تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۴/ پاییز ۱۴۰۰/ص ۳۶-۱۹

نوع مقاله: علمی پژوهشی

تاثیر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای بر بهره‌وری آب دو سیستم کشت داربستی و خزنده انگور

امید عروجیان مشهدی[۱]، سید مجید میرلطیفی[*۲] و حسین دهقانی سانیج[۳]

۱ و۲- به ترتیب: دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی؛ و دانشیار گروه مهندسی و مدیریت آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- دانشیار موسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۲۲

چکیده

جهت ارزیابی اثر آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (SDI)[۱] و جویچه‌ای بر روی دو رقم انگور فخری و سلطانی، این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۸ در قالب دو طرح آماری کاملا تصادفی با سه تکرار در دو باغ مجاور هم که به صورت داربستی مایل[۲] (باغ A) و خزنده[۳] (باغ B) احداث شده‌بودند انجام پذیرفت. در هر دو باغ دو روش مختلف آبیاری، شامل SDI و آبیاری جویچه‌ای اجرا شد. در انتهای آزمایش بهره‌وری آب، عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه از قبیل تعداد خوشه در بوته، وزن صد حبه، تعداد حبه در خوشه و اندازه خوشه اندازه‌گیری شد. نتایج انجام آنالیز واریانس بین روش‌های آبیاری در هر دو باغ نشان از اختلاف معنی‌دار یک درصدی در بهره‌وری آب داشت. به طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان داد به ازای مصرف هر متر مکعب آب در باغ A تیمار SDI و در باغ B تیمار جویچه‌ای به ترتیب با ۵/۳۹ و ۳/۷ کیلوگرم، بیشترین بهره‌وری آب را به خود اختصاص دادند. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و روش آبیاری نشان داد که در باغ A رقم سلطانی تحت روش SDI با تولید ۷/۲۳ کیلوگرم در ازای مصرف یک متر مکعب آب و در باغ B رقم سلطانی تحت روش آبیاری جویچه‌ای با تولید ۵/۱۷ کیلوگرم در ازای مصرف یک متر مکعب آب، از سایر تیمارها برتر بود. روش SDI در کشت داربستی در حد مطلوب نیاز آبی گیاه را تامین نمود و اثرات آن در افزایش عملکرد نمود پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی

آبیاری میکرو، رقم سلطانی، رقم فخری، عملکرد

مقدمه

انگور با نام علمی Vitits vinifera از محصولات باغی مهم و اقتصادی ایران و جهان می‌باشد. بر اساس آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۸ ایران با تولید بیش از دو میلیون تن دهمین کشور تولید کننده انگور در جهان محسوب می‌شود (FAO, 2018). انگور علاوه بر ارزش غذایی بالا و فرآورده‌های متعدد، از نظر صادرات غیر نفتی نیز اهمیت بالایی دارد (Nejatian, 2014)؛ به طوری که در سال ۲۰۱۸ بیش از ۶۸ هزار تن انواع انگور تازه و کشمش به

* نگارنده مسئول: Email: mirlat_m@modares.ac.ir

http://doi: 10.22092/idser.2021.353769.1461

1- Subsurface drip irrigation
2- Bowed trellis
3- Creeping

سایر کشورها صادر شد (TCCIMA, 2018). در حال حاضر ۲۹۰ هزار هکتار باغ انگور در کشور وجود داردکه ۷۰ هزار هکتار آن دیم و ۲۲۰ هزار هکتار آن آبی است که اغلب آن‌ها به روش جویچه‌ای آبیاری می‌شوند (MAJ, 2019). با توجه به کمبود منابع آبی در کشور یکی از روش‌های صرفه جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی و افزایش راندمان آبیاری استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار است (Shearer, 1978). نتایج بدست آمده از میزان آب مصرفی در تولید انگور در باغات احداث‌شده به صورت روسیمی در پنج ناحیه کشت این محصول در شهر مندوزا[1] در غرب آرژانتین نشان داد که مقدار حجم آب مصرف شده برای آبیاری انگور به روش سنتی بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای بوده است. برای مثالآب مورد نیاز برای آبیاری رقم انگور مالب[2] کشت شده در منطقه لوژان دکویو[3] که به روش سنتی آبیاری می‌شد به طور میانگین ۲۳/۶ درصد در مراحل ابتدایی رشد، ۱۷ درصد در مرحله‌ی توسعه گیاه، ۱۲/۶ درصد در مرحله رشد میانی و ۱۶ درصد در مرحله رشد نهایی گیاه، بیشتر از آبیاری این رقم انگور به روش قطره‌ای است (Barbara civit *et al.*, 2018).

طی یک تحقیق واکنش انگورکشت شده به صورت روسیمی با آبیاری قطره‌ای سطحی و SDI در جزیره سیسیل در ایتالیا در دوسال پیاپی مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد انگور در سال اول در تیمار SDI ۱۳ درصد و در سال دوم ۱۵ درصد بیشتر از آبیاری قطره‌ای سطحی (DI) بود. همچنین نتایج نشان داد با رعایت فاصله ۱/۲ متری لوله‌ی آبیاری از ردیف کشت در تیمار SDI عملکرد انگور در مقایسه با آبیاری قطره‌ای سطحی در دوسال پاپی به ترتیب ۴۰ و ۳۳ درصد افزایش یافت (Antonino pisciotta *et al.*, 2018).

طی یک پژوهش در واشنگتن آمریکا، بهره‌وری آب انگور در یک باغ ۱۰ ساله طی دو سال مورد بررسی قرار گرفت. فاصله ردیف‌های کشت ۲/۵ متر، فاصله درخت‌ها ۱/۸ متر و نوع کشت داربستی بود. تیمارهای آبیاری شامل روش SDI و DI بودند. در هر دو روش SDI و DI برای هر درخت دو قطره‌چکان با دبی ۲ لیتر برساعت در نظر گرفته شد. میانگین عمق آبیاری در دو سال در هر دو روش آبیاری تقریبا برابر ۲۴۹ میلی‌متر بود. بر اساس نتایج میانگین بهره‌وری آب طی دو سال در روش SDI ۴/۱ کیلوگرم بر مترمکعب و در روش DI ۳/۷ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (Xiaochi *et al.*, 2020).

طی یک پژوهش در اسپانیا، بهره‌وری آب انگور طی سه سال در سه تیمار دیم، DI و SDI مورد ارزیابی قرار گرفت. لوله آبیاری در روش DI بر روی ردیف کشت و فاصله ۴۰ سانتی‌متری از سطح زمین و در روش SDI در عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک قرار داشت. در روش آبیاری DI برای هر درخت دو قطره‌چکان با دبی ۲ لیتر بر ساعت ودر روش آبیاری SDI دبی قطره‌چکان ها ۲ لیتر بر ساعت و فاصله قطره‌چکان‌ها ۱ متر بود. بهره‌وری آب درتیمار دیم ۴/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب، در تیمار SDI ۳/۶۱ کیلوگرم بر مترمکعب و در تیمار DI ۳/۵۶ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شد (Cancela *et al.*, 2016).

به منظور اندازه‌گیری میدانی آب کاربردی و ارزیابی بهره‌وری آب تاکستان‌های کشور در سامانه‌های مختلف آبیاری، پژوهشی در فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. نتایج مطالعات نشان داد که

1- Mendoza is a province located on the Middle West
2- Malbec
3- Lujan decuyo

میانگین وزنی حجم آب کاربردی ۶۶۶۹ متر مکعب بر هکتار و بهره‌وری آب، ۲/۶۳ کیلوگرم بر متر مکعب بود. همچنین مقدار بهره‌وری آب در سیستم‌های کشت خزنده و داربستی به ترتیب ۳/۴۶ و ۴/۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شد (Abbasi et al., 2020).

