پایش مدیریت تغذیه و بهره‌وری مصرف آب در باغ‌های زیتون (شهرستان طارم)

حسن اوجاقلو[۱*]، محمد بابااکبری[۲]

[۱].گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

[۲].گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

[*]مسئول مکاتبه، رایانامه: ojaghlou@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۰

DOI: 10.30470/jsp.2026.736520

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور پایش وضعیت موجود مدیریت تغذیه و ارتباط آن با شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب در باغ‌های زیتون شهرستان طارم استان زنجان انجام شد. برای این منظور تعداد ۱۲ باغ زیتون به‌طور تصادفی و با در نظر گرفتن شرایط مختلف نظیر نوع سیستم آبیاری، شرایط مزرعه از نظر مدیریت تغذیه و تنوع مساحت انتخاب و مورد مطالعه میدانی قرار گرفت. عوامل مرتبط نظیر خصوصیات کمی و کیفی منابع آب و خاک، برنامه تغذیه‌ای، مدیریت آبیاری، عملکرد محصول و در نهایت شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در هر باغ تعیین شد. نتایج نشان داد که کیفیت منابع آب و خاک در باغ‌های زیتون پایش شده با محدودیت جدی مواجه نبوده و در وضعیت نسبتاً قابل قبول قرار دارد. باوجوداین، مدیریت تغذیه در بیشتر باغ‌های زیتون متناسب با نتایج آنالیز کیفی و نیاز کودی خاک نمی‌باشد. میانگین حجم آب مصرفی و عملکرد محصول به‌ترتیب ۱۰۰۳۲ متر مکعب در هکتار و ۷/۲ تن در هکتار و میانگین شاخص بهره‌وری فیزیکی مصرف آب نیز ۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. میزان عملکرد زیتون در منطقه مورد مطالعه نسبت به میانگین کشوری با ۳/۲ تن در هکتار نسبتاً قابل قبول ولی میزان آب مصرفی بیشتر از مقدار نیاز آبی مورد نیاز بود. دلیل بالا بودن مصرف آب استفاده از سامانه‌های آبیاری سنتی شناخته شد. پایش مستمر وضعیت کیفی خاک در باغ‌های زیتون و در ادامه آن اعمال مدیریت صحیح و کامل تغذیه همراه با روش آبیاری مناسب منجر به بهبود تولید و بهره‌وری خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، زیتون، طارم، عملکرد، مدیریت تغذیه

Monitoring Fertility Management and Water Productivity in Olive Groves (Tarom County)

H. Ojaghlou[1*], M. Babaakbari[2]

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
*Corresponding Author, Email: ojaghlou@znu.ac.ir
Received: May 2026 Accepted: June 2026
DOI: 10.30470/jsp.2026.736520

Abstract

The present study was conducted to monitor the status of fertility management and its relationship with water productivity indices in olive groves of Tarom county, Zanjan province. For this purpose, 12 olive groves were randomly selected for a field study, considering various factors such as the type of irrigation system, nutrition management practices, and grove area. Relevant factors, including quantitative and qualitative characteristics of water and soil resources, fertilization program, irrigation management, crop yield, and ultimately the physical water productivity index, were determined in each grove. The results showed that the quality of water and soil resources in the surveyed olive groves was not subject to severe limitations and was in a relatively acceptable condition. However, nutrient management in most of the olive groves was not consistent with the results of soil quality analysis and soil fertilizer requirements. The mean water consumption and crop yield were estimated at 10,032 $m^3\ ha^{-1}$ and 5.7 $t\ ha^{-1}$, respectively, and the mean physical water use productivity index was 0.91 $kg\ m^{-3}$. The olive yield in the study area was relatively acceptable compared with the national average, whereas the amount of water consumption was higher than the crop water requirement. The high water consumption was attributed to the use of traditional irrigation systems. Continuous monitoring of soil quality in olive groves, followed by the implementation of proper and complete nutrient management along with appropriate irrigation methods, will lead to improved production and productivity.

Keywords: Fertility management, Olive, Productivity, Tarom, Yield

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی مناطق مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک جهان است که به‌دلیل ارزش اقتصادی بالا، سازگاری نسبی با شرایط کم‌آبی، و اهمیت روزافزون روغن زیتون در تغذیه و سلامت انسان، توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است. با وجود توانایی نسبی این گیاه در تحمل تنش خشکی، عملکرد اقتصادی مطلوب و پایداری تولید آن در بسیاری از مناطق، به‌ویژه در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، به مدیریت دقیق آب و تغذیه وابسته است (Fernández-Escobar et al., 2013; Connor et al., 2014). در چنین شرایطی، پایش مستمر وضعیت تغذیه‌ای و آبی باغ، به‌عنوان یکی از ابزارهای کلیدی برای افزایش بهره‌وری مصرف آب و بهبود عملکرد، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. افزایش عملکرد زیتون در واحد سطح در صورتی امکانپذیر است که عوامل تولید محصول در حد مطلوب باشد. یکی از علل عمده پایین بودن عملکرد باغ‌های میوه کشور، عدم مصرف متعادل کود و به عبارت دیگر تغذیه نامطلوب درختان میوه، تشخیص است (Malakouti and Tabatabaei, 2001). مطالعات نشان داده‌اند که تغذیه متعادل می‌تواند پاسخ زیتون به تنش آبی را بهبود بخشد. برای مثال، پتاسیم با نقش خود در تنظیم اسمزی و هدایت روزنه‌ای، باعث بهبود حفظ آب در بافت گیاهی و افزایش مقاومت به خشکی می‌شود. همچنین، تأمین مناسب نیتروژن در حد متعادل می‌تواند فتوسنتز را تقویت کرده و تولید ماده خشک را افزایش دهد؛ با این حال، در شرایط کم‌آبی شدید، مصرف بالای نیتروژن ممکن است سبب تشدید مصرف آب و کاهش کارایی استفاده از منابع گردد (Haberman et al., 2019; Fernández-Escobar et al., 2013). بنابراین، مدیریت تغذیه در زیتون باید نه‌تنها بر اساس نیاز غذایی، بلکه با توجه به وضعیت آبی و اهداف تولید نیز تنظیم شود.

