	0/923	-0/961	0/961
I^2_{Cu}	79/8	0/923	-0/961	0/961
I^2_B	76/9	0/923	-0/961	0/961

برای مشخص شدن وضعیت تغذیه‌ای گیاه در مزارع با عملکرد متفاوت، ابتدا تمامی مزارع مورد بررسی براساس میزان عملکرد محصول به 5 گروه عملکردی شامل عالی (بیشتر از 90)، خوب (80-90)، متوسط (60-80)، کم (45-60) و خیلی کم (کمتر از 45 تن در هکتار) تقسیم شد. سپس در هر کدام از مزارع، شاخص هر کدام از عناصر غذایی محاسبه و وضعیت آن نسبت به محدوده بحرانی مشخص شد. شاخص‌های قرار گرفته در محدوده بحرانی به عنوان وضعیت متعادل و خارج از آن به عنوان وضعیت غیرمتعادل کمبود و یا زیادبود تعریف شد (جدول 7). در این جدول وضعیت تغذیه عناصر غذایی به سه وضع نامتعادلی کمبود، نامتعادلی زیادبود و متعادل کافی تشریح شده است. بررسی نتایج نشان داد از مجموع 10 عنصر غذایی در 79 مزرعه مورد بررسی، تعداد 313، 268 و 209 رکورد به ترتیب در وضعیت تغذیه‌ای متعادل کافی، نامتعادل کمبود و نامتعادل زیادبود بوده است. همچنین مزارع با عملکرد زیاد از وضعیت تغذیه‌ای متعادل‌تری برخوردار بودند. به عنوان مثال در گروه‌های با عملکرد بیش از 90 و یا 80-90 تن در هکتار به ترتیب 67 و 59 درصد رکوردها در وضعیت متعادل کافی قرار داشت، در حالیکه این ارقام برای گروه‌های عملکرد 45-60 و یا کمتر از 45 تن در هکتار به ترتیب 30 و 22 درصد بود (جدول 7). این نتیجه با فلسفه روش CND که غلظت عناصر غذایی گروه‌های عملکرد بالا متعادل‌ترین غلظت هستند تطابق دارد (دریاشناس و ثقفی، 1390).

از بین عناصر غذایی مورد بررسی بطور میانگین بیشترین نامتعادلی کمبود مربوط به عنصر غذایی پتاسیم بود. به طوریکه از 79 مزرعه مورد بررسی، 56 درصد آن دچار نامتعادلی کمبود پتاسیم بودند. از این حیث عناصر غذایی نیتروژن، روی و بور به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین بیشترین نامتعادلی زیادبود مربوط عنصر غذایی منیزیم بود که در 68 درصد کل مزارع مورد بررسی مشاهده شد. عناصر غذایی کلسیم و منگنز به ترتیب در رتبه‌های بعدی ایجاد نامتعادلی زیادبود قرار گرفتند.

بررسی وضعیت تغذیه‌ای عناصر مختلف غذایی در گروه‌های با عملکرد متفاوت نشان داد که عامل ایجاد عدم تعادل تغذیه‌ای در هر کدام از این گروه‌ها، عناصر مختلفی هستند. به عنوان مثال در گروه با عملکرد بیشتر از 90 تن در هکتار که نامتعادلی کمبود تنها در 16 درصد مزارع مشاهده شد، بیشترین آن ناشی از عناصر غذایی کلسیم، منیزیم و فسفر بود. در حالیکه در مزارع با عملکرد کمتر از 45 تن در هکتار که 47 درصد آنها دچار نامتعادلی کمبود بودند، بیشترین نامتعادلی کمبود ناشی از عنصر

غذایی پتاسیم بود که در 85 درصد این مزارع مشاهده شد. در این گروه، نامتعادلی کمبود ناشی از نیتروژن و روی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند که به ترتیب در 75 و 65 درصد مزارع این گروه مشاهده شد.

عامل ایجاد نامتعادلی زیادبود نیز در گروه‌های با عملکرد مختلف، متفاوت بود. به عنوان مثال در گروه با عملکرد بیشتر از 90 تن در هکتار، نامتعادلی زیادبود در عناصر غذایی پتاسیم و آهن بیشتر از سایر عناصر بود. به طوریکه نامتعادلی زیادبود عناصر مذکور در 25 درصد مزارع این گروه مشاهده شد. در حالیکه در گروه با عملکرد کمتر از 45 تن در هکتار، از بین عناصر غذایی مورد بررسی، منیزیم و کلسیم دارای بیشترین نامتعادلی زیاد بود بودند که به ترتیب در 85 و 80 درصد مزارع این گروه مشاهده شد.