اثر تغییر روش آبیاری از جوی و پشته به قطره‌ای بر روی تاک‌های ۱۴ ساله در یکی از تاکستان‌های شهرستان ملایر همدان در باغ‌هایی که به صورت جوی و پشته احداث شده بودند، با اندازه گیری صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه انگور بیدانه سفید در دوسال زراعی مورد بررسی قرار گرفت. به دلیل سرمازدگی در سال اول نتایج حاصل شده فاقد اعتبار بود، ولی نتایج سال دوم نشان داد که عملکرد و بهره‌وری آب در دو تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی به ترتیب با تعداد پنج قطره چکان و سه قطره چکان برای هر درخت با دبی چهار لیتر برساعت در مقایسه با مزرعه شاهد با مدیریت کشاورز تحت روش آبیاری جویچه‌ای بیشتر بود. عملکرد در دو تیمار آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۳۱ و ۲۰ تن در هکتار و در مزرعه شاهد ۲۴ تن در هکتار بدست آمد. بهره‌وری آب در دو تیمار آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۸/۵ و ۱۰/۳ کیلوگرم بر متر مکعب و در مزرعه شاهد ۴/۹ کیلوگرم بر متر مکعب بود. حجم آب مصرفی در طول فصل رشد برای هر درخت در تیمارهای قطره ای به ترتیب برای پنج و سه قطره‌چکان، ۱/۹ و ۲/۴ متر مکعب و در مزرعه شاهد ۳/۹ متر مکعب بود (Yulghonlou *et al*., 2017).

در مناطق گرم و خشک اجرای آبیاری قطره‌ای در باغ های انگور که قبلا به صورت سطحی آبیاری می‌شدند، ممکن است با تغییر الگوی پراکنش ریشه‌ها همراه باشد که تاثیرات منفی روی رشد و همچنین عملکرد درختان انگور خواهد داشت، اما آبیاری قطره‌ای به دلیل راندمان بالا و تبخیر کم از سطح خاک منجر به افزایش بهره‌وری آب و به طور کلی کاهش مصرف آب خواهد شد (Saayman & Lamberchts, 1995).

نیکانفر و رضایی (Nikanfar & Rezaee, 2015) واکنش تغییر روش آبیاری در باغ‌های انگور کشت شده به صورت جوی و پشته را به روش آبیاری قطره‌ای و بابلر در شهرستان میاندوآب طی سه سال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب برابر ۲/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب آب از روش آبیاری قطره‌ای بدست آمد و کارایی مصرف آب در آبیاری بابلر ۲/۱۶ و در آبیاری سطحی حدود ۱/۴۸ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد شد. با مصرف نصف مقدار آب مصرفی در آبیاری سطحی، عملکرد انگور در آبیاری بابلر و قطره‌ای به ترتیب ۲/۵ و ۳/۸ تن در هکتار کاهش یافت. از این رو باتوجه به کاهش به نسبت کم عملکرد و نیز حفظ و حتی بهبود بسیاری ازویژگی‌ها کیفی انگور و همچنین جهت کمینه کردن افت محصول در سال-های اول، استفاده از آبیاری بابلر برای آبیاری تاکستان‌ها توصیه شد. سور و لاویز (Soar & Loveys, 2007) بر این باورند که تغییر شیوه آبیاری از بارانی به قطره‌ای ممکن است باعث بروز تنش خشکی در درختان انگور شود. با توجه به اینکه سیستم توزیع ریشه در آبیاری بارانی بدلیل توزیع آب در کل سطح مزرعه، گسترده است با اجرای آبیاری قطره‌ای بخش عمده‌ای از ریشه‌های گیاه مانند آبیاری بخشی ریشه[1] (PRD) غیر فعال می‌گردد.

رویکرد اصلی این پژوهش اندازه‌گیری حجم آب کاربردی در سیستم‌های آبیاری SDI و جویچه‌ای و

1- Partial Rootzone Drying

ارزیابی اثر تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به SDI بر عملکرد و بهره‌وری آب در کشت‌های متفاوت داربستی و خزنده باغات انگور در منطقه ملکان می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش با هدف بهبود بهره‌وری آب با انتخاب روش آبیاری مناسب در سیستم‌های کشت مختلف می‌تواند در سطح منطقه مورد استفاده کارشناسان و باغداران قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طول سال زراعی ۱۳۹۸ جهت بررسی اثر روش SDI بر بهره‌وری، عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی دو رقم انگور فخری و سلطانی در دو سیستم کشت متفاوت داربستی مایل (باغ A) و خزنده (باغ B) در شهرستان ملکان، استان آذربایجان شرقی، در دو تاکستان مجاور با موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۳۰۲ متر از سطح دریا انجام شد. قبل از اجرای طرح، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع و آب آبیاری، نمونه‌برداری انجام و به آزمایشگاه منتقل شد. جدول ۱ ویژگی‌های آب آبیاری و جدول ۲ ویژگی‌های خاک دو مزرعه را نشان می‌دهد. در همه تیمارهای آزمایشی نیاز آبی گیاه به صورت ۱۰۰ درصد تامین گردید. درختان باغ A، ۸ ساله و باغ B، ۳۰ ساله بودند. این پژوهش به صورت دو آزمایش مجزا در باغ‌های A و B تحت دو روش آبیاری (SDI و جویچه‌ای) بر روی دو رقم انگور (فخری و سلطانی) در در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار SDI در باغ A که فاصله‌ی ردیف‌های کشت حدود ۴ متر، طول هر ردیف حدود ۲۳/۵ متر و فاصله درختان ۸۰ سانتی‌متر بود، اجرا گردید. لوله‌های SDI به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از تنه‌ی درختان در دو طرف ردیف درختان تعبیه و در عمق ۵۰ سانتی‌متری از سطح خاک کارگذاری شدند. دراین تیمار قطره‌چکان‌ها با دبی ۲/۱ لیتر بر ساعت داخل لوله لترال قرار داشته و فاصله قطره‌چکان‌ها از یکدیگر ۷۵ سانتی‌متر بود (T1). تیمار SDI در باغ B نیز که به صورت جوی و پشته احداث شده و فاصله‌ی ردیف های کشت از یکدیگر حدود ۳/۷ متر، طول هر ردیف کشت حدود ۲۵/۵ متر و فاصله درختان حدود ۲ متر بود، اجرا شد. در این بخش یک لوله‌ی SDI در داخل جوی‌ها به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از ردیف درختان و عمق ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک کارگذاری شد. قطره چکان‌های لوله لترال در داخل‌لوله وفاصله آن‌ها از یکدیگر ۳۷ سانتی‌متر و دبی هر قطره‌چکان ۲/۱ لیتر بر ساعت بود (T2). در هر دو تیمار SDI کنترل حجم آبیاری توسط کنتور با دقت یک دهم لیتر که در ابتدای هر خط آبیاری زیرسطحی نصب بود، صورت پذیرفت (شکل ۱).

جدول ۱- نتایج آنالیز نمونه آب

Table 1- Results of water sample analysis

Anion(meq/l)		Cation(meq/l)			PH	EC (ds/m)	منبع آب Water source
Cl^-	Hco^{3-}	mg^{2+}	ca^{2+}	Na^+			
2.80	4	0.46	4.20	3.92	7.10	0.866	چاه

جدول۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 2. Determination of important physical and chemical properties of soil

بافت خاک Soil texture	مشخصات بافت Texture characteristics (٪)			Pwp (%) (cm3/cm3)	FC (%) (cm3/cm3)	PH of paste	ECe (ds/m)	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth(cm)	
	sand	silt	clay						
loam	32	43	25	14.40	29.2	7.9	1.57	0-30	باغ A
loam	32	43	25	13.62	28.65	7.8	1.84	30-60	Vineyard
loam	32	36	25	13.38	28.15	7.8	1.91	60-90	A
	50		14	13.80	28.66	7.83	1.77	Mean	
loam									
Sandy loam	45	40	15	12.1	26.6	7.95	1.67	0-30	باغ B
Sandy loam	70	20	10	10.7	21.8	7.86	1.96	30-60	Vineyard
	69	19	12	10.7	22.5	7.75	2.14	60-90	B
				11.2	23.6	7.85	1.92	Mean	

تیمارهای C1 و C2 شامل آبیاری جویچه‌ای رایج در منطقه به ترتیب در باغ های A و B می‌باشند. فاصله ردیف‌های کشت و طول هر ردیف به ترتیب چهارو ۲۳/۵ متر درباغ A و۳/۷ و ۲۵/۵ متر در باغ B بود. آبیاری در تیمار های C2,C1 بر حسب مدیریت کشاورز انجام گردید و مقادیر حجم آبیاری به وسیله پارشال فلوم ثبت شد. انتهای جویچه‌ها بسته بود و رواناب سطحی خروجی از مزرعه صفر منظور گردید.

