

ارزیابی فنی و هیدرولیکی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و بررسی تأثیر کارایی این سامانه بر صفات رشدی درختان زیتون تحت مدیریت زارعین

مسعود فرزام نیا^{۱*} - مختار میران زاده^۲ - حسین دهقانی سانج^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۳

چکیده

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی عملکرد سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و تأثیر کارایی آن بر پارامترهای رشد درختان زیتون در استان اصفهان طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲، تحت مدیریت زارع انجام شد. بدین منظور از سامانه یادشده یک لوله نیمه‌اصلی به طور تصادفی انتخاب و ۴ لوله فرعی واقع در ابتدا، یک سوم از ابتدا، دو سوم از ابتدا و انتهای آن در نظر گرفته شد. عملکرد سامانه بر اساس پارامترهای پایه میانگین دبی قطره‌چکان (Q_{avg})، ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی پخش (EU) و ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان (CV) در کل لوله فرعی (۱۰۸ قطره‌چکان) ارزیابی شد. نتایج نشان داد در هر کدام از لوله‌های فرعی، حدود ۶ تا ۱۰ درصد از قطره‌چکان‌ها به دلیل وارد شدن ریشه گیاهان توت و گل‌محمدی که بعضی از آن‌ها در بین درختان زیتون کاشته شده بودند، مسدود شده و شاخص‌های یادشده در دو حالت (وجود و عدم وجود قطره‌چکان مسدود) محاسبه شد. با در نظر گرفتن قطره‌چکان‌های مسدود، میانگین مقادیر سه ساله شاخص‌های Q_{avg} ، EU، CV به ترتیب برابر با ۳/۸ لیتر در ساعت، ۷۸، ۷۲ و ۱۶/۴ درصد و در حالت بدون قطره‌چکان‌های مسدود برابر با ۴ لیتر در ساعت، ۸۲/۵، ۷۵/۵ و ۱۵ درصد بود و این مقادیر در حالت دوم با توجه به طبقه‌بندی ASAE قابل قبول است. نتایج اندازه‌گیری سه‌ساله صفات فیزیکی درخت نشان داد در سال سوم میانگین ارتفاع، قطر تنه، محیط سایه‌انداز و سطح سایه‌انداز درختان به ترتیب ۳۴، ۵۷، ۲۴/۵ و ۵۴ درصد بیشتر از سال اول بود که بیانگر روند افزایشی رشد رویشی درختان زیتون تحت سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی است.

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب، عملکرد، توزیع رطوبت، قطره‌چکان‌های مسدود، یکنواختی پخش آب

مقدمه

گیاهان باغی (سیب، مرکبات و زیتون)، یونجه، ذرت، پنبه، فلفل، گل‌کلم، هندوانه، پیاز، سیب‌زمینی، گوجه با استفاده از این سامانه آبیاری می‌شوند (۵ و ۲۶). در طی چند سال گذشته با در نظر گرفتن قابلیت‌های بسیار زیاد برای این سامانه نسبت به سامانه قطره‌ای سطحی از جمله کاهش تلفات تبخیر، توزیع مناسب‌تر آب در محیط ریشه، کاهش هزینه‌های تغذیه به عنوان یکی از راهکارهای مناسب برای کاربرد مناسب‌تر منابع آبی و افزایش بهره‌وری آب بوده و رغبت کشاورزان را برای استفاده از این سامانه برای آبیاری مزارع و باغات بیشتر نموده است (۱۲ و ۳۴).

الگوی پخش آب در این سامانه قابل مشاهده نیست، لیکن بررسی صورت گرفته این امکان را می‌دهد تا بتوان الگوی مورد انتظار را با طراحی و مدیریت بهره‌برداری پیش‌بینی کرد. توزیع یکنواخت پخش آب و تأمین نیاز آبیاری در یک سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی شرط پایداری آن است. اگر چه عدم تناسب توزیع آب با یک سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ممکن است به بسیاری از عوامل از جمله تغییرات فشار، تغییرات در تولید قطره‌چکان‌ها،

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی جزء انواع روش‌های زیرسطحی است که علیرغم هزینه‌های بالای آن امروزه از اهمیت و گسترش روزافزونی برخوردار شده و هم‌اکنون در سراسر جهان محدود و وسیعی از محصولات از قبیل گیاهان علفی (کاهو، کرفس، مارچوبه و سیر)،

۱- مربی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

(* نویسنده مسئول: Email: m.farzamnia@areeo.ac.ir)

۲- کارشناس ارشد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

DOI: 10.22067/jsw.v0i0.80804

سامانه‌های آبیاری زیرسطحی است که می‌تواند پایداری آن را تحت تأثیر قرار دهد.

سطح زیر کشت زیتون در ایران به دلیل مزیت‌های اقتصادی آن توسعه یافته و به ۱۰۰ هزار هکتار رسیده است. بسیاری از باغات زیتون در مناطق مختلف مدیترانه به وسیله آبیاری قطره‌ای زیرسطحی آبیاری می‌شوند و افزایش ۱۷۴ درصدی مقدار محصول زیتون در هنگام استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به شرایط دیم گزارش شده است (۲۳). کشت آبی زیتون در استان‌های خشک کشور مانند اصفهان، سیستان و بلوچستان، مرکزی در حال توسعه است. لیکن با توجه به محدود شدن منابع آبی در کشور، توسعه کاربرد سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند برای پایداری آن‌ها و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی مورد توجه قرار گیرد. شناسایی نقاط ضعف و قوت سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای باغات زیتون و نیز بررسی سازگاری با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای امکان توسعه پایدار آن ضروری است. متأسفانه پایلوت‌های اجرا شده آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در باغ زیتون دانشگاه اصفهان از جمله پایلوت‌هایی است که پایش و ارزیابی آن و نتایج حاصل از آن می‌تواند در توسعه این سامانه در کشور مورد استفاده قرار گیرد. خروجی این پژوهش برای توسعه سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای زیتون مفید است. تاکنون تنها این سیستم برای باغات پسته در کشور توسعه یافته است و در خصوص سایر باغات کمبود اطلاعات وجود دارد. این پژوهش برای تقویت اطلاعات در خصوص زیتون دارای اهمیت است. در این پژوهش با ارزیابی فنی و هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به شناسایی نقاط ضعف و قوت این سامانه و نیز شناسایی چالش‌های بهره‌برداری از آن با استفاده از شاخص‌های مربوط به عملکرد سامانه‌های آبیاری نظیر: میانگین دبی قطره‌چکان (q_{avg})، ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی پخش (EU) و ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان (CV) در باغ زیتون پرداخته شد و در نهایت تأثیر کارایی این سامانه بر پارامترهای رشد درختان زیتون تحت شرایط زارع مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای طرح

پژوهش حاضر در یک باغ زیتون ۳/۷۵ هکتاری دانشگاه اصفهان واقع در جنوب اصفهان از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ اجرا شد. این باغ در سال ۱۳۸۵ احداث و به سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مجهز شده است. آرایش درختان ۵ × ۵ متر بوده و بین آن‌ها بعضاً گیاهان توت و گل محمدی کاشته شده است. لوله‌های قطره‌چکان در دو طرف هر ردیف درخت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از تنه و در عمق ۳۰ سانتی‌متری

حساسیت قطره‌چکان‌ها به مسدود شدن، اثر دما و دیگر موارد مرتبط باشد، اما ویژگی‌های هیدرولیکی از مهمترین آن‌ها است (۲۹ و ۳۲). ارزیابی سامانه آبیاری قطره‌ای در مزارع تحت شرایط اجرایی به منظور اطمینان از توزیع یکنواخت قطره‌چکان‌ها برای پیشگیری از گرفتگی آن‌ها و یکنواختی رشد در مزرعه دارای اهمیت زیادی بوده و تا حد زیادی نیز می‌تواند در مصرف بهینه آب مؤثر باشد. همچنین، با بررسی و ارزیابی طرح‌های اجرا شده می‌توان با آشکار نمودن نکات مثبت و منفی هر طرح از آن‌ها برای طراحی و اجرای طرح‌های آینده استفاده کرد (۱۶).

مطالعات زیادی در نقاط مختلف جهان و تحت شرایط آب و هوایی مختلف به منظور ارزیابی و بررسی مسایل و مشکلات سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی اجرا شده بر روی محصولات مختلف زراعی و باغی انجام شده است (۱ و ۳۵). در پژوهشی که عملکرد ۱۰۰ سامانه آبیاری قطره‌ای در مناطق نیمه‌خشک کشور اسپانیا مورد ارزیابی قرار گرفت، یکنواختی پخش در زیر واحد آزمایشی و در کل سامانه به ترتیب ۸۴ و ۸۲ درصد گزارش شد و در این سامانه بازده پایین ایستگاه پمپاژ و شبکه‌های توزیع، فقدان شستشوی مناسب و به موقع صافی‌ها و همچنین تلفات زیاد در سامانه از جمله مشکلات اصلی بودند (۳۱).

