تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۳ (ص ۴۱۲-۴۰۵)

تأثیر آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد گل محمدی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

اسماء مقبلی مهنی درورودی[۱]، معصومه دلبری[۲]*، نادر کوهی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشکدهٔ آب و خاک دانشگاه زابل

۲. دانشیار گروه مهندسی آب دانشکدهٔ آب و خاک دانشگاه زابل

۳. عضو هیئت علمی بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۳ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۶/۹)

چکیده

در این تحقیق اثر دو سامانهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری و بازده اسانس گل محمدی در سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۰، و ۴۰ درصد مقدار تبخیرتعرق پتانسیل) ارزیابی شد. بدین منظور آزمایشی در قالب طرح کرت‌های خردشده بر پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان در ایستگاه تحقیقاتی جوپار در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ اجرا شد. نتایج نشان داد عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری و بازده اسانس در دو نوع سامانهٔ آبیاری تفاوت معنادار ندارند. بالاترین میزان عملکرد با مقدار ۲۷۱۶/۹۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل و بالاترین کارایی مصرف آب آبیاری مربوط به تیمار ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل، با میزان ۲/۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار بود. همچنین تیمار ۷۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل بالاترین بازده اسانس را داشت.

کلیدواژگان: آبیاری قطره‌ای، بازده اسانس، کارایی مصرف آب آبیاری، کم‌آبیاری، گل محمدی

مقدمه

در حال حاضر حدود ۲۲ درصد از مساحت کل باغات کشور در استان کرمان است و بدین لحاظ مقام اول باغبانی کشور به این استان اختصاص دارد (Agricultural and Natural Resources Recearch Center of Kerman, 2003). در این بین کشت گل محمدی[۱] به دلیل سازگاری با شرایط آب‌وهوایی، کم‌هزینه‌بودن، و سودآوری چشمگیر آن در استان کرمان توسعه یافته است. این گیاه از گونه‌های بسیار مهم معطر است که به صورت وحشی می‌روید و هنوز در کشورهای سوریه و مراکش و استرالیا به صورت خودرو رویش دارد. همچنین ایران را منشأ این گیاه می‌دانند (Chevallier, 1996). سابقهٔ کاشت این گیاه در استان کرمان قدمتی طولانی دارد و فرآورده‌های گل محمدی یکی از تولیدات مهم مناطق کوهپایه‌ای این استان به‌شمار می‌رود که از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار است. این درختچه با عمر نسبتاً طولانی نسبت به کمبود آب و مواد غذایی مقاوم است و به همین سبب اکثر اراضی کوهستانی و کوهپایه‌ای استان شرایط و آمادگی لازم برای کاشت و توسعه این گیاه را دارند. از طرف دیگر، محصولاتی مانند اسانس و گلاب و گل خشک از این گیاه تولید می‌شود. بنابراین به منزلهٔ یک گیاه راهبردی برای حمایت از اقتصاد روستاییان و اشتغال‌زایی جوانان، با توسعهٔ صنایع کوچک، جایگاه خاصی را به خود اختصاص داده است (Kodori and Tabaei-Aghdaei, 2007). همچنین با توجه به ارگانیک‌بودن این محصول قیمت اسانس آن در بازارهای جهانی بسیار چشمگیر است (Ministry of Agriculture Jihad, 2007).

آب یکی از عوامل محیطی بسیار مهم است که بر روند رشد و مواد مؤثرهٔ گیاهان دارویی زیر کشت تأثیر دارد. کم‌آبی در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات سنگینی بر رشد و مواد مؤثر دارویی گیاهان وارد کند (Omidbaigy and Fakhr Tabatabai, 2005). دلیل اساسی ساخت و تشکیل اسانس‌ها در گیاهان هنوز به‌درستی مشخص نیست. ولی اسانس‌ها به طور کلی بازمانده‌های ناشی از فرایندهای اصلی متابولیسم گیاهان، به‌ویژه در شرایط و اوضاع تنش، به‌شمار می‌روند (Omidbaigy and FakhrTabatabai, 2005).

تلاش پژوهشگران کشاورزی به طور عمده به افزایش تولید در واحد سطح معطوف است و میزان تولید به‌ازای واحد نهاده، از جمله آب مصرفی، کمتر مد نظر قرار می‌گیرد. در صورتی که در شرایط محدودیت منابع آب و فراوانی نسبی

* نویسندهٔ مسئول: mas_delbari@yahoo.com

1. Rosa damascene mill

اراضی قابل کشت، که شرایط حاکم بر اکثر مناطق ایران است، باید بر بالابردن تولید به‌ازای واحد آب مصرفی و استفادهٔ بهینه از این منابع متمرکز شد (Sepaskhah *et al*, 2006). کاهش منابع آب موجود و افزایش بهای آن امروزه کشاورزان را به سمت استفاده از سامانه‌های آبیاری با راندمان بالا سوق داده است. این در حالی است که در صورت استفادهٔ صحیح از آب، علاوه بر افزایش تولید در واحد سطح، می‌توان سطح زیر کشت را نیز افزایش داد. یکی از راه‌های نیل به این اهداف کاربرد شیوه‌های جدید آبیاری، مانند استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری، است. استفاده از این سامانه، علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد محصول را در پی دارد (Cetin and Bilget, 2002). در چند دههٔ گذشته امکان استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای برای محصولات مختلف زراعی بررسی و مشخص شده در شرایط معینی روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های مرسوم آبیاری قادر به کاهش آب آبیاری و افزایش عملکرد محصولات مختلف است (Basal *et al*, 2009).

