پژوهش در علوم باغبانی
جلد ۱، شماره۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱ (ص۱۳۴-۱۲۳)

Journal of Reserch in Horticultural Science
Vol. 1, No.1 spring and summer 2022 (123-134)

https://rhsj.areeo.ac.ir

شناخت وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های فندق در استان قزوین با استفاده از شاخص تشخیص چندگانه عناصرغذایی (CND)

مهرزاد محصص مستشاری[1*]، اعظم خسروی نژاد[2]، مصطفی قاسمی[3]، آرزو عسگری[4]

۱-دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران.
۲-محقق بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران.
۳-استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران.
۴-کارشناسی ارشد علوم خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

چکیده

تشخیص وضعیت تغذیه‌ای گیاه به‌منظور شناسایی عوامل محدودکننده رشد و عملکرد محصول امری ضروری است. روش‌های شناسایی وضعیت عناصر غذایی در گیاهان، راهکاری مؤثر در تعیین الگوی مصرفی آن‌ها و افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است. در این پژوهش، ۴۰ باغ فندق با شرایط یکسان و با عملکردهای متفاوت مشخص شد و نسبت به مکان‌نمائی نقاط با دستگاه GPS اقدام شد. در تمامی باغ‌های فندق، نمونه‌برداری مرکب خاک از اعماق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری تهیه شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. ده درخت در هر باغ به‌عنوان نمونه انتخاب و نمونه‌های برگی از چهار تا پنج برگ بالغ و کامل انتهایی شاخه‌های یک‌ساله در اوایل مرداد ماه برداشت شد. در نهایت عملکرد باغ‌های فندق نیز اندازه‌گیری شد. با استفاده از نتایج شاخص تشخیص چندگانه وضعیت عناصر غذایی در نمونه‌های برگی، وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های فندق تجزیه و تحلیل شد. با توجه به شاخص‌های تغذیه‌ای، باغ‌ها به دو جامعه با عملکرد بالا و پایین تقسیم شد و حدود بحرانی عناصرتعیین شد. عملکرد مطلوب فندق در شهرستان الموت به میزان ۵/۶۵ تن در هکتار به‌دست آمد و ۴۲ درصد باغ‌ها در جامعه با عملکرد بالا و ۵۸ درصد در جامعه با عملکرد پایین قرار داشت. دامنه غلظت مطلوب عناصر غذایی برای نیتروژن ۰/۲۲ ± ۲/۳۵ درصد، فسفر ۰/۰۴۰ ± ۰/۱۵ درصد، پتاسیم ۰/۴۲ ± ۱/۲۲ درصد، کلسیم ۰/۳۳ ± ۱/۷۴ درصد، منیزیم ۰/۰۷ ± ۰/۴۰ درصد، منگنز ۲۲ ± ۷۵/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم، روی ۱ ± ۳۳ میلی‌گرم درکیلوگرم، آهن ۱۶۴ ± ۵۶۰ میلی‌گرم درکیلوگرم، مس ۲/۹۸ ± ۱۱/۰۷ میلی‌گرم درکیلوگرم تعیین شد. نتایج نشان داد بیش‌تر باغ‌های فندق این شهرستان از لحاظ میزان عنصر آهن، روی، منیزیم و فسفر، با کمبود رو به رو هستند.

واژگان کلیدی: تجزیه گیاه، تعادل عناصر غذایی، حد بحرانی، شاخص CND، فندق.

Recognizing Nutritional Status of Hazelnut Orchards in Qazvin Province using Multiple Nutrient Recognition Methods

M.Mohasses Mostashari[1]*, A.Khosravinejad[2], M. Ghasemi[3], A.Asgari[4]

1- Associate Professor, Soil and Water Research Department, Qazvin Agricultural and Natural ResourcesResearch and. Education Center, (AREEO) Qazvin, Iran.
2- Researcher, Soil and Water Research Department, Qazvin Agricultural and Natural ResourcesResearch and. Education Center, (AREEO) Qazvin, Iran.
3- Assistant Professor (Ph.D.), Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center,(AREEO), Qazvin, Iran.
4-Master of soil science, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.

Abstract

It is necessary to diagnose the nutritional status of the plant in order to identify the factors limiting the growth and yield of crops and orchards at the macro level & Methods for identifying the nutrients status of plants is an effective solution to determine the consumption pattern of nutrients and increase yield and improve the quality of agricultural products. This research was conducted in coordination with Jahad Agricultural Management of Alamut County.The project implementation locations were identified as 40 gardens and these 40 points of the gardens were located by GPS device. In all gardens, composite soil sampling was prepared from of 0-30 and 30-60 cm depths and its physical and chemical properties were measured. In each garden, 10 trees were selected as samples and leaf samples were obtained from four to five leaves and the complete ends of annual branches were harvested in early August. Finally, the performance of hazelnut orchards was recorded using the results of multiple identification index to analyze the status of nutrients in the leaf samples of hazelnut orchards in Alamut county of Qazvin province. According to the nutritional indicators, the gardens were divided into two communities with high and low yields and the critical limits of the elements were determined. Optimal yield of hazelnut in Alamut county was 5.65 tons per hectare and the range of optimum concentration of nutrients for nitrogen was 2.35 ± 0.22%, phosphorus 0.15 ± 0.040%, potassium 1.22 ± 0.42%, calcium 1.74± 0.33%, magnesium 0.40± 0.07%, manganese 75.39 ± 22 mg / kg, zinc 33 ± 1 mg / kg, iron 560 ±164 mg / kg, copper 11.07 ±2.98 mg / kg was determined. The results showed that most of the hazelnut orchards in this city are deficient in iron, zinc, magnesium, phosphours 42% of the orchards are in high yield and 58% in low yield.

Keywords: Critical level, Hazelnut, Multiple Nutrient Recognition Methods, Nutrients balance, Plant analysis.

* نویسنده مسئول: mehrzad mostashari @gmail.com

۱- مقدمه

استان‌های گیلان، قزوین و مازندران با حدود ۳۳ درصد از سطح زیر کشت فندق کشور از مهم‌ترین مناطق کشت فندق در ایران به شمار می‌آیند (غلامی دشتکی، ۱۳۳۴). شهرستان الموت با ۳۲۵۰ هکتار سطح زیر کشت فندق و متوسط عملکرد ۱۰۷۰ کیلوگرم در هکتار، از مهم‌ترین مراکز تولید فندق باکیفیت بسیار خوب کشور است (آمارنامه سال ۱۴۰۰).