در پژوهش دیگری در کشور ترکیه میانگین مقادیر یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی پخش (EU) در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به ترتیب برابر با ۸۱ و ۶۹ درصد بدست آمد و نشان از عملکرد نامناسب سامانه آبیاری قطره‌ای در این کشور دارد که گرفتگی قطره‌چکان‌ها، پایین بودن مقادیر فشار در سامانه، طراحی ضعیف و مدیریت بهره‌برداری نامناسب سامانه به عنوان دلایل ضعف این سامانه گزارش شد (۱).

شاخص‌ها و توصیه‌های فنی مورد نیاز در طراحی، بهره‌برداری و نگهداری یک سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در باغات پرتقال و هلو در استان گلستان با استفاده از ضریب تغییرات دبی (Vqs)، ضریب یکنواختی آماری (Us) و ضریب تغییرات عملکرد قطره‌چکان‌ها (Vpf) بررسی شد. مقدار Vqs ، Us و Vpf به ترتیب برابر با ۲۵، ۷۴ و ۲۰ درصد محاسبه شد و دلایل پایین بودن یکنواختی پخش آب در سامانه یادشده ضعیف بودن سامانه و عدم تنظیم فشار، ضعف طراحی و نوسانات غیرمجاز فشار شناسایی شد (۱۳).

در بررسی مدیریت بهره‌برداری در سامانه‌های اجرا شده آبیاری زیرسطحی در باغات پسته استان کرمان گزارش شده که یکنواختی پخش آب در بین قطعات متفاوت بود و در مواردی ضریب تغییرات دبی در حد غیرقابل قبولی طبقه‌بندی شد (۲۵). بررسی منابع نشان داد ضعف اجرای سامانه قطره‌ای زیرسطحی، پایین بودن مقادیر فشار در سامانه، طراحی ضعیف و مدیریت نامناسب آن‌ها از چالش‌های اصلی

برای برداشت اطلاعات موردنیاز به منظور ارزیابی فنی سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باغ از استاندارد (ASAE 1996) استفاده شد (۹). بر اساس استاندارد یک لوله نیمه‌اصلی در حال کار به‌طور تصادفی انتخاب و ۴ لوله فرعی از نقاط ابتدا، یک سوم از ابتدا، دو سوم از ابتدا و انتها بر روی آن مشخص گردید. لوله‌های فرعی یادشده با طول ۱۱۰ متر بودند. برای اندازه‌گیری آبدهی قطره‌چکان‌های هر لوله فرعی، خاک اطراف ۴ لوله فرعی انتخابی برداشت و دبی ۱۰۸ قطره‌چکان برای مدت ۵ دقیقه اندازه‌گیری شد. پس از اتمام آزمایش و با جمع‌آوری داده‌های حاصل از آزمایش از پارامترهای پایه برای ارزیابی فنی سامان آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باغ استفاده شد. منظور از پارامترهای پایه، پارامترهایی هستند که به منظور ارزیابی فنی و هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پژوهش از پارامترهای پایه شامل شاخص‌های یکنواختی پخش (EU)، ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، میانگین دبی قطره‌چکان (q_{avg}) و ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان (CV) در کل لوله فرعی (۱۰۸ قطره‌چکان) استفاده شد.

قرار گرفته بودند و از یک لوله آبرسان ۷۵ میلی‌متر تغذیه می‌شدند و انتهای آن‌ها به یک لوله ۶۳ میلی‌متر متصل بود. لوله ۶۳ نقش جمع‌کننده را دارد و بنابراین آب در یک سامانه بسته جریان داشت. قطره‌چکان‌های نصب شده در داخل لوله‌های فرعی از نوع جبران‌کننده فشار و با آبدهی ۴ لیتر در ساعت بود از مهمترین ویژگی فنی قطره‌چکان‌ها می‌توان سطح مقطع بزرگ جریان، مکانیزم خودشویندگی که امکان شستشوی قطره‌چکان در ابتدا و خلال هر آبیاری را فراهم می‌آورد، داشتن صافی در ورودی‌های قطره‌چکان و آبدهی ثابت در محدوده‌ی فشار کاری ۴/۵-۰/۵ بار را نام برد. فاصله قطره‌چکان‌ها روی لوله یک متر بود. در جداول ۱ تا ۳ خصوصیات فیزیکی و کیفی خاک و آب آبیاری منطقه مورد مطالعه، ارائه شده است.

برای محاسبه حجم آب مصرفی، تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_0) با استفاده از اطلاعات روزانه هواشناسی و با روش فائو پنمن-مانتیش (۶) تعیین گردید. سپس با استفاده از ضریب گیاهی (K_c) برای زیتون در دوره‌های مختلف رشد برای منطقه اصفهان (۲۲)، میزان آب آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه محاسبه شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک
Table 1. Physical properties of soil

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil Texture	رس Clay (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رطوبت وزنی در ظرفیت زراعی FC (%)	رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی دائم pw (%)
0-30	لوم شنی Sandy Loam	11	73	16	16.7	8.6
30-60	لوم سیلتی Silty Loam	7	79	14	27.8	6.7
60-90	لوم سیلتی شنی Sandy Silty Loam	21	65	14	23.7	14.3

جدول ۲- خصوصیات کیفی خاک
Table 2- Qualitative characteristics of soil

عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH	کربن الی OC (%)	فسفر قابل جذب P	پتاسیم قابل جذب K	مس قابل جذب CU	روی قابل جذب Zn	منگنز قابل جذب Mn	آهن قابل جذب Fe
0-30	6	7.3	0.98	19	250	0.72	1.38	14.28	6.52
30-60	3.9	7.5	0.72	16.5	300	1.52	1.3	10.18	10

جدول ۳- خصوصیات کیفی آب
Table 3- Qualitative characteristics of water

کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^+	پتاسیم K^+	کربنات CO_3^{-2}	کلر Cl	کربنات هیدروژن HCO_3	سولفات SO_4^{-2}	نسبت جذب سدیم SAR	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	مواد جامد محلول در آب TDS
5	4.2	4.6	-	0	3.6	2	7.8	2.14	7.5	1.3	830

ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان (CV) نیز بر اساس رابطه‌های ۴ و ۵ محاسبه شد (۸):

$$CV = \frac{S_d}{q_{avg}} \quad (۴)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_n^2 - nq_a^2}{n-1}} \quad (۵)$$

هر چه میزان تغییرات ساخت (CV) اندازه‌گیری شده برای یک قطره‌چکان کمتر باشد، آن قطره‌چکان از لحاظ ساخت از کیفیت بالاتری برخوردار بوده و نشان‌دهنده میزان دقت در حین مراحل تولید است.

طبقه‌بندی کیفی این شاخص برای انواع قطره‌چکانها در جدول ۴ ارائه شده است:

همزمان با اندازه‌گیری دبی قطره‌چکانها مقدار فشار ابتدای لوله نیمه اصلی موردنظر ثبت و فشار لوله‌های فرعی در ۴ نقطه: نقاط ابتدا، یک سوم از ابتدا، دو سوم از ابتدا و انتهای آن، به وسیله یک سر سرنگی (سوزن) و یک فشارسنج که با لوله اسپاگتی ۶ میلی‌متری به هم متصل می‌شدند، اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رطوبت

به منظور بررسی توزیع رطوبت در سامانه آبیاری، در ۳ نقطه‌ی ابتدا، وسط و انتهای یک لوله فرعی، ۳۶ ساعت پس از آبیاری مطابق با آن چه در شکل ۱ نشان داده شده نمونه‌برداری از خاک انجام و نمونه‌ها برای محاسبه درصد رطوبت خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد.

یکنواختی پخش آب در مزرعه از رابطه ۱ محاسبه شد (۲۴):

$$EU (\%) = \frac{q_n}{q} \times 100 \quad (۱)$$

در این رابطه EU: یکنواختی پخش برحسب درصد و q_n : متوسط دبی در یک چهارم قطره‌چکانها با پایین‌ترین دبی (لیتر بر ساعت)، می‌باشد. یکنواختی پخش (EU) پارامتری مؤثر بر بازده آبیاری است و سامانه‌هایی که یکنواختی پخش آنها به ترتیب بیشتر از ۹۰ و کمتر از ۷۰ درصد باشد بازدهی آنها به ترتیب عالی و ضعیف است (۴).