کم‌آبیاری برای دوره‌ای معین یا کل دورهٔ رشد گیاه و زمانی که محدودیت آب آبیاری وجود دارد صورت می‌گیرد. در این برنامه‌ریزی کاهش محصول دور از انتظار نیست. ولی مقدار آن در مقایسه با سود و عواید حاصل از صرفه‌جویی یا ذخیرهٔ آب برای کشت و آبیاری بقیهٔ محصولات معنادار نیست (Englishs and Raja, 1996). تحقیقات می‌تواند مدیریت کم‌آبیاری در شرایط محدودیت منابع آب را بهبود بخشد. در تحقیقی در کاشان یک قطعه گلستان گل سرخ ۳ سالهٔ یکنواخت انتخاب و به دو قسمت تقسیم شد. آبیاری در یک قسمت به روش قطره‌ای و در قسمت دیگر به روش آبیاری سطحی مطابق معمول زارع انجام شد. میزان و دور آبیاری در روش زارع مطابق شرایط عرف محل و در روش قطره‌ای دور یک‌روزه بر اساس تبخیر از تشتک انجام شد. نتایج نشان داد، ضمن برداشت میزان گل سرخ یکسان در هر دو روش، میزان آب مصرفی در روش قطره‌ای حدود۶۰ درصد کمتر و رشد سرشاخه‌های درختچه‌ها معادل ۳۵/۶ تا ۴۷/۵ درصد نسبت به روش آبیاری سطحی بیشتر است (Yazdani, 2001). همچنین در این منطقه به منظور بررسی تأثیر کود آلی، کود شیمیایی ازته، و تعداد آبیاری (سه، چهار، و پنج نوبت آبیاری) بر عملکرد کمّی و کیفی گل محمدی طرح آماری در سال‌های ۷۸ و ۷۹ انجام شد. نتایج نشان داد تأثیر همهٔ فاکتورها در عملکرد معنادار است. اثر تعداد آبیاری بر میزان عملکرد گل محمدی در تیمارهای سه و چهار نوبت آبیاری با هم اختلاف معنادار نداشت. ولی در تیمار سه نوبت آبیاری عملکرد کمتری مشاهده شد (Mousavi, 2002). به منظور بررسی تنوع و رابطهٔ بین عملکرد گل و اجزای آن، تعداد ۱۲ ژنوتیپ گل محمدی از نقاط مختلف کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در محل ایستگاه تحقیقاتی همند آبسرد در سه کشت آبی (شاهد)، دیم، و دیم همراه مالچ بررسی شد. بر اساس نتایج، وزن تر گلبرگ در هر سه شرایط کشت بیشترین تأثیر مستقیم را روی عملکرد گل داشت و مهم‌ترین صفت در افزایش عملکرد گل محمدی شناخته شد. صفات تعداد گل در هکتار، عملکرد اسانس در هکتار، ارتفاع بوته، و محیط بوته به طور غیر مستقیم از طریق افزایش وزن تر گلبرگ در افزایش عملکرد گل محمدی نقش مهمی داشتند (Nemati Lafmajani *et al*, 2011). در یک گلخانه در کالیفرنیا سامانهٔ کنترل آبیاری، که بر اساس تنش رطوبتی خاک کار می‌کند، برای تولید رز هیبرید ایجاد شد. این سامانه به طور مداوم شرایط رطوبت خاک را توسط تانسیومتر کنترل می‌کند. وقتی تنش رطوبت خاک به ۵ کیلوپاسکال می‌رسد، آبیاری آغاز می‌شود و زمان قطع آب هنگامی است که آب به طور کافی به گیاه برسد. آب استفاده‌شده در این روش ۲۶ درصد کاهش و بهره‌وری ناشی از تعداد گل‌های برداشت‌شده ۶۶ درصد افزایش داشت. به طور قابل توجهی گل‌ها تا ۸ سانتی‌متر بلندتر از گل‌های شاهد بودند. شوری خاک کمتر شد و آثار زیست‌محیطی نیز کاهش یافت. همچنین هزینه‌های تولید کاهش و کیفیت محصول افزایش یافت (Oki and lieth, 2001). برای درک بهتر آثار دور آبیاری بر تولید و کیفیت گل رز، آزمایشی در یک گلخانه، در شرق یونان، با یک سامانهٔ هیدروپونیک بر رز هیبرید قرمز انجام شد. برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس تعرق گیاه و هر زمان که مجموع تابش خورشیدی در خارج از گلخانه $1600 KJM^{-2}$ (آبیاری با دور بالا) و KJM^{-2} ۳۲۰۰ (آبیاری با دور کم) بود انجام شد. میزان آب کاربردی در هر دور ۰/۲ و ۰/۴ میلی‌متر به‌ترتیب برای دور بالا و پایین بود. نتایج نشان داد در آبیاری با دور بالا وزن تر و خشک، گل‌های چیده‌شده، و شاخه‌های گل‌دار بریدنی ۳۳ درصد بالاتر و تعداد شاخه‌های برداشت‌شده ۲۸ درصد بالاتر بود. همچنین راندمان مصرف آب و تولید گل در آبیاری با دور بالا بیشتر بود؛ ولی طول شاخهٔ گل و کیفیت گل‌های برداشت‌شده تحت تأثیر دور آبیاری قرار نگرفت (Katsoulas *et al*, 2006).