حفظ اراضی موجود و افزایش کمی و کیفی عملکرد محصول در واحد سطح از اهداف اساسی مدیریت منابع کشاورزی است و مصرف بهینه کود و رعایت تناسب بین عناصر غذایی در افزایش کمی و کیفی محصول اهمیت زیادی دارد (مستشاری، ۱۳۹۸). با توجه به این مهم، کمبود مواد غذایی در باغ‌ها به‌عنوان یک معضل شایع مطرح شده است و از طرفی دستورالعمل کودی مناسبی برای تغذیه باغ‌های فندق وجود ندارد که این امر سبب کاهش عملکرد در این باغ‌ها شده است.

یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد باغ‌ها، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای است که می‌بایست وضعیت تغذیه و ناهنجاری‌های باغ‌ها و عوامل مؤثر در جذب و مصرف عناصر غذایی شناسایی شود و با توجه به نتایج حاصله نسبت به توصیه مقادیر و منابع مناسب کودهای شیمیایی و زمان مصرف آن‌ها اقدام نمود. شناخت وضعیت موجود تغذیه‌ای گیاه برای رسیدن به حدودی از غلظت عناصر در برگ و برای پی بردن به اثرگذارترین یا محدودکننده‌ترین عامل یا عوامل تغذیه‌ای مؤثر در عملکرد امری ضروری است (ملکوتی، ۱۳۸۷). تجزیه برگی برای اندازه‌گیری غلظت مواد غذایی در زمان رشد گیاهان منعکس‌کننده وضعیت فعلی مواد غذایی در گیاه است که می‌تواند به‌عنوان یک شاخص عمل کند (Imakumbili *et al*, 2020) علاوه‌بر این تجزیه برگ می‌تواند مکمل مفیدی برای تجزیه خاک در نظر گرفته شود (Nowaki *et al,* 2017). برای تفسیر و تحلیل نتایج حاصل از تجزیه برگ روش‌های متعددی معرفی‌شده است که یکی از این روش‌ها، روش تشخیص چندگانه عناصر است که براساس تعیین اولویت و فراوانی کمبود عناصر غذای در گیاه است (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰). با بررسی تغییر غلظت عناصر غذایی در عملکردهای پایین و بالا در شرایط منطقه می‌توان وضعیت تغذیه‌ای را مورد ارزیابی قرارداد و نشان داد که برای رسیدن به عملکرد مطلوب می‌بایست چه شاخص‌هایی اصلاح شود (زلفی و همکاران، ۱۴۰۱).

مهم‌ترین روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه شامل روش انحراف از درصد بهینه (DOP) ارائه‌شده توسط مونتاس و همکاران (Montanes *et al,* 1993)، روش تشخیص چندگانه عناصر (CND) توسط پرنت و همکاران (Parent *et al,* 1994) و خیاری و همکاران (Khiari *et al,* 2001a,b,c) است. با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی می‌توان شناخت مطلوبی از وضعیت عناصر غذایی و اعداد مرجع به‌دست آورد که به‌کمک این اعداد مصرف بهینه کود را نه‌تنها در سطح یک باغ بلکه در سطوح کلان با دقت بیش‌تری مدیریت کرد. همچنین ضمن حفظ حاصلخیزی خاک و حفظ محیط‌زیست، سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول شد (Parent, 2011)؛ (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰)؛ (Khiari *et al,* 2001). روش تشخیص چندگانه عناصر، راهنمای مناسبی برای تفسیر نتایج تجزیه گیاه است، در این روش تفکیک گروه‌های عملکردی مطلوب با دقت زیاد تعیین می‌شوند که این مقادیر در آن جامعه بیانگر غلظت مطلوب برای گیاه است (Khiari et al, 2001). مستشاری و همکاران (۱۳۹۹) در باغ‌های انگور آذربایجان شرقی نشان دادند که در بین عناصر پر نیاز، کمبود فسفر و

منیزیم و در بین عناصر کم‌مصرف، کمبود روی و مس وجود داشت. نتایج حاصل از ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای لیموترش در استان هرمزگان به‌روش تشخیص چندگانه نشان داد عناصر نیتروژن، پتاسیم، منگنز محدودکننده‌های عمده تولید لیموترش در باغ‌های این استان بودند. علاوه بر این، زیادی عناصر فسفر، کلر، آهن و بور تأثیر نامطلوبی بر عملکرد محصول نشان دادند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹). مستشاری و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی بر روی زیتون به روش تشخیص چندگانه و انحراف از درصد بهینه نشان دادند که شاخص DOP و CND در اکثر باغ‌های موردمطالعه کمبود عنصر منیزیم، نیتروژن و کلسیم را مشخص می‌کند. در پژوهشی طاهری (۱۳۹۵) با استفاده از روش‌های DOP، DRIS، CND به تجزیه و تحلیل وضعیت عناصر غذایی تاکستان‌های شهرستان خدابنده در استان زنجان پرداخت و کمبود عنصر روی در هر سه روش به‌کار رفته در این پژوهش مشاهده شد. در بررسی انجام‌شده توسط لاهیجی (۱۳۹۶) وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های فندق به روش DOP کمبود عناصر منگنز، نیتروژن و آهن مشخص شد. چاکرالحسینی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با هدف تعیین اعداد مرجع و محدودیت عناصر غذایی برای پرتقال با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی، دامنه غلظت مطلوب عناصر برای برخی از باغ‌های پرتقال در منطقه گرمسیری و نیمه گرمسیری (استان کهگیلویه و بویراحمد)، به‌منظور حصول عملکرد مطلوب را برای نیتروژن ۰/۳۲۹±۲/۳۸ درصد، فسفر ۰/۰۳۳±۰/۱۷ درصد، پتاسیم ۰/۲۳۵ ±۱/۷۳ درصد، کلسیم ۰/۴۱۵ ±۳/۰۲ درصد، منیزیم ۰/۰۴ ±۰/۲۷ درصد، منگنز ۱۱/۴۴ ±۳۸/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم، روی ۲/۵۲ ±۱۶/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم، آهن ۳۱/۵۷ ±۷۷/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم، مس ۱/۰۴ ±۷/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و بور ۲۹/۲۴ ±۹۸/۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین کردند. ایشان همچنین دریافتند که 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 بیش تر از عدد مرجع مطلوب تعیین شده بود و منیزیم، روی، آهن و کلسیم چهار عنصری بودند که کمبود آن‌ها در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری استان بیش‌تر شایع بوده که این می‌تواند دلیلی برای کاهش عملکرد باشد. بصیرت و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی که بر روی انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چندگانه انجام شد نشان دادند که کمبود کلسیم و نیتروژن در مقایسه با سایر عناصر بیش‌تر بوده است. مستشاری و همکاران (Mostashari *et al,* 2021) در پژوهشی بر روی پسته نشان دادند ترتیب نیاز غذایی در پسته بر اساس شاخص DOP، در باغ‌های با عملکرد پایین به‌صورت Mn>P>K>Ca>N>Fe>Cu>B>Zn است. براساس تفسیر نتایج شاخص‌های محاسبه شده DOP، در بین عناصر پر نیاز، منیزیم و فسفر به‌ترتیب به عنوان منفی‌ترین شاخص‌ها و در بین عناصر کم‌مصرف، منگنز منفی‌ترین شاخص بود. مستشاری و همکاران (Mostashari *et al*, 2018) در پژوهشی که بر روی انگور در استان قزوین به روش تشخیص چندگانه انجام شد نشان دادند که کمبود منگنز، نیتروژن، آهن و فسفر در مقایسه با سایر عناصر بیش‌تر بوده است.

