

بررسی نقش وضعیت تغذیه‌ای برگ بر شاخص‌های فتوسنتزی درخت زیتون

سمیرا واحدی^۱، سینا بشارت^{۲*}، ناصر دواتگر^۳ و مهدی طاهری^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳. دانشیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۴. دانشیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۲)

چکیده

توسعه کشت زیتون مستلزم مطالعات دقیق برای دستیابی به بیشترین عملکرد کمی و کیفی محصول با اعمال راهکارهای مدیریتی از جمله تغذیه است. در این پژوهش روابط متقابل بین متغیرهای تبادلات گازی با عناصر غذایی موجود در برگ درختان زیتون، رقم آریبکن با سیستم کشت فوق متراکم (SHD)، با توجه به میزان هدایت الکتریکی (EC) و کربنات کلسیم معادل (TNV) خاک‌های منطقه طارم سفلی، بررسی و تحلیل گردید. با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)، وضعیت عناصر غذایی و ناهنجاری‌های تغذیه‌ای مشخص و روابط و اثرات آن بر شاخص‌های فتوسنتزی تعیین شد و در نهایت با آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) اثرات متغیرها بر عملکرد بدست آمد. نتایج نشان داد متغیرهای فتوسنتزی همبستگی مثبت و معنی‌داری با عناصر روی، فسفر و مس و همچنین همبستگی بالایی با عملکرد باغ‌ها داشتند. میانگین ترتیب نیاز عناصر غذایی باغ‌ها به صورت $Ca > Mg > N > P > K$ در عناصر پر مصرف و $Zn > B > Mn > Cu$ در عناصر کم مصرف بود. بر اساس نتایج PCA باغات با عملکرد بالا اثرپذیری مثبت بالاتری با عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، روی و مس داشتند که موجب افزایش شدت فتوسنتز و عملکرد شد. همچنین اثرات پنهان کمبود کلسیم و منگنز بر کاهش پارامترهای فتوسنتزی و عملکرد با روش PCA مشخص گردید.

واژه‌های کلیدی: اختلالات تغذیه‌ای، آریبکن، کشت متراکم، آنالیز مؤلفه‌های اصلی، شاخص CND.

Effects of leaf nutrient contents on photosynthetic indices in Olives tree

Samira Vahedi¹, Sina Beshsrat^{2*}, Naser Davatgar³ and Mehdi Taheri⁴

1. Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

3. Associate Professor, Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

4. Assistant Professor, Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center,

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran

(Received: Apr. 07, 2021 - Accepted: Nov. 02, 2020)

ABSTRACT

The development of olive cultivation needs detailed studies to achieve the maximum yield and product quality by applying management plans including nutrition. In this research, the interactions of gas exchange and photosynthetic parameters were investigated with leaf nutrients contents of olive trees (cv. 'Arbequina') in super high density (SHD) cultivation under saline and calcareous soils condition in Tarom Sofla, Zanjan, Iran. The nutritional disorders and their effects on photosynthetic indices were revealed using the compositional nutrient diagnosis (CND) index micronutrients and macronutrients status. Finally, principal component analysis (PCA) was used to determine, the effects of all parameters on yield. The results showed that photosynthetic parameters had a significant positive correlation with nutrients such as zinc, phosphorus, and copper. Photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance had highly correlated with yield of olive trees, which are important factors in increasing yields. The final CND^{r2} index showed nutritional disorders in most orchards in the low yielding group. The average order of nutrient requirement is $Ca > Mg > N > P > K$ in macronutrients and $Zn > B > Mn > Cu$ in micronutrients in the group of low yielding orchards. The principal component analysis showed that highest yield of olive trees had a higher positive correlation than other orchards with P and K in macronutrients and Zn, and Cu in micronutrients; this increased the rate of photosynthesis and yield. PCA also showed the hidden effects of Ca and Mn deficiency on the reduction of photosynthetic parameters and yield.

Keywords: Arbequina, CND Index, Nutritional disorders, Principal Component Analysis, Super High Density.

* Corresponding author E-mail: sina323@yahoo.com, s.besharat@urmia.ac.ir

مقدمه

زیتون یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور است که در طرح‌های توسعه باغات توجه ویژه‌ای به آن شده است، به طوری که طی بیست سال اخیر (۱۳۹۷-۱۳۷۸) سطح زیر کشت زیتون حدود ۲/۲۹ برابر شده است (Karim *et al.*, 2019). با این حال مشکلاتی از قبیل عملکرد کمی و کیفی پایین و سال‌آوری در این باغ‌ها وجود دارد. یکی از مهم‌ترین اقدامات در راستای توسعه باغ‌ها، افزایش بهره‌وری و محصول گیاه در واحد سطح است و این امر در صورتی امکان پذیر است که مطالعات وسیعی در مورد گیاه و شرایط محیطی آن در هر منطقه انجام شود. در حال حاضر، سیستم کشت فوق متراکم (Super High Density (SHD)) یکی از روش‌های رو به رشد در کشورهای زیتون خیز دنیا است که با امکان برداشت مکانیزه، افزایش محصول و کاهش هزینه‌های تولید موجب افزایش بهره‌وری و عملکرد در واحد سطح باغ‌های زیتون شده است (Papachatzis *et al.*, 2012). کشت SHD، با بیش از ۱۵۰۰ درخت در هکتار، برای اولین بار در منطقه کاتالونیا کشور اسپانیا اجرا شد (Godini *et al.*, 2011) و سپس به دیگر مناطق این کشور و سایر کشورها توسعه پیدا کرد (Farinelli *et al.*, 2012). با وجود گسترش کشت SHD، اطلاعات موجود در مورد فیزیولوژی، روابط بیوشیمیایی و تبادلات گازی در این نوع باغ‌ها بسیار کم است (Connor *et al.*, 2014). بررسی اثرات متقابل عناصر غذایی با دیگر عوامل از جمله مشخصه‌های تبادلات گازی و عملکرد می‌تواند چگونگی استفاده از عناصر غذایی و کوددهی را آشکار نماید (Fan *et al.*, 2005; Taiz *et al.*, 2015).

فتوسنتز یک فرآیند فیزیولوژیکی اساسی و پیچیده در گیاهان سبز برای حفظ زندگی است که اصلی‌ترین نیروی محرکه برای تقسیمات سلولی و تشکیل اندام‌های گیاهی و افزایش محصول می‌باشد (Zhu *et al.*, 2017). عوامل موثر بر شدت و کارکرد فتوسنتز به دو گروه عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای تقسیم می‌شوند. عوامل روزنه‌ای با تغییر در هدایت روزنه‌ای و میزان CO₂ ورودی، بر شدت فتوسنتز اثرگذار است و عوامل غیر روزنه‌ای با اعمال تنش‌های تغذیه‌ای و