لامبارا و همکاران (Lambarraa et al., 2007) تابع تولیدی برای محصول زیتون با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای برداشت شده ارائه نمودند. ایشان بیان داشتند که محل مزرعه، سن، مدیریت، همچنین ترکیب نیروی کار و تکنیک‌های کشاورزی سطح بهره‌وری را تحت تأثیر قرار می دهد. در تحقیقی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر شاخص‌های گل‌دهی و تشکیل میوه در درختان زیتون بررسی شد. سطوح بسیار پایین عناصر، تمایز گل را محدود کرده و مقادیر بهینه نیتروژن برای حداکثر تولید میوه ضروری شناخته شد، در حالی که فسفر رابطه‌ای خطی و مثبت با نرخ تشکیل گل‌های کامل و عملکرد کل نشان داد. اثر پتاسیم در مقایسه با دو عنصر تغذیه‌ای دیگر کمتر بود (Erel et al., 2013). محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2021) اثر شیوه‌های مختلف بهره‌برداری از منابع آب را بر شاخص‌های بهره‌وری زیتون را در باغ‌های زیتون شهرستان طارم مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد، شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب در باغ‌های زیتون تحت پوشش چاه‌های شخصی نسبت به چاه‌های مشاعی از وضعیت نسبتاً بهتری برخوردار بود. علاوه‌براین تجهیز باغ‌ها به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای منجر به بهبود بهره‌وری مصرف آب شده بود.

غلامی و زاهدی (Gholami and Zahedi, 2019) تحقیقی به‌منظور اثر مالچ‌پاشی و کم آبیاری بر میزان تولید زیتون و همچنین شاخص کارایی مصرف آب این محصول انجام دادند. نتایج ایشان نشان داد، اعمال مدیریت کم آبیاری توأم با استفاده از مالچ سبب کاهش محصول نمی‌گردد و در نهایت منجر به بالا رفتن شاخص کارایی مصرف آب در باغ‌های زیتون می‌گردد.

شهرستان طارم در استان زنجان به‌عنوان قطب مهم تولید محصول زیتون در سطح کشور مطرح می‌باشد. در حال حاضر سطح باغ‌های زیتون در این منطقه بالای ۲۰ هزار هکتار برآورد می‌گردد. بنابراین ضروری است وضعیت مدیریت‌های مختلف به‌زراعی نظیر تغذیه و بهره‌وری مصرف آب در باغ‌های منطقه مذکور مورد توجه قرار گیرد. مطالعات محدودی در زمینه مدیریت

تغذیه و بهره‌وری مصرف آب محصول زیتون در داخل و خارج از کشور انجام شده است. عمده مطالعات به صورت نقطه‌ای و متمرکز بر اثرات تیمارهای مختلف مدیریت آبیاری و تغذیه‌ای بوده است (Nikbakht and Taheri, 2011; Gholami and Arji, 2018; Gholami and Zahedi, 2019; Hijazi et al., 2014; Asik et al., 2014; Berenguer et al., 2006; Rosecrance et al., 2015; Motilva et al., 2000).

شاخص‌های بهره‌وری تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل شامل رقم، سن درخت، خصوصیات خاک، اقلیم، مدیریت آبیاری و وضعیت تغذیه‌ای گیاه قرار دارد (Moriana et al., 2003; Ojaghlou et al., 2003a). از آنجا که آب در بسیاری از مناطق تولیدکننده زیتون به یک منبع محدود و گاه بحرانی تبدیل شده است، توسعه راهبردهایی که بتوانند محصول بیشتری را با آب کمتر تولید کنند، از اولویت‌های اصلی مدیریت زراعی و باغی محسوب می‌شود. در این راستا، برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس نیاز واقعی گیاه و پایش وضعیت رطوبتی خاک و تنش درخت، نقش مهمی در افزایش کارایی مصرف آب دارد (Fereres and Soriano, 2007).

با توجه به اهمیت روزافزون حفظ منابع آب از یک سو و بهبود بهره‌وری از سوی دیگر، انجام پژوهش در زمینه ارتباط بین وضعیت تغذیه‌ای و بهره‌وری مصرف آب در زیتون حائز اهمیت است. در خصوص رابطه بین مدیریت تغذیه با شاخص بهره‌وری مصرف آب در محصول زیتون و با تنوع سیستم آبیاری، مطالعه میدانی به‌طور گسترده در یک منطقه انجام نگرفته است. چنین پژوهش‌هایی می‌توانند به شناسایی سطوح بهینه عناصر غذایی، بهبود برنامه‌های آبیاری، کوددهی و توسعه راهبردهای مدیریت پایدار باغ کمک کنند. بنابراین، بررسی هم‌زمان پایش تغذیه و بهره‌وری مصرف آب در زیتون، گامی مهم در جهت ارتقای پایداری تولید و سازگاری با محدودیت‌های منابع طبیعی محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

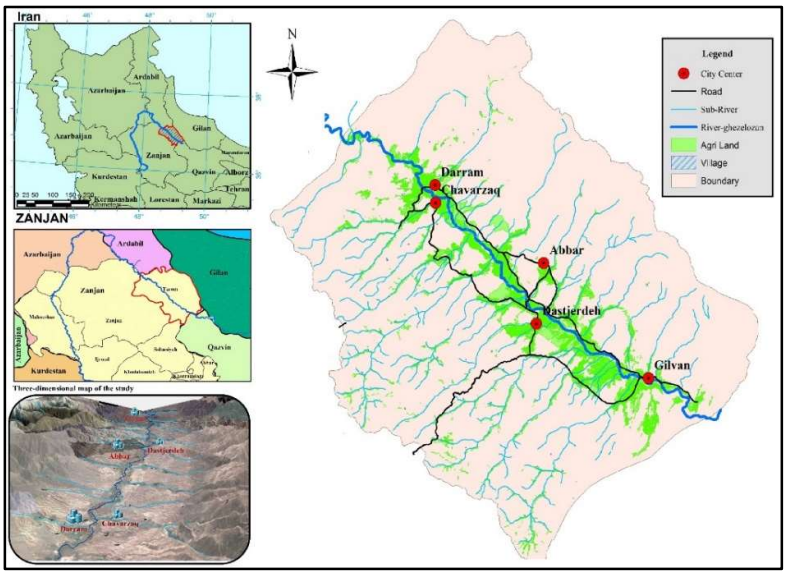
معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، شهرستان طارم یکی از شهرستان‌های استان زنجان می‌باشد که در شمال استان واقع گردیده است. شهرستان طارم دارای مساحتی بالغ بر ۲۲۳۵ کیلومتر مربع می‌باشد. این منطقه دارای ناهمواری‌های بسیار بوده و رودخانه قزل‌اوزن دره عمیقی را در آن ایجاد نموده که ارتفاع کف این رودخانه در خروجی این منطقه (گیلوان) به کمتر از ۴۰۰ متر از سطح دریا می‌رسد و در اطراف این دره رشته کوه‌هایی قرار گرفته‌اند که ارتفاع برخی از قله‌های آن به بیش از ۲۸۰۰ متر بالغ می‌گردد. میانگین دمای محدوده مطالعاتی بر اساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک آببر ۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه ثبت شده در این ایستگاه از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ برابر با ۲۴۸ میلی‌متر گزارش شده است (Ojaghlou et al., 2023b). اراضی کشاورزی و عمدتاً باغ‌های زیتون منطقه در تراس‌های با ارتفاع ۳۰۰ تا ۷۰۰ متر قرار گرفته‌اند. در سال‌های اخیر باغ‌های زیتون به صورت قابل توجهی در منطقه توسعه یافته است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. شهرستان طارم قطب اصلی تولید زیتون در کشور محسوب می‌شود. بر اساس آخرین آمار مساحت باغ‌های زیتون منطقه حدود ۲۱ هزار هکتار می‌باشد که به‌طور متوسط حدود ۲۷ درصد زیتون کل کشور در این منطقه تولید می‌شود (Iran Ministry of Agriculture-Jahad, 2019). رودخانه قزل‌اوزن به‌عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده آب موردنیاز باغ‌های زیتون محسوب می‌شود.