کوددهی برگی و بهبود خواص خاک باغ‌های فندق با استفاده از کود NPK باعث افزایش خواص میکروبیولوژکی خاک، عناصر غذایی و عملکرد فندق شد که به عنوان یک نتیجه مطلوب از نظر مدیریت پایدار خاک و تغذیه گیاه برای باغ‌های فندق محسوب می‌شود (Kizilkuga *et al,* 2022). تارا کیگولو و همکاران (Tarakcioglu *et al,* 2003) در

ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های فندق در منطقه اردو ترکیه با روش تجزیه و برگی اظهار داشتند که باغ‌های فندق معمولاً اسیدی و با آهک کم، رس لومی تا لوم رسی بوده و به میزان کافی نیتروژن و کربن آلی دارند.

هدف از این تحقیق، مطالعه وضعیت عناصر غذایی در درختان فندق در منطقه الموت استان قزوین با استفاده از شاخص تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) و تشخیص عوامل محدودکننده و ترتیب نیاز غذایی و ارائه راهکار مناسب به‌منظور اصلاح وضعیت موجود و بهبود عملکرد محصول است.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش از سال ۱۳۹۶ در شهرستان الموت استان قزوین به مدت سه سال اجرا شد. به‌منظور اجرای طرح، ۴۰ باغ که ازنظر سن و رقم مشابه ولی ازنظر عملکرد متفاوت بودند انتخاب شدند. ارقام تحت بررسی رقم گرد محلی با ۱۵ سال سن بودند. ثبت مختصات استقرار درخان با دستگاه GPS صورت گرفت. پنج باغ از ۴۰ باغ در سال اول که پتانسیل عملکرد بالایی داشتند، انتخاب شدند. توصیه کودی برای تغذیه بهینه این باغ‌ها و پس از استخراج نتایج خاک و گیاه، صورت پذیرفت تا در بین ۴۰ باغ مورد مطالعه باغ‌ها با عملکرد بالا و تغذیه مطلوب نیز وجود داشته باشد. در تمامی باغ‌ها، نمونه‌برداری مرکب خاک از اعماق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها نظیر pH در عصاره گل اشباع توسط pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع توسط کنداکتومتر، آهک از طریق تیتراسیون، مواد آلی به روش والکی بلاک، نیتروژن به روش هضم تر با دستگاه کجلدال، فسفر به روش اولسن، پتاسیم باروش فلیم فتومتری، کلسیم و منیزیم در عصاره اشباع و تیتراسیون با EDTA و عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس، منگنز) با روش عصاره‌گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی و بور به روش آزومتین‌اچ اندازه‌گیری شد (احیایی و همکاران، ۱۳۷۵).

در هر باغ ۱۰ درخت به‌عنوان نمونه انتخاب شدند و نمونه‌های برگی در زمان گلدهی در مرداد ماه تهیه شدند. نمونه‌ها پس از برداشت، ابتدا در محلول آب و مواد شوینده برای دفع مواد چرب، سموم و گرد و خاک شسته شدند و دو مرتبه با آب مقطر آبکشی شدند. نمونه‌ها سپس در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و پس از پودر شدن در آسیاب برقی، برای اندازه‌گیری عناصر مورد نظر آماده شدند. نتایج تجزیه عناصر غذایی نمونه‌های برگی تهیه شده به‌عنوان داده‌های پایه در بانک اطلاعاتی قرار گرفتند. دسته‌بندی در محیط نرم‌افزاری SPSS برای بهره‌برداری بعدی انجام شد. همچنین برنامه‌نویسی شاخص‌های CND با برنامه Excel صورت پذیرفت. عملکرد هر باغ در زمان برداشت از اواخر مردادماه تا اواخر شهریور تعیین و در نرم‌افزار مذکور اضافه شد.