محیطی در کارکرد فتوسنتز مؤثرند (Connor & Fereres, 2010). وضعیت عناصر غذایی موجود در گیاه به طور قابل توجهی می‌تواند فتوسنتز را تحت تأثیر قرار دهد (Longstreth & Nobel, 1980). فرآیندهای شیمیایی به طور مستقیم بر فتوسنتز مؤثرند، چرا که عناصر معدنی جز جدایی‌ناپذیر فعالیت آنزیم‌ها، ساخت پروتئین‌ها، تنظیم اسمزی، حرکات روزنه و ساخت کربوهیدرات‌ها هستند (Baron *et al.*, 2018). اثر تنش عناصر غذایی بر دو رقم Meski و Chetour گیاه زیتون نشان داد که کاهش نیتروژن و پتاسیم موجب افزایش قابل توجه مقاومت روزنه‌ها و به دنبال آن کاهش کلروفیل برگ شد. هم‌چنین تنش‌های غذایی با افزایش مقاومت روزنه‌ای و بسته شدن روزنه‌ها سبب کاهش تبادلات گازی گیاه به ویژه فتوسنتز می‌شود (Saidana *et al.*, 2009). در پژوهشی محققان به بررسی اثرات غلظت‌های مختلف عنصر بور بر عملکرد، تغییرات عناصر غذایی و تبادلات گازی رقم‌های مختلف زیتون در شرایط گلخانه‌ای پرداختند. که نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار این عنصر بر افزایش شدت فتوسنتز بود (Chatzissavvidis & Therios, 2010). در کشت SHD با شرایط محیطی مختلف مطالعات زیادی در ارتباط با اثرات عناصر غذایی بر فتوسنتز انجام نشده است. وقوع هم‌زمان بیش‌بود یک ماده مغذی و یا کمبود یک یا چند ماده باعث پیچیده‌تر شدن تشخیص نشانه‌ها خواهد شد (Marschner, 2012).

ارزیابی وضعیت عناصر غذایی در گیاهان و تفسیر بهتر نتایج با استفاده از شاخص‌های تغذیه‌ای امکان‌پذیر است (Milošević & Milošević, 2011). یکی از شاخص‌هایی که در سال‌های اخیر کاربرد بیشتری پیدا کرده روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی ((Compositional nutrient diagnosis (CND)) است (Morais *et al.*, 2019; Serra *et al.*, 2016; Xu *et al.*, 2015). روش CND شناخت مناسبی از وضعیت عناصر غذایی در گیاه پیدا کرده و اعداد مرجعی بدست آورده که به کمک آن می‌توان مدیریت مصرف کود را در مقیاس باغ یا ناحیه بهینه نمود. این شاخص برای تعیین اعداد مرجع از مجموعه‌ای از

داده‌ها به منظور تفکیک داده‌های با عملکرد بالا و پایین استفاده می‌نماید که تقسیم‌بندی عملکرد باغات و درختان با کاربرد روابط ریاضی، آماری و تشکیل توابع بین عملکرد و تغییرات هر عنصر، انجام می‌شود (Khiari et al., 2001a).

در این پژوهش به بررسی روابط متقابل بین متغیرهای مربوط به فتوسنتز و تبادلات گازی با عناصر غذایی موجود در برگ درختان زیتون رقم آریکن در کشت SHD و با توجه به میزان هدایت الکتریکی (EC) و کربنات کلسیم معادل (TNV) خاک‌های منطقه طارم سفلی پرداخته شد. در این راستا با استفاده از شاخص CND، وضعیت عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف و همچنین ناهنجاری‌های تغذیه‌ای باغات مشخص و سپس ارتباط بین این شاخص‌ها با شاخص‌های فتوسنتزی مشخص گردید و سرانجام با تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) اثرات کلیه متغیرها بر عملکرد بدست آمد.

در این پژوهش به بررسی روابط متقابل بین متغیرهای مربوط به فتوسنتز و تبادلات گازی با عناصر غذایی موجود در برگ درختان زیتون رقم آریکن در کشت SHD و با توجه به میزان هدایت الکتریکی (EC) و کربنات کلسیم معادل (TNV) خاک‌های منطقه طارم سفلی پرداخته شد. در این راستا با استفاده از شاخص CND، وضعیت عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف و همچنین ناهنجاری‌های تغذیه‌ای باغات مشخص و سپس ارتباط بین این شاخص‌ها با شاخص‌های فتوسنتزی مشخص گردید و سرانجام با تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) اثرات کلیه متغیرها بر عملکرد بدست آمد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی روابط متقابل شاخص‌های فتوسنتزی با عناصر غذایی موجود در برگ و تأثیرات آن‌ها بر عملکرد باغ‌های زیتون با سیستم کشت SHD، ۳۰ قطعه از باغات رقم آریکن، (مساحت ۱۲۰ هکتار)، واقع در کشت و صنعت زیتون، شهرستان لوشان استان گیلان برای این مطالعه انتخاب شد. تجزیه بافت گیاهی و به طور ویژه تجزیه برگ، بهترین روش برای تعیین وضعیت واقعی عناصر غذایی در درختان زیتون است؛ از این رو از درختان حدوداً ۱۵ ساله که در سال‌آور قرار داشتند نمونه برگ تهیه شد. کوددهی و هرس در زمان یکسان و آبیاری و با روش قطره‌ای به طور منظم و بدون تنش آبی انجام شد.

نمونه برداری و تجزیه پارامترها

از هر قطعه با توجه به مساحت آن، تعداد ۵ تا ۱۰ نمونه در شهریور ماه تهیه شد. نمونه‌ها از برگ‌های سالم، بالغ و عاری از هرگونه آفات و بیماری از چهار طرف درخت به وسیله قیچی باغبانی چیده شدند

تجزیه و تحلیل داده‌ها

شاخص CND تعادل تغذیه‌ای عناصر غذایی گیاه را با نسبت‌های چندگانه و روابط ریاضی و آماری بررسی می‌نماید (Khiari et al., 2001a,b,c) میزان باقی‌مانده عناصر غذایی (Rd) از رابطه (۱) بدست می‌آید. پس از اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی، میانگین هندسی غلظت عناصر غذایی (G) از رابطه (۲) محاسبه شدند. اعداد

در روابط (۱) تا (۸)، d تعداد عناصر غذایی و X بیانگر عنصر غذایی نمونه مطالعاتی، I_x شاخص غذایی عنصر X ، V_x^* و SD_x^* به ترتیب میانگین و انحراف معیار نسبت لگاریتمی عنصر X در درختان با عملکرد بالا است.

به منظور بررسی و تحلیل اثرات و روابط همبستگی بین عوامل مختلف از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. پیش از انجام آنالیز مؤلفه‌های اصلی شاخص KMO (Kaiser-Mayer-Olkin) برای بررسی شدت همبستگی‌های متقابل و آزمون کرویت بارلت (Bartlett's test of sphericity) برای بررسی عدم مستقل بودن متغیرها از هم انجام شد. اگر میزان شاخص KMO بیشتر از ۰/۶ باشد می‌توان از PCA استفاده کرد (Kaiser, 1974). در آزمون کرویت بارلت اگر فرض صفر رد شود به این معناست که متغیرها با یکدیگر همبستگی دارند. در اجرای مدل تحلیل مؤلفه‌های اصلی، برای تفسیر بهتر مؤلفه‌ها باید از محور چرخان (روش واریمکس (Varimax)) استفاده شد تا بهترین ترکیب متغیرها در مؤلفه‌های مشخص شود. اطلاعات حاصل به عنوان داده‌های پایه در بانک اطلاعاتی نرم‌افزار Excel برای استفاده‌های بعدی دسته‌بندی و نسبت به نرمال بودن و همگنی آن‌ها در نرم افزار SPSS اطمینان حاصل شد. همچنین آزمون‌های مقایسه میانگین، تجزیه واریانس، جداول همبستگی و PCA در نرم‌افزارهای XLSTAT.2019 و SPSS انجام شدند.