شکل ۱-باغ A سمت چپ و باغ B سمت راست

Fig. 1- Vineyard A in left side and vineyard B in right side

عملیات داشت از قبیل کوددهی، سم پاشی، کنترل علف‌های هرز و هرس بر روی درختان کلیه تیمارها در طول مدت آزمایش به طور یکسان توسط باغداران انجام شد. برای دستیابی به مدیریت دقیق آبیاری، با استفاده از آمار روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ملکان (دمای حداقل وحداکثر روزانه، میانگین رطوبت، میانگین سرعت باد و ساعات آفتابی) که در فاصله سه کیلومتری محل اجرای طرح بود، تبخیر- تعرق مرجع (ETo) به صورت روزانه بر اساس رابطه فائو- پنمن- مانتیث محاسبه شد (۱۱). تبخیر– تعرق گیاه (Etc) با استفاده از رابطه ۱ حاصل شد (Doorenbos & Pruitt, 1977):

$$ET_C = K_C \times ET_0 \qquad (۱)$$

در رابطه فوق Kc ضریب گیاهی است که برای انگور از FAO 56 برداشت گردید که برای مرحله ابتدایی رشد ۰/۳، برای مرحله میانی ۰/۷ و برای مرحله پایانی ۰/۴۵ در نظر گرفته‌شد، ETo تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (mm/day) و ETc تبخیر-تعرق گیاه (mm/day) می‌باشد. نیاز آبی انگور برای روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با اعمال درصد سطح سایه انداز گیاه در طول فصل رشد طبق رابطه زیر حاصل شد (Alizadeh, 2008):

$$T_d = U_d \times [0.1(P_d)^{0.5}] \qquad (۲)$$

که در آن،

T_d =نیازآبی روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (mm/day)؛ U_d = نیاز آبی روزانه پوشش گیاهی که با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (mm/day)؛ و P_d = درصد سطح سایه اندازی گیاه.

با توجه به این که منبع آب تنها چهار روز یک بار در اختیار مزرعه بود، دور آبیاری چهار روز در نظر گرفته شد. عمق ناخالص آبیاری با اعمال راندمان ۹۰ درصد با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$d_g = T_d \times \frac{f}{0.9} \qquad (۳)$$

که در آن،

dg = عمق ناخالص آبیاری (mm)؛ و f = دور آبیاری (۴روز).

برداشت و نمونه‌برداری از محصول در باغ A از تاریخ ۲۵ تا ۲۸ شهریور و در باغ B از تاریخ ۲۹ تا ۳۱ شهریور انجام شد. در هر واحد آزمایشی عملیات توزین و اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیکی اندازه خوشه، وزن صد حبه، تعداد حبه در خوشه و تعداد خوشه در بوته انجام شد. مهمترین هدف این تحقیق بررسی میزان اثربخشی روش SDI بر افزایش بهره‌وری آب (WP) است. با توجه به اینکه میزان آب مصرفی از دیدگاه های مختلف متفاوت است، بهره‌وری آب تحت عناوین مختلف بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب مورد استفاده در تبخیر-تعرق گیاه تعریف می‌شود (Saafi *et al.*, 2017). با توجه به تعریف بهره‌وری آب مصرفی این پارامتر به صورت زیر محاسبه شد (Zoelb, 2006):

$$\mathrm{WP}= \frac{Yc}{\sum I+\sum Pe} \qquad (۴)$$

که در آن،

WP = بهره‌وری آب مصرفی (کیلوگرم بر متر مکعب)؛ Yc = عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)؛ $\sum I$ =کل حجم آبیاری در طول فصل رشد (مترمکعب بر هکتار)؛ و $\sum Pe$ = کل حجم بارش

موثردر طول فصل رشد (متر مکعب بر هکتار)؛ و $\sum Pe$ از رابطه SCS (رابطه ۵) محاسبه شد:

$$Pe = P \times \frac{(125-(0.2\times P))}{125} \quad (۵)$$

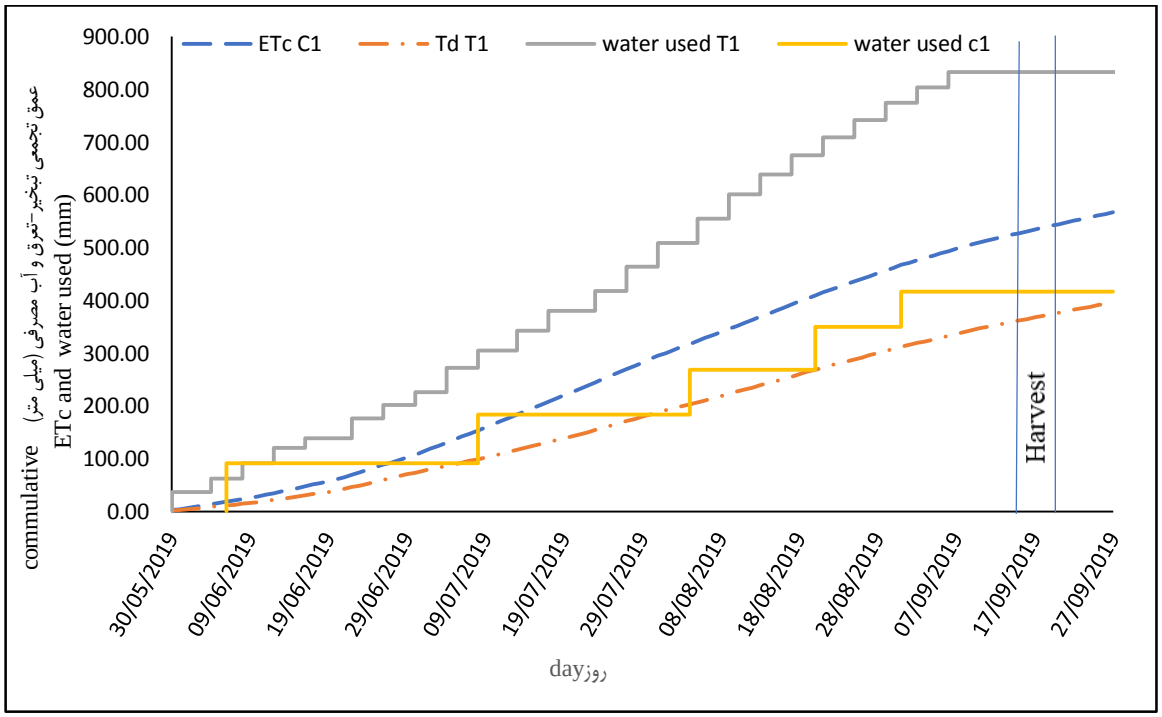
که در آن،

Pe = بارندگی موثر (mm)؛ و P بارندگی‌ماهانه(mm).