جدول 7- وضعیت تغذیه‌ای مزارع گوجه فرنگی مورد بررسی در دامنه‌های مختلف عملکردی با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی ($CND-_{CLR}$)

عملکرد (تن در هکتار)	تعداد مزرعه	وضعیت تعادلی عناصر	تعداد مزارع دارای وضعیت تغذیه‌ای متعادل و یا نامتعادل ناشی از عناصر مختلف غذایی										
			نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	منگنز	روی	مس	بور	مجموع
		نامتعادل کمبود	2	3	1	3	3	1	2	2	1	1	19
>90	12	متعادل کافی	8	8	8	6	7	8	8	8	10	9	80
		نامتعادل زیادبود	2	1	3	3	2	3	2	2	1	2	21
		نامتعادل کمبود	2	1	2	0	1	7	1	2	4	6	26
90-80	11	متعادل کافی	9	10	9	7	3	3	6	9	6	3	65
		نامتعادل زیادبود	0	0	0	4	7	1	4	0	1	2	19
		نامتعادل کمبود	6	6	10	1	0	7	1	8	8	6	53
80-60	16	متعادل کافی	7	5	6	8	7	5	5	6	7	9	65
		نامتعادل زیادبود	3	5	0	7	9	4	10	2	1	1	42
		نامتعادل کمبود	12	10	14	1	1	8	2	11	7	11	77
60-45	20	متعادل کافی	8	6	4	6	0	6	9	8	6	6	59
		نامتعادل زیادبود	0	4	2	13	19	6	9	1	7	3	64
		نامتعادل کمبود	15	11	17	1	0	10	6	13	8	12	93
<45	20	متعادل کافی	3	7	3	3	3	5	5	6	3	6	44
		نامتعادل زیادبود	2	2	0	16	17	5	9	1	9	2	63
		نامتعادل کمبود	37	31	44	6	5	33	12	36	28	36	268
مجموع	79	متعادل کافی	35	36	30	30	20	27	33	37	32	33	313
		نامتعادل زیادبود	7	12	5	43	54	19	34	6	19	10	209

نتایج فوق نشان می‌دهد که در مزارع با عملکرد پایین‌تر از 80 تن در هکتار که بخش اعظم مزارع را تشکیل می‌دهد، وضعیت تغذیه‌ای گیاه نامتعادل است. این نتایج لزوم مصرف کودهای حاوی عناصر غذایی پتاسیم، نیتروژن، روی و آهن را به ترتیب اولویت در این مزارع نشان می‌دهد. پایین بودن میزان ماده آلی و آهکی بودن شدید خاک می‌تواند در بروز و تشدید کمبود عناصر غذایی مذکور مؤثر باشد (هاولین و همکاران، 2005). همچنین با توجه به مشهود بودن زیادبود منیزیم، کلسیم و منگنز در این مزارع، لزوم دقت در عدم مصرف کودهای حاوی این عناصر در این مزارع را نشان می‌دهد. البته این نکته قابل ذکر است که به احتمال قوی، زیادی کلسیم و منیزیم به دلیل آهکی بودن شدید خاک، سبب تشدید بروز کمبود پتاسیم شده است. آنتاگونیستی پتاسیم، کلسیم و منیزیم که در منابع به آن اشاره شده است (مارشنر، 2012) می‌تواند مؤید این موضوع باشد. براساس گزارش والورد و سامنر (1987) اثرات متقابل عناصر در مشخص کردن عناصر محدودکننده در روش CND نقش اساسی دارد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از راهنمایی‌های جناب آقای مهندس عبدالمحمد دریاشناس از همکاران محترم بازنشسته موسسه تحقیقات خاک و آب در تعیین و استفاده از نرم‌ها کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

فهرست منابع:

1. احمدی، ک.، ح. عبادزاده، فرشاد حاتمی، ه. عبدشاه و آ. کاظمیان. 1399. آمارنامه کشاورزی سال 98 -1397. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنانه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
2. بصیرت، م.، ا. اخیانی و ع. دریاشناس. 1395. برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی برای انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی. نشریه پژوهش های خاک. جلد 30. شماره 1: 2-11.
3. چاکرالحسینی، م.، ر. خراسانی، ا. فتوت، و م. بصیرت. 1395. تعیین اعداد مرجع و محدودیت عناصر غذایی برای پرتقال با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد 6. شماره 2: 161- 172.
4. حسینی، ی.، ج. صالح، و م. چاکرالحسینی. 1399. ارزیابی وضعیت تغذیهای باغهای لیموترش در هرمزگان با روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی. نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. سال دهم. شماره 2. 81 – 92.
5. علی احیایی، م. و ع. امامی. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. (جلد اول). نشریه 982. وزارت جهاد کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران
6. علی احیایی، م. و ع. بهبهانی‌زاده. 1375. روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه 893. وزارت جهاد کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران
7. دریاشناس، ع. و ک. ثقفی. 1390. تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندرقند. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 25، شماره 1: 1-12.
8. ملکوتی، م. ج. 1387. روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودها برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس ، تهران، ایران
9. ملکوتی، م .ج و م. ن. غیبی. 1379. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک. نشر آموزش کشاورزی. تهران، ایران
10. ملکوتی، م .ج، ن. کریمیان، پ. کشاورز. 1384. روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. چاپ ششم (با تجدید نظر کامل). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.
11. Aitchison, J. 1986. Statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, New York.
12. Jones, J.B., Jr. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
13. Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisadale, and W. L. Nelson. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management.7th Ed. Pearson Education Inc., Upper Saddle River. New Jersey, USA. 515 p.
14. Jose, L., D. Garcia-Hernandez, Ricardo. Y. Valdez- Cepeda, Narciso. S. Avila, M. Bernardo, N. Alejandra, M. Rafael, L. Juan and T. Enriqur. 2005) Preliminary compositional nutrient diagnosis norms for cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp.) grown on desert calcareous soil. Plant and Soil. Volume 271, Numbers 1-2.pp 297-307.
15. Khiari, L., L. E. Parent, and N. Tremblay. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agron. J. 93:809–814.