مشخصات باغ‌های مورد مطالعه

در این تحقیق تعداد ۱۲ باغ زیتون با رقم زرد به صورت تصادفی از نقاط مختلف شهرستان طارم انتخاب شد. باغ‌های زیتون انتخابی از نوع سنتی، میانگین سن باغ بین ۲۰ تا ۲۵ سال و با میانگین تراکم به‌طور میانگین حدود ۲۰۰ اصله درخت در هر هکتار بود. در انتخاب باغ‌ها

عوامل دیگر از قبیل سطح سواد، نوع مدیریت‌های مختلف به‌زراعی نظیر تغذیه و آبیاری و همچنین نوع روش آبیاری لحاظ شد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات عمومی باغ‌های زیتون آزمایشی

روش آبیاری	رقم	تعداد درخت	مساحت	موقعیت		کد باغ
سطحی	زرد	۲۷۸	۰/٤	٤۰۸٦٦۸۰	۳۱۳٥۸۰	۱۰۱
قطره‌ای	زرد	۲۳۸	۷/۰	٤۰۹۳۰۲۸	۳۱٤۰٤۰	۱۰۲
قطره‌ای	زرد	۲۷۸	۲/۹	٤۰۸٦۰۹٥	۳۱۸۷۳٥	۱۰۳
سطحی	زرد	۲۱۹	۳/۲	٤۱۰۳٥۰۰	۲۹۷۷۷۹	۱۰٤
سطحی	زرد	۲۰٤	۲/۷	٤۱۰٤٤٥٤	۲۹٥٦۸٥	۱۰٥
سطحی	زرد	۱۷۱	۲/۱	٤۱۰٤۷۹۳	۲۹٦۲۷۱	۱۰٦
سطحی	زرد	۳۱۷	۰/٦	٤۰۷٦۸۷۱	۳۲۰٥۸۷	۱۰۷
سطحی	زرد	۱۸۳	۱/۱	٤۰۷۷۰٤۷	۳۲۰۸٦٦	۱۰۸
سطحی	زرد	۲۰٦	٦/۳	٤۰۷۸٥۰۰	۳۲۲۱٥۷	۱۰۹
قطره‌ای	زرد	۱٥۳	۱/۷	٤۰٦۸۲۳۳	۳۲۸۲۲٥	۱۱۰
قطره‌ای	زرد	۱٥٤	۰/۹	٤۰۸۷٥٦۷	۳۱۷۳۸٤	۱۱۱
سطحی	زرد	۲۷۸	۱/٤	٤۰۸۹۷٤٥	۳۱۱۸۲۰	۱۱۲

با توجه به تعداد مراجعات در طول فصل رشد، پارامترهای متنوع آب، خاک، گیاه و سایر اطلاعات نظیر مساحت و محدوده باغ حجم داده‌برداری‌های میدانی زیاد بود. به‌نظر می‌رسد بتوان با نتایج حاصل از تعداد ۱۲ باغ زیتون انتخابی که شرایط مختلف نیز در انتخاب آن‌ها لحاظ شده است، نتایج را به منطقه تعمیم داد. مشخصات باغ‌های زیتون آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است.

اندازه گیری ویژگی‌های خاک باغ‌های آزمایشی زیتون

به‌منظور بررسی کیفیت خاک باغ‌های آزمایشی، نمونه‌های خاک از دو عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ٦۰ سانتی‌متر

در هر باغ برداشت شد. نمونه‌برداری‌ها در فصل پاییز و قبل از شروع آزمایش‌ها میدانی انجام گرفت. خصوصیات فیزیکی شامل بافت و رطوبت ظرفیت زراعی به همراه خصوصیات کیفی شامل قابلیت هدایت الکتریکی ، درصد آهک، درصد مواد آلی، پتاسیم، فسفر و نیتروژن با روش‌های استاندارد مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری در ابتدای مطالعات میدانی و قبل از شروع دوره آبیاری انجام شد. فسفر خاک با روش اولسن استخراج و با روش رنگ سنجی و پتاسیم خاک با استات آمونیوم یک مولار و روش نشر اتمی اندازه‌گیری شد.

برنامه تغذیه باغ‌های آزمایشی زیتون

به‌منظور پایش مدیریت تغذیه در باغ‌های زیتون، مراجعه حضوری حداقل سه نوبت در طول فصل آبیاری (از ابتدای اسفند ۱۳۹۹ تا انتهای آذر ماه سال ۱۴۰۰) انجام شد. از طریق مصاحبه با باغداران، نوع، مقدار و زمان مصرف کودهای مختلف در طول فصل ثبت گردید و ارتباط آن با عملکرد و شاخص‌های بهره‌وری مورد مطالعه قرار گرفت.

بهره‌وری فیزیکی مصرف آب

در تحقیق حاضر، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب در باغ‌های زیتون با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده مربوط به آب مصرفی و همچنین عملکرد محصول تعیین شد. حجم آب مصرفی از طریق اندازه‌گیری مقدار دبی و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به برنامه آبیاری محاسبه شد. بهره‌وری فیزیکی آب کاربردی (CPD[1]) از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌گردد:

$$CPD(Ir)=\frac{Tp}{Tw(Ir)} \qquad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه فوق، Tp مقدار محصول تولید شده (کیلوگرم در هکتار) و Tw(Ir) حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار) است. بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر نیز از طریق رابطه ۲ محاسبه شده است:

$$CPD(Ir+P)=\frac{Tp}{Tw(Ir+P)} \qquad \text{رابطه ۲}$$

در رابطه، P حجم بارش مفید (مترمکعب) در طول فصل آبیاری می‌باشد.

در این تحقیق از رابطه ۲ با توجه به وجود بارش مؤثر در منطقه برای محاسبه شاخص بهره‌وری فیزیکی استفاده شد. مقدار بارش مؤثر با استفاده از روش SCS تعیین شد. همچنین به‌منظور برآورد نیاز آبی از روش پنمن فائو مانتیث استفاده شد.