روش تشخیص چندگانه اولین بار توسط پرنت و دافیر (Parent & Dafir, 1992) ارائه شد. در این روش کل غلظت عناصر غذایی در گیاه به‌عنوان یک متغیر [۱] (S_d) به‌علاوه یک بخش باقیمانده (R_d) در نظر گرفته می‌شود که در آن d نماینده تعداد عناصر غذایی داخل شده در معادله و R_d بیانگر مقدار باقیمانده است؛ که معمولاً مقدار کلی آن ۱۰۰ و برحسب درصد بیان می‌شود. سایر عناصر غذایی باقیمانده و اندازه‌گیری نشده است که از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Aitchison, 1980).

$$100S^{d}=[(N,P,K,\ldots,R_d):N>0,P>0,K>0,\ldots$$

$$R_d>0\ N+P+K+\cdots+R_d=1 \qquad [۱]$$

$$R_d=100-(N+P+K\ldots) \qquad [۲]$$

میانگین هندسی عناصر غذایی با رابطه ۳ نشان داده می‌شود.

$$G=[N,P,K\ldots R_d]\frac{1}{(d+1)} \quad [3]$$

نسبت لگاریتم طبیعی عناصر از طریق روابط ذیل محاسبه می‌شود.

$$Z_i=\log[Xi/(g(x)] \quad [4]$$

$$V_N=\ln(\frac{N}{G}), V_P=\ln(\frac{P}{G}), V_K=\ln(\frac{K}{G}), \ldots.$$

$$V_{Rd}=\ln(\frac{Rd}{G}) \quad [5]$$

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

V_X بیانگر نسبت لگاریتمی عناصر برای X عنصر است. رابطه ۵ درستی محاسبات را تأیید می‌کند. بر اساس این تعریف، مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد ۱۰۰ است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار باقیمانده ترکیبات (R_d) برابر صفر خواهد بود. V_X برای عناصری مانند N، P، K، ... R_d بیانی از وضعیت و نسبت عناصر غذائی در گیاه است که مقادیر آن در جامعه با عملکرد زیاد بیانگر غلظت مطلوب و ایده‌آل است و به‌عنوان ارقام مرجع یا مقادیر استاندارد CND محسوب می‌شوند و معمولاً با V^*_K، V^*_P، V^*_N و... V^*_{Rd} نشان داده می‌شود. در نتیجه اگر غلظت هر عنصر غذایی گیاه مورد مطالعه با غلظت ایده‌آل یا همان مقادیر CND استاندارد شود شاخص عناصر غذایی CND به‌دست خواهد آمد و برای عناصر N، P، K و ...R_d به شرح ذیل محاسبه می‌شود.

$$I_{Zi}=(Zi-zi)/S_{Zi} \quad [6]$$

$$I_P=\frac{V_P-V^*_P}{SD^*_P}$$

$$I_N=\frac{V_N-V^*_N}{SD^*_N}$$

$$I_K=\frac{V_K-V^*_K}{SD^*_K}$$

$$I_{Rd}=\frac{V_{Rd}-V^*_{Rd}}{SD^*_{Rd}}$$

در این روابط SD^*_P، SD^*_V، V^*_{Rd}، V^*_K، V^*_P، V^*_N، SD^*_{Rd}، SD^*_K، به‌ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عناصر غذایی هستند که به‌عنوان نرم استاندارد و یا ارقام مرجع CND محسوب می‌شوند. V_N، V_P، V_K و V_{Rd} نسبت لگاریتمی مربوط به نمونه مطالعاتی است. I_N، I_P، I_K و I_{Rd} به‌ترتیب شاخص عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر باقیمانده هستند.

در روش CND غلظت یک عنصر نسبت به میانگین هندسی کل عناصر و ترکیبات با استفاده از رابطه $I_{zi}=(Z_i-z_i)/S_{zi}$ محاسبه می‌شود (Parent & Dafir, 1992).

شاخص تعادل عناصر غذایی با روش CND از طریق رابطه ۷ قابل‌محاسبه است؛ که در آن r^2 مجموع مربعات شاخص‌های عناصر غذایی است و همیشه می‌تواند اعداد صفر و بیش‌تر را به خود اختصاص دهد. ازنظر تئوری هراندازه r^2 به عدد صفر نزدیک‌تر شود تعادل عناصر غذایی مطلوب‌تر خواهد شد.

$$r^2=I_N^2+I_P^2+I_K^2+\cdots+I_{Rd}^2 \quad [7]$$

بنابراین برای هر نمونه مشخص گیاهی از طریق محاسبه r^2 می‌توان عدم توازن عناصر غذایی را تعیین کرد. با توجه به اینکه شاخص‌های عناصر غذایی CND متغیری مستقل و نرمال (unit-Normal) هستند، بنابراین مجموع این شاخص‌ها یعنی r^2 از یک توزیع مربع کای با درجه آزادی d+۱ تبعیت می‌کند (Ross, 1987).

برای تمایز جامعه با عملکرد به دو گروه مطلوب و نامطلوب می‌توان بر اساس ترسیم تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت واریانس شاخص‌های عناصر غذایی عمل نمود. ابتدا تابع عملکرد عنصر غذایی را ترسیم نموده و برای تعیین نقاط عطف منحنی (Inflectionpoint) می‌توان گروه‌های عملکردی را با دقت ریاضی تفکیک نمود (Khiari *et al*, 2001c).

مراحل به طریق زیر تعیین می‌شود (شکل ۱).

۱- عملکردها از زیاد به کم مرتب می‌شوند.

۲- نسبت لگاریتمی عناصر غذایی محاسبه می‌شود (V_x).

۳- واریانس مقادیر V_x برای اولین عملکرد و برای سایر عملکردها محاسبه و نسبت واریانس آن‌ها بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود. این عمل برای از دومین علملکرد تا آخرین عملکرد انجام می‌شود.

$$F_i(V_X) = \frac{\text{واریانس } V_X \text{ برای } n_1 \text{ مشاهده}}{\text{واریانس } V_X \text{ برای } n_2 \text{ مشاهده}} \qquad [۸]$$

تابع تجمعی نسبت واریانس نیز بر اساس رابطه ذیل محاسبه می‌شود.

$$F_i^c = \frac{\sum_{i=1}^{n_1-1} f_i\ (V_X)}{\sum_{i=1}^{n-3} f_i\ (V_X)} \times ۱۰۰ \qquad [۹]$$

تابع تجمعی $F_i^c\ (V_x)$ مرتبط با عملکرد (Y) با الگوی درجه ۳ قابل نمایش است.