16. Khiari, L., L. E. Parent, and N. Tremblay. 2001b. The Phosphorus Compositional Nutrient Diagnosis Range For Potato. Agron. J. 93:815–819.
17. 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.
18. Marschner H. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3 rd edn). University of Adelaide press: Australia.
19. Parent, L. E., and M. Dafir. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117:239–242.
20. Parent, L. E., L. Khiari. 2003. The compositional nutrient diagnosis of onions .xxxvi international horticultural congress: Toward ecologically sound fertilization strategies for field vegetable production. http://www.actahort.org.
21. Parent, L. E. 2011. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal. 33: 321-334.
22. Refael, M., D. Ricardo, B. Fidel, M. Miguel, R. Raul, P. Oscar, L. Jose, M. Bernardo, D. Jose, and M. Enrique. 2004. Compostional Nutrient Diganosis In: Nopal (*Opuntia ficus-indica*). (on line). Available at http://www.Jpacd.org (verified 24 Mar .2009).
23. Ross, S. M. 1987. Introduction to probability and statistics for engineers and scientists. John Wiley & Sons, New York, 233p.
24. Walworth, J. L., and M. E. Sumner. 1987. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Adv. Soil Sci. 6:149–188.

Evaluation of Nutritional Status and Priority of Nutrients Requirement of Tomato by Compositional Nutrient Diagnosis Method in Bushehr Province

M. Zolfi Bavariani[1], S. A. Ghaffarinejad, and M. Nowroozi

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bushehr, Iran;
E-mail: mzolfi2001@yahoo.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran;
E-mail: ma_ghaffari51@yahoo.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Bushehr, AREEO, Bushehr, Iran;
E-mail: nowroozi50@yahoo.com

Received: January, 2022, and Accepted: May, 2022

Abstract

Tomato is one of the most important crops in Bushehr Province and its out-of-season cultivation has doubled its importance. Achieving optimal performance is possible by balancing the nutrients. Nutritional indicators are used to diagnose nutritional disorders and the subsequent optimal use of chemical fertilizers. This research was conducted by selecting 79 tomato farms from different parts of the province with different yields in two years (2018-2020). Soil samples of selected fields were taken from a depth of 0 to 30 cm and leaf samples were taken at the beginning of fruiting. The average yield of each field was measured at the end of harvest and laboratory analysis of samples was performed by standard methods. The experimental data were fitted with compositional nutrient diagnosis model (CND). The studied farms were divided into two groups, low and high yields, with a cut-off yield of 86.7 tons per hectare, based on the highest yield and calculations according to the CND method. Reference numbers of leaf nutrient concentrations were calculated as 2.79±0.202, 0.460±0.174, 2.62±0.143, 2.57±0.195, 2.08±0.225, -2.20±0.134, -3.10±0.134, -3.74±0.200, -4.34±0.250, and -3.25±0.173 for N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, and B, respectively. Also, the optimal leaf nutrient concentrations range for 86.7 tons per hectare of yield were N: 3.38±0.94, P: 0.324±0.074, K: 2.77±0.397, Ca: 2.63±0.423, Mg: 1.64±0.394 percent, and for Fe: 221±24.6, Mn: 90.9±14.8, Zn: 48.3±11.1, Cu: 27.3±8.40, and B: 79.3±17.5 $mg.kg^{-1}$. Potassium, N, and Zn deficiency as well as excess amount of Mg, Ca, and Mn were identified as the imbalanced nutrients in tomato production in Bushehr Province. This can be due to the calcareous nature of the soil and unbalanced use of chemical fertilizers.

Keywords: Nutrients balance, Critical level, Plant analysis**.**

[1] Corresponding author: Soil and Water Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center.