نتایج و بحث

بافت غالب خاک در قطعات باغ، لومی-شنی و با میانگین هدایت الکتریکی (EC) $8/12 \text{ dS.m}^{-1}$ ، درصد کربنات کلسیم معادل (TNV) برابر ۹/۹۳ و واکنش (pH) ۷/۶۶ بود. خلاصه نتایج آمار توصیفی غلظت عناصر پرمصرف، کم‌مصرف، متغیرهای فتوسنتزی و عملکرد باغات زیتون مطالعه شده در جدول ۱ نشان داده شد. با توجه به نتایج حداقل و حداکثر متغیرهای اندازه‌گیری شده، بیشترین دامنه تغییرات به میزان CO_2 درون روزنه‌ای ($157 \mu\text{mol.mol}^{-1}$) و منگنز از

مرجع (V_x) از نسبت لگاریتم طبیعی غلظت هر عنصر بر میانگین هندسی کل عناصر غذایی (G) استفاده می‌شود (رابطه ۳). در روش CND تفکیک درختان یا باغ‌های با عملکرد بالا و پایین با استفاده از نقطه عطف در منحنی تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت واریانس اعداد مرجع عناصر غذایی انجام شد (رابطه ۴). در این راستا ابتدا عملکردها را به طور نزولی مرتب و اعداد مرجع عناصر غذایی به دو گروه ($n=n_1 + n_2$) تقسیم شدند. نسبت واریانس این دو گروه برای ۳- n ردیف تعیین شد (رابطه ۵) و با رسم منحنی، تابع تجمعی به دست آمد (رابطه ۶). عملکرد حد واسط در هر عنصر در نقطه عطف این منحنی ($-b/3a$) انتخاب شد و بیشترین مقدار ($d+1$ عنصر)، عملکرد حد واسط در هر منطقه را مشخص می‌نماید. با مشخص شدن درختان با عملکرد بالا، میانگین اعداد مرجع هر یک از عناصر در گروه عملکرد بالا به عنوان اعداد مرجع استاندارد در روش CND منطقه انتخاب شدند. با مقایسه اعداد مرجع عناصر درختان انتخابی با عدد مرجع استاندارد آن، شاخص عناصر غذایی (I_x) تعیین شد (رابطه ۷). میزان شاخص (I_x) کمبود، بیش بود و تعادل غذایی هر عنصر را با علامت منفی، مثبت و یا صفر نشان می‌دهد. از شاخص تعادل عناصر غذایی (CNDr^2) برای بررسی کلی وضعیت تعادل عناصر غذایی در باغ استفاده شد (رابطه ۸). هر چه مقدار شاخص CNDr^2 به صفر نزدیک باشد، عناصر غذایی در نمونه مورد نظر در حالت تعادل بیشتری قرار دارند.

$$R_d = 100 - (N + P + \dots + B) \quad (1)$$

$$G = (N \times P \times \dots \times R_d)^{\frac{1}{d+1}} \quad (2)$$

$$V_x = \text{Ln}\left(\frac{X}{G}\right) \quad (3)$$

$$f_i(V_x) = \frac{\text{Var}(V_x)_{n1}}{\text{Var}(V_x)_{n2}} \quad (4)$$

$$F_i^c(V_x) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} f_i(V_x)}{\sum_{i=1}^n f_i(V_x)} \times 100 \quad (5)$$

$$F_i^c(V_x) = aY^3 + bY^2 + cY + d \quad (6)$$

$$I_x = \frac{V_x - V_x^*}{SD_x^*} \quad (7)$$

$$\text{CNDr}^2 = I_N^2 + I_P^2 + \dots + I_{Rd}^2 \quad (8)$$

بدون توجه به علامت، کمترین ضریب همبستگی بین متغیرهای فتوسنتزی با عنصر نیتروژن مشاهده گردید. حد کفایت عنصر نیتروژن در برگ بین ۱/۵ تا ۲ است (Vossen, 2007). نیتروژن در بیشتر نمونه‌ها در حد کفایت قرار داشت و با توجه به ضریب تغییرات پایین آن تغییرات زیادی در مقادیر این عنصر در قطعات مختلف وجود ندارد (جدول ۱). کمبود نیتروژن می‌تواند مستقیماً بر روی توانایی فتوسنتزی و آسیمیلاسیون کربن تأثیر گذارد، چرا که این عنصر جزء اصلی اسیدهای آمینه، آمیدها، آنزیم‌ها، کلروفیل و سایر ترکیبات مهم در متابولیسم گیاهی و به ویژه پروتئین‌ها است (Boussadia *et al.*, 2010; Fernández-Escobar *et al.*, 2009). هم‌چنین عناصر روی، فسفر و مس با متغیرهای فتوسنتزی همبستگی بالایی نشان دادند. تأثیر مثبت این عناصر بر میزان فتوسنتز در پژوهش‌هایی بررسی و به وجود آن‌ها در حد کفایت تأکید شده است (Ferreira *et al.*, 2018; Samuelsson & Öquist, 1980). هم‌چنین بین گروه عناصر پر مصرف در برگ همبستگی بالایی وجود داشت و در عناصر کم مصرف این همبستگی بیشتر با عناصر روی و مس بدست آمد (جدول ۲).

به منظور بررسی تأثیر میزان هدایت الکتریکی (EC) و کربنات کلسیم معادل (TNV) خاک بر عملکرد گیاه و متغیرهای فتوسنتزی بر پایه روابط همبستگی و نمودارهای پراکنش در جدول ۳، نشان داد که عملکرد گیاه با میزان EC و TNV خاک رابطه معکوس داشت و این عوامل موجب کاهش عملکرد درختان شده است.

عناصر کم‌مصرف ($31/05 \text{ mg.kg}^{-1}$) و کمترین تغییرات به عنصر منیزیم (۰/۰۹ درصد) و هدایت روزنه‌ای ($0/09 \text{ mol.m}^{-2}.s^{-1}$) تعلق داشت. پراکندگی متغیرها توسط آماره‌های انحراف معیار و ضریب تغییرات بررسی شد. انحراف معیار در واقع معرف میزان انحراف از میانگین داده‌ها است که بیشترین مقدار آن در CO_2 درون روزنه‌ای ($46/30$) مشاهده گردید. ضریب تغییرات برای ارزیابی غیریکنواختی و مقایسه تغییرات متغیرهای اندازه‌گیری شده به عنوان آماره‌ای بی بعد استفاده می‌شود. در این راستا بیشترین ضریب تغییرات متعلق به متغیرهای هدایت روزنه‌ای و تعرق به مقدار ۵۰ و ۴۴ درصد بود. ضرایب تغییرات در متغیرهای فتوسنتزی بیشتر از عناصر غذایی در برگ مشاهده شد. این غیر یکنواختی بیشتر می‌تواند ناشی از تغییرات مولفه‌های نیاز تبخیری اتمسفر در طول فصل رشد باشد که بر فرآیندهای تعرق و فتوسنتز موثر هستند.