$$F_i^C(V_x) = aY^3 + BY^2 + cy + d \qquad [۱۰]$$

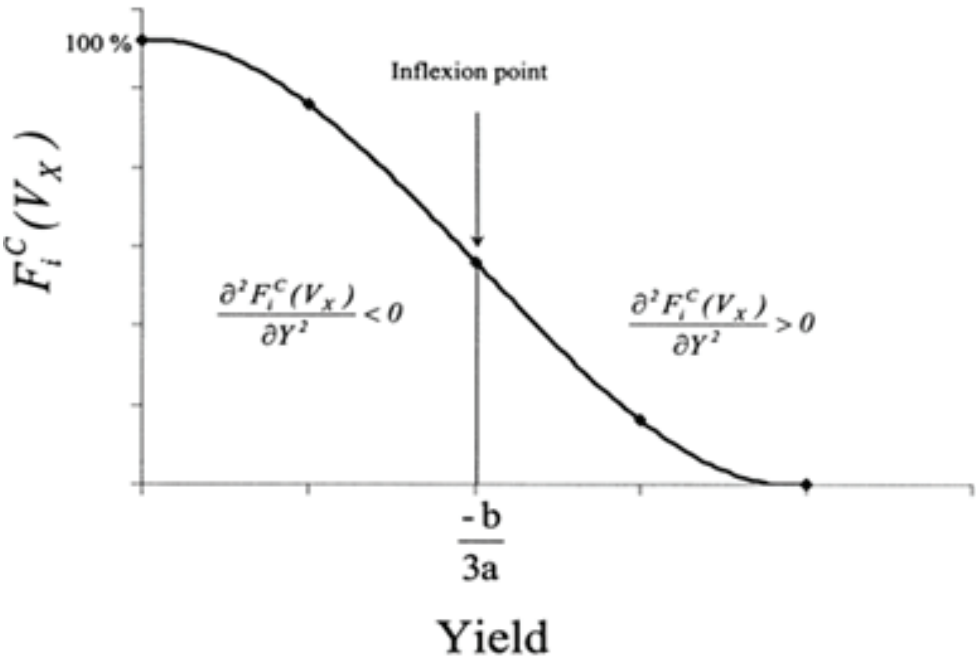
نقاط عطف منحنی‌ها از طریق محاسبه مشتق دوم معادلات محاسبه شد.

$$\frac{\partial F_i^c(V_x)}{\partial Y} = 3ay^2 + 2by + c \qquad [۱۱]$$

$$\frac{\partial^2 F_i^c(V_x)}{dY^2} = 6ay + 2b = 0 \qquad [۱۲]$$

از حل معادله ۱۲ مقدار b/3a- بیانگر عملکرد حد واسط بین گروه عملکرد کم و زیاد است که برای d+۱ عنصر غذایی قابل محاسبه است (شکل ۱).

سپس برآورد عملکرد حد واسط بر اساس روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر شرکت داده شده در معادله مورد محاسبه قرار گرفت. در گام بعدی برای تعیین مقادیر CND غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به‌عنوان مقدار و حد بهینه عناصر غذایی قرار می‌گیرند که در واقع عملکرد حد واسط در نقطه عطف منحنی تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عنصر غذایی مربوطه است (شکل ۱).



شکل ۱- ارتباط تئوریک بین عملکرد (Yield) **و تابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی** [$F_i^c(V_X)$].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- وضعیت خاک‌های تحت کشت فندق در باغ‌های با عملکرد بالا و پایین

با توجه به جدول ۱ میانگین کربن آلی در خاک‌های مورد مطالعه در باغ‌های با عملکرد بالا در عمق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری، بالاتر از یک درصد بود. همچنین میانگین فسفر قابل استفاده خاک‌ها نیز در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، بیش‌تر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود؛ اما فسفر قابل استفاده در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری کم‌تر از حد بحرانی و حدود ۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین پتاسیم قابل‌استفاده خاک‌ها نیز بالاتر از ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در هر دو عمق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری بود. میانگین آهن قابل استفاده در هر دو عمق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری کم‌تر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و در منطقه کمبود قرار داشت. روی قابل استفاده در هر دو عمق کم‌تر از حد بحرانی بود. کمبود عنصر غذایی منگنز در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در ۷ درصد خاک‌ها مشاهده شد؛ اما در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری، در ۲۷ درصد خاک‌ها منگنز قابل استفاده بین ۴-۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. کمبود عنصر غذایی مس در خاک‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. حداکثر مقدار مس گزارش شده از این منطقه، ۳/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. مقدار آهک (TNV) در هر دو عمق تقریباً در اکثر خاک‌ها کم‌تر از ۲۰ درصد بود. شوری خاک نیز در هر دو عمق در نمونه خاک‌ها کم‌تر از ۱ دسی‌زیمنس بر متر بود. به‌طورکلی خاک باغ‌های با عملکرد بالای فندق استان قزوین از نظر آهن دچار کمبود بودند. حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک توسط ملکوتی و همکاران (۱۳۸۴) تعیین شد.

در جدول ۲ خاک‌های مورد مطالعه در باغ‌های با عملکرد پایین میانگین کربن آلی در عمق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری بالاتر از یک درصد بود. همچنین میانگین فسفر قابل استفاده خاک‌ها نیز در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، بیش‌تر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. در هر دو عمق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری، میانگین پتاسیم قابل استفاده خاک‌ها نیز بالاتر از ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. کمبود عنصر غذایی آهن در باغ‌های با عملکرد پایین در هر دو عمق مشاهده شد. به‌طوری‌که که در ۱۰۰ درصد موارد، در خاک‌ها مقدار آهن کم‌تر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. حداکثر مقادیر آهن ۳/۹۲ و ۳/۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. عناصر غذایی روی و منگنز در هر دو عمق کمبود نشان نداد. کمبود عنصر غذایی مس در خاک‌های مورد مطالعه گزارش نشد و در ۱۰۰ درصد

جدول ۱- وضعیت خاک‌های باغ ها فندق با عملکرد بالا در منطقه الموت قزوین.

عمق	صفت مورد بررسی	اسیدیته	شوری	آهک	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	مس	روی
			دسی زیمنس بر متر	درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم					
۳۰-۰	میانگین	۷/۶۱	۰/۸	۱۸/۸۵	۱/۹۵	۲۰/۶	۵۲۸	۲/۷۹	۹/۸۳	۱/۸۳	۲/۵۰
۶۰-۳۰	میانگین	۷/۶۵	۰/۶۶	۱۹/۶۵	۱/۴۱	۹/۲۱	۳۹۰	۲/۸۴	۱۰/۷	۱/۸۲	۲/۱۳

جدول ۲- وضعیت خاک‌های باغ ها فندق با عملکردپایین در منطقه الموت قزوین.