نتایج و بحث

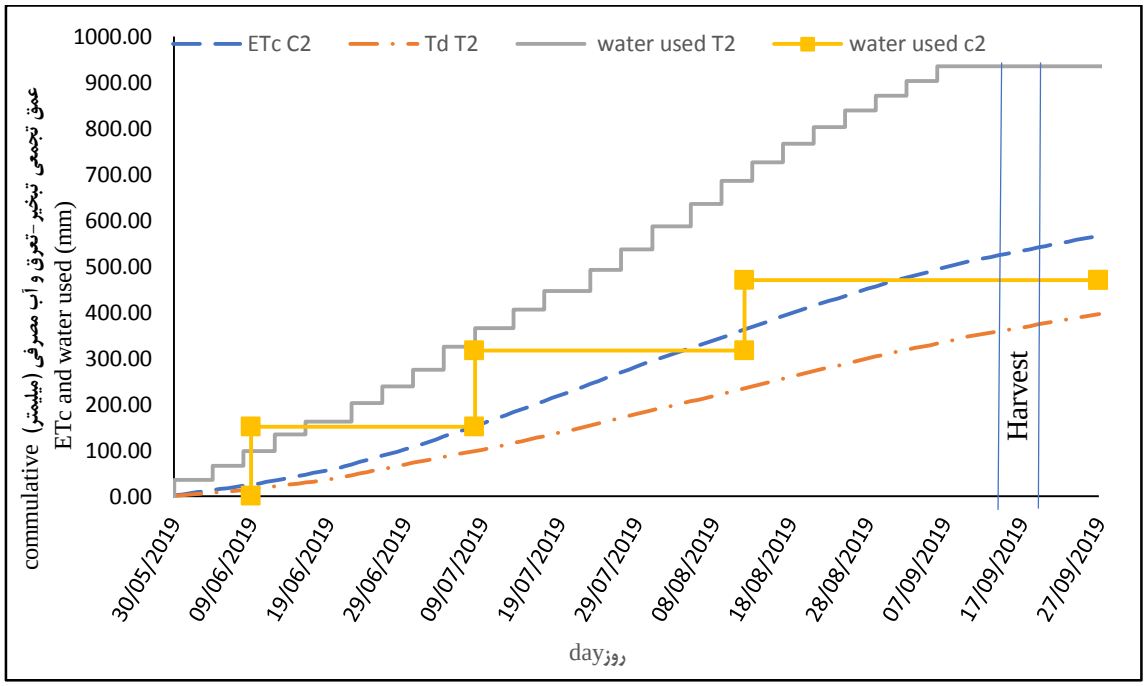
در شکل‌های ۲ و ۳ عمق تجمعی آب مصرف شده (Water used) شامل آب آبیاری و بارش موثر در طول دوره آبیاری انگور از (۱۳۹۸/۰۳/۹ تا ۱۳۹۸/۰۶/۱۶) و عمق نیاز آبی گیاه (Etc,Td) انگور برای آب و هوای شهر ملکان با استفاده از روابط فائو- پنمن- مانتیث در همین دوره برای هر دو روش آبیاری جویچه‌ای و SDI نشان داده شده‌است. نیاز آبی گیاه تا قبل از تاریخ ۱۳۹۸/۰۳/۹از رطوبت موجود در خاک تامین می‌شد.

قبل از اولین آبیاری رطوبت حجمی خاک بر اساس نمونه‌برداری وزنی در تیمارها حدود ۲۳ درصد حجمی بود.



شکل ۲- عمق تجمعی تبخیر-تعرق و آبیاری برای سیستم‌های جویچه‌ای و SDI در باغ A

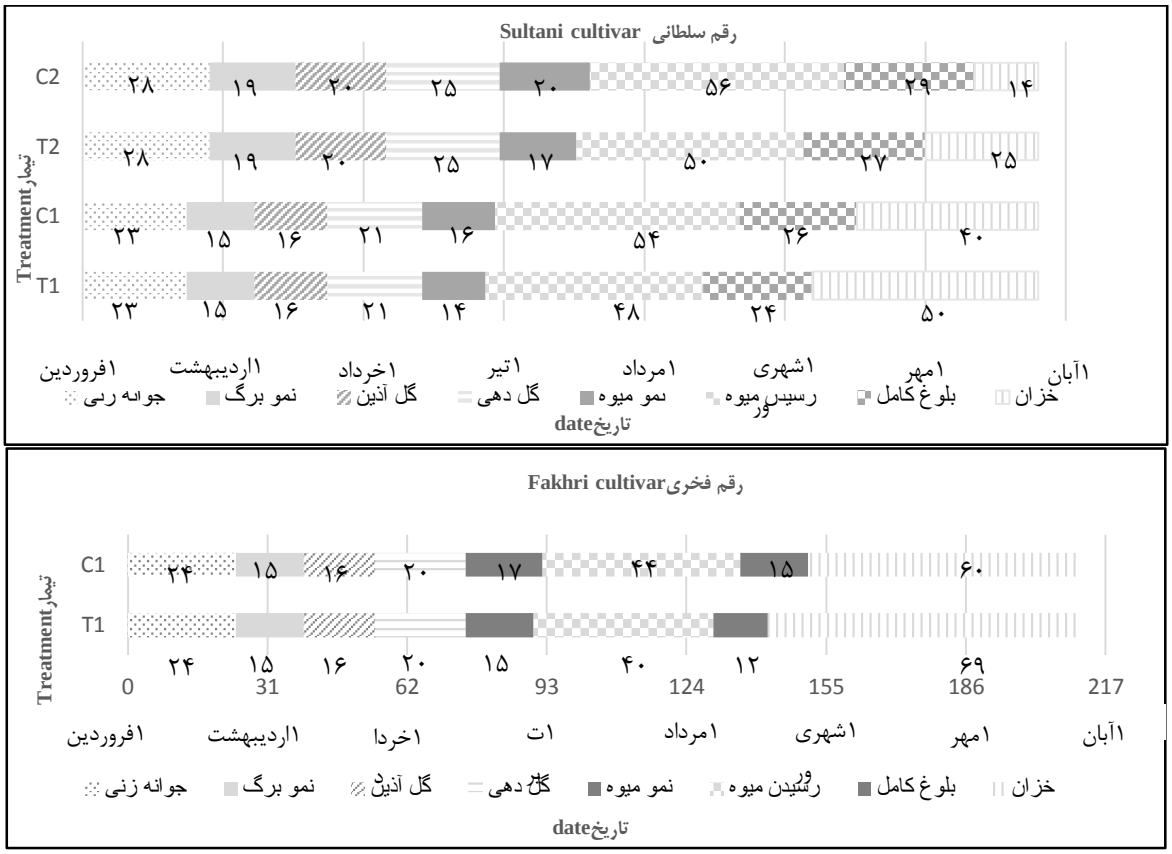
Fig. 2- Cumulative depth of evapotranspiration (Etc, Td) and water used for furrow and SDI system, Vineyard A.



شکل ۳-عمق تجمعی تبخیر-تعرق و آب مصرفی برای سیستم‌های جویچه‌ای و SDI در باغ B

Fig. 3- Cumulative depth of evapotranspiration (Etc, Td) and water used for furrow and SDI system, Vineyard B.

در بازه زمانی که تیمارها آبیاری می‌شده ETc در هر دو باغ برای آبیاری جویچه‌ای ۵۶۰ میلی‌متر و Td برای هر دو باغ حدود ۴۰۰ میلی‌متر به دست آمد(شکل۲و۳). مقدار AW در تیمار C1 برابر ۴۱۷ میلی‌متر و در تیمار T1 در عرض خیس‌شده ۱/۸ مترحدود ۸۳۰ میلی‌متر به دست آمد. همچنین با توجه به شکل (۳) AW درتیمار C2 ۴۷۰ میلی‌متر و در تیمار T2 در عرض خیس‌شده ۱/۵ متر حدود ۹۳۵ میلی‌متر به دست آمد. با توجه به این مقادیر مقدار آب کاربردی در تیمار T1 نسبت به C1 حدود ۱۰ درصد و در تیمار T2 نسبت به C2 حدود ۱۹/۴درصد کمتر بوده‌است. در شکل (۴) مراحل مختلف رشد دو رقم انگور فخری و سلطانی، که به دو روش SDI و جویچه‌ای آبیاری شدند، نشان داده شده است. برای هر دو رقم فخری و سلطانی به جز مراحل اولیه رشد شامل جوانه‌زنی، نمو برگ و گل آذین بقیه مراحل رشد در آبیاری جویچه‌ای طولانی‌تر از SDI می‌باشد، لذا درختان انگور در آبیاری SDI مراحل رشد را سریع‌تر طی نمودند. تفاوت در مراحل اولیه رشد بین تیمارهای باغ A (T1,C1) و B (T2,C2) باتوجه به این موضوع که هنوز آبیاری شروع نشده بود، ممکن است به دلیل تفاوت درنوع سیستم کاشت و تاثیر خرد اقلیم ایجاد شده باشد. در باغ B ممکن است به دلیل اینکه درختان روی سطح زمین قرار گرفته و سطح زمین به دلیل داشتن رطوبت از بارش‌های پائیز وزمستان قبل دارای دمای نسبتا پایین‌تری از دمای هوا بوده و این عامل سبب تاخیر در تامین مقدار درجه روز رشد موردنیاز گیاه برای جوانه زدن گردیده‌است.