با توجه به بروز خشک‌سالی‌های مستمر و بحران آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، از جمله کرمان، و راندمان بالای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای از یک سو و ارزش اقتصادی

بالای محصول گـل محمـدی و توسـعهٔ روزافـزون کشـت آن در استان کرمان از سوی دیگر، انجام‌دادن ایـن تحقیـق بـه منظـور استفادهٔ بهینه از منابع آب کشور در بخش کشاورزی و در کشت گل محمدی ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در زمینی به مسـاحت حدود ۶۰۰ متر مربع در ایستگاه تحقیقـاتی جوپـار واقـع در ۱۸ کیلومتری شهر کرمان با موقعیت طول جغرافیـایی ۵۷ درجـه و ۱۴ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۷ دقیقهٔ شمالی و ارتفـاع ۱۷۴۹ متـری از سـطح دریـا (Kodori and Tabaei-Aghdaei, 2007) اجرا شد. این منطقه دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌معتدل با مقدار باران بسیار کم و متغیر است. ریزش نزولات جوّی از آبان شروع می‌شود و تا ۸ اردیبهشت سـال بعـد ادامـه دارد. در ایـن منطقـه میـزان متوسـط درازمـدت بارنـدگی ۱۵۰ میلی‌متر در سال است (Agricultural and Natural Resources Research Center of Kerman, 2003).

در این طرح دو سامانهٔ آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (A_1) و قطره‌ای سطحی (A_2) به عنوان عامل اصلی و سـه سـطح تـأمین آب B_1، B_2، و B_3 به‌ترتیب به میزان ۱۰۰، ۷۰، و ۴۰ درصد مقدار تبخیرتعرق پتانسیل (با احتساب ضـریب ۰٫۶۵ تشـت کـلاس A (Alizadeh, 2004) بـه عنـوان عامـل فرعـی در قالـب طـرح کرت‌های خردشده بر پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار ارزیابی شد. این تحقیق روی گل‌های محمدی دوساله اجرا شـد. بدین ترتیب آزمایش در مجموع شامل ۱۸ کـرت آزمایشـی بـود که در هر ردیف تعداد ۴ اصله نهـال بـه فاصـلهٔ ۲٫۵ در ۲٫۵ متـر وجود داشت. در این طرح از هـیچ آفـت‌کشـی اسـتفاده نشـد و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی انجام گرفت. جدول‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب نتایج آزمایش آب و خاک مزرعهٔ مطالعـه‌شـده را نشان می‌دهد.

جدول ۱. نتایج آزمایش خاک

عمق خاک (cm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک	EC (dS/m)	pH –	FC (%)	PWP (%)
۰-۳۰	۸۶	۸	۶	شن لومی	۱٫۳	۶٫۷	۱۶٫۳	۵٫۸۴
۳۰-۶۰	۸۱	۹	۱۰	شن لومی	۱٫۳	۶٫۶	۱۶٫۵	۶٫۶
۶۰-۹۰	۸۰	۱۱	۹	شن لومی	۱٫۲	۶٫۶	۱۷٫۲	۷٫۳

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ کیفی آب چاه

pH	EC (dS/m)	آنیون‌ها (meq/lit)				کاتیون‌ها (meq/lit)					
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Na^+	Fe^{2+}	Mn^{2+}
۶٫۹	۱٫۳	–	۵٫۲	۳۷٫۲	۳۱	۱۴٫۴	۱۰٫۴	–	۶۹	۰٫۰۷۸	۰٫۰۱۴