عمق	صفت مورد بررسی	اسیدیته	شوری	آهک	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	مس	روی
			دسی زیمنس بر متر	درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم					
۳۰-۰	میانگین	۷/۵۵	۰/۸	۲۳/۹	۲/۰۶	۲۱/۶	۳۸۰	۳/۹۲	۱۳/۷۳	۲/۲	۴/۲۰
۶۰-۳۰	میانگین	۷/۶۳	۰/۷۶	۲۱/۷۶	۱/۲۷	۲۱/۷۶	۴۳۰	۳/۷۰	۱۱/۹	۲/۶۶	۲/۸۳

موارد، مقدار مس خاک‌ها بالاتر از ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. حداکثر مقدار مس گزارش شده از این منطقه، ۳/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. مقدار آهک (TNV [۱]) در هر دو عمق به‌طور میانگین در ۴۸ درصد موارد بالاتر از ۲۰ درصد و حداکثر مقدار آهک گزارش شده از این منطقه ۳۹ درصد بود. میانگین شوری خاک نیز در هر دو عمق در نمونه خاک‌ها کم‌تر از ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. حداکثر مقدار شوری گزارش شده از این منطقه ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود.

۳-۲- روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)

شاخص‌های عناصر غذایی نیز به روش گام‌به‌گام CND در ۴۰ باغ مورد مطالعه تعیین شد (Khiari *et al*, 2001a,b,c)، (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰؛ بصیرت و همکاران، ۱۳۹۵). داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوطه به ۴۰ باغ بر اساس میزان عملکرد از بیش‌تر به کم‌تر مرتب شد. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی ۱۱ عنصر غذایی، محاسبه شد. در جدول ۳ بر اساس معادله ۱۱ برآورد عملکرد حد واسط بر اساس توابع تجمعی و واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی [$F_i^c(V_X)$] ۴۰ باغ مورد مطالعه محاسبه شد. نقاط عطف منحنی‌ها از طریق محاسبه مشتق دوم معادلات محاسبه‌شده (-b/3a) برای ۱۱ عنصر غذایی و ترکیبات باقیمانده به ترتیب:

$F_i^c(V_N)$ =۲/۹۴، $F_i^c(V_P)$ =۳/۲۴، $F_i^c(V_K)$ =۱/۷۴،
$F_i^c(V_{Ca})$ =۳/۳۲، $F_i^c(V_{Mg})$ =۳/۴۳، $F_i^c(V_{Mn})$ =۲/۹۳،
$F_i^c(V_{Zn})$ =۳/۷۷، $F_i^c(V_{Fe})$ =۳/۱۱، $F_i^c(V_{Cu})$ =۳/۲۷،

و $F_i^c(R_d)$ =۲/۲۲ تن در هکتار به‌دست آمد. مدل درجه ۳ برای کلیه عناصر معنی‌دار بود (R^2 = ۰/۹۱-۰/ ۹۸). عملکرد به مقدار ۵/۶۵ تن در هکتار به‌عنوان عملکرد حد واسط برای تفکیک دو گروه عملکرد کم و زیاد ملاک قرار گرفت در نتیجه از مجموع ۴۰ باغ، ۴۱/۶ درصد در گروه عملکرد زیاد و ۵۸/۳ درصد در گروه عملکرد کم قرار گرفتند.

۳-۳- تعیین مقادیر استاندارد عناصر غذایی CND

با توجه به اینکه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد زیاد به‌عنوان مقدار (مقیاس) و حد بهینه عناصر غذایی قرار می‌گیرند با در نظر گرفتن عملکرد حد واسط ۵/۶۵ تن در هکتار مقدار V*N، V*P، V*K، V*Mn، V*Zn، V*Fe، V*Cu، V*B، V*S، V*Rd منعکس شده در جدول ۳ به‌عنوان مقادیر CND برآورد شد. بر این اساس غلظت‌های بهینه عناصر نیز در جدول ۴ ارائه‌شده است.

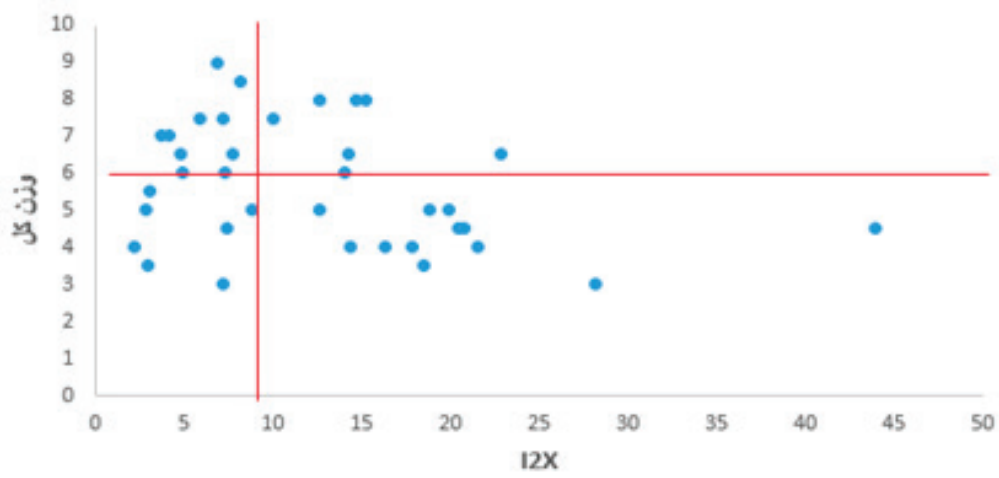
جدول ٤- مقادیر مطلوب عناصر غذایی مربوط به میانگین عملکردهای مطلوب و اعداد مرجع تشخیص چندگانه باغ‌های فندق استان قزوین.