شکل ٤- طول مراحل رشد فنولوژیکی انگور در تیمارها(T1, T2, C1, C2)، روز

Fig. 4- Length of Grape phenological stages in treatments (T1, T2, C1 and C2), day.

نتایج تجزیه واریانس تیمارها در هر دو باغ نشان داد که عملکرد گیاه، بهره‌وری آب و برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه ، تحت تاثیر سیستم آبیاری، رقم و اثر متقابل این عوامل می‌باشند.

تجزیه واریانس باغ A

در صفت تعداد خوشه در بوته بین بین دو روش آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در بین تیمارهای مختلف رقم درختان انگور و اثر متقابل رقم در روش آبیاری اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بدست آمد (جدول ۳). در صفت تعداد حبه در خوشه فقط در بین تیمارهای مختلف رقم اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. بین تیمارهای رقم و روش آبیاری، در صفت وزن ۱۰۰ حبه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد و در بین تیمارهای اثر متقابل رقم در روش آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در صفت طول خوشه بین دو رقم، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بدست آمد و در بین تیمارهای آبیاری و اثر متقابل رقم در آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر ساده رقم و روش آبیاری در سطح یک درصد و اثر متقابل رقم در روش آبیاری در سطح پنج درصد بر عملکرد محصول معنی‌دار بود. اثر ساده رقم، روش آبیاری و اثر متقابل رقم در روش آبیاری بر روی بهره‌وری آب

در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

تجزیه واریانس باغ B

اثر ساده رقم و روش آبیاری بر روی صفت تعداد خوشه در بوته به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار بود. در صفت‌های تعداد حبه در خوشه و و وزن صد حبه بین تیمارهای مختلف رقم اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد مشاهده شد. در بین تیمارهای آبیاری و اثر متقابل رقم در آبیاری در دو صفت تعداد حبه در خوشه و وزن صد حبه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. اثر ساده رقم بر روی صفت طول خوشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر ساده روش آبیاری و اثر متقابل رقم در روش آبیاری بر روی صفت طول خوشه معنی‌دار نبود. اثرات ساده رقم و روش آبیاری بر روی عملکرد آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم در روش آبیاری بر روی عملکرد در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. در شاخص بهره‌وری آب بین تیمارهای رقم و روش آبیاری اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد مشاهده شد.

اثر متقابل رقم در روش آبیاری بر شاخص بهره‌وری آب در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد، بهره‌وری آب و برخی صفات فیزیولوژیکی انگور

Table 3. Analysis of variance yield, water productivity and some physiological traits of grape

بهره‌وری آب مصرفی (کیلوگرم بر متر مکعب) Water productivity of used water (kg/m3)	عملکرد (تن بر هکتار) Yield (ton/ha)	طول خوشه (سانتی‌متر) Length of cluster (cm)	وزن صد حبه (گرم) Weight of 100 berry (gr)	تعداد حبه در خوشه Num of berry in cluster	تعداد خوشه در بوته Num of cluster in tree	DF	منابع تغییرات Sources of changes
							Vineyard A
34.9^{**}	554^{**}	264.9^{**}	62976^{**}	181476^{**}	52.56^{**}	1	Cultivar
8.2^{**}	57^{**}	$50.05^{n.s}$	11119.7^{**}	$676^{n.s}$	$7.56^{n.s}$	1	Irrigation system
2.2^{**}	22.3^{*}	$0.856^{n.s}$	$526.7^{n.s}$	$1^{n.s}$	76.56^{**}	1	Cultivar×Irrigation
$0.21^{n.s}$	$3.43^{n.s}$	$0.61^{n.s}$	$1082.2^{n.s}$	$2419..2^{n.s}$	$4.56^{n.s}$	3	Repeat
0.2	3.1	13.26	518	1356.8	2.5	9	Error
							Vineyard B
20.8^{**}	382.5^{**}	312.4^{**}	39750.4^{**}	201152.2^{**}	33.1^{*}	1	Cultivar
7.85^{**}	178.96^{**}	$3.33^{n.s}$	$70.1^{n.s}$	$12.25^{n.s}$	189.1^{**}	1	Irrigation system
1.91^{*}	41.3^{*}	$5.64^{n.s}$	$28.9^{n.s}$	$484^{n.s}$	$0.56^{n.s}$	1	Cultivar×Irrigation
$0.07^{n.s}$	$1.46^{n.s}$	$7^{n.s}$	$736.1^{n.s}$	$359^{n.s}$	$2.73^{n.s}$	3	Repeat
0.3	5.65	9.58	321.84	1025.7	4.23	9	Error

There is no significant difference :n.s Significantly differences at 5% :* Significantly differences at 1% :**

نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین دو رقم در باغ A نشان داد که رقم سلطانی (soltani) در شاخص‌های تعداد حبه در خوشه، اندازه خوشه، عملکرد و بهره‌وری آب نسبت به رقم فخری(fakhri) برتری داشت و در شاخص وزن صد حبه رقم فخری در رده‌ی اول قرار گرفت. رقم سلطانی با عملکرد ۲۴/۵۷ تن بر هکتار و بهره‌وری آب ۶/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب در رده‌ی اول جای گرفت (جدول ۴).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد، بهره‌وری آب و برخی صفات فیزیولوژیکی در باغ A در بین

تیمارهـای روش آبیـاری دلالـت بـر آن دارد کـه روش آبیـاری SDI در شـاخص‌هـای وزن صـدحبه، عملکـرد و بهره‌وری آب نسـبت بـه تیمـار آبیـاری جویچـه‌ای برتـری داشـت و بقیـه شـاخص‌هـا در دو تیمـار آبیـاری جایگـاه یکسـانی داشـتند. بیشـترین میـزان عملکـرد محصـول (۲۰/۶ تـن در هکتـار) و بیشـترین مقـدار بهـره‌وری آب (۵/۳۹ کیلـوگرم بـر متـر مکعـب) در روش آبیـاری SDI حاصـل شـد (جـدول ۴). مقایسـه میـانگین بـین تیمارهای دو رقم در بـاغ B نشـان داد کـه رقـم سـلطانی (soltani) در شـاخص‌هـای تعـداد حبـه در خوشـه، انـدازه خوشـه، عملکـرد و بهـره‌وری آب نسـبت بـه رقـم فخـری (fakhri) برتـری داشـت و در شـاخص وزن صـد حبـه رقـم فخـری در رده‌ی اول قـرار گرفـت. رقـم سلطانی بـا عملکـرد ۱۷/۷ تـن بـر هکتـار و بهـره‌وری آب ۴/۱۳ کیلـوگرم بـر متـر مکعـب در رده‌ی اول جـای گرفت (جـدول ۴). مقایسـه میـانگین بـین شـاخص‌هـا در بـاغ B در بـین تیمارهـای آبیـاری نشـان داد کـه روش آبیـاری جویچـه‌ای در شـاخص‌هـای تعـداد خوشـه در بوتـه، عملکـرد و بهـره‌وری آب نسـبت بـه تیمـار آبیـاری SDI برتـری داشـت و در بقیـه شـاخص هـا، تیمارهـا جایگـاه یکسـانی داشـتند. تیمـار آبیـاری جویچـه‌ای بـا میـزان عملکـرد محصـول ۱۶/۱ تـن در هکتـار و مقـدار بهـره‌وری آب ۳/۷ کیلـوگرم بـر متـر مکعـب در رده ی اول قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ٤-مقایسه میانگین اثرات آبیاری و رقم بر عملکرد، بهره‌وری آب و خصوصیات فیزیولوژیکی انگور