نتایج و بحث

مشخصات کیفی آب و خاک

نتایج تجزیه کیفی منابع آب و خاک در باغ‌های زیتون آزمایشی در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد، قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری در محدوده ۰/۸۵ تا ۲/۱۵ و به‌طور میانگین ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد که بر مبنای راهنمای تفسیر کیفیت آب آبیاری، در کلاس متوسط و با محدودیت کم قرار می‌گیرد. از نظر یون‌های کلر و سدیم نیز کلاس کیفی آب آبیاری در بیشتر باغ‌ها در وضعیت نسبتاً خوب ارزیابی می‌شود. در سه باغ با کدهای ۱۰۷، ۱۰۸ و ۱۰۹ محدودیت کم از نظر شاخص کلر آب وجود دارد. با توجه به بافت متوسط و نسبتاً سبک خاک در بیشتر باغ‌ها (مطابق جدول ۳)، زهکشی در وضعیت مناسب ارزیابی می‌شود و بنابراین انتظار افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک به‌طور جدی وجود نخواهد داشت. نتایج مربوط به قابلیت هدایت الکتریکی خاک ارائه شده در جدول ۳ تأیید کننده موضوع اشاره شده می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به مقادیر SAR بدست آمده از یون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم، مشکلی از نظر نفوذپذیری آب در خاک وجود ندارد. در نهایت می‌توان بیان داشت، کیفیت منابع آب مورد استفاده در باغ‌های زیتون در حد قابل قبول بوده و محدودیت جدی از نظر آبیاری وجود ندارد.

[1] Crop per Drop

بر اساس نتایج بدست آمده از آنالیز نمونه‌های خاک، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در محدوده ۰/۳۳ تا ٤/٥ و به‌طور میانگین ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. بنابراین خاک بیشتر باغ‌ها در محدوده با قابلیت هدایت الکتریکی کم تفسیر می‌گردد. در بیشتر باغ‌ها، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در لایه سطحی ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۳۰ تا ٦۰ سانتی‌متر، به‌دلیل تبخیر آب از سطح خاک و مصرف کودهای شیمیایی بیشتر می‌باشد. مقدار پتاسیم در محدوده ۱۰۰ تا ۳٦۰ و به‌طور میانگین ۲۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و مقدار فسفر در محدوده ۳ تا ٥۱ و به‌طور میانگین ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد. مقادیر عناصر غذایی پتاسیم و فسفر در لایه سطحی نسبت به عمق دوم خاک، نسبتاً بیشتر می‌باشد. به جز باغ‌های شماره ۱۰۲، ۱۰٦، ۱۰۷ و ۱۰۸ و ۱۰۹ کمبود پتاسیم در خاک سایر قطعات مشاهده شد و نیاز به توصیه کودی پتاسیم در این باغ‌ها ضروری است. مقادیر عناصر غذایی فسفر در لایه سطحی نسبت به عمق دوم خاک، نسبتاً بیشتر می‌باشد. به جز باغ‌های شماره ۱۰۲، ۱۰٤ و ۱۰٥ کمبود فسفر در خاک سایر قطعات مشاهده شد و نیاز به توصیه کودی فسفر در این باغ‌ها ضروری است. با توجه به نیاز بالای زیتون مصرف نیتروژن در تمامی باغ‌ها توصیه می‌شود. درصد ماده آلی خاک نیز در محدوده ۰/۸۲ تا ۳/۲۲ و به‌طور میانگین ۱/۷۳ درصد تعیین شد. درصد آهک خاک نیز در محدوده ٤/٦ تا ۲٥/۲ و به‌طور میانگین ۱٥/۰ درصد بدست آمد. محدودیت جدی از نظر آهک وجود ندارد. در سه باغ و در عمق دوم خاک، درصد آهک بالای ۲۰ درصد می‌باشد که موجب محدودیت نسبی شده است.

جدول۲ - خصوصیات کیفی منابع آب باغ‌های زیتون آزمایشی

کد باغ	قابلیت هدایت الکتریکی	اسیدیته	سدیم	کلسیم	منیزیم	کلر	سولفات	بی‌کربنات	کربنات	نسبت جذب سدیم
	دسی‌زیمنس بر متر	-	..... میلی‌اکی والان بر لیتر							-
۱۰۱	۰/۹	۷/۲	۱/۴	۲/۷	۵/۴	۰/۶	۳/۰	۵/۶	۰/۰	۰/۷
۱۰۲	۰/۹	۷/۵	۰/۹	۳/۳	۴/۷	۰/۵	۱/۵	۵/۷	۰/۰	۰/۵
۱۰۳	۱/۲	۷/۴	۲/۱	۵/۵	۴/۶	۱/۶	۴/۲	۵/۴	۰/۰	۰/۹
۱۰٤	۲/۲	۷/۲	۸/۵	۶/۵	۳/۳	۸/۲	۵/۵	۴/۶	۰/۰	۳/۸
۱۰٥	۲/۱	۷/۲	۸/۲	۶/۷	۳/۵	۸/۳	۵/۴	۴/۸	۰/۰	۳/۶
۱۰٦	۲/۱	۷/۱	۸/۱	۶/۶	۳/۴	۸/۴	۳/۲	۴/۹	۰/۰	۳/۶
۱۰۷	۱/۸	۷/۹	۸/۲	۹/۲	۴/۳	۱۲/۰	۶/۲	۳/۱	۰/۰	۳/۲
۱۰۸	۱/۸	۸/۰	۸/۳	۹/۱	۴/۲	۱۱/۸	۶/۲	۳/۱	۰/۰	۳/۲
۱۰۹	۱/۹	۸/۱	۸/۴	۹/۱	۴/۰	۱۱/۷	۶/۱	۳/۰	۰/۰	۳/۳
۱۱۰	۱/۳	۷/۴	۳/۰	۱۰/۵	۲/۸	۲/۴	۱۰/۸	۴/۲	۰/۰	۱/۲
۱۱۱	۱/۳	۷/۴	۲/۱	۵/۶	۴/۷	۱/۶	۴/۲	۵/۵	۰/۰	۰/۹
۱۱۲	۱/۰	۷/۱	۱/۷	۴/۳	۴/۲	۱/۱	۲/۱	۶/۸	۰/۰	۰/۸

مدیریت تغذیه در باغ‌های زیتون

در جدول ٤ نوع و مقادیر کودهای مغذی مصرف شده به تفکیک هر باغ آزمایشی آورده شده است. مطابق نتایج برگرفته از مصاحبه‌ها و بازدیدهای میدانی، مهمترین کود مصرفی در باغ‌های زیتون اوره می‌باشد. انوع کودهای پتاسیم نظیر سولفات پتاسیم و کود کامل سه بیست (شامل ۲۰ درصد نیتروژن، ۲۰ درصد فسفر و ۲۰ درصد پتاسیم) (NPK ۲۰-۲۰-۲۰) در رتبه دوم قرار دارند.