ضریب یکنواختی کریستیانسن از رابطه ۲ محاسبه شد (CU) (۱۵):

$$CU = 100 \times \left(1 - \frac{\sum |x|}{q_{avg} \times n}\right) \quad (۲)$$

در این رابطه CU: ضریب برحسب درصد و x: انحراف هر کدام از مشاهدات از مقدار متوسط (q_{avg}) می‌باشند.

ضریب کریستیانسن (CU) نشان‌دهنده‌ی میزان یکنواختی توزیع آب در مزرعه از نظر کمی است. بدیهی است CU بیشتر دلیل بر توزیع یکنواخت‌تر آب و بهتر کار کردن سامانه است. معمولاً ضریب یکنواختی بیشتر از ۸۵ درصد نشان‌دهنده‌ی توزیع آب با یکنواختی خوب است (۴).

میانگین دبی قطره‌چکانها (q_{avg}) با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (۸):

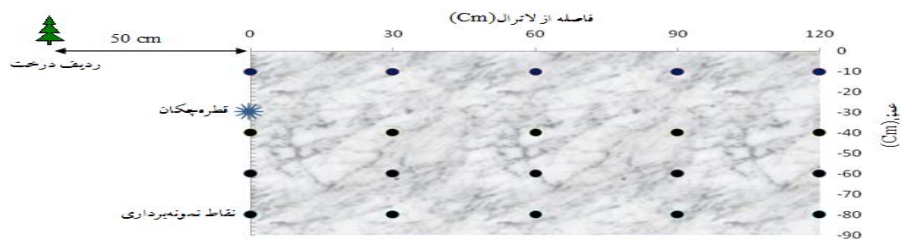
$$q_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} \quad (۳)$$

در این رابطه q_i و q_{avg} به ترتیب میانگین دبی قطره‌چکانها و دبی هر یک از قطره‌چکانها (لیتر در ساعت) و n تعداد قطره‌چکانها است.

جدول ۴- طبقه‌بندی قطره‌چکانها بر اساس ضریب تغییرات ساخت (CV) (۹)

Table 4- Emitters classifications based on the coefficient of manufacturing variation (CV) (9)

نوع قطره‌چکان	ضریب تغییرات ساخت (CV)	طبقه‌بندی
Kind of emitter	(CV)	Classification
نقطه‌ای Point	$CV \leq 0.05$	خوب Good
	$0.05 < CV \leq 0.10$	متوسط Medium
	$0.10 < CV \leq 0.15$	نسبتاً بد Rather bad
	$0.15 < CV$	غیرقابل قبول Unacceptable
خطی Linear	$CV \leq 0.1$	خوب Good
	$0.1 < CV \leq 0.2$	متوسط Medium
	$0.2 < CV$	نسبتاً بد Rather bad



شکل ۱- شمایی از نقاط نمونه‌برداری در پروفیل خاک

Figure 1- Schematics of sampling points in the soil profile

اندازه‌گیری شد (جمعاً ۴۸ درخت).

نتایج و بحث

همانطور که قبلاً اشاره شد، در بین درختان زیتون، درخت توت و درختچه گل محمدی قرار دارند، با توجه به تراکم سطحی که ریشه‌ی این درختان دارند، به داخل قطره‌چکان‌ها نفوذ کرده و بر دبی آن‌ها تأثیر گذاشته و در تمام لوله‌های فرعی مورد آزمایش درصدی از قطره‌چکان‌ها (حدود ۴ تا ۱۰ درصد) به کلی مسدود شده بود و هر ساله بر تعداد قطره‌چکان‌های مسدود اضافه می‌شد. طبق مشاهدات مجری، با توجه به این که گرفتگی قطره‌چکان‌ها بر اثر ریشه‌های درختان زیتون نبوده، بنابراین محاسبات پارامترهای ارزیابی یکبار برای حالت موجود و یکبار با حذف قطره‌چکان‌های مسدود انجام و مقادیر آن‌ها با توجه به منابعی که در قسمت مواد و روش به آن‌ها اشاره شد از لحاظ کیفی طبقه‌بندی شده‌اند. مقادیر فشار در نقاط مورد نظر هنگام اندازه‌گیری دبی قطره‌چکان‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به محدودی فشاری قطره‌چکان‌ها (که بنابر اعلام شرکت سازنده ۴/۵ - ۰/۵ بار است) و نیز فشار اندازه‌گیری شده لوله‌های فرعی مورد نظر در هنگام اندازه‌گیری دبی قطره‌چکان‌ها (جدول ۵)، نوسان دبی قطره‌چکان‌ها نمی‌تواند به دلیل فشار سامانه باشد و دلیل آن دخول ریشه به داخل آن‌ها (شکل ۲) و ضعف مدیریت سامانه فیلتراسیون و عدم شستشوی به موقع خطوط سامانه بود. به عنوان مثال با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۵ مشاهده می‌شود که در قطره‌چکان‌های واقع در انتهای لوله نیمه‌اصلی دبی قطره‌چکان‌ها به طور ناگهانی کاهش یافته است.

با توجه به این که دو طرف هر ردیف درخت، لوله فرعی نصب بود، برای اندازه‌گیری رطوبت ۳ پروفیل به طول ۱۲۰، به عرض ۸۰ و به عمق ۱۰۰ سانتیمتر حفر و به طریقی که در شکل ۱ نشان داده شده، از هر پروفیل ۴۰ نمونه استخراج شد.

حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب

این باغ حدود ۸ ماه در سال آبیاری می‌شود. در مدت اجرای آزمایش مدیریت آبیاری به عهده یک شرکت خدماتی بود. حجم آب آبیاری به صورت ماهانه از طریق یک کنتور حجمی ۵ اینچ (که قبلاً کالیبره شده) که بعد از سامانه کنترل مرکزی نصب شده بود، یادداشت‌برداری شد. دور آبیاری در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد بین ۳ یا ۴ روز متغیر و در ۴ ماه دیگر حدوداً ۷ روز بود. در پایان هر سال زراعی، بر اساس عملکرد باغ و آب‌مصرفی اندازه‌گیری شده، کارائی مصرف آب (WUE) بر حسب (Kg/m^3) از رابطه (۶) محاسبه شد (۳۳):

$$WUE = \frac{Yield}{I} \quad (6)$$

در این رابطه، Y = کل عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) و I = کل آب مصرف شده (مترمکعب بر هکتار) است.

اندازه‌گیری صفات فیزیکی درخت و میوه

برای اندازه‌گیری پارامترهای رشد زیتون از هر کدام از لوله‌های انتخابی ۴ درخت علامت‌گذاری شد (جمعاً ۱۶ درخت) و عملکرد، ارتفاع، قطر تنه و سطح سایه‌انداز هر ساله اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد درختان باغ علاوه بر ۱۶ درخت اشاره شده، ۳۲ درخت دیگر از دو لوله نیمه اصلی دیگر انتخاب و عملکرد آن‌ها



شکل ۲- نمونه‌ای از گرفتگی قطره‌چکان‌ها توسط ریشه درخت (توت و درختچه گل محمدی)

Figure 2- Examples of emitter clogging by tree roots (berry shrub rose)

شده نشان داده شده است. در جداول یادشده مقادیر ضریب تغییرات دبی (CV) بر اساس جدول ۴ به دو دسته غیرقابل قبول و ضعیف طبقه بندی شده و نشان می دهد مقادیر دبی اندازه گیری شده قطره چکان های هر کدام از لوله های فرعی انتخابی دارای نوسان بودند.