Table 4. Mean comparison of the effects of irrigation, cultivar and plantation on yield, WP and grapes physiological traits

بهره‌وری آب مصرفی (کیلوگرم بر متر مکعب) Water productivity of used water (kg/m3)	عملکرد (تن بر هکتار) Yield (ton/ha)	طول خوشه (سانتی‌متر) Length of cluster (cm)	وزن صد حبه (گرم) Weight of 100 berry (gr)	تعداد حبه در خوشه Num of berry in cluster	تعداد خوشه در بوته Num of cluster in tree	منابع تغییرات Sources of changes
			باغA Vineyard A			رقم Cultivar
6.15^{a}	24.57^{a}	25^{a}	156.4^{b}	261^{a}	20^{b}	soltani
3.2^{b}	12.8^{b}	16^{b}	281.9^{a}	48^{b}	24^{a}	fakhri
						روش آبیاری Irrigation system
5.39^{a}	20.6^{a}	22.7^{a}	245.5^{a}	161^{a}	23^{a}	SDI
3.95^{b}	16.8^{b}	19.2^{a}	192.8^{b}	148^{a}	21^{a}	Furrow
			باغB Vineyard B			رقم Cultivar
4.13^{a}	17.7^{a}	23.75^{a}	143.8^{b}	246^{a}	20^{a}	soltani
1.85^{b}	7.9^{b}	15^{b}	243.5^{a}	22^{b}	18^{b}	fakhri
						روش آبیاری Irrigation system
2.3^{b}	9.43^{b}	20^{a}	191.6^{a}	133^{a}	16^{b}	SDI
3.7^{a}	16.1^{a}	19^{a}	195.7^{a}	135^{a}	22^{a}	Furrow

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$)

نتایج بدست‌آمده از مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و روش آبیاری در باغ A نشان داد که تیمار رقم سلطانی تحت روش SDI با بهره‌وری آب ۷/۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب از سایر تیمارها برتر بود که این مقدار از مقادیر گزارش شده توسط یولقونلو و همکاران (Yulghonolu *et al*., 2017)، (۹/۴ کیلوگرم بر متر مکعب) کمتر و از مقادیر گزارش توسط (Xiaochi *et al*., ،Cancela *et al*., 2016) 2020 و نیکانفر و رضایی (Nikanfar & Rezaei 2015) که به ترتیب ۳/۳۶، ۴/۱ و ۲/۲ کیلوگرم بر متر مکعب بودند بیشتر بود. علت تفاوت در بهره‌وری آب در مناطق مختلف را می‌توان در تفاوت اقلیم، نوع رقم و نحوه کاشت دانست. همچنین تیمارهای رقم سلطانی در باغ A در مقایسه با تیمارهای رقم فخری عملکرد بهتری داشتند و در بین تیمارهای رقم سلطانی، تیمار تحت روش SDI با عملکرد ۲۷/۶ تن بر هکتار برتر بود (جدول ۵). در شاخص‌های طول خوشه و تعداد حبه در خوشه، تیمارهای رقم سلطانی و در شاخص‌های تعداد خوشه در بوته و وزن صد حبه به ترتیب تیمارهای رقم فخری تحت روش جویچه‌ای و رقم فخری تحت روش SDI برتر بودند (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و روش آبیاری در باغ B نشان داد که تیمار رقم سلطانی تحت روش جویچه‌ای با بهره‌وری ۵/۱۷ کیلوگرم بر متر مکعب از سایر تیمارها برتر بود. همچنین تیمارهای رقم سلطانی در باغ B در مقایسه با تیمارهای رقم فخری عملکرد بهتری داشتند و در بین تیمارهای رقم سلطانی، تیمار تحت روش جویچه‌ای با عملکرد ۲۲/۶ تن بر هکتار برتر بود (جدول ۵). در شاخص‌های طول خوشه و تعداد حبه در خوشه، تیمارهای رقم سلطانی و در شاخص‌های تعداد خوشه در بوته و وزن صد حبه به ترتیب تیمارهای جویچه‌ای و تیمارهای فخری برتر بودند (جدول ۵).

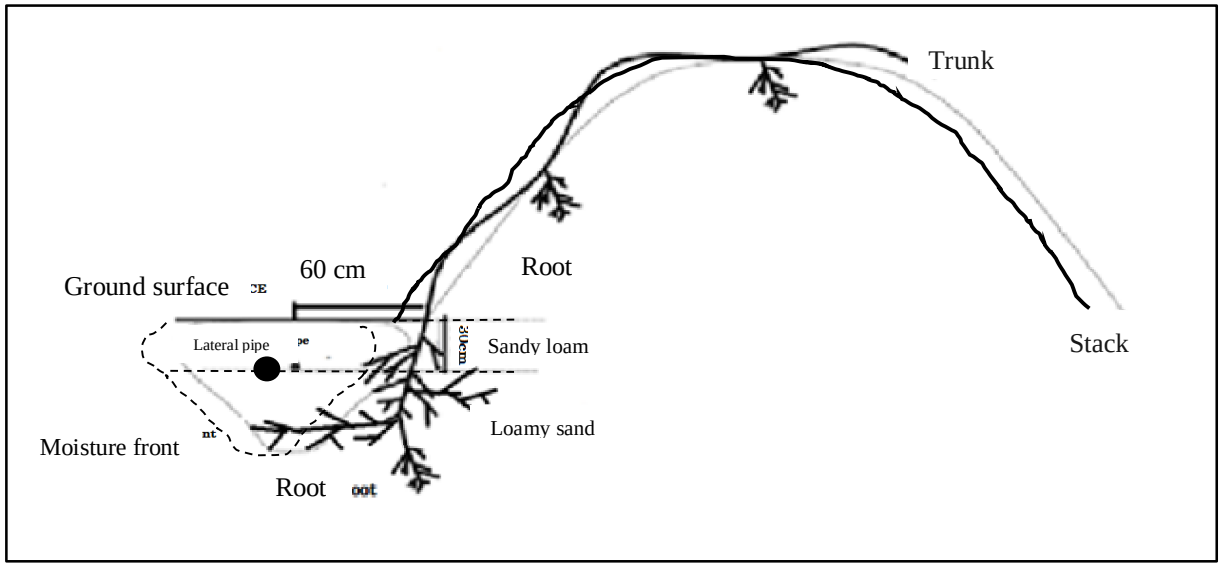
جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل روش آبیاری و رقم بر عملکرد، بهره‌وری آب و خصوصیات فیزیولوژیکی انگور

Table 5. Mean comparison of Interactions between irrigation system, cultivar and cultivation type on yield, WP and grapes physiological traits

بهره‌وری آب مصرفی (کیلوگرم بر متر مکعب) Water productivity of used water (kg/m3)	عملکرد (تن بر هکتار) Yield (ton/ha)	طول خوشه (سانتی‌متر) Length of cluster (cm)	وزن صد حبه (گرم) Weight of 100 berry (gr)	تعداد حبه در خوشه Num of berry in cluster	تعداد خوشه در بوته Num of cluster in tree	منابع تغییرات Sources of changes	
			باغA Vineyard A			رقم Cultivar	آبیاری Irrigation
7.23^{a}	27.64^{a}	۲۷^{a}	188.5^{c}	267^{a}	23^{ab}	Sultani	SDI
5.06^{b}	21.5^{b}	23^{ab}	124.3^{d}	255^{a}	17^{c}	Sultani	Furrow
3.54^{c}	13.51^{c}	18.4^{bc}	302.5^{a}	55^{b}	22^{b}	Fakhri	SDI
2.85^{c}	12.1^{c}	15.3^{c}	261.2^{b}	41^{b}	25^{a}	Fakhri	Furrow
			باغB Vineyard B			رقم Cultivar	آبیاری Irrigation
3.08^{b}	12.7^{b}	24.8^{a}	140^{b}	251^{a}	17^{b}	Sultani	SDI
5.17^{a}	22.6^{a}	22.7^{a}	147^{b}	242^{a}	24^{a}	Sultani	Furrow
1.5^{c}	6.15^{c}	14.8^{b}	243^{a}	16^{b}	14^{b}	Fakhri	SDI
2.2^{c}	9.62^{bc}	۱۵^{b}	244^{a}	28^{b}	21^{a}	Fakhri	Furrow