استفاده از چال کود حیوانی به‌طور گسترده در باغ‌های زیتون استفاده نمی‌شود. همچنین مصرف کودهای ریزمغذی نیز چندان به‌طور جدی مورد استقبال باغداران منطقه قرار نگرفته است. بررسی نتایج عملکرد نشان داد که رابطه مستقیمی بین غلظت پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک در باغ‌ها و مصرف کودهای اوره، پتاسیم و فسفر و عملکرد باغ مشاهده شده است. در باغ‌های با فسفر بیش از ۱۰ و پتاسیم بیشتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم که کودهای فسفر و پتاسیم مصرف شده بود و یا غلظت این عناصر در دامنه کفایت قرار داشتند، بیشترین عملکرد مشاهده شده است. همبستگی بین مقدار مقدار فسفر و پتاسیم با مقادیر عملکرد محصول اندازه‌گیری شده مورد بررسی قرار گرفت. ضریب همبستگی پارامترهای فسفر و پتاسیم با عملکرد به‌ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۶۷ به دست آمد. همچنین همبستگی بین مقدار ماده آلی خاک و عملکرد محصول با ضریب تعیین ۰/۴۹ قابل قبول ارزیابی شد. لازم به ذکر است اطلاعات گردآوری شده از نوع و مقادیر کودهای مصرفی تا حد امکان با اطلاعات اخذ شده از سازمان جهاد کشاورزی، توزیع کننده‌های محلی و همچنین متخصص تغذیه خاک کنترل می‌شد.

جدول ۳- خصوصیات کمی و کیفی منابع خاک باغ‌های زیتون آزمایشی

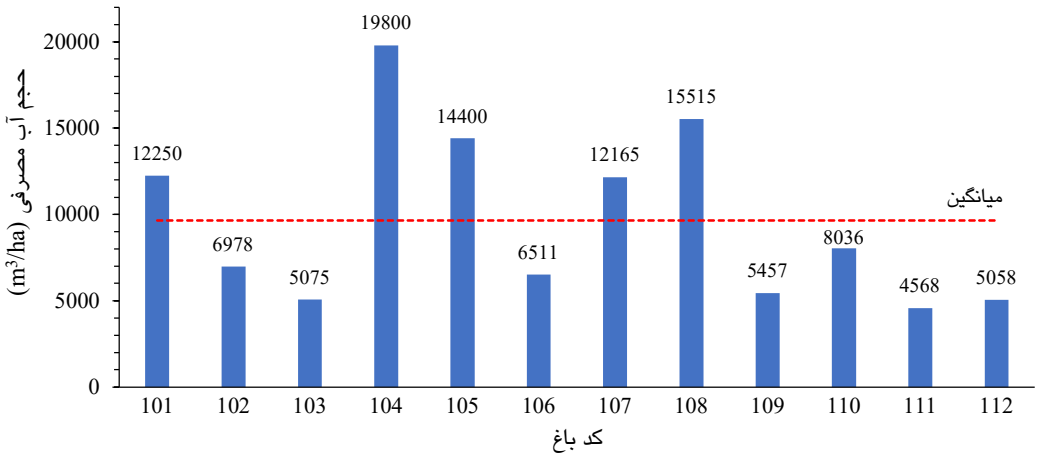
کد باغ	عمق	بافت	رطوبت ظرفیت زراعی	اسیدیته	قابلیت هدایت الکتریکی	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	ماده آلی	آهک
	سانتی‌متر	–	درصد	–	دسی‌زیمنس برمتر	میلی‌گرم بر کیلوگرم		..... درصد		
۱۰۱	۳۰-۰	silt loam	۲۵/۹۳	۷/۹۸	٤/٥	۱۸۲	۹	۰/۰٦	۰/۸۲	۷/۱۱
	٦۰-۳۰	silt loam	۲۲/٥۷	۷/۸٤	۳/۱۱	۱۰۰	۳	۰/۲۱	۳/۲۲	۱٤/۷٥
۱۰۲	۳۰-۰	loam	۱۸/٤۳	۷/٥۸	۳/۰۷	۳٦۰	٥۱	۰/۱۳	۲/۰٥	۱۱/۲۲
	٦۰-۳۰	loam	۱۸/٤	۷/۷٦	۱/۷٦	۱٤۰	٤۱	۰/۰۸	۱/۲٦	۱۷/۸
۱۰۳	۳۰-۰	loam	۲۰/۷۲	۷/٥٤	٤/۰٦	۱۹۸	۹	۰/۰۷	۱/۲۲	۱٦/۹
	٦۰-۳۰	loam	۲۱/۲۹	۷/٦٤	٤/٤۸	۱۸۲	۹	۰/۲	۱/٦۹	۱۸/۱٥
۱۰٤	۳۰-۰	sandy clay	۱۹/۱	۷/۹	۱/٦۸	۲۰۳	۱۷	۰/۱۱	۰/۹٥	۷/٤
	٦۰-۳۰	sandy clay loam	۱۸	۷/٦۱	۱/٦٦	۱۹۹	۸/۲	۰/۱۷	۱/۸۷	۱۳/۳
۱۰٥	۳۰-۰	sandy clay loam	۱۸/۸	۷/۱٦	۳/٦٥	۲۳۰	۱۸/۲	۰/۱۹	۲/۱۲	۱۱/٥
	٦۰-۳۰	silty clay	۲۲/٥	۷/۷٦	۲/٦۱	۳۰۷	۹/۲	۰/۲۲	۱/۸۷	۱٥/۳
۱۰٦	۳۰-۰	sandy clay	۱۹/۱	۷/٦۲	۱/۳۱	۲۸۷	۱۱/۳	۰/۲۱	۱/۷۲	۲۲/۱
	٦۰-۳۰	sandy clay	۲۰/۳	۷/۸۹	۱/۳۳	۲۲۰	٥/٤	۰/۱۳	۱/٥۳	۲٥/۲
۱۰۷	۳۰-۰	sandy clay loam	۱۸/۷	۷/٦۷	۰/٥٥	۲٤٤	۱۰/۲	۰/۱۸	۲/۲۱	۱۱/۳
	٦۰-۳۰	sandy clay	۲۰/٥	۷/۸۳	۰/٥٦	۳۰٤	۳/۲	۰/۱۸	۱/٥۳	۱٦/۱
۱۰۸	۳۰-۰	sandy clay	۲۱/۲	۸/۱۲	۱	۲۹۳	۱۲/۳	۰/۲٤	۲/۱٦	۹/٤
	٦۰-۳۰	sandy clay loam	۱۹/۳	۷/۷٥	۰/۸۱	۲۷۸	۷/۱	۰/۱۷	۱/٥٦	۱۹/٦
۱۰۹	۳۰-۰	silty clay loam	۲۱/۳	۷/۱۲	۱/۱	۱۹۸	۱٦/۷	۰/۱۲	۱/۱۱	٤/٦
	٦۰-۳۰	sandy clay	۲۱	۷/۸۹	۰/۸	۳۰٦	۹/٦	۰/۱۲	۱/۸۱	۲۲/۱
۱۱۰	۳۰-۰	sandy loam	۱۷/۰٥	۷/۸۳	۰/٤۲	۲۰۹	۹/۳	۰/۲۷	۲/۲٥	۱٦/۱
	٦۰-۳۰	laomy sand	۱٦/٦	۸/۱۹	۰/٤۷	۱۸۹	۱۲/٥	۰/۱۷	۱/۹۸	۹/٤
۱۱۱	۳۰-۰	sandy clay	۲۰/٦	۷/۷۳	۰/٥۱	۲۱۸	۱۱/۳	۰/۱٥	۱/۷٦	۱٦/۳
	٦۰-۳۰	silt loam	۱۸/۳	۷/٦٥	۰/۳۳	۲۳٦	۱۲/۱	۰/۱۸	۲/۰۹	۱۹/٦
۱۱۲	۳۰-۰	silty clay	۲۲/٤	۷/۰۲	۳/۳۷	۲۱۳	۱۲/۳	۰/۰۹	۱/۰۲	۱۸/۷
	٦۰-۳۰	silty clay	۲٤	۷/۱٥	۲/٦	۲٥٥	۸/٥	۰/۰۳	۰/٤۲	۱۹/۲