تحقیقات صورت گرفته توسط دیگر محققان نیز نوسانات و یکنواخت نبودن دبی قطره چکان ها را ناشی از عواملی همچون افت اصطکاک، گرفتگی قطره چکان ها در اثر ورود ذرات خاک و ریشه به داخل آن و یا رسوب املاح خاک دانستند (۱۳، ۱۷ و ۳۶). در جداول ۶ و ۷ مقادیر شاخص های اندازه گیری شده در سه سال آزمایش به ترتیب در شرایط وجود و عدم وجود قطره چکان های مسدود

جدول ۵- فشار نقاط مورد بررسی (برحسب بار)
Table 5- Pressure points examined (bar)

لوله های فرعی مورد نظر Laterals	نقاط اندازه گیری لوله های فرعی Lateral measurement points	فشار (بار) Pressure (bar)			درصد تغییرات فشار در امتداد لوله فرعی Percent change in pressure along the lateral		
		1390	1391	1392	1390	1391	1392
لوله فرعی ردیف اول First row lateral	ابتدا Beginning	2.8	2.5	2.3			
	یک سوم از ابتدا $\frac{1}{3}$ from the beginning	2.5	2.1	1.7	20	20	30
	دو سوم از ابتدا $\frac{2}{3}$ from the beginning	2.5	2	1.7			
	انتهای End	2.2	2	1.6			
لوله فرعی ردیف پنجم Fifth row lateral	ابتدا Beginning	2.8	2.5	2.3			
	یک سوم از ابتدا $\frac{1}{3}$ from the beginning	2.4	2.1	2	21	28	21
	دو سوم از ابتدا $\frac{2}{3}$ from the beginning	2.2	1.9	1.8			
	انتهای End	2.2	1.8	1.8			
لوله فرعی ردیف دهم Tenth row lateral	ابتدا Beginning	2.7	2.4	2.3			
	یک سوم از ابتدا $\frac{1}{3}$ from the beginning	2.5	2	1.7	22	21	30
	دو سوم از ابتدا $\frac{2}{3}$ from the beginning	2.2	1.9	1.6			
	انتهای End	2.1	1.9	1.6			
لوله فرعی ردیف پانزدهم Fifteenrow lateral	ابتدا Beginning	2.7	2.3	2.3			
	یک سوم از ابتدا $\frac{1}{3}$ from the beginning	2.6	2.2	2	15	17	9
	دو سوم از ابتدا $\frac{2}{3}$ from the beginning	2.4	2	2			
	انتهای End	2.3	1.9	2			

جدول ۶- پارامترهای اندازه‌گیری شده در کل ۴ لوله فرعی انتخابی و ارزیابی آن‌ها با قطره‌چکان‌های مسدود

Table 6- The parameters measured in total 4 selective laterals and their evaluation with clogged emitters

سال Year	مکان لوله فرعی Place of lateral	میانگین دبی (lit/s)	درصد ضریب تغییرات دبی (CV)	ارزیابی Evaluation	ضریب یکنواختی (CU)	ارزیابی Evaluation	یکنواختی پخش (EU)	ارزیابی Evaluation
1390	ابتدای لوله نیمه‌اصلی Beginning manifold	4	17	غیرقابل قبول Unacceptable	77	نسبتاً خوب Fairly good	70	نسبتاً خوب Fairly good
	یک سوم از ابتدای لوله نیمه‌اصلی $\frac{1}{3}$ from the beginning manifold	4	15	ضعیف Weak	80	خوب Good	74	نسبتاً خوب Fairly good
	دو سوم از ابتدای لوله نیمه‌اصلی $\frac{2}{3}$ from the Beginning manifold	4.1	13	ضعیف Weak	89	خوب Good	82	خوب Good
	انتهای لوله نیمه‌اصلی End manifold	3.7	15	ضعیف Weak	76	نسبتاً خوب Fairly good	73	نسبتاً خوب Fairly good
	میانگین Average	3.9	15	ضعیف Weak	80	خوب Good	74.5	نسبتاً خوب Fairly good
1391	ابتدای لوله نیمه‌اصلی Beginning manifold	4.2	18	غیرقابل قبول Unacceptable	75	نسبتاً خوب Fairly good	68	ضعیف Weak
	یک سوم از ابتدای لوله نیمه‌اصلی $\frac{1}{3}$ from the beginning manifold	4.1	16	غیرقابل قبول Unacceptable	82	خوب Good	77	نسبتاً خوب Fairly good
	دو سوم از ابتدای لوله نیمه‌اصلی $\frac{2}{3}$ from the Beginning manifold	3.9	16	غیرقابل قبول Unacceptable	79	خوب Good	73	نسبتاً خوب Fairly good
	انتهای لوله نیمه‌اصلی End manifold	3.6	17	غیرقابل قبول Unacceptable	76	نسبتاً خوب Fairly good	70	نسبتاً خوب Fairly good
	میانگین Average	3.9	16.7	غیرقابل قبول Unacceptable	78	نسبتاً خوب Fairly good	72	نسبتاً خوب Fairly good
1392	ابتدای لوله نیمه‌اصلی Beginning manifold	3.8	19	غیرقابل قبول Unacceptable	72	نسبتاً خوب Fairly good	65	ضعیف Weak
	یک سوم از ابتدای لوله نیمه‌اصلی $\frac{1}{3}$ from the beginning manifold	3.9	16	غیرقابل قبول Unacceptable	80	خوب Good	74	نسبتاً خوب Fairly good
	دو سوم از ابتدای لوله نیمه اصلی $\frac{2}{3}$ from the Beginning manifold	3.9	17	غیرقابل قبول Unacceptable	80	خوب Good	71	نسبتاً خوب Fairly good
	انتهای لوله نیمه‌اصلی End manifold	3.1	18	غیرقابل قبول Unacceptable	73	نسبتاً خوب Fairly good	66	ضعیف Weak
	میانگین Average	3.7	17.5	غیرقابل قبول Unacceptable	76	نسبتاً خوب Fairly good	69	ضعیف Weak

توزیع رطوبت در خاک پس از آبیاری در سامانه مورد آزمایش

در شکل ۶ مقادیر رطوبت در عمق‌ها و فواصل مختلف از لوله فرعی به ترتیب مربوط به سال‌های اول، دوم و سوم ارائه شده است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که رطوبت خاک تا عمق تقریباً ۹۰ سانتی‌متری ادامه داشته و بیشترین تجمع رطوبت در لایه‌های عمیق‌تر از ۶۰ سانتی‌متر بوده است که دلیل آن را می‌توان به سبک‌تر بودن بافت خاک در لایه بالایی (تا عمق ۶۰ سانتی‌متر) نسبت به لایه پایینی (۷ درصد رس در مقابل ۲۱ درصد رس) ربط داد. همچنین تغییرات رطوبت تا فاصله‌ی حدوداً ۷۰ سانتی‌متری از لوله فرعی در اعماق مختلف تقریباً یکسان است (خطوط هم رطوبت موازی یکدیگرند) ولی از این نقطه به بعد رطوبت کاهش می‌یابد، تأثیر شعاع رطوبتی تا فاصله ۶۰ تا ۷۰ سانتی‌متری از قطره‌چکان (۹۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر از تنه‌ی درخت) است. این محدوده ناشی از بافت خاک و آبدهی قطره‌چکان و مدیریت آبیاری (میزان آب ورودی به خاک در هر نوبت آبیاری) است. بنابراین قطره‌چکان‌ها رطوبت مطلوبی برای منطقه فعال ریشه فراهم کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به این که در این باغ لوله‌های فرعی در عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک کار گذاشته شده‌اند، انتظار می‌رود که پس از گذشت ۳۶ ساعت از زمان آبیاری، رطوبت در سطح خاک کم‌تر از آنچه در شکل‌های یادشده (شکل ۶) نشان داده شده، باشد اما این‌طور نشان نمی‌دهد و دلیل این اتفاق جابجا شدن و بالا آمدن لوله فرعی از عمق ۳۰ سانتی‌متری (عمق اجرا) به عمق ۱۵ سانتی‌متری در طول ۳ سال آزمایش بوده است که باعث شده تجمع رطوبت زیاد در اطراف قطره‌چکان‌ها مانع خشکیدن سطح خاک شود. به همین منظور در شکل‌های یادشده محل قطره‌چکان در ۱۵ سانتی‌متری سطح زمین نشان داده شده است.

صفات فیزیکی درخت

نتایج حاصل از مقادیر میانگین صفات اندازه‌گیری شده ارتفاع، قطر تنه، محیط سایه‌انداز و سطح سایه‌انداز در ۱۶ درخت انتخابی طی سه سال از اجرای پژوهش نشان می‌دهد رشد رویشی درختان زیتون تحت استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر شده است (جدول ۹). میزان افزایش هر کدام از این پارامترهای ارتفاع، قطر تنه، محیط و سطح سایه‌انداز درختان در سال سوم نسبت به سال اول پژوهش به ترتیب برابر با ۳۴، ۵۷، ۲۴/۵ و ۵۴ درصد بود (جدول ۱۰). در پژوهش حاضر درصد افزایش ارتفاع و قطر درخت در سال هفتم رشد نسبت به سال ششم به ترتیب ۱۷ و ۲۲ درصد بوده است.

دلیل اصلی بالا بودن ضریب تغییرات دبی (۱۷/۵٪) را می‌توان بد عمل کردن قطره‌چکان‌ها دانست. این امر با مقدار میانگین دبی قطره‌چکان‌ها که کمتر از دبی اسمی (۴ لیتر در ساعت) به دست آمده است مورد تأیید است. نتایج به دست آمده از بالا بودن ضریب تغییرات دبی در این پژوهش با نتایج به دست آمده در پژوهش دیگر محققان همخوانی دارد (۱۳ و ۳۶). ضریب تغییرات دبی برای ارزیابی قطره‌چکان‌های نو کاربرد دارد ولی از آن جا که این پروژه پس از ۵ سال از اجرای سامانه انجام شده و دبی قطره‌چکان‌ها در این آزمایش اندازه‌گیری شده است از این پارامتر به عنوان یکی از پارامترهای ارزیابی استفاده شده است. میانگین دبی قطره‌چکان‌ها در لوله‌های فرعی مورد نظر در هر شرایط به دبی اسمی (۴ لیتر بر ساعت) آن نزدیک و تغییرات حدود ۵ تا ۷ درصد بود.