با توجه به نتایج آزمون همبستگی در جدول ۲، بین برخی عناصر پر مصرف و کم مصرف و متغیرهای فتوسنتزی همبستگی بالایی وجود داشت. بیشترین ضرایب همبستگی خطی پیرسون بین دو گروه عناصر غذایی برگ و متغیرهای فتوسنتزی را هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و تعرق با عنصر منیزیم با سطح معنی‌داری بالای ۵ درصد داشتند. از اثرات اولیه پاسخ آناتومیکی، فیزیولوژیکی یا بیوشیمیایی مستقیم گیاه به کمبود عنصر منیزیم، تغییر و کاهش شدت فرآیندهای فتوسنتزی است (Dias *et al.*, 2017). با این حال

جدول ۱. خلاصه آماری داده‌های عناصر غذایی برگ و متغیرهای فتوسنتزی درختان زیتون.

Table 1. Statistical summary of leaf nutrient data and photosynthetic variables in olive trees.

Variable	Symbol	Unit	Min	Max	Mean	SD	CV
Nitrogen	N	%	1.52	2.29	1.91	0.18	0.09
Phosphorus	P	%	0.07	0.21	0.12	0.03	0.25
Potassium	K	%	0.48	0.94	0.65	0.12	0.19
Calcium	Ca	%	1.27	2.17	1.74	0.23	0.13
Magnesium	Mg	%	0.10	0.19	0.13	0.02	0.14
Manganese	Mn	mg.kg^{-1}	27.89	58.95	44.96	7.40	0.16
Zinc	Zn	mg.kg^{-1}	7.95	16.37	11.38	1.88	0.17
Copper	Cu	mg.kg^{-1}	0.32	4.26	2.21	0.85	0.38
Boron	B	mg.kg^{-1}	28.95	44.74	35.51	4.17	0.12
Sub-stomatal CO_2	CO_2	$\mu\text{mol.mol}^{-1}$	65.00	222.00	157.40	46.20	0.29
Transpiration	Tr	$\text{mmol.m}^{-2}.s^{-1}$	0.60	3.22	1.83	0.81	0.44
Stomatal conductance	gs	$\text{mol.m}^{-2}.s^{-1}$	0.01	0.10	0.05	0.02	0.50
Photosynthetic rate	A	$\mu\text{mol.m}^{-2}.s^{-1}$	1.42	9.35	5.57	2.30	0.41
Yield	Y	ton.ha^{-1}	6.74	26.08	16.06	4.21	0.26
Electrical conductivity	EC	dS.m^{-1}	3.98	14.35	8.12	2.82	0.35
Total neutralizing value	TNV	%	7.63	14.46	9.93	1.70	0.17

جدول ۲. ماتریس ضرایب همبستگی خطی پیرسون و ضریب تعیین (R^2) بین عناصر غذایی برگ و متغیرهای فتوسنتزی درختان زیتون.
Table 2. Pearson linear correlation coefficients matrix and Coefficient of determination (R^2) between leaf nutrients and photosynthetic variables in olive trees.

Variable	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	B	CO ₂	Tr	gs	A	WUE
N	1	0.12 ¹	0.53	0.17	0.06	0.02	0.21	0.08	0.03	0.05	0.01	0.03	0.02	0.00
P	0.35	1	0.43	0.00	0.14	0.03	0.07	0.22	0.08	0.08	0.00	0.02	0.03	0.19
K	0.73 ²	0.66	1	0.03	0.14	0.01	0.24	0.16	0.19	0.00	0.03	0.02	0.04	0.06
Ca	-0.41	0.03	-0.18	1	0.16	0.19	0.12	0.00	0.01	0.08	0.02	0.00	0.03	0.12
Mg	0.25	0.37	0.38	0.40	1	0.00	0.28	0.27	0.03	0.00	0.17	0.08	0.21	0.00
Mn	-0.15	0.19	-0.10	0.44	-0.01	1	0.00	0.00	0.04	0.02	0.06	0.07	0.06	0.07
Zn	0.46	0.26	0.49	0.35	0.53	0.05	1	0.11	0.03	0.00	0.12	0.07	0.16	0.02
Cu	0.29	0.46	0.40	0.01	0.52	0.06	0.34	1	0.00	0.11	0.03	0.01	0.06	0.05
B	0.18	0.27	0.43	-0.07	0.18	-0.19	0.19	0.06	1	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02
CO ₂	0.22	-0.28	0.03	-0.28	-0.06	-0.14	0.04	-0.34	0.02	1	0.20	0.41	0.09	0.50
Tr	0.07	0.03	0.17	0.16	0.41	-0.25	0.34	0.19	0.18	0.45	1	0.86	0.81	0.13
gs	0.16	-0.13	0.14	-0.04	0.29	-0.27	0.27	0.11	0.17	0.64	0.93	1	0.75	0.31
A	0.15	0.03	0.20	0.16	0.46	-0.24	0.40	0.24	0.14	0.31	0.90	0.86	1	0.02
WUE	-0.06	0.44	0.24	0.34	0.04	0.26	0.15	0.23	-0.13	-0.71	-0.37	-0.56	-0.15	1
gm	-0.01	0.19	0.17	0.32	0.47	-0.21	0.35	0.44	0.13	-0.39	0.51	0.35	0.73	0.38

1. Bold number significant at 0.05 level

۱. اعداد پر رنگ (Bold) معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

2. Numbers in colored cells Coefficient of determination (R^2)

۲. اعداد در خانه‌های رنگی مقادیر ضریب R^2

شاخص‌های CND با استفاده از میانگین و انحراف معیار اعداد مرجع استاندارد برای عناصر اندازه‌گیری شده و مقدار باقی‌مانده ترکیبات محاسبه شد (جدول ۴). عنصر مس بیشترین و نیتروژن و روی کم‌ترین میزان انحراف از میانگین اعداد مرجع را داشتند. ترتیب نیاز به عناصر غذایی در میانگین باغات به صورت $Ca > Mg > N > P > K$ برای عناصر پر مصرف و $Zn > B > Mn > Cu$ در گروه عناصر کم مصرف بدست آمد.

مطابق نتایج جدول ۴، حدود ۸۰ درصد باغات از لحاظ مس بیش بود و حدود ۷۱ درصد از باغات نیاز به عناصر روی و بور دارند. کمبود بور یکی از رایج‌ترین کمبودها در درختان جوان و بالغ زیتون در اکثر کشورها است که در بیشتر باغات زیتون گزارش شده است (Arrobas *et al.*, 2010; Toplu *et al.*, 2009). روی به عنوان یک جزء فلزی آنزیم‌ها و نیز یک کوفاکتور، نقش عملکردی، ساختاری یا تنظیم‌کننده در بسیاری از آنزیم‌ها دارد (Sanzani *et al.*, 2012). همچنین کلسیم عنصری موثر در طول شدن، تقسیم سلولی و قدرت رشدی گیاه است (Follett *et al.*, 1981). از این رو توصیه می‌شود که گروه باغات عملکرد پایین در برنامه کوددهی خود از کودهای حاوی کلسیم، روی و بور استفاده نمایند.