جدول ۴- نوع و مقدار کود مصرفی در باغ‌های زیتون آزمایشی

توضیح	ریزمغذی‌ها	کود برگ	کود کامل NPK	پتاس	اوره	کود حیوانی	کد باغ
	..... کیلوگرم بر هکتار					تن بر هکتار	
کاربرد در دو مرحله زمانی	۲				۱۵۰		۱۰۱
کاربرد در دو مرحله زمانی				۲۱۵	۲۱۵	۱/۵	۱۰۲
کاربرد در دو مرحله زمانی		۴			۸۰	۴	۱۰۳
کاربرد در شش مرحله زمانی					۳۰۰		۱۰۴
کاربرد در دو مرحله زمانی					۳۰۰		۱۰۵
کاربرد در دو مرحله زمانی			۴۰۰		۲۸۰		۱۰۶
کاربرد در سه مرحله زمانی			۴۰۰				۱۰۷
کاربرد در سه مرحله زمانی				۵۰۰	۵۵۰		۱۰۸
کاربرد در چهار مرحله زمانی				۱۶۰	۵۰۰		۱۰۹
کاربرد در سه مرحله زمانی				۴۰۰	۱۵۰		۱۱۰
کاربرد در سه مرحله زمانی				۱۵۰	۲۸۰	۳۰۰	۱۱۱
کاربرد در چهار مرحله زمانی	۶		۹۰	۵۵۰	۱۸۰		۱۱۲

عملکرد و بهره‌وری در باغ‌های زیتون

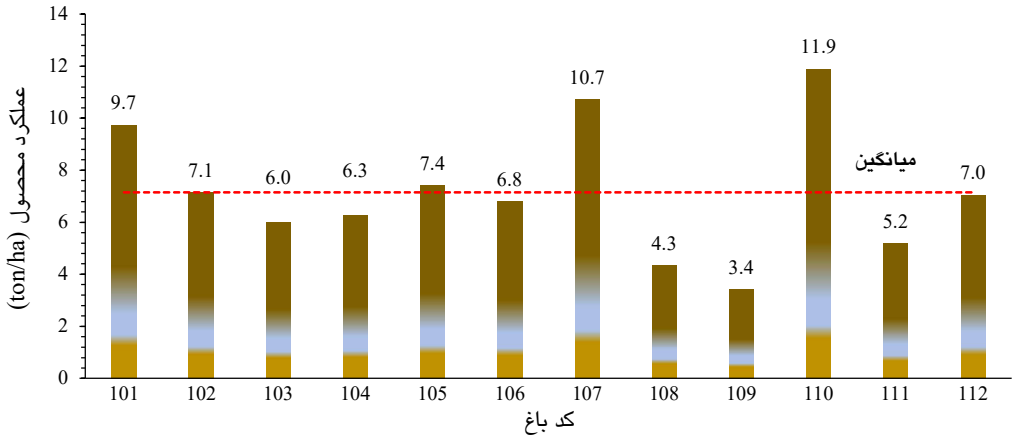
شکل ۲، حجم آب مصرفی به ازای هر هکتار را در باغ‌های زیتون پایش شده نشان می‌دهد. حجم آب مصرفی در هر هکتار از باغ‌های زیتون، از ٤٥٦٨ مترمکعب در هکتار تا ۱۹۸۰۰ مترمکعب در هکتار متغیر می‌باشد. به‌عبارت دیگر حداکثر مصرف آب حدود ٤/۳ برابر بیش از حداقل مصرف آب می‌باشد. میانگین مصرف آب در هر هکتار معادل ۱۰۰۳۲ متر مکعب محاسبه شد. این در حالی است که نیاز آبی خالص محصول زیتون در شهرستان طارم در حدود ٦۱۸۰ متر مکعب در سال برآورد شده است. با توجه به اینکه از ۱۲ باغ زیتون آزمایشی، تعداد ۸ باغ به روش سطحی (سنتی) آبیاری می‌شدند، لذا میانگین مصرف آب محاسبه شده دور از انتظار نبود. از مهمترین دلایل اختلاف بین حجم آب مصرفی در باغ‌ها می‌توان به نوع سیستم آبیاری و به تبع آن راندمان آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری اعمال شده توسط باغداران اشاره نمود. مقدار حجم آب مصرفی در برخی باغ‌ها بیشتر و در برخی نیز کمتر از مقدار نیاز آبی خالص بود. نوع سیستم آبیاری و به تبع آن تلفات آب، عدم تناسب حقابه‌ها و اضافه برداشت‌ها از عوامل مهم بالا بودن حجم آب مصرفی در برخی باغ‌های زیتون بود. همچنین در برخی باغ‌ها مدیریت آبیاری به شیوه کاملا سنتی و مازاد با نیاز واقعی گیاه انجام می‌گرفت. بعضی از باغ‌ها نیز با کمبود آب مواجه بوده و به صورت خودکار در شرایط کم آبیاری قرار دارند. توسعه سیستم‌های نوین آبیاری به همراه ترویج و آگاه سازی باغداران در خصوص مدیریت دقیق برنامه آبیاری و متناسب با نیاز آبی می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف آب، نیاز آبی باغ‌هایی که با کمبود آب مواجه هستند را به‌طور کامل تأمین نماید.