با در نظر گرفتن قطره‌چکان‌های مسدود در محاسبات، میانگین مقادیر ضریب یکنواختی (CU) در ۴ لوله‌ی فرعی انتخابی در سال‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۸۰، ۷۸ و ۷۶ درصد بود که به گروه‌های خوب، نسبتاً خوب و نسبتاً خوب طبقه‌بندی شده و قابل قبول است. در شرایط مشابه میانگین مقادیر یکنواختی‌پخش (EU) در ۴ لوله فرعی انتخابی در سه سال آزمایش به ترتیب ۷۴/۵، ۷۲ و ۶۹ درصد شده که متعلق به گروه‌های نسبتاً خوب، نسبتاً خوب و ضعیف می‌باشند (جدول ۶). هنگامی که قطره‌چکان‌های مسدود شده از محاسبات حذف شدند میانگین مقادیر ضریب یکنواختی (CU) تا ۶ درصد اضافه و به ترتیب سال‌های انجام آزمایش به ۸۶/۵، ۸۳/۵ و ۷۸ درصد افزایش یافتند که هر سه متعلق به گروه خوب بودند و قابل قبول می‌باشند (جدول ۷).

در شرایط مشابه میانگین مقادیر یکنواختی‌پخش (EU) در لوله‌های فرعی انتخابی در سه سال آزمایش تا ۵ درصد اضافه و به ترتیب ۸۰، ۷۶ و ۷۱ درصد افزایش یافتند که به ترتیب متعلق به گروه خوب، نسبتاً خوب و نسبتاً خوب می‌باشند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که درصد مقادیر میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در طی سه سال اندازه‌گیری (۹۰، ۹۱ و ۹۲)، نسبت به شرایط عدم وجود قطره‌چکان‌های مسدود، کاهش یافت که دلیل آن گرفتگی قطره‌چکان‌ها در اثر ورود ریشه‌های توت و گل محمدی، عدم تزریق ماده‌ی تری‌فئورالینا (Trituralina) و عدم مدیریت آبشویی خطوط می‌باشد (جدول ۸). در تحقیقی مشابه، پارامترهای یکنواختی پخش و ضریب یکنواختی به ترتیب ۶۳/۳ و ۷۳/۷ محاسبه شده و مهم‌ترین عامل پایین بودن یکنواختی سامانه‌ی قطره‌ای زیرسطحی را قطره‌چکان‌های مسدود شده دانستند (۳). نتایج پژوهش ارائه‌شده نشان می‌دهد با مدیریت بهره‌برداری مناسب از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌توان به مقادیر یکنواختی پخش قابل قبولی دست یافت.

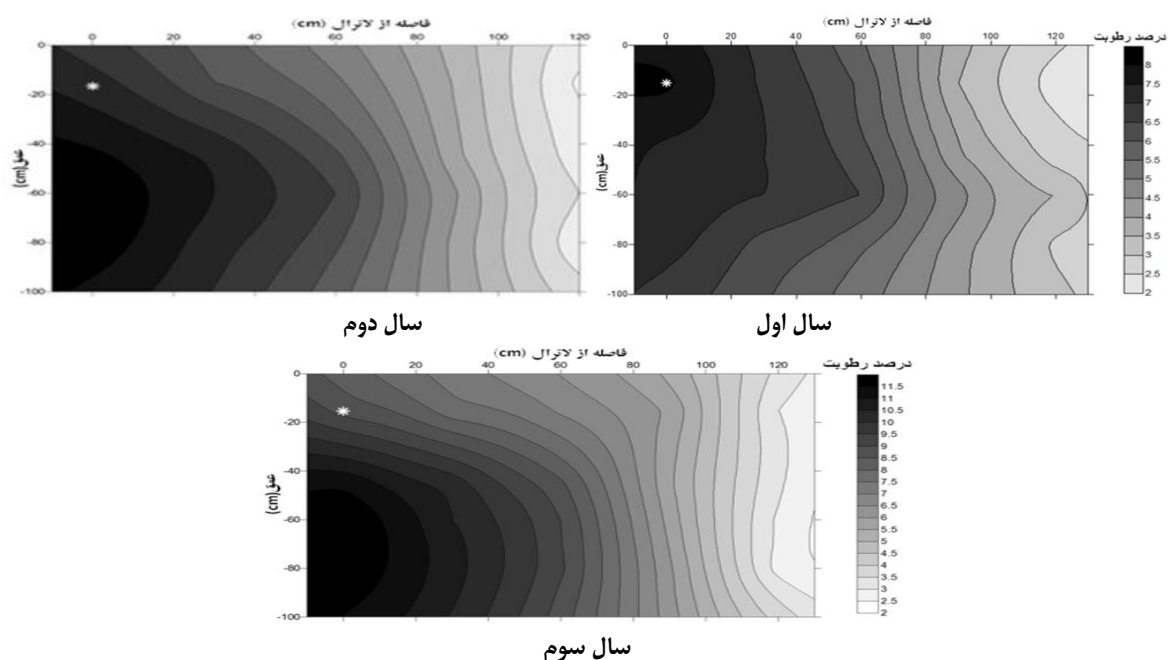
جدول ۷- پارامترهای اندازه‌گیری شده در کل چهار لوله فرعی انتخابی و ارزیابی آنها با حذف قطره‌چکان‌های مسدود

Table 7- The parameters measured in total 4 selective laterals and their evaluation by removing clogged emitters

سال Year	مکان لوله فرعی Place of lateral	میانگین دبی (l/s)	درصد ضریب تغییرات دبی (CV)	ارزیابی Evaluation	ضریب یکنواختی (CU)	ارزیابی Evaluation	یکنواختی پخش (EU)	ارزیابی Evaluation
1390	ابتدای لوله نیمه‌اصلی Beginning manifold	4.2	13	ضعیف Weak	89	خوب Good	83	خوب Good
	نیمه‌اصلی $\frac{1}{3}$ from the beginning manifold	4.1	13	ضعیف Weak	90	خوب Good	83	خوب Good
	دو سوم از ابتدای لوله نیمه‌اصلی $\frac{2}{3}$ from the Beginning manifold	4.2	13	ضعیف Weak	89	عالی	82	خوب Good
	انتهای لوله نیمه‌اصلی End manifold	4	17	غیرقابل قبول Unacceptable	79	خوب Good	71	نسبتاً خوب Fairly good
	میانگین Average	4.1	14	ضعیف Weak	86.5	خوب Good	80	خوب Good
1391	ابتدای لوله نیمه‌اصلی Beginning manifold	4.4	17	غیرقابل قبول Unacceptable	79	خوب Good	71	نسبتاً خوب Fairly good
	نیمه‌اصلی $\frac{1}{3}$ from the beginning manifold	4.3	13	ضعیف Weak	90	خوب Good	83	خوب Good
	دو سوم از ابتدای لوله نیمه‌اصلی $\frac{2}{3}$ from the Beginning manifold	4	15	ضعیف Weak	84	خوب Good	77	نسبتاً خوب Fairly good
	انتهای لوله نیمه‌اصلی End manifold	4.1	16	غیرقابل قبول Unacceptable	82	خوب Good	74	نسبتاً خوب Fairly good
	میانگین Average	4.2	15	ضعیف Weak	83.5	خوب Good	76	نسبتاً خوب Fairly good
1392	ابتدای لوله نیمه‌اصلی Beginning manifold	4.1	15	ضعیف Weak	85	خوب Good	77.6	نسبتاً خوب Fairly good
	نیمه‌اصلی $\frac{1}{3}$ from the beginning manifold	4	14	ضعیف Weak	86	خوب Good	79	نسبتاً خوب Fairly good
	دو سوم از ابتدای لوله نیمه اصلی $\frac{2}{3}$ from the Beginning manifold	4	17	غیرقابل قبول Unacceptable	79	خوب Good	71	نسبتاً خوب Fairly good
	انتهای لوله نیمه‌اصلی End manifold	3.3	23	غیرقابل قبول Unacceptable	62	نسبتاً خوب Fairly good	55	ضعیف
	میانگین Average	3.8	17	غیرقابل قبول Unacceptable	78	خوب Good	71	نسبتاً خوب Fairly good

جدول ۸- مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در لوله‌های انتخابی در سه سال آزمایش با حذف قطره‌چکان‌های مسدود
Table 8- Comparison of measurement parameters in Selected laterals in three years of experiment by removing clogged emitters