طراحی آبیاری تحت فشار به گونه‌ای بود که در تیمارهای قطـره‌ای سـطحی و زیـر سـطحی یـک لولـهٔ لاتـرال بـا فاصـلهٔ قطره‌چکان‌های ۶۰ سانتی‌متر و دبی ۴ لیتر در سـاعت بـرای هـر ردیف درخت درنظر گرفته شد. در تیمار قطـره‌ای زیـر سـطحی لترال در عمق ۳۰ سانتی‌متری خـاک کـار گذاشـته شـد. بـرای اندازه‌گیری حجم آب آبیاری از ۳ کنتور حجمـی اسـتفاده شـد. مدت زمان آبیاری از اسفندماه تا مهرماه (به مـدت هشـت مـاه) بود. نحوهٔ آبیاری تیمارها بـا اسـتفاده از داده‌هـای تشـت تبخیـر بدین صورت بود که آبیاری به طور ثابت در روزهای یک‌شـنبه و سه‌شنبه و پنج‌شنبهٔ هر هفته انجام می‌شد. میزان تبخیر تجمعی در ابتدای همان روز قرائت می‌شد. محاسبهٔ میزان آب آبیاری بـا استفاده از ضرایب مربوطه در پی می‌آید.

میزان تبخیرتعرق پتانسیل با رابطهٔ ۱ محاسبه شد:

$$ET_o=K_{pan}(E_P) \quad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

ET_o تبخیرتعرق پتانسیل [L]، K_{pan} ضـریب تشـت، و E_P میزان تبخیر از تشت در یک دورهٔ زمانی مشخص [L] است.

میزان تبخیرتعرق گیاه با رابطهٔ ۲ محاسبه شد:

$$ET=K_c.\ ET_o \quad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

ET تبخیرتعرق گیاه مورد نظـر [L] و K_c ضـریب گیـاهی است.

از آنجا که ضریب گیاهی برای گیـاه گـل محمـدی وجـود ندارد، مقدار آن در ایـن مطالعـه ۱ فـرض شـد. بنـابراین مقـدار تبخیرتعرق گل محمـدی و تبخیرتعـرق پتانسـیل برابـر و بـرای آبیاری نیاز خالص شرایط محیطی اعمال شد.

میزان حجم آبیاری برای هر کرت با رابطهٔ ۳ محاسبه شد:

$$V_T = ET_o.A \quad \text{(رابطهٔ ۳)}$$

V_T حجم آب آبیاری [L^3] و A مساحت هر کرت [L^2] است.

میزان محصول و بازده اسانس گل محمدی

برای به‌دست‌آوردن میزان محصول گل، گل‌ها در ساعات اولیهٔ صبح چیده و با ترازو وزن شدند. گفتنی است برداشت گل در اردیبهشت‌ماه به صورت دستی انجام شد. همچنین در آزمایشگاه اسانس‌گیری از گل تازه به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر انجام شد. از گل‌های تازه ۱۰۰ گرم در یک بالن ۲ لیتری ریخته و ۱ لیتر آب به آن اضافه شد. عمل تقطیر به مدت ۳ ساعت انجام شد (Honarvar *et al*, 2008). اسانس‌گیری برای همهٔ تیمارها و تکرارها در یک زمان و با شرایط یکسان انجام شد. بازده اسانس با رابطهٔ ۴ محاسبه شد (Honarvar *et al*, 2008):

(رابطهٔ ۴) بازده اسانس= ۱۰۰ ×(وزن گل/ وزن اسانس)

کارایی مصرف آب آبیاری

در این پژوهش کارایی مصرف آب آبیاری با رابطهٔ ۵ محاسبه شد (Burman *et al*, 1981):

(رابطهٔ ۵) $$IWUE = \frac{Y_T}{V_T}$$

IWUE کارایی مصرف آب آبیاری ($\frac{kg}{m^3.ha}$)، Y_T عملکرد کل ($\frac{kg}{ha}$)، و V_T حجم آب آبیاری (m^3) است.

در پایان داده‌های به‌دست‌آمده از تحقیق با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه‌وتحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن (در سطح معناداری ۵ درصد) مقایسه شد.

یافته‌ها و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب طرح آثار تیمار نوع سامانهٔ آبیاری (A)، تیمار سطوح مختلف آبیاری (B)، و آثار متقابل این تیمارها بر عملکرد و بازده اسانس گل محمدی و کارایی مصرف آب آبیاری در طی ۲ سال در جدول ۳ می‌آید. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد اثر سال بر عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری معنادار است. این مطلب نشان‌دهندهٔ رشد گیاه و بزرگ‌شدن آن در سال دوم است. اثر سطوح مختلف آبیاری بر هر سه صفت بررسی‌شده معنادار شد (جدول ۳). همچنین در جدول‌های ۴ و ۵ و ۶ مقایسهٔ میانگین صفات مطالعه‌شده به‌ترتیب در اثر تیمارهای سامانهٔ آبیاری، سطوح مختلف آبیاری، اثر متقابل تیمارهای سامانهٔ آبیاری، و سطوح مختلف آبیاری می‌آید. میانگین مقادیر آب مصرفی در تیمارهای مختلف بر حسب متر مکعب در هکتار طی ۲ سال در جدول ۷ می‌آید.