شکل ۲- مقادیر حجم آب مصرفی در باغ‌های زیتون آزمایشی

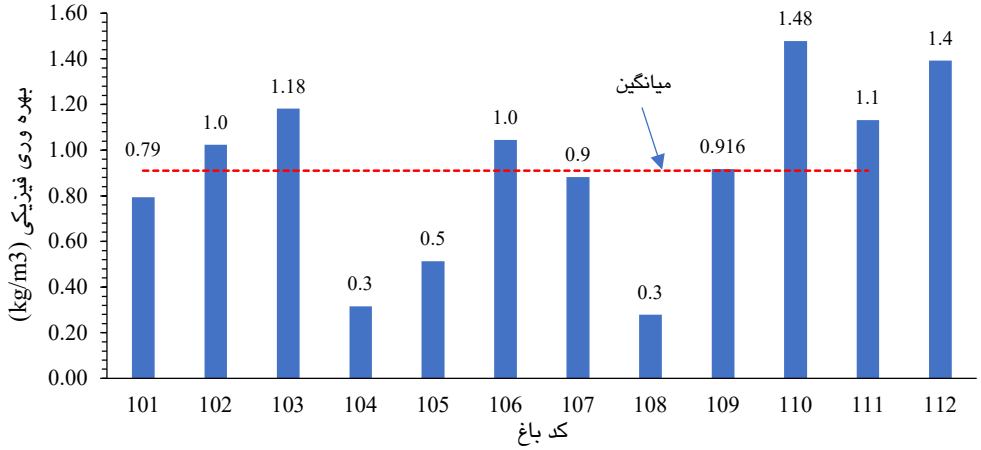
مقادیر مربوط به عملکرد محصول در هر کدام از باغ‌های زیتون در شکل ۳ نشان داده شده است. میانگین عملکرد محصول زیتون در باغ‌های پایش شده ۷/۲ تن در هکتار برآورد شد. حداقل و حداکثر عملکرد نیز به‌ترتیب ٤/۳ و ۱۱/۹ تن به ازای هر هکتار تعیین شد. سن بیشتر باغ‌های انتخاب شده بالای ۲۰ سال می‌باشد و سن درختان در دو باغ نیز ۱۷ ساله بود. با توجه به اینکه سن درختان اثرگذاری قابل توجهی بر میزان عملکرد محصول و در نتیجه شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب دارد، لذا سعی گردید باغ‌ها طوری انتخاب شوند که اولاً از این نظر نزدیک به هم باشند و از سوی دیگر به پتانسیل رشد و عملکرد خود رسیده باشند تا بتوان مقایسه منطقی بین شاخص‌های بهره‌وری در باغ‌های پایش شده انجام داد. بهترین عملکرد محصول متعلق به باغ زیتون با کد ۱۱۰ که با روش قطره‌ای آبیاری می شد، به دست آمد. در باغ مذکور، ضمن اینکه نیاز آبی به‌طور کامل تأمین شده است، مدیریت تغذیه خاک، مبارزه با بیماری‌ها و در کل دانش کشاورزی باغدار در سطح بالایی بود. بررسی نتایج اولیه آب و خاک نیز نشان می‌دهد، قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری نسبت به بیشتر باغ‌ها کمتر بوده و از نظر عناصر تغذیه‌ای هم، خاک این باغ در وضعیت نسبتاً بهتری نسبت به اغلب باغ‌ها قرار داشت.

البته ذکر این نکته ضروری است برخی باغ‌های زیتون در شرایط کم باردهی قرار داشتند و برخی نیز بالعکس. لذا در تحلیل شاخص‌ها، مقادیر میانگین عملکرد دو سال در نظر گرفته شد.



شکل ۳- مقادیر عملکرد محصول در باغ‌های زیتون آزمایشی

در شکل ٤، مقادیر شاخص بهره‌وری فیزیکی مصرف آب زیتون در باغ‌های پایش شده ارائه شده است. مقدار شاخص کارایی مصرف آب در محدوده ۰/۳ تا ۱/۵ و به‌طور میانگین برابر با ۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. با وجود عملکرد محصول مناسب در باغ‌های پایش شده، مقادیر به دست آمده شاخص بهره‌وری فیزیکی مصرف آب نشان داد، بهره‌وری در باغ‌های پایش شده عمدتاً در حد متوسط ارزیابی می‌شود. دلیل اصلی این موضوع نیز بالا بودن مصرف آب به خصوص در باغ‌های با روش آبیاری سطحی است. میانگین شاخص کارایی مصرف آب در باغ‌های با روش آبیاری قطره‌ای ۱/۲۰ و در باغ‌های با روش سطحی ۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. راندمان بالای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و در نتیجه میانگین حجم آب مصرفی کمتر در این باغ‌ها، شاخص کارایی مصرف آب قابل قبولی را رقم زده است. لذا استفاده از سیستم‌های قطره‌ای در باغ‌های زیتون با توجه به ارزش افزوده بالای این محصول و پیش‌بینی وقوع کم آبی‌ها در سال‌های آینده در این منطقه، بدون شک و تردیدی منجر به بهینه شدن مصرف آب گردد.



شکل ۴- مقادیر شاخص بهره‌وری فیزیکی در باغ‌های زیتون آزمایشی

آزمون معنی‌داری

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری دقیق مدیریت تغذیه‌ای و شرایط حاصلخیزی خاک بر شاخص‌های عملکرد محصول و بهره‌وری فیزیکی مصرف آب (CPD)، آزمون معنی‌داری با استفاده از روش آزمون T مستقل انجام شد. نتایج حاصل از آزمون معنی‌داری در جدول (۵) ارائه شده است. طبق این نتایج، اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین شاخص‌های عملکرد و بهره‌وری در باغ‌های با مدیریت تغذیه نامناسب و مناسب وجود داشت. با این وجود در سطح ۵ درصد، اختلاف‌ها معنی‌دار نبود.

جدول ۵ - نتایج آزمون معنی‌داری شاخص‌های عملکرد محصول و بهره‌وری بین باغ‌های زیتون با مدیریت‌های تغذیه متفاوت

شاخص	میانگین		انحراف معیار		درجه آزادی	معنی‌داری
	مدیریت مناسب	مدیریت نامناسب	مدیریت مناسب	مدیریت نامناسب		
عملکرد (تن بر هکتار)	۷/٦۸	٦/٦۲	۲/۲۷	۲/۸۵	۱۰	۰/٤۹۱**
بهره‌وری فیزیکی (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۷٦	۱/۰۲	۰/۳۰	۰/٤٦	۱۰	۰/۲٦۰**