همچنین EC و TNV خاک با تمام متغیرهای فتوسنتزی همبستگی منفی نشان دادند که این رابطه با میزان تعرق در با ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار بود. همبستگی معکوس بین هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز در زیتون با شوری خاک در پژوهش‌ها مختلف تایید و گزارش شده است (Chartzoulakis, 2005; Melgar *et al.*, 2009). نتایج این پژوهش‌ها نشان داد با افزایش شوری، تبادلات گازی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. به نظر می‌رسد شوری خاک با افزایش پتانسیل اسمزی آب که با بسته شدن روزنه‌ها منجر به تنش شوری شده و کاهش توانایی آب برای انجام کار و جذب آن توسط ریشه و کاهش هدایت روزنه، مزوفیل و سرعت جذب CO₂ همراه است.

برای بررسی اثرات ناهنجاری تغذیه‌ای بر متغیرهای فتوسنتزی و همچنین بررسی وضعیت تغذیه‌ای درختان منطقه مورد مطالعه از روش CND استفاده شد. نتایج مربوط به معادله توانی درجه ۳ برای ۹ عنصر (عناصر اندازه‌گیری شده و Rd) در شکل (۱) آورده شده است. بیشترین مقدار نقطه عطف به عنصر مس با ۱۸/۷ تن در هکتار به عنوان عملکرد حد واسط انتخاب گردید. بین دو گروه عملکرد بالا و پایین در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. در این حالت حدود ۲۰ درصد باغات در گروه عملکرد بالا و مابقی در گروه عملکرد پایین قرار دارند.

متفاوت، در نهایت ۴ گروه با بالاترین شاخص KMO بدست آمد. ورودی گروه اول شامل: عناصر غذایی، متغیرهای اصلی فتوسنتزی و عملکرد، گروه دوم متشکل از متغیرهای اصلی فتوسنتزی، EC، TNV و عملکرد بود، ورودی گروه سوم، شاخص CND عناصر پر مصرف و متغیرهای فتوسنتزی و گروه چهارم از شاخص CND عناصر کم مصرف و متغیرهای فتوسنتزی انتخاب گردید (شکل ۲).

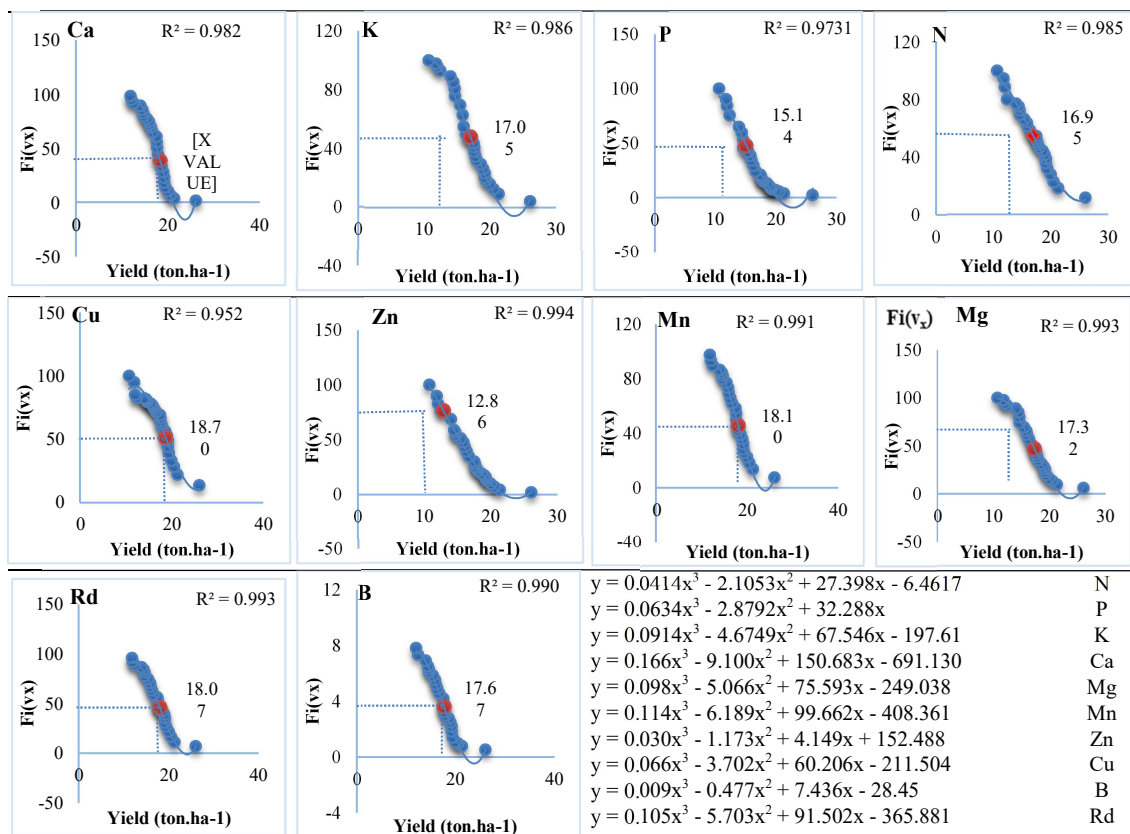
تحلیل نتایج و اثرات متقابل شمار زیادی از متغیرها با ابعاد متفاوت، نیازمند روش آماری مبتنی بر ماتریس همبستگی و معادلات ریاضی و همچنین تفسیر آن‌ها با تجربیات و عواملی همچون افزایش عملکرد در واحد سطح است. در این پژوهش تفسیر نهایی با کاربرد روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی محقق شد. برای این منظور، با هدف تعیین متغیرهای موثر بر عملکرد و متغیرهای فتوسنتزی با اعمال ورودی‌ها

جدول ۳. مقادیر ضریب پیرسون خطی (PCC) و نمودارهای همبستگی متغیرهای فتوسنتزی و عملکرد درختان زیتون، میزان EC و TNV خاک.

Table 3. Linear Pearson Coefficient (PCC) and photosynthetic variables in olive trees, yield and soils EC and TNV correlation graphs.

Variable	Y	EC	TNV	CO ₂	Tr	gs	A	WUE	gm
Y		*PCC=-0.38	PCC=-0.39	PCC=0.38	PCC=0.41	PCC=0.47	PCC=0.45	PCC=-0.25	PCC=0.18
EC			PCC=0.55	PCC=0.00	PCC=-0.37	PCC=-0.28	PCC=-0.32	PCC=-0.06	PCC=-0.36
TNV				PCC=0.03	PCC=-0.14	PCC=-0.14	PCC=-0.21	PCC=-0.12	PCC=-0.24
CO ₂					PCC=0.45	PCC=0.64	PCC=0.31	PCC=-0.71	PCC=-0.39
Tr						PCC=0.93	PCC=0.90	PCC=-0.37	PCC=0.51
gs							PCC=0.86	PCC=-0.56	PCC=0.35
A								PCC=-0.15	PCC=0.73
WUE									PCC=0.38
gm									

* PCC: Pearson's linear correlation coefficient



شکل ۱. منحنی حاصل از معادلات تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت واریانس اعداد مرجع عناصر غذایی درختان زیتون و نقطه عطف منحنی و معادلات.