جدول ۳. خلاصهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب طرح

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	عملکرد (kg/ha)	کارایی مصرف آب (kg/(ha.m^3))	بازده اسانس (%)
سال (Y)	۱	۱۵۵۵۱۰۴۷٫۶۶**	۵۲٫۸۵۲**	۰٫۰۰۰^{ns}
تکرار (سال)	۴	۹۶۹۷۵٫۲۹	۰٫۰۵۱	۰٫۰۰۰
نوع سامانه (A)	۱	۹۹۲٫۹۹^{ns}	۰٫۰۰۳^{ns}	۰٫۰۰۰^{ns}
سال × نوع سامانه	۱	۸۱۱۳۶٫۶۷^{ns}	۰٫۰۱۳*	۰٫۰۰۰^{ns}
اشتباه ۱	۴	۱۲۱۴۸٫۴۱	۰٫۰۱۶	۰٫۰۰۰
رژیم آبیاری (B)	۲	۲۶۹۲۰۱۵٫۱۹**	۱٫۳۴۱**	۰٫۰۰۰**
نوع سامانه × رژیم آبیاری	۲	۳۰۱۳۲٫۵۳^{ns}	۰٫۰۱۹^{ns}	۰٫۰۰۰^{ns}
سال × رژیم آبیاری	۲	۴۶۴۰۶۹٫۷۴**	۱٫۰۰۳**	۰٫۰۰۰^{ns}
نوع سامانه × رژیم آبیاری × سال	۲	۲۴۱۷۴٫۱۷^{ns}	۰٫۰۲^{ns}	۰٫۰۰۰^{ns}
اشتباه ۲	۱۶	۲۵۰۹۷٫۱۶	۰٫۰۲۳	۰٫۰۰۰
ضریب تغییرات		۶٫۸۸	۸٫۴۸	۷٫۰۸

ns و * و ** به‌ترتیب غیر معناداری و معناداری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین ۲ سالهٔ صفات اندازه‌گیری‌شده برای هر دو نوع سامانهٔ آبیاری

نوع سامانه	عملکرد (kg/ha)	کارایی مصرف آب (kg/(ha.m^3))	بازده اسانس (%)
A_1	۲۳۰۶٫۹۴a*	۱٫۷۹a	۰٫۰۱۵a
A_2	۲۲۹۶٫۴۴a	۱٫۷۸a	٫۰۱۶a

* در هر ستون میانگین‌ها با حروف لاتین مشابه اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد (بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن) ندارند.

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین ۲ سالهٔ صفات اندازه‌گیری‌شده برای سطوح مختلف آبیاری

سطوح آبیاری	عملکرد (kg/ha)	کارآیی مصرف آب (kg/(ha.m^3))	بازده اسانس (%)
B_1	۲۷۱۶٫۹۳a*	۱٫۴۸c	۰٫۰۱۶b
B_2	۲۴۰۲٫۳۳b	۱٫۷۳b	۰٫۰۱۸a
B_3	۱۷۸۵٫۸۲c	۲٫۱۴a	۰٫۰۱۱c

* در هر ستون میانگین‌ها با حروف لاتین غیر مشابه اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد (با آزمون چنددامنه‌ای دانکن) دارند.

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین ۲ سالهٔ صفات اندازه‌گیری‌شده تحت تأثیر اثر متقابل نوع سامانه و سطوح آبیاری

تیمارها	عملکرد (kg/ha)	کارایی مصرف آب (kg/(ha.m^3))	بازده اسانس (%)
A_1B_1	۲۷۷۵٫۳a	۱٫۵۳b	۰٫۰۱۶b
A_1B_2	۲۴۰۰٫۹b	۱٫۷۴b	۰٫۰۱۷b
A_1B_3	۱۷۴۴٫۶c	۲٫۱۱a	۰٫۰۱۱c
A_2B_1	۲۶۵۸٫۶ab	۱٫۴۳b	۰٫۰۱۷b
A_2B_2	۲۴۰۳٫۷b	۱٫۷۲b	۰٫۰۱۹a
A_2B_3	۱۸۲۷c	۲٫۱۸a	۰٫۰۱۲c

* در هر ستون میانگین‌ها با حروف لاتین غیر مشابه اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد (با آزمون چنددامنه‌ای دانکن) دارند.

جدول ۷. میانگین مقادیر آب مصرفی در تیمارهای مختلف طی ۲ سال

تیمار	۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل		۷۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل		۱۰۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل	
سال تحقیق	۹۱	۹۲	۹۱	۹۲	۹۱	۹۲
میانگین مقدار آب مصرفی (m^3/ha)	۶۶۰	۶۱۶٫۶۷	۹۸۳٫۳۳	۱۰۵۴٫۱۷	۱۲۰۶٫۶۷	۱۴۵۸٫۳۳

عملکرد

نتایج تجزیهٔ مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال و اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است و اثر سامانه‌های آبیاری و اثر متقابل بین سامانه‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری تأثیر معناداری بر عملکرد ندارد (جدول ۳).