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مدیریت تغذیه و بهره‌وری در تعدادی از باغ‌های زیتون شهرستان طارم پایش شد. نتایج نشان داد، از نظر حاصلخیزی خاک، مهمترین محدودیت کمبود نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بیشتر قطعات باغ می‌باشد، از نظر قابلیت هدایت الکتریکی و آهک محدودیت خاصی در باغ‌های زیتون مشاهده نشد. همچنین از نظر مدیریت تغذیه می‌توان بیان داشت، در صورتی که در قطعاتی که غلظت فسفر بین ۱۰ تا ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و پتاسیم خاک بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در در دامنه کفایت باشند و یا اینکه در غلظت‌های کمتر از ۱۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک فسفر و پتاسیم در کنار اوره، کودهای پتاسه و فسفره مصرف شده باشد، حتی در شرایط مصرف آب کمتر و کارایی بالاتر مصرف آب، عملکرد زیتون بیشتر از میانگین منطقه خواهد بود. از نظر عملکرد محصول، باغ‌های زیتون در وضعیت نسبتاً قابل قبول ارزیابی شد. در برخی باغ‌ها به‌دلیل عدم آشنایی کافی و دانش مورد نیاز، مدیریت تغذیه به‌طور صحیح انجام نمی‌گردد و به همین دلیل مقدار عملکرد واقعی کمتر از پتانسیل منطقه می‌باشد. با این وجود نتایج پایش حجم آب مصرفی در باغ‌های زیتون نشان داد، در برخی باغ‌ها آبیاری بی‌رویه و بیشتر از نیاز آبی وجود دارد. البته در برخی باغ‌ها نیز به‌دلیل محدویت در منابع آب دسترسی و به خصوص به‌دلیل خشک شدن رودخانه قزل اوزن در ماه‌های گرم سال، کم آبیاری وجود دارد. شاخص بهره‌وری فیزیکی در حد متوسط ارزیابی شد. تجهیز باغ‌ها به روش آبیاری قطره‌ای به‌طور محسوس منجر به کاهش آب مصرفی و در نتیجه بهبود بهره‌وری شده بود. در نهایت می‌توان بیان داشت، پایش مستمر وضعیت کیفی خاک در باغ‌های زیتون و در ادامه آن اعمال مدیریت صحیح و کامل تغذیه همراه با روش آبیاری مناسب منجر به بهبود تولید و بهره‌وری خواهد شد.

REFERENCES

Anonymous, Iran Ministry of Agriculture-Jahad. (2021). Evaluation of solutions to improve agricultural water use efficiency (case study: Zanjan province). Technical report.

Asik, S., Kaya, U., Camoglu, G., Akkuzu, E., Olmez, H. A., & Avci, M. (2014). Effect of different irrigation levels on the yield and traits of Memecik olive trees (*Olea europaea* L.) in the Aegean coastal region of Turkey. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *140*(8), 1-8 https://doi.org/1061/10/(ASCE)IR.1943-0000741/4774

Berenguer, M. J., Vossen, P. M., Grattan, S. R., Connell, J. H., & Polito, V. S. (2006). Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *HortScience*, *41*(2), 427-432.

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*, 71-93. https://doi.org/1016/10/j.scienta.2014.010/02

Erel, R., Yermiyahu, U., Van Opstal, J., Ben-Gal, A., Schwartz, A., & Dag, A. (2013). The importance of olive (*Olea europaea* L.) tree nutritional status on its productivity. *Scientia Horticulturae, 159*, 8-18. https://doi.org/https://doi.org/1016/10/j.scienta.2013.036/04

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, *58*(2), 147-159. https://doi.org/1093/10/jxb/erl165

Fernández-Escobar, R., de la Rosa, R., León, L., & Troncoso, A. (2013). The importance of olive nutrition in relation to productivity and quality. *European Journal of Agronomy*, *45*, 1–8.

Gholami, R. A., & Arji, A. (2018). Investigation of the effect of regulated irrigation on vegetative characteristics, yield and oil content and water use efficiency of yellow olive cultivars. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries)*, *32*(4), 605-614. (In Persian with English abstract). https://doi.org/22059/10/jwim.2021.917/330311

Gholami, R., & Zahedi, S. M. (2019). Reproductive behavior and water use efficiency of olive trees (*Olea europaea* L. cv Konservolia) under deficit irrigation and mulching. *Erwerbs-Obstbau*, *61*(4), 331-336. https://doi.org/1007/10/s10341-019-00435-3

Haberman, A., Dag, A., Shtern, N., Zipori, I., Erel, R., Ben-Gal, A., & Yermiyahu, U. (2019). Significance of proper nitrogen fertilization for olive productivity in intensive cultivation. *Scientia Horticulturae, 246*, 710-717. https://doi.org/https://doi.org/1016/10/j.scienta.2018.055/11

Hijazi, A., Doghoze, M., Jouni, N., Nangia, V., Karrou, M., and Oweis, T. (2014). Water requirement and water-use efficiency for olive trees under different irrigation systems. In: Proceeding of 7th International Conference on Water Resources in the Mediterranean Basin, 10-12 october, Marrakech, Morocco

Lambarraa, F., Serra, T., & Gil Roig, J. M. (2007). Technical efficiency analysis and decomposition of productivity growth of Spanish olive farms. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *5*(3), 259-270. https://doi.org/5424/10/sjar/2007053-247

Malakouti, M. J., & Tabatabaei, S. J. (2001). *Innovative approach to balanced nutrition of fruit trees*. Tehran, Iran. Agricultural education Publication.

Mohammadi, F., Ojaghlou, H., & Ghorbanian, M. (2021). Effect of water resources utilization methods on olive water use efficiency. *Water and Irrigation Management*, *11*(3), 643-658. https://doi.org/22059/10/jwim.2021.917/330311 (In Persian with English abstract)

Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., & Fereres, E. (2003). Yield Responses of a Mature Olive Orchard to Water Deficits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *128*(3), 425–431. https://doi.org/21273/10/JASHS.128.425/3

Motilva, M. J., Tovar, M. J., Romero, M. P., Alegre, S., & Girona, J. (2000). Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (Arbequina cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *80*(14), 2037-2043. https://doi.org/1002/10/1097-0010(200011)80:14%3C2037::AID-JSFA733%3E0/3.CO;2-0

Nikbakht, J., & Taheri, M. (2011). Deficiency of olive irrigation is an effective solution to reduce water withdrawal from Ghezel Ozan River in Tarom region of Zanjan. In: Proceeding of the Second National Conference on Applied Research in Iranian Water Resources, Zanjan Regional Water Company, Zanjan, IRAN. (In Persian).

Ojaghlou, H., Jafari, M. M., Ojaghlou, F., Misaghi, F., Nazari, B. & Karami Dehkordi, E. (2023a). Effect of irrigation management on water use efficiency in Tomato farms. *Water and Soil Science, 33*(4), 217-236, https://doi.22034/10/ws.2023.2499/53855. (In Persian)

Ojaghlou, H., Ojaghlou, F., Jafari, M. M., Misaghi, F., Nazari, B. & Karami Dehkordi, E. (2023b). Effect of Irrigation Management on Water Productivity Indicators of Alfalfa. *Water and Soil*, *37*(2), 165-185. https://doi.22067/10/jsw.2023.1211/79145 (In Persian with English abstract).

Rosecrance, R. C., Krueger, W. H., Milliron, L., Bloese, J., Garcia, C., & Mori, B. (2015). Moderate regulated deficit irrigation can increase olive oil yields and decrease tree growth in super high density 'Arbequina'olive orchards. *Scientia Horticulturae*, *190*, 75-82. https://doi.org/1016/10/j.scienta.2015.045/03