Figure 1. Curve of cumulative function between yield and variance ratio of nutrient norms in olive trees and curve turning point and equations.

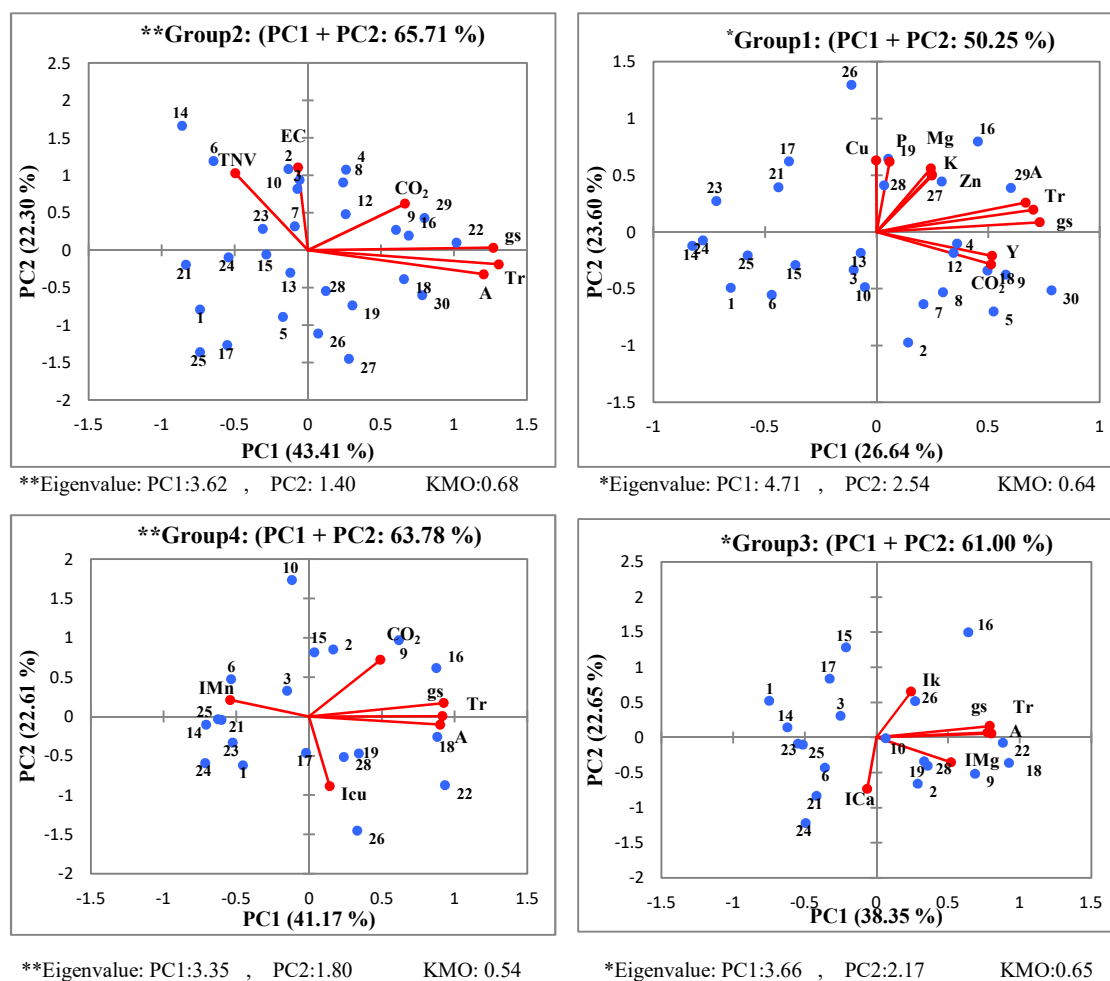
جدول ۴. خلاصه آماری عناصر و ن اعداد مرجع عناصر غذایی در برگ باغ‌های با عملکرد بالا و شاخص‌های غذایی روش CND در برگ باغ‌های با عملکرد پایین زیتون.

Table 4. Statistical summary of nutrients and nutrient elements in high yield orchards and nutrient characteristics of CND method in low yield of olive orchards.

Nutrient	Nutrient		Vx		Ix		Toxic	Deficient Count (%)	Sufficient
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
N (%)	1.85	0.12	3.16	0.09	0.07	1.36	42.86	57.14	0.00
P (%)	0.11	0.02	0.32	0.16	0.21	1.22	66.67	33.33	0.00
K (%)	0.61	0.07	2.06	0.10	0.31	1.46	57.14	42.86	0.00
Ca (%)	1.75	0.09	3.11	0.11	-0.54	1.46	42.86	57.14	0.00
Mg (%)	0.13	0.01	0.52	0.09	-0.12	1.22	42.86	52.38	4.76
Mn (mg.Kg ⁻¹)	44.68	7.18	-2.87	0.19	-0.15	0.93	57.14	42.86	0.00
Zn (mg.Kg ⁻¹)	11.64	1.04	-4.21	0.09	-0.92	1.59	28.57	71.43	0.00
Cu (mg.Kg ⁻¹)	2.02	0.93	-6.13	0.68	0.31	0.42	80.95	19.05	0.00
B (mg.Kg ⁻¹)	36.14	2.95	-3.07	0.10	-0.68	1.35	28.57	71.43	0.00
Rd	-	-	7.11	0.08	-0.43	1.33	47.62	52.38	0.00

تا سه مؤلفه اول ارزش ویژه بالاتر از یک و حدود ۸۰ درصد واریانس تجمعی را به خود اختصاص دادند. مؤلفه اول (PC1) در گروه دوم بیشترین درصد واریانس را دارد، این مؤلفه متغیرهای فتوسنتز، تعرق، غلظت CO₂ درون روزنه‌ای و هدایت روزنه را در خود جای داده است که همبستگی بالای این متغیرها با یکدیگر را نشان می‌دهد.

شکل ۲، که پس از اعمال چرخش واریامکس بدست آمده، بیانگر توزیع بار مؤلفه‌های اول و دوم هر گروه است که از دقت طبقه‌بندی بالاتری برخوردارند. مؤلفه‌های اول و دوم در هر چهار گروه بیش از ۵۰ درصد تغییرات واریانس را توجیه می‌کنند. در هر گروه مؤلفه‌ها بر مبنای مقدار ارزش ویژه بزرگتر از یک انتخاب شدند (Yao et al., 2012) و در هر چهار گروه



شکل ۲. نمودارهای Biplot بین دو مؤلفه اصلی منتخب در ۴ گروه انتخابی درختان زیتون.

Figure 2. Biplot diagrams between the two main components in the 4 selected groups in olive trees.

یک مؤلفه مشاهده شد. کمبود عناصر منیزیم و منگنز با بار منفی و جهت مخالفی که با متغیرهای فتوسنتز دارند به وضوح مشخص است. منگنز کارکرد بالایی به عنوان کاتالیزت در سیستم‌های آنزیمی و تکامل اکسیژن در فتوسنتز دارد و چون در تشکیل کلروفیل فعال است، کمبود آن منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌گردد (Gavalas & Clark, 1971). در گروه سوم و چهارم، یکی از نتایج مهمی که از مقایسه شاخص‌های CND با متغیرهای فتوسنتزی بدست آمد اثر عناصر پتاسیم و کلسیم از عناصر پر مصرف و عناصر منگنز و مس از عناصر کم مصرف بر متغیرهای فتوسنتزی به ویژه شدت فتوسنتز است. نقش پتاسیم به عنوان فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌ها در بافت‌های مریستمی و موثر در سنتز پروتئین و فتوسنتز درختان زیتون گزارش شده است (Sanzani *et al.*, 2012).