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$)

علت کاهش شدید عملکرد و به تبع آن بهره‌وری آب انگوربا کاربرد روش آبیاری SDI در باغ B، عدم توزیع مناسب رطوبت در ناحیه توسعه ریشه بود. با توجه به موقعیت کارگذاری لوله لترال نسبت به ردیف درختان (۶۰ سانتی‌متری ردیف درختان) و این که باغ مذکور قبلا به روش جویچه ای آبیاری می‌شد، این امر منجر به پراکندگی ریشه در حجم وسیع تری نسبت به حجم خاک مرطوب حاصل از آبیاری SDI شده بود. نکته دیگر مطبق بودن خاک باغ B بود که در عمق پایین تر از ۳۰ سانتی‌متری سبک‌تر (لومی‌شنی) بوده و منجر به توزیع عمقی رطوبت می‌شد. آبیاری انجام شده در این تیمار شبیه به آبیاری PRD بود و فقط بخشی از ریشه آبیاری می‌شد (شکل ۵). نتایج حاصل از برداشت نمونه رطوبت خاک در زمان ۱۲ ساعت بعد از آبیاری در فواصل مختلف و عمود بر جهت لوله‌ی لترال و روی پشته در سه عمق متفاوت و در حضور ریشه گواه این مساله می‌باشد (جدول ۶). پروفیل توزیع رطوبت خاک (Moisture front) در شکل (۶) بر اساس داده‌های رطوبتی جدول ۶ رسم شده است.



شکل ۵- موقعیت ریشه گیاه و پروفیل توزیع رطوبت لوله لترال

Figure 5. Lateral profile of moisture distribution and plant root position.

جدول ٦-رطوبت حجمی خاک (درصد) در فواصل مختلف از لوله آبیاری ۱۲ ساعت پس از آبیاری

Table 6. Soil volumetric moisture content (%) at different distances from irrigation pipe 12h after irrigation

۱۰۰ سانتی‌متر روی پشته 100 cm (on the stack)	۷۰ سانتی‌متر روی پشته 70 cm (on the stack)	50 cm	40 cm	30 cm	15 cm	عمق (سانتی‌متر) Depth(cm)
12	14.6	20.5	20.2	25	25.5	0-30
14.1	15.5	18.4	23.4	23.6	29	30-60
15.2	15.8	17.3	17.5	18.4	29	60-90

کاهش عملکرد محصول انگور در باغ های با کشت خزنده پس از تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به قطره‌ای با یافته‌های (Soar & Loveys, 2007) و (Nikanfar & Rezaee, 2015) مطابقت دارد.

در مطالعه حاضر چون آزمایش در یک سال زراعی انجام شده اثر سال را نمیتوان تفکیک نمود. همچنین با توجه به متفاوت بودن سن باغ A و باغ B، یک عامل دیگر موثر بر عملکرد و بهره‌وری آب سن می باشد که در تحلیل نتایج این پژوهش لحاظ نشده است.

نتیجه‌گیری

این مطالعه به مقایسه بهره‌وری آب دو رقم انگور سلطانی و فخری، تحت روش‌های آبیاری جویچه‌ای و SDI در کشت‌های متفاوت داربستی و خزنده در منطقه ملکان پرداخت. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که روش‌های آبیاری نقش مهمی در بهره‌وری آب انگور در سیستم‌های کشت متفاوت داشتند. در باغ‌های انگور داربستی با بافت لومی (Loam)، اجرای روش SDI باعث مدیریت بهینه مصرف آب و کاهش ۱۰ درصدی آب آبیاری نسبت به روش جویچه‌ای شد. به طور متوسط عملکرد محصول انگور دو رقم سلطانی و فخری در روش SDI به ترتیب ۲۳و ۱۱ درصد بیشتر از روش جویچه‌ای بود. بهره‌وری آب روش SDI در رقم سلطانی و فخری به ترتیب ۳۰ و ۲۰ درصد بیشتر از روش جویچه‌ای بود. اجرای روش آبیاری SDI با توجه به کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد و به طور کلی بهبود بهره‌وری آب، در باغات با سیستم کشت داربستی توصیه می‌شود. بررسی‌ها بیانگر آن است تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به SDI در باغات انگور مسن با کشت خزنده به دلیل عدم توزیع مناسب رطوبت در ناحیه توسعه ریشه باعث کاهش عملکرد و بهره‌وری آب می‌گردد. هچنین بافت خاک سبک در عمق توسعه ریشه در این کشت از دیگر عوامل منجر به عدم توزیع مناسب رطوبت در ناحیه توسعه ریشه بود. لذا به منظور تکمیل نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی اجرای روش آبیاری SDI در باغات جوان و با کشت خزنده مورد توجه قرار گیرد. شایان ذکر است از مشکلات اساسی سامانه آبیاری زیرسطحی موضوع کاهش دبی یا گرفتگی قطره چکان‌ها یا نفوذ ریشه به داخل لوله آبیاری زیرسطحی می باشد. در این تحقیق این موضوع بررسی نشده است. همچنین بررسی اقتصادی و اثرات زیست محیطی استفاده از سامانه زیر سطحی در این تحقیق بررسی نشده است.

محدودیت‌های مطالعه حاضر به شرح ذیل بود:

چون آزمایش در یک سال زراعی انجام شده اثر سال را نمیتوان تفکیک نمود. با توجه به متفاوت بودن سن باغ A و باغ B، یک عامل دیگر موثر بر عملکرد و بهره وری آب سن می باشد که در تحلیل نتایج این پژوهش لحاظ نشده است. از مشکلات اساسی سامانه آبیاری زیرسطحی موضوع کاهش دبی یا گرفتگی قطره چکانها یا نفوذ ریشه به داخل لوله آبیاری زیرسطحی می باشد. در این تحقیق این موضوع بررسی نشده است.همچنین بررسی اقتصادی و اثرات زیست محیطی استفاده از سامانه زیر سطحی در این تحقیق بررسی نشده است.

.

مراجع

Abbasi, F., Abolfazl, N., Rezvani, M., Goodarzi, M., Karimi, M., Eslami, K., Taheri, M., Khosravi, H., Moosavi, S. H., Firoozabadi, A., Baghani, J., Abbasi, N. and Akbari, M. (2020). Assessment of water use and water productivity in Country Vineyards. *Irrigation and drainage structures Engineering research*, 21(80), 133-148. (in Persian).

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Publications *Fao*. *300*p.

Agriculture Organization statistics. Deputy of planning and Economic affairs (2019). http://maj.ir/index.aspx

Alizadeh, A. (2008). *Trickle irrigation (principles and practices)*. Mashhad, Iran. Astan ghods Imam Reza university (in Persian).

Cancela, J. J., Trigo-Córdoba, E., Martínez, E. M., Rey, B. J., Bouzas-Cid, Y., Fandiño, M., & Mirás-Avalos, J. M. (2016). Effects of climate variability on irrigation scheduling in white varieties of Vitis vinifera (L.) of NW Spain. *Agricultural Water Management*, *170*, 99-109.

Civit, B., Piastrellini, R., Curadelli, S., and Arena. A. P. (2018). The water consumed in the production of grapes for vinification (Vitis vinifera). Mapping the blue and green water footprint. *Ecological Indicators*, 85, 236-243.

Dolatibaneh, H. (2016). *Comprehensive management of grape growth.* Kurdistan, Iran. Kurdistan university (in Persian).

Doorenbos, J. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements: FAO, Roma (Italia).

FAOSTAT. (2018). Agriculture data available on http://fao.org/statistics/en.

Ghasedi yulghonolu, S. Abyaneh, H. Nejatian, M. A. Maleki, M., & Karimi, R. (2018). Effects of altering furrow to drip irrigation on physiological traits and yield of sultana grapevine (Vitis vinifera L). *Iranian journal of Horticultural science,* 3(49), 743-753 (in Persian).