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد عملکرد در دو سامانهٔ آبیاری در یک گروه آماری‌اند (جدول ۴). تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده به‌ترتیب با مقادیر ۲۷۱۶٫۹۳ و ۱۷۸۵٫۸۲ کیلوگرم در هکتار بالاترین و پایین‌ترین میزان عملکرد را داشتند (جدول ۵). مقایسهٔ میانگین‌های اثر متقابل بین سامانه‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری نشان می‌دهد تیمار ۱۰۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده در سامانهٔ آبیاری زیر سطحی با مقدار ۲۷۷۵٫۳ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را به خود اختصاص می‌دهد (جدول ۶). نتایج نشان داد کاهش میزان آب مصرفی کاهش میزان عملکرد را به‌دنبال دارد. تفاوت عملکرد بین تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۷۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده ۱۱٫۵ درصد کاهش و تفاوت عملکرد بین تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده ۳۴٫۳ درصد کاهش را نشان داد. این مقدار اختلاف در عملکرد می‌تواند به این علت باشد که اعمال تنش خشکی زیاد به گیاه باعث کاهش اندازه یا توقف رشد برگ و کاهش سطح فتوسنتزکنندهٔ گیاه می‌شود (Payero *et al*, 2006). کاهش وزن گلبرگ موجب کاهش وزن گل و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود. خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر می‌گذارد و موجب کاهش و به‌تأخیرافتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی، و کاهش تولید مادهٔ خشک می‌شود. در صورتی که شدت تنش آب زیاد باشد، کاهش شدید فتوسنتز و مختل‌شدن فرایندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد، و سرانجام مرگ رخ خواهد داد (Singh and patel, 1996). پژوهشگران در تحقیقی روی گیاه همیشه‌بهار دریافتند کاهش عملکرد گل ناشی از کاهش اندازهٔ اجزای آن است. در واقع کاهش تعداد گل و اندازهٔ گلبرگ سبب کاهش عملکرد گل می‌شود (Rahmani *et al*, 2009). از طرفی، با افزایش تنش، عملکرد گل همیشه‌بهار کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد کاهش مواد فتوسنتزی به علت کاهش سطح برگ و انتقال مواد آسیمیلاتی

به سمت گل‌ها سبب کاهش وزن آن‌ها می‌شود (Hopkins, 1995). این نتیجه با نتایج تحقیقی که روی گیاه بابونهٔ آلمانی انجام شد (Pirzad *et al*, 2006) مطابقت داشت.

در مجموع به‌نظر می‌رسد با کاهش ۳۰ درصدی آب آبیاری گل محمدی کاهش چندانی در عملکرد حاصل نمی‌شود. بنابراین می‌توان به جای دستیابی به حداکثر محصول به‌ازای واحد سطح آبیاری کامل، با اجرای کم‌آبیاری، میزان مصرف آب را کاهش داد؛ بدون اینکه کاهش زیادی در عملکرد ایجاد شود.

کارایی مصرف آب آبیاری

با توجه به تجزیهٔ مرکب داده‌ها، اثر سال و اثر سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد بر کارایی مصرف آب مؤثر است. همچنین سامانه‌های آبیاری و اثر متقابل بین سامانه‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری تأثیری معنادار بر کارایی مصرف آب آبیاری ندارد (جدول ۳).

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد کارایی مصرف آب در دو سامانهٔ آبیاری در یک گروه آماری‌اند (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری گویای آن است که تیمار ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده با ۲٫۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار بالاترین کارایی مصرف آب را دارد (جدول ۵). با توجه به جدول ۶ بالاترین کارایی مصرف آب با مقدار ۲٫۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار مربوط به تیمار ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی است و با تیمار ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده در سامانهٔ آبیاری زیر سطحی در گروه آماری (a) قرار دارند. دیگر تیمارها در گروه آماری (b) قرار گرفتند. از آنجا که با کاهش میزان آب مصرفی عملکرد با نسبت کمتری کاهش می‌یابد، کارایی مصرف آب آبیاری افزایش پیدا کرد؛ طوری که تفاوت کارایی مصرف آب بین تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۷۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده ۱۴٫۴۵ درصد افزایش و بین تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده ۳۰٫۸۴ درصد افزایش نشان داد. بررسی‌های انجام‌گرفته در زمینهٔ کم‌آبیاری در نقاط مختلف دنیا نیز کارآمدی این تکنیک مدیریتی را در استفادهٔ بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص نشان می‌دهد (Akbari *et al*, 2005). همچنین در تحقیقی روی ذرت با کاهش ۵۹ درصدی سود خالص به‌ازای واحد آب مصرفی ۶۸ درصد بیش از آبیاری کامل بوده است (English and Raja, 1996).