پارامترهای اندازه‌گیری شده Measured parameters	سال آزمایش Year of experiment			نسبت درصد کاهش Reduction percentage		
	اول First	دوم Second	سوم Third	سال دوم به اول Second year to the first	سال سوم به دوم Third year to second	سال سوم به اول Third year first
	درصد ضریب تغییرات دبی (CV)	14	15	17	7	13
درصد ضریب یکنواختی (CU)	86.5	83.5	78	3.5	6.6	9.8
درصد یکنواختی پخش (EU)	80	76	71	5	6.5	11



شکل ۶- رطوبت خاک در فواصل و اعماق مختلف مربوط به سال‌های اول تا سوم

Figure 6. Soil moisture at different distances and depths from the first to third year

برای هر هکتار طی این سه سال به ترتیب ۴۹۱۴، ۵۴۰۰ و ۶۹۲۵ متر مکعب بود، که به این مقدار باید میزان بارش سالانه منطقه طرح طی این سه سال (۶۲، ۱۹۱ و ۱۸۰ میلی‌متر) اضافه شود. در شکل ۲ عمق آب مصرفی در ماه‌های مختلف در سه سال اجرای پژوهش نشان داده شده است. میزان تبخیر-تعرق برآورد شده بر اساس روش پنمن-مانتیت فائو برای منطقه مورد پژوهش در یک دوره ۳۶۵ روزه برابر با ۱۴۷۳ میلی‌متر محاسبه شد (۲۲)، که با احتساب آمار بارندگی، درصد پوشش (۷۵ درصد) و ضرایب گیاهی ماهانه زیتون (K_c) نیاز آبیاری زیتون ۵۶۳۲ متر مکعب در هکتار در سال به دست آمد که با در نظر گرفتن راندمان سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برابر با ۹۰ درصد مقدار فوق به ۶۲۵۷ متر مکعب در هکتار می‌رسد. مقادیر آب کاربردی توسط آبیاری باغ طی سه سال پژوهش، با مقدار ارائه شده توسط موسسه خاک و آب حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد تفاوت داشت.

این نتایج بیانگر این مطلب است که در مناطقی با آب و هوای گرم و خشک، آبیاری قطره‌ای به طور عمده با کاهش میزان تلفات رواناب، تبخیر و تبخیر-تعرق بهبود یافته و با استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، آب و مواد مغذی را می‌توان به طور مستقیم به سطح ریشه محصول اعمال کرد و تأثیر مثبتی را بر عملکرد محصول و صرفه‌جویی آب و افزایش عملکرد آبیاری به همراه داشته باشد (۲۸). تحقیقات مشابهی نیز تأثیر سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) را در افزایش قابل توجه عملکرد و کیفیت میوه در باغات مرکبات گزارش کرده‌اند (۱۹). همچنین سازگاری بیشتر گیاه زیتون در هنگام استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و افزایش ۱۷۴ درصدی مقدار محصول زیتون نسبت به شرایط دیم نیز توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (۳۳).

آب مصرفی، عملکرد و کارایی مصرف آب

بر اساس داده‌های برداشتی از کنتور ۵ اینچ مقدار آب کاربردی

جدول ۹- صفات فیزیکی اندازه‌گیری شده درخت طی سه سال آزمایش
Table 9- Physical properties measured of tree over three years of experiment

موقعیت ردیف درخت نسبت به لوله نیمه‌اصلی Tree row position relative to the manifold	درخت انتخابی روی ردیف Selected tree on the row	ارتفاع درخت Tree height (cm)			قطر تنه Trunk diameter (cm)			محیط سایه‌انداز Shadow environment (m)			سطح سایه‌انداز Shadow surface (m ²)		
		1390	1391	1392	1390	1391	1392	1390	1391	1392	1390	1391	1392
		ابتدا Beginning	اول First	260	300	357	8.6	8.9	10.5	6.6	7.26	8.2	3.5
	هفتم Seventh	230	280	340	6	7.9	10.2	5	5.3	6.1	2	2.3	2.96
	سیزدهم Thirteenth	305	350	375	6	8.6	10.5	5.6	6.4	7.6	2.5	3.1	4.6
	نوزدهم Nineteenth	260	320	360	7	8.9	9.9	5.6	5.9	6.3	2.5	2.8	3.16
میانگین Average		264	313	358	6.9	8.6	10.3	5.7	6.9	7	2.6	3.1	4
یک سوم از ابتدا $\frac{1}{3}$ from the beginning	اول First	205	270	290	5.4	7.6	9.5	5.4	6	7	2.3	2.8	3.9
	هفتم Seventh	240	280	310	6.7	9.3	11.1	6.3	6.6	7.5	3.1	3.5	4.48
	سیزدهم Thirteenth	230	320	330	6.6	9.5	12.1	5.7	6.4	7.3	2.5	3.1	4.36
	نوزدهم Nineteenth	200	260	300	4.3	5.7	7	4	4.3	5	1.3	1.5	1.99
میانگین Average		219	283	308	5.8	8	10	5.4	5.8	6.7	2.3	2.7	3.7
دو سوم از ابتدا $\frac{2}{3}$ from the Beginning	اول First	260	320	360	7.3	10.2	11.8	6.2	6.5	7.8	3.1	3.5	4.97
	هفتم Seventh	260	300	340	6.7	8.6	10.5	6.1	6.6	8	2.8	3.5	5.1
	سیزدهم Thirteenth	240	285	330	6.5	7.9	10.2	6.1	6.5	7.7	2.8	3.5	4.72
	نوزدهم Nineteenth	304	340	365	6.2	7.9	9.5	6	6.4	7.1	2.8	3.1	4
میانگین Average		266	311	349	6.6	8.6	10.5	6.1	6.5	8	2.9	3.4	4.7
انتها End	اول First	255	260	285	5.4	6.2	7.6	5.5	6	7.3	2.5	2.9	4.24
	هفتم Seventh	220	275	320	5.6	7	8.3	5.8	6.1	7	2.5	2.8	3.9
	سیزدهم Thirteenth	240	260	310	7	7.9	10.8	6.2	6.3	7.3	3.1	3.1	4.24
	نوزدهم Nineteenth	201	220	280	5.1	6.8	8.3	4.9	4.9	5.5	2	2	2.41
میانگین Average		229	254	299	5.8	7	8.8	5.6	5.8	6.8	2.5	2.7	3.7

جدول ۱۰- مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده و تغییرات آن‌ها در سه سال آزمایش

Table 10- Comparison of the average physical parameters measured and their changes in the three years of the experiment

پارامترهای اندازه‌گیری شده Measured parameters	سال آزمایش Year of experiment			درصد تغییرات Percentage changes		
	اول First	دوم Second	سوم Third	سال دوم به اول Second year to the first	سال سوم به دوم Third year to second	سال سوم به اول Third year to first
ارتفاع درخت Tree height (cm)	245	290	329	+15.5	+13.5	+34
قطر تنه Trunk diameter (cm)	6.3	8.1	9.9	+28.5	+22	+57
محیط سایه‌انداز Shadow environment (m)	5.7	6.1	7.1	+7	+16	+24.5
سطح سایه‌انداز Shadow surface (m ²)	2.6	3	4	+15	+33	+54

پژوهش‌های دیگر محققان نیز به اثبات رسیده است (۲۳). با استفاده از رابطه ۶ کارایی مصرف آب به ترتیب در سه سال انجام پژوهش برابر با ۰/۴۵، ۰/۳۶ و ۰/۴ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب به‌دست آمد (در سه سال اجرای پژوهش سن درختان باغ به ترتیب ۵، ۶ و ۷ ساله بودند). در پژوهش‌های مختلفی که در نقاط مختلف جهان و تحت سامانه‌های مختلف آبیاری می‌شدند میزان کارایی مصرف آب زیتون در مقادیر مختلفی گزارش شد. کارایی مصرف آب زیتون در شرایط آبیاری بارانی میکرو، ۱/۳۸ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است (۳۰). کارایی مصرف آب درختان ۴۵ ساله زیتون در منطقه آراگون اسپانیا که به‌وسیله سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی آبیاری می‌شدند برابر با ۲ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شد (۲۰). در گزارش دیگری در اسرائیل، میزان کارایی مصرف آب برای باغ ۷ ساله زیتون هنگام استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۱/۳ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمده است (۷).