Jolaini, M. (2006). Investigation on effect of drip irrigation methods and different levels of water on yield and water use efficiency of grape. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 28(7), 69-78 (in Persian).

Jones, H. G. (2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, 55, 2427-2436.

Karmeli, D., Keller, J. (1975). Trickle irrigation design (No. 631.7 K3).

Mullins, M. G., Bouquet, A., and Williams, L. E. (2007). Biology of the grapevine. Publications university press cambridge. *Biology of Horticultural crops*. 178p.

Nakhjavanimoghadam, M. M. Najafi, A. Sadrghaen, S. H. Farhadi, A. (2010). Effect of different levels of irrigation and plant density on grain yield and yield components and water use efficiency in Maize cv. KSC 302. *Seed and plant production journal*, 1(2), 73-90 (in Persian).

Nejatiyan, M. A. (2014). *Comprehensive guide to grape production and processing.* Agricultural education and promotion (in Persian).

Netzer, Y., Yao, C., Shenker, M., Bravdo, B., and Schwartz, A. (2009). Water use and the development of seasonal crop coefficients for Superior Seedless grapevines to an open-gable trellis system. *Irrigation Science*, 27:109-120.

Nikanfar, R. & Rezaei, R. (2015). Response of old grapevine to switch irrigation system from surface to drip or babbler. *Iranian journal of Horticultural science and technology*, 2(16), 161-170.

Pisciotta, A., Lorenzo, R. D., Santalucia, G., and Barbagallo, M. G. (2018). Response of grapevine (Cabrenet Sauvignon cv) to above ground and subsurface drip irrigation under arid condition. *Agriculture Water Management*, 197,122-131.

Saayman, D., and Lambrechts, J. J.N. (1995). The effect of irrigation system and crop load on the vigour of Barlinka table grapes on a sandy soil, Hex River Valley. South African *Journal of Enology and Viticulture*, 16,26-34.

Seyfi, M. R, & Kalhor, M. (2010). *Comprehensive and illustrated guide to growing grape (planting, growing, harvest)*. Sari, Iran. Agricultural education and promotion publications (in Persian).

Shearer, G., Kohl, D. H., and Chien, S. H. (1978). The nitrogen-15 abundance in a wide variety of soils. *Soil science Society of America Journal*, 42(6), 899-902.

Soar, C. J., Loveys, B. R. (2007). The effect of changing patterns in soil-moisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implications for converting full-cover irrigation into a point-source irrigation system. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *13*(1), 2-13.

MAJSTAT. (2019). Agriculture data available on http://maj.ir/index.aspx

TCCIMASTAT (2018). Agriculture and Commercial data available on http://TCCIMA.ir

Vanino, S., Pulighe, G., Nino, P., Michele, C., Blognesi, S. F., and D'Urso, G. (2015). Estimation of Evapotranspiration and Crop Coefficients of Tendone Vineyards using Multi-Sensor Remote Sensing Data in a Mediterranean Environment. Remote Sensing, 7,14708-14730

Williams, L. E., and Ayars, J. E. (2005). Water use of Thompson Seedless grapevines as affected by the application of gibberellic acid and trunk gridling-practices to increase berry size. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129,85-94.

Williams, L. E., Phene, C. J., Grimes, D. W., and Trout, T. J. (2003). Water use of mature Thompson Seedless grapevine in California. Irrigation Science, 22,11-18.

Xiaochi, Ma., Karen, A., and Sanguinet, W. (2020). Direct root-zone irrigation outperforms surface drip irrigation for grape yield and crop eater use efficiency while restricting root growth. *Agriculture water management Journal*, (231), 105993

Yunusa, I. A. M., Walker, R. R., Loveys, B. R., and Blackmore, D. H. (2000). Determination of transpiration in irrigated grapevines: comparison of the heat-pulse technique with gravimetric and micrometeorological methods. *Irrigation Science*, 20,1-8.

Yulghonolu, S. G., Abyaneh, H. Z., Nejatiyan, M. A., Maleki, M., and Karimi. (2017). Effects of altering furrow to drip irrigation systems on physiological traits and yield of Sultana grapevine (vitis vinifera L.). *Iranian Journal of Horticulture Science*, 49(3), 743-753

Zoebl, D. (2006). Is water productivity a useful concept in agricultural water management. *Agricultural Water Management*, *84*,265-273.

Effects of Furrow and Subsurface Drip Irrigation Systems on Water Productivity of Vineyard in Bowed trellis and Creeping Plantation Systems

S. M. Mirlatifi*, H. Dehghanisanij and O. Orojian Mashhadi

* Corresponding Author: Associated professor, Department of Engineering and Water Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: mirlat_m@modares.ac.ir
Received: 27 February 2021, Accepted: 14 October 2021

Extended Abstract

Introduction

Grapes are planted throughout the world and are used to produce dried fruit (raisins), grapes for fresh market (table grapes) and juice. Development of effective methods to improve water productivity in Agriculture is necessary due to the shortage of water resources. Water productivity is a momentous index to assess water saving and to gain more turnover for each unit of water used. Improving water productivity in irrigated agriculture decreases the demand for additional water sources and is thus a solution to the shortage of water resources. One of the efficient methods to improve water productivity is to use micro irrigation systems, which may help to reduce water used to increase yield. Subsurface drip irrigation (SDI) has been used in various countries for over 30 years especially in the regions encountering water scarcity. The results of the implementation of this method were identified in terms of increasing yield, reducing applied water, fertilizer and weed control costs, improve crop quality and water productivity. This study was conducted with the aim of evaluation of water productivity of grapes in two different plantation systems under SDI and furrow irrigation systems.

Methodology

In order to evaluate the effects of a Subsurface Drip Irrigation (SDI) on two varieties of grapevine; Sultani and Fakhri, this experiment was carried out based on completely randomized design with three replications during 2019 growing season in two vineyards with Bowed trellis (A) and Creeping (B) plantation systems. In vineyard A, laterals of SDI system were installed 50 cm below the soil surface and 50 cm from the grapes rows and in vineyard B, 30 cm below the soil surface and 60 cm from the grapes rows. Irrigation water requirement was calculated by P.M.E to meet full grapes water requirement using daily weather information data collected at Malekan weather station. Irrigation management of the furrow irrigated rows in both vineyards were controlled by the owner of the orchard. Except for the difference in irrigation, the vineyard's grown vines were established and treated similarly (row spacing, training, pest control, canopy management, fertilization and pruning).

Result and Discussion

At the end of the growing season Water productivity, Yield and some physiological traits such as: number of clusters in tree, berry weight, number of berries in cluster, length of cluster were measured. Analysis of variance showed significant difference (at 1% level) between water productivity of different irrigation methods in both vineyards. The SDI method in vineyard A and furrow method in vineyard B had the highest water productivity (5.39 kg/m^3 and 3.7 kg/m^3, respectively). The comparison of interaction effects between irrigation methods and cultivars in vineyard A showed that the water productivity of Sultani variety under SDI irrigation (7.23 kg/m^3) was higher than other treatments and in vineyard B water productivity of Sultani variety under furrow method (5.17 kg/m^3) was higher than other treatments. SDI treatment in vineyard B, which was previously furrow irrigated and therefor roots had spreaded out into a larger

volume of soil than that wetted by the SDI system, wasn't capable to adequately supply Crop water requirement which manifested in crop yield reduction.

Conclusions

The SDI system in Bowed trellis plantation was able to adequately replenish Crop water requirement which enhanced crop yield. Implementation of the SDI system in vineyard A increased yield (28.4% in soltani variety and 32.4% in fakhri variety) and water productivity (42% in soltani variety and 47% in fakhri variety). Studies indicate that in Creeping plantation due to lack of proper distribution of moisture in the root zone, needs further investigation. In order to increase yield and water productivity of vineyards with bowed trellis systems, the installation of SDI system is recommended.

Keywords: Fakhri variety, Micro irrigation, Sultani variety, Yield