عناصر	انحراف معیار	غلظت مطلوب برحسب درصد	اعداد مرجع تشخیص چندگانه	انحراف معیار	میانگین
نیتروژن	۰/۲۲	۲/۳۵	V*N	۰/۱۳	۲/۵۴
فسفر	۰/۰۴	۰/۱۵	V*P	۰/۲۰	-۰/۲۰
پتاسیم	۰/۴۲	۱/۲۲	V*K	۰/۲۶۵	۱/۸۵
کلسیم	۰/۳۳	۱/۷۴	V*Ca	۰/۲۰	۲/۲۶
منیزیم	۰/۰۷	۰/۴۰	V*Mg	/۲۰	۰/۷۸
منگنز	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷۵	V*Mn	۰/۳	-۳/۲۲
روی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳۳	V*Zn	۰/۱۹۸	-۴/۱۲
آهن	۰/۰۱۶	۰/۰۵۶	V*Fe	۰/۲۶۹	-۱/۲۰
مس	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۱	V*Cu	۰/۱۱	-۶/۲۵

مقادیر به دست آمده عناصر غذایی برای عملکرد مطلوب بر اساس داده‌های حد بحرانی عناصر غذایی ماکرو و میکرو برای نیتروژن ۰/۲۲±۲/۳۵درصد،فسفر ۰/۰۴۰±۰/۱۵درصد،پتاسیم ۰/۴۲±۱/۲۲درصد، کلسیم ۰/۳۳±۱/۷۴درصد،منیزیم ۰/۰۷ ± ۰/۴۰ درصد، منگنز ۲۲ ± ۳۹/ ۷۵ میلی گرم در کیلوگرم، روی ۱ ± ۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، آهن ۱۶۴ ± ۵۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، مس ۹۸/ ۲ ± ۰۷/ ۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. نتایج نشان داد که کمبود روی، آهن در عناصر میکرو و کمبود منیزیم و فسفر در عناصر ماکرو در مقایسه با سایر عناصر بیش‌تر است. میلوسویچ و همکاران (Milosevic *et al,* 2009) در پژوهشی بر روی وضعیت تغذیه برگی و دینامیک عناصر ماکرو در فندق اروپایی در غرب صربستان گزارش نمودند که بیش‌ترین تغییرات فصلی در میزان منیزیم و نیتروژن و کم‌ترین مربوط به فسفر است. در جدول ۵ غلظت عناصر غذایی در دو جامعه با عملکرد بالا و پایین ارائه شده است. با مقایسه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد پایین نسبت به غلظت بهینه در جامعه با عملکرد بالا مشخص شد که در باغ‌های مورد مطالعه کمبود ازت ۴۵ درصد، پتاسیم ۴۱ درصد، فسفر ۵۴ درصد، کلسیم ۳۲ درصد، منیزیم ۵۹ درصد، آهن ۷۳ درصد، منگنز ۴۱ درصد، روی ۸۱ درصد، مس ۵۰ درصد وجود دارد.

٤-۳ - ارتباط شاخص تعادل عناصر غذایی (□۲) با عملکرد فندق

درروش CND شاخص تعادل غذایی (r^2) از جمع مربعات شاخص‌های عناصر غذایی ($I^2RD,..+I^2K+I^2P+I^2N$) به‌دست می‌آید که ازنظر تئوری رابطه معکوس با عملکرد دارد. مقدار بحرانی به روش کیت نلسون آماری محاسبه شد و مقدار آن حدود ۵۰/ ۹ برای عملکرد حدود ۶۵/ ۵ تن در هکتار به دست آمد. تحلیل این نتایج نشان می‌دهد برای عملکردهای ۶۵/۵ تن به بالا مقدار r^2 از ۵۰/۹ به‌طرف صفر میل می‌کند و برای عملکرد کم‌تر از ۶۵/ ۵ تن در هکتار به‌طرف بیش از ۵۰/ ۹ میل خواهد کرد.



شکل ۱- رابطهٔ بین عملکرد و شاخص تعادل غذایی (r^2) برای فندق.

شکل یک رابطه شاخص تعادل عنصر غذایی CND با عملکرد، شبیه یک تابع کای اسکور (X^2) است و دارای این پتانسیل می‌باشد که می‌توان شاخص‌ها را به‌صورت یک محدوده بیان داشت (Khiari *et al,* 2001a,b). در این ارتباط برای تعیین محدوده بحرانی شاخص عناصر غذایی به روش CND بدین طریق عمل می‌شود که جامعه عملکرد با استفاده از مربع شاخص‌های عناصر غذایی ($CNDI^2x$) و روش گام‌به‌گام آماری کیت- نلسون به دو گروه تقسیم شد. با توجه به اینکه r^2 از حاصل جمع مربع شاخص‌های کلیه عناصر به دست می‌آید.

در واقع r^2 یک مجموعه متشکل از محدوده‌های شاخص غذایی است که به‌وسیله روش کیت- نلسون قابل تعریف است و می‌تواند به‌عنوان یک روش کنترل برای برآورد صحیح شاخص‌های عناصر غذایی محسوب شود و این پتانسیل در روش دریس امکان‌پذیر نیست (Khiari *et al,* 2001). پراکنش باغ‌ها در این روش نشان می‌دهد که حدود ۴۱ درصد باغ‌ها در ناحیه (ربع) یک و سه قرار دارند؛ که نشان‌دهنده عدم تعادل تغذیه‌ای در این باغ‌ها می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری کلی

بررسی‌های تغذیه‌ای صورت گرفته در منطقه نشان داد که محدودیت‌های متنوعی ازنظر کمبود عناصر غذایی در باغ‌های فندق وجود دارد. با توجه به شاخص‌های تغذیه‌ای، تقسیم باغ‌ها به دو جامعه با عملکرد بالا و پایین انجام شد و حدود بحرانی عناصر تعیین شد. نتایج نشان داد ۴۲ درصد باغ‌ها در جامعه با عملکرد بالا و ۵۸ درصد در جامعه با عملکرد پایین قرار دارد و بیش‌تر باغ‌های فندق این شهرستان از لحاظ میزان کمبود روی، آهن در عناصر میکرو و کمبود منیزیم و فسفر در عناصر ماکرو در مقایسه با سایر عناصر رو به رو هستند. با توجه به کمبود عناصر منیزیم، فسفر، روی و آهن باید تغذیه باغ‌ها با کودهای حاوی عناصر دارای کمبود به مختلف خاکی و محلول‌پاشی مورد توجه باغداران فندق منطقه قرار گیرد.