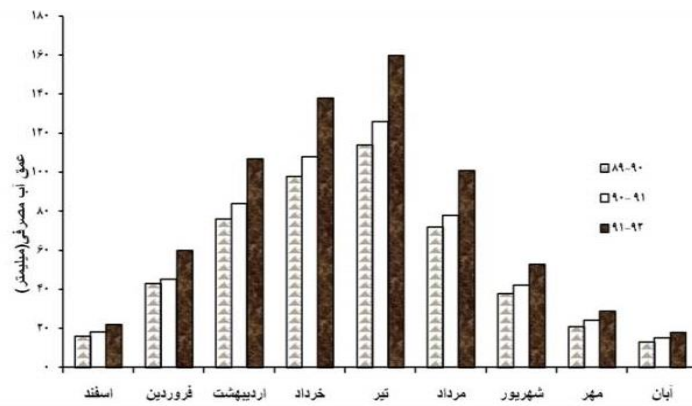
نتیجه‌گیری

در این پژوهش بین درختان زیتون بعضاً گیاهان توت و گل محمدی کشت شده بود و بر اساس مشاهده مجری، ورود ریشه‌های آن‌ها باعث گرفتگی قطره‌چکان‌ها شده بود (علت آن: سطحی و متراکم بودن ریشه گیاهان یادشده). بنابراین شاخص‌های ارزیابی یک‌بار با قطره‌چکان‌های مسدود و یک‌بار با حذف قطره‌چکان‌های مسدود انجام شد. بر طبق بررسی‌های انجام‌شده با در نظر گرفتن قطره‌چکان‌های مسدود مقادیر میانگین سه‌ساله پارامترهای یکنواختی پخش (EU)، ضریب یکنواختی (CU) و ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان (CV) با توجه به طبقه‌بندی ASAE (۹) به ترتیب نسبتاً خوب، نسبتاً خوب و غیرقابل قبول بود.

مقدار آب مورد نیاز سالانه زیتون در منطقه مدیترانه ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار برای زیتون کنسروی و ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار برای زیتون روغنی گزارش شده که از این مقدار حدود ۵۰۰۰ متر مکعب آن از طریق بارندگی در طول زمستان تأمین می‌شود (۲۷). در گزارش دیگری فرناندز مقدار آب آبیاری سالانه زیتون را در منطقه مدیترانه ۴۱۳۳ متر مکعب در هکتار اعلام نموده که به این مقدار باید میزان بارندگی منطقه (حداقل ۵۰۰ میلی‌متر) را اضافه کرد (۲۳). در حلب سوریه، میزان کل آب آبیاری درختان بالغ زیتون را با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای، ۳۲۲۰ مترمکعب در هکتار گزارش کردند که بارندگی منطقه مورد نظر در فصل آبیاری ۳۳۵ میلی‌متر بوده است (۲۱).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری عملکرد زیتون طی سه سال پژوهش نشان داد که عملکرد درختان زیتون به ترتیب برابر با ۲/۲۲، ۱/۹۲ و ۲/۸ تن در هکتار بود که این میزان عملکرد در سال سوم از اجرای پژوهش نسبت به سال اول روندی افزایشی را در پی داشت و بیانگر کارایی سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در افزایش عملکرد باغات زیتون است. استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مزایای بسیاری را برای تولید محصول ارائه می‌دهد که از جمله این مزایا می‌توان به شستشوی مقادیر کمتری از مواد مغذی در مقایسه با سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی، عملکرد بالاتر محصول، سطح خاک خشک برای بهبود کنترل علف‌های هرز و سلامتی محصول و توانایی کاربرد آب و مواد مغذی به فعال‌ترین بخش منطقه ریشه اشاره کرد (۲، ۱۱، ۱۸ و ۲۶).

بالاتر بودن مقدار عملکرد زیتون تحت سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به دیگر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و یا دیم در



شکل ۷- عمق آب مصرفی در ماه‌های مختلف در مدت سه سال
 Figure 7- Water consumption depth in different months over three years

شده بود و می‌توان گفت رشد رویشی درختان زیتون تحت روش سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مناسب بوده است. میانگین کارایی مصرف آب زیتون در طول سه سال آزمایش تقریباً ۰/۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب به‌دست آمد. این مقدار با توجه به این‌که درختان جوان بودند در سال‌های آتی می‌تواند تحت شرایط مدیریتی خوب افزایش یابد. شاخص‌های ارزیابی نشان داد که نواقص مشاهده‌شده در طرح ناشی از سه عامل اصلی طراحی، اجرا و بهره‌برداری نادرست در این سیستم است.

پارامترهای فوق با حذف قطره‌چکان‌های مسدود به‌ترتیب در طبقه‌بندی خوب، نسبتاً خوب و ضعیف قرار گرفتند. کاهش مقادیر پارامترهای موردنظر در طی سه سال آزمایش به دلیل گرفتگی تدریجی قطره‌چکان‌ها در اثر ورود ریشه‌های توت و گل محمدی، عدم شستشوی مناسب و به‌موقع خطوط سامانه بود. صفات فیزیکی اندازه‌گیری شده درختان طی سه سال آزمایش نشان داد مقادیر میانگین ارتفاع، قطر تنه، محیط و سطح سایه‌انداز درختان در سال سوم نسبت به سال اول، به‌ترتیب ۳۴، ۵۷، ۲۴/۵ و ۵۴ درصد بیشتر

منابع

- 1- Acar B., Topak R., and Direk M. 2010. Impacts of pressurized irrigation technologies on efficient water resources uses in semi-arid climate of konya basin of Turkey. *International Journal of Sustainable Water and Environmental Systems* 1(1):1-4.
- 2- Albasha R., Dejean C., Mailhol J.C., Weber J., Weber J., Bollègue C., and Lopez J.M. 2015. Performances of subsurface drip irrigation for maize under mediterranean and temperate oceanic climate conditions. 26th Euro-mediterranean Regional Conference and Workshops. 12-15 October 2015, Montpellier, France.
- 3- Al-Ghobari HM. 2007. Field evaluation of drip irrigation systems in Saudi Arabia, Pp.500-510. In: *Water Resources Management IV*, Brebbia CA, Wessex Institute of Technology, UK and AG Kungolos, University of Thessaly, Greece.
- 4- Alizadeh A. 1997. The principles and operation of drip irrigation, Imam Reza University, Mashhad, p. 450. (In Persian)
- 5- Al-jamal M.S., Ball S., and Sammis T.W. 2001. Comparison of Sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. *Journal of Agricultural Water Management* 46(3): 253-266.
- 6- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage*. No, 56. FAO, Rome, 300.
- 7- Anonymous. 2014. Nutritional recommendations for olive. Retrieved January 16, 2014.
- 8- ASAE EP-458. 1990. Field evaluation of micro irrigation systems. American Society of Association Executives standard. 126 p.
- 9- ASAE standards, 43rd ed. 1996. EP458. Field Evaluation of Microirrigation Systems. St. Joseph, Mich. American Society of Association Executives: 756-761.
- 10- ASAE. 1985: Design, Installation and Performance of Trickle Irrigation Systems. *Agricultural Engineers Yearbook, Standards of ASAE*, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, 519-522.
- 11- Badr M.A., Hussein S.A., El-Tohamy W.A., and Gruda N. 2010. Efficiency of subsurface drip irrigation for potato production under different dry stress conditions. *Gesunde Pflanzen* 62(2): 63-70.