بازده اسانس

نتایج تجزیهٔ مرکب داده‌ها نشان داد اثر سطوح مختلف آبیاری بر بازده اسانس در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است و اثر سال، اثر سامانه‌های آبیاری، و اثر متقابل بین سامانه‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری تأثیری معنادار بر بازده اسانس ندارد (جدول ۳).

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد بازده اسانس در دو سامانهٔ آبیاری در یک گروه آماری‌اند (جدول ۴). نتایج میانگین بازده اسانس حاصل از اثر تیمارهای سطوح مختلف آبیاری نشان می‌دهد تیمارهای ۷۰ و ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین بازده اسانس را دارند. با توجه به جدول ۶ بالاترین بازده اسانس مربوط به تیمار ۷۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی و پایین‌ترین بازده اسانس مربوط به تیمارهای ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده در هر دو سامانه است. این نشان می‌دهد تنش آبی خفیف موجب افزایش بازده اسانس گل محمدی می‌شود. زیرا در شرایط تنش تولید مواد ثانویه در گیاه افزایش می‌یابد. علت آن هم این است که این مواد از اکسیداسیون درونی سلول‌ها جلوگیری می‌کنند.

در گیاه اسانس‌دار مرزنجوش در اثر کمبود آب مقدار اسانس و چربی بیشتر شد (Rizopoulou and Diamantoglon, 1991). بررسی‌های انجام‌شده روی گل همیشه‌بهار نشان داد عملکرد دانه و روغن در گیاه در شرایط تنش خشکی به‌شدت کاهش می‌یابد؛ در حالی که درصد روغن در چنین شرایطی افزایش می‌یابد (Shubhra *et al*, 2004). Aliabadi farahani *et al* (2007) در آزمایش‌هایی روی گشنیز و Safikhani (2007) روی گیاه دارویی بادرشبو نیز چنین نتیجه‌ای به‌دست آوردند. بنابراین تنش خشکی به دلیل کاهش آب در خاک و فعال‌کردن فرایندهای مختلف در گیاه، که با مصرف انرژی همراه است، روی صفات کمّی و کیفی گیاه تأثیر می‌گذارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحقیق، کم‌آبیاری باعث صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به آبیاری کامل می‌شود و مقداری کاهش عملکرد نیز اتفاق می‌افتد. کاهش نسبی عملکرد در تیمارهای کم‌آبیاری می‌تواند از طریق صرفه‌جویی در مصرف آب جبران شود و حداکثر بهره‌وری آب را به همراه داشته باشد. اگر زمین عامل محدودکنندهٔ تولید نباشد و فقط آب عامل محدودکننده باشد، می‌توان با آب صرفه‌جویی‌شده از طریق اعمال کم‌آبیاری سطح بیشتری را زیر کشت برد و عملکرد گل و در نهایت درآمد را

افزایش داد. در این زمینه، با توجه به یافته‌های این تحقیق، گل محمدی نسبت به کم‌آبی مقاوم است و در تیمار ۴۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل کارایی مصرف آب بالاتری حاصل می‌شود. چنانچه مشکل کم‌آبی وجود نداشته باشد، تیمار ۱۰۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل اعمال‌شده برای حصول حداکثر عملکرد پیشنهاد می‌شود.

به طور کلی تیمار ۷۰ درصد تبخیرتعرق پتانسیل بهترین تیمار معرفی می‌شود. زیرا با کاهش ۳۰ درصدی آب آبیاری فقط ۱۱٫۵ درصد کاهش عملکرد حاصل شد. علاوه بر این در این تیمار بازده اسانس، که ارزشمندترین فرآوردهٔ گل محمدی محسوب می‌شود، بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج این تحقیق دو سامانهٔ آبیاری با هم تفاوت محسوسی نداشتند. اما، با توجه به اینکه کارگذاری نوارهای آبیاری در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی راحت‌تر است و هزینهٔ حفاری و کارگذاری نوار در عمق خاک حذف می‌شود و از طرفی مشکل ریشه‌دوانی و مسدودکردن قطره‌چکان‌ها و لوله‌ها در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی را ندارد، سامانهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی سامانهٔ بهتر معرفی می‌شود.

REFERENCES

Agricultural and Natural Resources Recearch Center of Kerman. (2003). Amarnamh Kerman province. Retrieved May2, 2014, from http://www. kerman.areo.ir. (In Farsi)

Akbari, D., Mirzaei, Gh., and Tashakuri, A. (2005). Deficit irrigation effects on yield, in the east mazandaran province. Journal dry and drought, 15, 1-6. (In Farsi)

Aliabadi farahani, H., Lebaschi, M. H., Shirani rad, A. H., Valadabadi, A. R., Hamidi, A., and Daneshian, J. (2007). Effects of mycorrhizal fungi, arbuscular, different levels of phosphorus and drought stress on herbal essential oils of coriander. Proceedings the Third Conference on Herbal Medicine, Shahed University, 2-3 Nov: 13.