در گروه اول و دوم، بیشترین فاصله از محور عمودی را متغیرهای فتوسنتزی به جز غلظت CO_2 درون روزنه‌ای دارند که بیانگر تغییر پذیری بیشتر این متغیرها نسبت به EC، TNV و عناصر غذایی در باغات است. متغیرهای EC و TNV دارای بار منفی هستند که نتیجه آشکار آن در کاهش عملکرد مشاهده شد. نتایج بررسی نقش شوری و اعمال تیمارهای مختلف طی هشت سال بر درختان زیتون در یک پژوهش، نشان داد اعمال شوری تا حدودی موجب کاهش عملکرد شده است، ولی درختان توانسته‌اند خود را با شرایط سازگار نمایند (Melgar *et al.*, 2009). عناصر غذایی و متغیرهای فتوسنتزی همگی دارای بار عاملی مثبت بر باغ‌ها بودند. در گروه سوم و چهارم، عدم تعادل غذایی عنصر منیزیم از عناصر پر مصرف و عنصر منگنز بر فتوسنتز با قرار گرفتن در گروه متغیرهای

عملکرد پایین به صورت $Ca > Mg > N > P > K$ در عناصر پر مصرف و $Zn > B > Mn > Cu$ در عناصر کم مصرف است. از این جهت بهتر است در برنامه کوددهی گروه باغات عملکرد پایین، از کودهای حاوی کلسیم، روی و بور استفاده شود.

بررسی دقیق‌تر نقش متغیرهای تغذیه‌ای (عناصر و شاخص‌های CND)، EC و TNV خاک بر متغیرهای فتوسنتزی و همچنین اثرات همه این متغیرها بر عملکرد باغات با روش PCA مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفت. نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی نشان داد گروه اول با تأثیر بر بیش از ۵۰ درصد باغات، بیشترین متغیرهای موثر بر عملکرد را دارند. بیشتر باغات با عملکرد بالا در ربع اول نمودار مؤلفه‌های PC1 و PC2 اثرپذیری مثبت بالاتری نسبت به سایر باغ‌ها از عناصر غذایی فسفر و پتاسیم از عناصر پر مصرف و روی و مس از عناصر کم مصرف دارند که موجب افزایش شدت فتوسنتز و عملکرد شده است. آنالیز PCA همچنین اثرات پنهان کمبود کلسیم و منگنز را بر کاهش متغیرهای فتوسنتزی و عملکرد نشان داد. یکی از دغدغه‌های پیش رو پژوهشگران و بهره‌برداران افزایش بهره‌وری با کاهش مصرف نهاده‌ها و کاربرد کودهای حاوی عناصر موثر بر افزایش عملکرد است. از این رو بررسی متقابل اثرات عوامل مختلف در شرایط محیطی هر منطقه با روش‌های آماری همچون PCA می‌تواند راهکاری موثر برای هدایت باغداران باشد.

همچنین نتایج اثرات سایر عناصر بر متغیرهای فتوسنتزی در پژوهش‌های مختلف بر گیاهان بررسی و تایید شده است (Centeno & Gomez-del-Campo, 2011; Souza et al., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد متغیرهای فتوسنتزی همبستگی مثبت و معنی‌داری با عناصر غذایی همچون روی، فسفر و مس دارند. فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای همبستگی زیادی با میزان عملکرد باغ‌ها داشت و از عوامل مهم در افزایش عملکرد بود. از این رو با توجه به نقش فتوسنتز در درختان، بررسی متغیرهای موثر بر آن می‌تواند بر شدت فتوسنتز افزوده و به طبع موجب افزایش عملکرد شود. وجود ناهنجاری‌های تغذیه‌ای پنهان در درختان منطقه مورد مطالعه، مانعی بر افزایش عملکرد در واحد سطح است که مطالعه دقیق آن مستلزم استفاده از شاخص‌های علمی مناسب با شرایط هر منطقه است. در این راستا از شاخص CND برای شناسایی و تشخیص اولویت‌ها و اختلالات تغذیه‌ای باغات استفاده گردید. نتایج شاخص نهایی $CNDr^2$ بیانگر وجود اختلالات تغذیه‌ای در اکثر باغات در گروه عملکرد پایین است. به غیر از عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و مس، باغات گروه عملکرد پایین دارای میانگین اعداد مرجع منفی بوده و کمبود دارند. میانگین ترتیب نیاز به عناصر غذایی در باغات گروه

REFERENCES

1. Ajani, A., Soleimani, A., Zeinanloo, A. A. & Seifi, E. (2019). The evaluation of physiological and biochemical traits of olive trees cvs. Zard and Direh under heat stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(4), 785-795. (In Farsi).
2. Arrobas, M. P., Lopes, J. I., Pavão, F. M., Cabanas, J. E., & Rodrigues, M. Â. (2010). Comparative boron nutritional diagnosis for olive based on july and january leaf samplings. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(6), 709-720.
3. Baron, D., Amaro, A. C. E., Campos, F. G., Boaro, C. S. F., & Ferreira, G. (2018). Plant physiological responses to nutrient solution: An overview. In P. Ahmad, M. A. Ahanger, V. P. Singh, D. K. Tripathi, P. Alam, & M. N. Alyemeni (Eds.), *Plant Metabolites and Regulation Under Environmental Stress* (pp. 415-425): Academic Press.
4. Boussadia, O., Steppe, K., Zgallai, H., Hadj, S. B. E., Braham, M., Lemeur, R., & Labeke, M. C. V. (2010). Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars 'Meski' and 'Koroneiki'. *Scientia Horticulturae*, 123(3), 336-342.
5. Centeno, A., & Gomez-del-Campo, M. (2011). Response of mature olive trees with adequate leaf nutrient status to additional nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. *Acta Horticulturae*, 888(888), 277-280.