- 12- Bagheri R., Hesam M., Kiani A., and Hezarjaribi A. 2014. Determination of Efficiency of Subsurface Drip Irrigation System (Case Study: Peach and Citrus Gardens in Kordkuyeh County). Iranian Journal of Water Research 10(1): 69-76. (In Persian)
- 13- Bagheri R., Hesam M., Kiani A., and Hezarjaribi A. 2014. Technical Evaluation of the Hydraulic Performance of Subsurface Drip Irrigation system. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 8 (2): 413-422. (in Persian)
- 14- Camp C.R., Sadler E.J., and Busscher W.J. 1997. A comparison of uniformity measure for drip irrigation systems. Transactions of the American Society of Association Executives 40: 1013- 1020.
- 15- Christiansen J.E. 1942. Standards. 43rd Ed. American Society. Of Agricultural and Biological Engineers. St. Joseph, MI 864 pp.
- 16- Ebrahimi H. 2006. Sis and Evaluation of Simplified Irrigation Systems in Khorasan. Journal of Agricultural Sciences 12(3): 577-589. (In Persian)
- 17- Ebrahimpour M. 2011. Technical evaluation and evaluation of drip irrigation systems implemented in Kurdistan province. Master thesis, Faculty of Agriculture, Kurdistan University. 150 p. (In Persian)
- 18- Enciso J., Jifon J., Anciso J., and Ribera L. 2015. Productivity of onions using subsurface drip irrigation versus furrow irrigation systems with an internet based irrigation scheduling program. International Journal of Agronomy 3: 1-6.
- 19- Esmail G.E., Merwad M.A., Mostafa E.A., and Saleh M.M. 2016. The beneficial effect of subsurface drip irrigation system on yield, fruit quality and leaf mineral content of Valencia orange trees. International Journal of ChemTech Research 9(8):70-76.
- 20- Faci JM., Berenguer MJ., Espada JL., and Gracia S. 2002. Effect of variable water irrigation supply in olive (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina in Aragon (Spain). II. Extra Virgin oil quality parameters. Journal of Acta Horticultural 586: 649-652.
- 21- Fadi K. 2011. Program for the Development and Dissemination of Sustainable Irrigation Management in Olive Growing (IRRIGAOLIVO) (CFC/IOOC/06), Annual Report (January-December 2011), ICARDA.
- 22- Farshi A.A., Shariati M.H., Jarollahi R., Ghaemi M.H., Shabifar M., and Tolaei MM. 1997. Estimated water requirement major plants agricultural and horticultural of country. Soil and Water Research Institute, Publication of Agriculture Education in Karaj, 394p. (in Persian)
- 23- Fernandez J.R. 2006. Irrigation management in olive. In: Proceedings of the 2nd International Seminar Olive Biotech., 5- 10 November 2006. Marsala- Mazara dell Vallo. Italy, seminars and invited lectures, 295- 305.
- 24- Keller J., and Karmeli D. 1974. Trickle irrigation design parameters. Transaction of the ASAE 17(4): 678-684.
- 25- Kouhi N., and DehghaniSanij H. 2012. Evaluation of exploitation management in implemented systems of subsurface irrigation in pistachio gardens in Kerman province. Proceedings of the Fourth National Seminar on Sustainable Development of Pressure Irrigation Methods. Karaj Agricultural Engineering Research Institute. Oct. 5, p 1351. (In Persian)
- 26- Lamm F.R. 2016. Cotton, tomato, corn, and onion production with subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers 59(1):263-278.
- 27- NaanDanJain Irrigation (C.S.) Ltd. 2010. Low-Volume Irrigation of Olive Orchards. Post Naan 76829, Israel.
- 28- Nagaz K., Masmoudi M.M., and Mechlia N.B. 2012. Effects of deficit drip-irrigation scheduling regimes with saline water on pepper yield, water productivity and soil salinity under arid conditions of Tunisia. Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID) 106(2): 85-103.
- 29- Noshadi M., and Ghaemi A.A. 2013. Technical and Hydraulic Investigation of Drip Irrigation Systems in Fars Province. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 6(4): 254-26. (In Persian)
- 30- Nuberg IK and Yunusa I. 2003. Olive water use and yield: monitoring the relationship. RIRDC Publication No.03/048 September 2003. 46p.
- 31- Ortega J.F., Tarjuelo J.M., and De-Juan J.A. 2002. Evaluation of irrigation performance in localized irrigation systems of semi-arid regions (Castilla-La Mancha, Spain).
- 32- Palacios-Díaz M.P., Mendoza-Grimón V., Fernández-Vera J.R., Rodríguez-Rodríguez F., Tejedor-Junco M.T., and Hernández-Moreno J.M. 2009. Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. Journal of Agricultural Water Management 96(11): 1659-1666.
- 33- Sakthivadivel R., de Fraiture C., Molden DJ., Perry C., and Kloezen W. 1999. Indicators of land and water productivity in irrigated agriculture. International Journal of Water Resources Development 15: 161-179.
- 34- Shakerl M., Hesam M., Kiani A.R., and Zakeri Nia M. 2014. Technical evaluation of implemented drip irrigation systems in the gardens of Golestan Province. Journal of Water and Soil Conservation, 21(4): 261-274. (In Persian)
- 35- Umara B. G., Audu I., and Basher A. U. 2011. Performance evaluation of bamboo (*Oxytenanthera abyssinica*) low-cost microirrigation lateral system. Arpan Journal of Engineering and Applied Sciences 6(5): 69-73.
- 36- Zamanian M., Fattahi R., Boroumand Nasab D., Shamommadi Sh., and Parak K. 2012. Evaluation of irrigation micro-system performance in different climate conditions of Iran. Proceedings of the Fourth National Seminar on Sustainable Development of Pressure Irrigation Methods. Karaj Agricultural Engineering Research Institute. Oct. 5, p 1351. (In Persian)

Technical Evaluation of Subsurface Drip Irrigation System Hydraulic and Influence of Its Efficiency on Olive Growth Parameters under Field Conditions (Case Study: Isfahan)

M. Farzamia^{1*} - M. Miranzadeh² - H. Dehghanisani³

Received: 12-06-2019

Accepted: 04-09-2019

Introduction: Subsurface drip irrigation is one of the sub-surface irrigation methods which, despite its high costs, has become increasingly important today. The water distribution pattern is not visible in this system. However, a survey on water distribution model allows it to achieve the expected pattern with the design and operation management predicted. However, the mismatch of water distribution with a subsurface drip irrigation system may be due to many factors such as pressure changes, changes in emitter production, emission sensitivity to clogging, temperature effects and others cases are relevant, but hydraulic properties are the most important. Evaluation of a drip irrigation system under field conditions is important in order to ensure uniform distribution of droplets and to prevent them from clogging and uniformity of growth in the field. It can also be effective in optimizing water use.

Materials and Methods: A study was conducted to evaluate the performance of the subsurface drip irrigation and its effect on the growth parameters of olive trees in Isfahan province during 2010-2013. Therefore a manifold system was randomly selected from the irrigation system and four emitter laterals were located along it; one near the inlet, two near the third points, three near the two-thirds points and the fourth near the outer end. Every year, the selected lateral pipes were uncovered and the water flow rates of all the emitters (108 emitters) were measured to calculate average emitter discharge (q_{avg}), Christiansen uniformity coefficient (CU), emission uniformity (EU), manufacturer's variation coefficient (CV). To calculate the volume of water consumed, potential evapotranspiration (ET_o) was determined using daily meteorological data and by the FAO Penman-Monteith method. Then, using olive crop coefficient (Kc) at different growth seasons for Isfahan region, the amount of irrigation water was calculated based on plant water requirement. To measure the performance of garden trees, In addition to 16 trees mentioned above, 32 other trees were selected from the other two semi-main tubes and their yield was measured (48 trees in total). Soil sampling was carried out to study the moisture distribution in the irrigation system at three points, beginning, middle and end of a sub-tube, 36 hours after irrigation, and the samples were transferred to the laboratory to calculate soil moisture content.

The results of emitter flow rate measurements indicated that approximately 6 to 10% of the emitters in every lateral were clogged. The reason for this was the rooting of the mulberry trees and rose shrubs, which were planted sporadically among the olive trees. Hence, the foregoing indices were calculated for two conditions; with and without the clogged emitters.

Results and Discussion: Considering the clogged emitters, the average values of three years of Q_{avg} , CU, EU, and CV indices were 3.8 Lit/ h, 78, 72 and 16.4 % respectively, and in the case of clogged emitters were equal to 4 Lit/ h, 82.5, 75.5 and 15% respectively, and according to ASAE classification, the latter measurements (i.e. excluding the clogged emitters) were evaluated as "acceptable. The moisture distribution profiles indicate that the soil moisture has lasted to a depth of approximately 90 cm, and a higher accumulation of moisture was observed at a lower depth due to the lighter soil texture in the upper layer (up to a depth of 60 cm) compared to the lower layer (8% clay versus 21% clay). Also changes in moisture to a distance of about 70 cm from the lateral in different depths is almost the same (the lines with the same moisture are parallel to each other), but from this point on, moisture decreases. The effect of moisture radius was observed to a distance of 60 to 70 cm

1- Instructor, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran

(*- Corresponding Author Email: m.farzamia@areeo.ac.ir)

2- Master of Science, Agricultural Engineering Research Department - Isfahan Agricultural and Natural resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran

3- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education, and Extension Organization, Karaj, Iran

of the emitter. The results related to growth parameters indicated that in contrast to the data of the first year, the average height, trunk diameter, canopy perimeter and area for the third year were 34, 57, 24.5, and 54% larger, respectively. In the present study, the percentage of increase in height and diameter of the tree in the seventh year of growth was 17% and 22%, respectively.

Conclusion: It is concluded that the olive trees have shown an increasing trend in vegetative growth under the subsurface drip irrigation system. The average efficiency of olive water consumption during the three years of the experiment was estimated at 0.4 kg/m³. Given that the trees were young this amount can increase under good management conditions in the coming years. The evaluation indicators showed that the observed defects in the design resulted from the three main factors of the design, implementation and incorrect use of the system.

Keywords: Emitter clogging, Field evaluation, Subsurface drip irrigation system, Water applied, Water distribution, Water uniformity coefficient