تضاد و تعارض منافع

نویسنده (نویسندگان) هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با اثر منتشر شده است رد می نمایند.

منابع

آمارنامه. (۱۴۰۰). معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

آجیلی لاهیجی، ع. (۱۳۹۶) .بررسی وضعیت تغذیه‌ای باغ‌ها فندق استان گیلان. گزارش پژوهشی موسسه خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. صفحه ۱-۹۲.

احیایی، م. بهبهانی زاده، م. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه ۸۹۳ وزارت کشاورزی. موسسه خاک و آب.

احیایی، م.، امامی، م. (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه گیاه (جلد اول). نشریه ۹۸۲. وزارت کشاورزی. موسسه خاک و آب.

بصیرت، م.، اخیانی و ع. دریاشناس. (۱۳۹۵). برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی برای انگور رقم شاهرودی به رو تشخیص چندگانه غذایی، نشریه پژوهش‌های خاک علوم و آب، ۳۰(۱)۱۱-۱.

چاکرالحسینی، م، ر.خراسانی، ا فتوت و م. بصیرت.(۱۳۹۵). تعیین اعداد مرجع و محدودیت عناصر غذایی برای پرتقال. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار.۶(۳)۱۷۲-۱۶۱.

حسینی، ی.، ج. صالح، و م. چاکرالحسینی.(۱۳۹۹). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های لیموترش در هرمزگان با روش تشخیص چندگانه عناصر

غذایی .نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی.۱۰(۲).

غلامی دشتکی، ت.(۱۳۳۴)." فندق گوهر ناشناخته ایران"، انتشارات علم کشاورزی ایران

دریاشناس، ع.ل.، ثقفی، ک. (۱۳۹۰). تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندرقند. نشریه علمی پژوهش‌های خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج. ایران.

زلفی باوریانی، م.، غفاری نژاد، ع.، نوروزی، م. (۱۴۰۱). ارزیابی وضعیت و اولویت نیاز به عناصر غذایی در گوجه‌فرنگی به روش تشخیص چندگانه در استان بوشهر. پژوهش‌های خاک.

طاهری، م. (۱۳۹۵). بررسی وضعیت عنصرهای غذایی در تاکستان‌های شهرستان خدابنده با کاربرد شاخص‌های تغذیه‌ای. مجله علوم باغبانی ایران.۷۴(۷)۷۱۵-۷۰۳.

ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۷). روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودها برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس ، تهران، ایران.

ملکوتی، م .ج، ن. کریمیان، پ. کشاورز. (۱۳۸۴) .روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. چاپ ششم (با تجدیدنظر کامل). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

مستشاری، م.، خسروی نژاد، اعظم.، بصیرت، م. (۱۳۹۸). بررسی وضعیت عناصر غذایی در باغ‌های زیتون استان قزوین با روش انحراف از درصد بهینه و تشخیص چندگانه غذایی، نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب).۳۳(۳).

مستشاری، م.، خسروی نژاد، ا.، توسلی، ع. ر.، بصیرت،م. (۱۳۹۹). ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای عناصر غذایی در باغ‌های انگور آذربایجان شرقی به روش انحراف از درصد بهینه و تشخیص چندگانه غذایی. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۳۴(۱).

Aitchison, J. (1986) . Statistical analysis of compositional data. Chapman and Hall, *New York.*

Imakumbili, M. L., Semu, E., Semoka, J. M., Abass, A., & Mkamilo, G. (2020). Plant tissue analysis as a tool for predicting fertiliser needs for low cyanogenic glucoside levels in cassava roots: An assessment of its possible use. *PloS one*, 15(2), e0228641.

Khiari, L., Parent, L. É., & Tremblay, N. (2001). Critical compositional nutrient indexes for sweet

corn at early growth stage. *Agronomy Journal*, 93(4), 809-814.

Khiari, L., Parent, L. E., & Tremblay, N. (2001). Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agronomy Journal*, 93(4), 802-808.

Khiari, L., Parent, L. É., & Tremblay, N. (2001). The phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. Agronomy Journal, 93(4), 815-819.

Kizilkaya, R., Dumbadze, G., Gülser, C., & Jgenti, L. (2022). Impact of NPK fertilization on hazelnut yield and soil chemical-microbiological properties of Hazelnut Orchards in Western Georgia. *Eurasian Journal of Soil Science*, 11(3), 206-215.

Milosevic, T., Milosevic, N., Glisic, I., & Paunovic, G. (2009). Leaf nutritional status and macronutrient dynamics in European hazelnut (Corylus avellana L.) under western Serbian conditions. *Pak. J. Bot*, 41(6), 3169-3178.

Montañés, L., Heras, L., Abadía, J., & Sanz, M. (1993). Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage (DOP). *Journal of Plant Nutrition*, 16(7), 1289-1308.

Mostashari, M. M., Khosravinejad, A., Mousavi, S. M., & Kashanizadeh, S. (2022). Nutritional Status Assessment of Pistachio Orchards in Qazvin Plain, Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(1), 104-113.

Mostashari, M., Khosravinejad, A., & Golmohammadi, M. (2018). Comparative Study of DOP and CND Methods for Leaf Nutritional Diagnosis of Vitis Vinifera in Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis,* 49(5), 576-584.

Nowaki, R. H., Parent, S. É., Cecilio Filho, A. B., Rozane, D. E., Meneses, N. B., Silva, J. A. D. S. D., ... & Parent, L. E. (2017). Phosphorus over-fertilization and nutrient misbalance of irrigated tomato crops in Brazil. *Frontiers*

Parent, L. É. (2011). Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 321-334.

Parent, L. E., & Dafir, M. (1992). A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(2), 239-242.

Parent, L. E., Cambouris, A. N., & Muhawenimana, A. (1994). Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5), 1432-1438.

Ross, S. M. (1987). Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists, John Wieley & Sons. *Inc. New York.*

Tarakcioglu, C., Bayrak, A., Kucuk, M., & Karabacak, H. (2003). Evaluation of nutritional status of hazelnut (Corylus avellana L.) grown in Ordu district by soil and plant analysis. *Journal of Agricultural Sciences (Turkey).in Plant Science,* 8, 825.