6. Chartzoulakis, K. (2005). Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. *Agricultural Water Management*, 78, 108-121.
7. Chatzissavvidis, C., & Therios, I. (2010). Response of four olive (*Olea europaea* L.) cultivars to six B concentrations: Growth performance, nutrient status and gas exchange parameters. *Scientia Horticulturae*, 127(1), 29-38.
8. Connor, D. J., & Fereres, E. (2010). The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Horticultural Reviews* (Vol. J. Janick (Ed.), pp. 155-229).
9. Connor, D. J., Gómez-del-Campo, M., Rousseaux, M. C., & Searles, P. S. (2014). Structure, management and productivity of hedgerow olive orchards: A review. *Scientia Horticulturae*, 169(1), 71-93.
10. Dias, K. G. d. L., Guimaraes, P. T. G., Neto, A. E. F., Silveira, H. R. O. D., & Lacerda, J. J. D. J. (2017). Effect of magnesium on gas exchange and photosynthetic efficiency of coffee plants grown under different light levels. *Agriculture*, 7(10), 85.
11. Fan, T., Stewart, B. A., Yong, W., Junjie, L., & Guangye, Z. (2005). Long-term fertilization effects on grain yield, water-use efficiency and soil fertility in the dryland of Loess Plateau in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106(4), 313-329.
12. Farinelli, D., Ruffolo, M., Boco, M., & Tombesi, A. (2012). Yield efficiency and mechanical harvesting with trunk shaker of some international olive cultivars. *Acta Horticulturae*, 949(1), 379-384.
13. Fernández-Escobar, R., Marin, L., Sánchez-Zamora, M. A., García-Novelo, J. M., Molina-Soria, C., & Parra, M. A. (2009). Long-term effects of N fertilization on cropping and growth of olive trees and on N accumulation in soil profile. *European Journal of Agronomy*, 31(4), 223-232.
14. Ferreira, I. Q., Rodrigues, M. Â., Moutinho-Pereira, J. M., Correia, C. M., & Arrobas, M. (2018). Olive tree response to applied phosphorus in field and pot experiments. *Scientia Horticulturae*, 234(1), 236-244.
15. Follett, R. H., Murphy, L. S., & Donahue, R. L. (1981). *Fertilizers and Soil Amendments*: Prentice-Hall.
16. Gago, J., Daloso, D. M., Carriquí, M., Nadal, M., Morales, M., Araújo, W. L. & Flexas, J. (2020). Mesophyll conductance: the leaf corridors for photosynthesis. *Biochemical Society Transactions*, 48(2), 429-439.
17. Gavalas, N. A., & Clark, H. E. (1971). On the role of manganese in photosynthesis. *Plant Physiology*, 47(1), 139.
18. Godini, A., Vivaldi, G. A., & Camposeo, S. (2011). Olive cultivars field-tested in super-high-density system in Southern Italy. *California Agriculture*, 65(1), 39-40.
19. Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31-36.
20. Karim, A., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Hosseinpor, R., & Abdshahi, H. (2019). *Agricultural statistical report* (Vol. 3): Ministry of Agriculture, Deputy of Planning and Economics, Technology and Communication Center. (In Farsi).
21. Khiari, L., Parent, L., & Tremblay, N. (2001a). Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agronomy Journal*, 93, 809-814.
22. Khiari, L., Parent, L., & Tremblay, N. (2001b). The phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. *Agronomy Journal*, 93(4), 815-819.
23. Khiari, L., Parent, L., & Tremblay, N. (2001c). Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agronomy Journal*, 93(4), 802-808.
24. Longstreth, D. J., & Nobel, P. S. (1980). Nutrient influences on leaf photosynthesis: effects of nitrogen, phosphorus, and potassium for gossypium hirsutum l. *Plant Physiology*, 65(3), 541-543.
25. Marschner, H. (2012). Preface to first edition. In P. Marschner (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)* (pp. vii). San Diego: Academic Press.
26. Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernández, E., Rosselló, J. & Bota, J. (2015). From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal*, 3(3), 220-228.
27. Melgar, J., Mohamed, Y., Serrano, N., García-Galavís, P. A., Navarro, C., Parra, M. A. & Fernández-Escobar, R. (2009). Long term responses of olive trees to salinity. *Agricultural Water Management*, 96(7), 1105-1113.
28. Milošević, B., & Milošević, N. (2011). Diagnose apricot nutritional status according to foliar analysis. *Journal of Plant, Soil and Environment*, 57(7), 301-306.
29. Morais, T., Prado, R., Traspadini, E., Wadt, P., Paula, R., & Rocha, A. (2019). Efficiency of the CL, DRIS and CND Methods in Assessing the Nutritional Status of Eucalyptus spp. Rooted Cuttings. *Forests*, 10(9), 786-804.
30. Papachatzis, A., Kalorizou, H., Arvanitis, T., Gougoulas, N., Vagelas, I., & Kakogiannos, C. (2012). Super high density (SHD) olive growing system in Greece: Quantity and quality assessment. In: *Proceedings of 4th International Congress on Olive culture and Biotechnology of olive tree Products* 31 Oct- 4 Nov., Chania, crete, Greece, pp. 211-214.

31. Saidana, D., Braham, M., Boujnah, D., Mariem, F. B., Ammari, S., & El Hadj, S. B. (2009). Nutrient stress, ecophysiological, and metabolic aspects of olive tree cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 32(1), 129-145.
32. Samuelsson, G., & Öquist, G. (1980). Effects of copper chloride on photosynthetic electron transport and chlorophyll-protein complexes of *Spinacia oleracea*. *Plant and Cell Physiology*, 21(3), 445-454.
33. Sanzani, S., Schena, L., Nigro, F., Sergeeva, V., Ippolito, A., & M.G, S. (2012). Abiotic diseases of olive. *Journal of Plant Pathology*, 94(3), 469- 491.
34. Serra, A., Marchetti, M., Gonçalves, M., Ensinas, S., Labaied, M., Silva, E. & Matos, F. (2016). *Nutritional status of cotton plant assessed by compositional nutrient diagnosis (CND)*. In I. Y. Abdurakhmonov (Ed.): *Cotton Research*. (pp. 63-86) IntechOpen.
35. Souza, F. B. M. d., Coelho, V. A. T., Pio, R., Rodas, C. L., Silva, I. P. d., Melo, E. T. d., & Farias, D. d. H. (2019). Visual symptoms and nutritional deficiencies in olive plants subjected to nutrient deprivation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 41(1), 1-11.
36. Sun, Y., Yang, J., Wang, H., Zu, C., Tan, L., & Wu, G. (2015). Standardization of leaf sampling technique in jackfruit nutrient status diagnosis. *Agricultural Sciences*, 6(2), 232-237.
37. Taiz, L., Zeige, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates, Inc. 761 pp.
38. Toplu, C., Uygur, V., & Yildiz, E. (2009). Leaf mineral composition of olive varieties and their relation to yield and adaptation ability. *Journal of Plant Nutrition*, 32(9), 1560-1573.
39. Vossen, P. M. (2007). *Organic olive production manual*: University of California, Agricultural and Natural Resources, Communication Services.
40. Xu, M., Zhang, J., Wu, F., & Wang, X. (2015). Nutritional diagnosis for apple by DRIS, CND and DOP. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 7(3), 266-273.
41. Yao, F., Coquery, J., & Lê Cao, K. A. (2012). Independent principal component analysis for biologically meaningful dimension reduction of large biological data sets. *BMC Bioinformatics*, 13(1), 24- 39.
42. Zhu, M. Q., Xu, W. Z., Wen, J. L., Zhu, Y. H., Li, Y., Su, Y.-Q. & Sun, R. C. (2017). Dynamic changes of photosynthetic properties and chemical compositions of *Eucommia ulmoides* oliver under two planting models. *Industrial Crops and Products*, 96(1), 46-56.
43. Zeinanloo, A. A., Arji, I., Taslimpoor, M. R., Ramezani Malekverdi, M. & Azimi, M. (2015). The effects of cultivar and climate on fatty acids compounds of olive (*Olea europea* L.) oil. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(2), 233-242. (In Farsi).