Alizadeh, A. (2004).Soil water-plant relation ship. Mashhad: beh nashr. (In Farsi)

Basal, H., Dagdelen, N., Unay, A., and Yilmaz, E. (2009). Effects of deficit drip irrigation ratios on Cotton (Gossypium Hirsutum) yield and fiber quality. Agron. and Crop Sci, 159, 19–29.

Burman, R. D., Nixon, P. R., Wright, J. L., and Pruitt, W. O. (1981). Crop Water Requirements. In: Design and Operation of Farm Irrigation System. M. E. Jensen (ed. l. American Society of Agricultural Engineers Monograph No. 3. ASAE, St Joseph, MI, USA.

Cetin, O. and Bilget, L. (2002). Effects of different irrigation methods on shedding and yield of Cotton. Agric. Water Manage, 54, 1–15.

Chevallier, A. (1996) The encyclopedia of medicinal plants. Dorling Kindersely: London, pp 336.

English, M. J. and Raja, S. N. (1996). Perspectives on deficit irrigation. J Irrig and Driain Eng in, 10, 91-106.

Honarvar, M., Khoshkhoy, M., and Javidnia, K. (2008).Investigation on morphological characteristics, oil Content, flower dry matter and monoterpenes of two scented rose species of southern of iran. Journal of Horticultural Science and Technology, 9(3), 215-230.

Hopkins, W. G. (1995). Introduction to plant physiology.John Wiley and Sons,Inc.New York,USA.pp:464.

Katsoulas, N., Kittas, C., Dimokas, G., and Lykas, Ch. (2006). Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality. *Biosystems Engineering*, 93, 237–244.

Kodori, M. R. and Tabaei-Aghdaei, S. R. (2007). Evaluation of flower yield and yield components in nine Rosa damascena Mill accessions of Kerman Province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(1), 100-110. (In Farsi) Ministry of Agriculture Jihad. (2007). Amarnamh: Volume second. Retrieved May2, 2014, from http://www.maj.ir

Mousavi, A. (2002) Effect organic manure, nitrogen and irrigation on qualitative and quantitative yield of Damask rose. Tat Publications Council of Isfahan Province. Registration Number: 58-335. (In Farsi)

Nemati Lafmajani, Z., Tabaei-Aghdaei, S. R., Lebaschi, M. H., Jafari, A. A., Najafi Ashtiani, A., and Daneshkhah, M. (2011). Path analysis of Rosa damascena Mill performance under Plants different conditions. *Iranian Journal of Medical and Aromatic*,27(4), 561-572. (In Farsi)

Oki, L. R. and Lieth, J. H. (2001). Irrigation of rosa hybrida l. ‘kardinal’ based on soil moisture tension increases productivity and flower quality. III IS Rose Research Eds, 45, 213–219.

Omidbaigy, R. and Fakhr Tabatabai, S. M. (2005) Production and processing of Medicinal Plants. Mashhad: beh nashr. (In Farsi)

Payero, J. O., Steven, R. A., Suat, B. C., and Tarkalson, A. (2006). Yield response of corn to deficit irrigation in the semiarid climate. Agricultural Water Management, 84, 101–112.

Pirzad, A., Alyai, H., Shakiba, M. R., Zehtab-salmasi, S., and Mohammadi, A. (2006). Eessential oil content and composition of German chamomile (Matricaria chamomilla L.) at different irrigation regims. *Journal of Agronomy* .5(3):451- 455. (In Farsi)

Rahmani, N., Daneshian, J., Valadabadi, S. A. R., and Bigdeli, M. (2009). Effects of water deficit stress and application of nitrogen on yeld and growth characteristics of Calendula (Calendula officinalis L). *Journal of Iranian Field Crop Research*, 7(2), 443-450. (In Farsi)

Rizopoulou, S. and Diamantoglon, S. (1991). Water stress, induced diurnal variation in leaf water relation stomatal conductance, soluble sugar, lipids and essential oil content of Origanum majorana. *Journal of Horticultural Science*, 66, 119-125.

Safikhani, F. (2007). Effects of drought stress on yield and quality of medicinal plants Deracocephalum moldavica L. under field conditions. Ph. D. dissertation, University of Ahvaz.

Sepaskhah, A. R., Tavakoli, A. R., and Mousavi, S. F. (2006). Principles and Applications of Deficit Irrigation. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (In Farsi)

Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C. L., and Munjal, R. (2004). Effects of water-deficit on oil of Calendula aerial parts. *Biologia Plantarum*, 48(3): 445-448.

Singh , J. and Patel, A. L. (1996). water statues , gaseous exchange , prolin accumulation and yield of wheat in response to water stress. *Annual of Biology Ludhiana*, 12, 77- 81.

Yazdani, H. (2001). Compare methods surface irrigation and drip on Red Rose in Kashan. Project Institute of Soil and Water Research. Retrieved May2, 2014 from http://www.swri.ir. (In Farsi)