نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۸، ص. ۸۳۲-۸۲۳

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 6, Jan-Feb. 2020, p. 823-832

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت تأثیر پتانسیل آب در خاک

تهمینه رئیسی‌نژاد[۱]- نجمه یزدان‌پناه[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۰

چکیده

با اعمال مدیریت صحیح آب در مزرعه می‌توان از منابع آب، خاک و کود استفاده بهینه نمود و تولید محصولاتی با کمیت و کیفیت بالا را امکان‌پذیر ساخت. در این راستا و به‌منظور مدیریت آبیاری گیاه آفتابگردان با استفاده از تنظیم پتانسیل آب خاک، سه سطح مکش (I_1=۴۰، I_2=۵۵ و I_3=۷۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری) و دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی =S_1 و زیرسطحی =S_2) به‌ترتیب به‌عنوان عوامل اصلی و فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. این آزمایش در قالب طرح کرت‌های نواری یک‌بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی شهرستان جیرفت در سال زراعی ۱۳۹۶ اجرا شد. نتایج پژوهش نشان داد که صرفه‌جویی ۱۵۳/۶ میلی‌متری آب (۲۱/۵ درصد) بین نقاط مکش ۵۵ و ۴۰ سانتی‌بار، باعث کاهش ۱۲/۵ درصد عملکرد دانه، ۱۲/۸ درصد تعداد دانه در طبق و ۱۱ درصد ارتفاع بوته شد که افزایش ۱۰/۳ درصد در بهره‌وری آب را درپی داشت. این در حالی بود که اعمال سطح مکش ۷۰ سانتی‌بار در مقایسه با سطح مکش ۵۵ سانتی‌بار باعث کاهش ۳۳/۴ درصد عملکرد دانه، ۲۲/۹ درصد تعداد دانه در طبق و ۲۲/۵ درصد ارتفاع بوته شد و تنها افزایش ۴/۷ درصدی بهره‌وری آب را به‌دنبال داشت. از طرف دیگر، عملکرد دانه در آبیاری زیرسطحی به‌مقدار ۴۹۹ کیلوگرم در هکتار بیشتر از آبیاری سطحی بود. این در حالی بود که با وجود صرفه‌جویی ۱۰ درصدی مصرف آب در آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری سطحی، بهره‌وری آب در این سیستم ۲۱/۵ درصد بیشتر بود. صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب ۸/۲ و ۸/۷ درصد نسبت به آبیاری سطحی بیشتر بود. لذا انجام آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در سطح مکش ۵۵ سانتی‌بار برای کشت گیاه آفتابگردان در شهرستان جیرفت می‌تواند راهکاری مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف و افزایش بهره‌وری آب در دوره‌های خشکسالی باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، بهره‌وری آب، تنش رطوبتی، مدیریت آبیاری، مکش خاک

مقدمه

آفتابگردان با نام علمی (*Helianthus annulus*) یکی از نباتات روغنی مهم جهان است به‌طوری‌که چهارمین گیاه دانه روغنی جهان از لحاظ سطح زیرکشت و بعد از سویا با تولید بیش از ۱۴ درصد روغن نباتی جهان از لحاظ تولید روغن در جایگاه دوم قرار دارد (۹). همچنین به‌دلیل سازگار بودن با دامنه وسیعی از شرایط محیطی، عملکرد مناسبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد (۲۴). این گیاه بیشتر به‌عنوان یک منبع روغن و پروتئین گیاهی در جهان مطرح بوده و همه ساله حدود ۲ میلیون هکتار از اراضی در سطح دنیا به کشت آن اختصاص می‌یابد (۲۰). آفتابگردان سالانه بالغ بر ۱۹۰ هزار هکتار از اراضی ایران را به کشت خود اختصاص می‌دهد و در میان دانه‌های روغنی از نظر سطح زیر کشت و تولید در کشور، در مقام نخست قرار دارد (۲۶). این گیاه علاوه بر استفاده در تغذیه دام و پرندگان، حدود ۵۰ درصد روغن با کیفیت عالی داشته و استفاده از آن در صنایع کنسرو و رنگ‌سازی از اهمیت زیادی برخوردار است (۲۵).

محدودیت منابع آب به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیم کشور ایران، مسأله کم‌آبی و بحران آب را به‌گونه‌ای بسیار جدی فراروی کشور قرار داده است (۴). به‌طوری‌که محدودیت منابع آب، افزایش تولید از طریق توسعه سطح زیرکشت را محدود می‌سازد (۱۳). لذا با توجه به این موضوع که بخش کشاورزی با این واقعیت روبرو است که در آینده نزدیک بایستی ضمن مصرف آب کمتر، تولید بیشتری را عرضه نماید، بنابراین تحقیق و مطالعه در مورد راهبردهای افزایش بهره‌وری آب نقش حیاتی در توسعه کشاورزی خواهد داشت (۳۱). این در حالی است که مدیریت مصرف آب در این بخش می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کاهش فشار بر منابع آب داشته باشد (۲۹).

کاربرد سیستم‌های نوین آبیاری می‌تواند نمونه بارزی از مدیریت مصرف آب باشد که علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد محصول، ارتقاء چشم‌گیر بهره‌وری آب محصولات را به‌دنبال دارد (۱۴ و ۱۹). در این راستا اسدی و همکاران (۳) با بررسی تأثیر دو

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
(* نویسنده مسئول: Email: nyazdanpanah@gmail.com)
DOI: 10.22067/jsw.v33i5.79871

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم آبیاری قطره‌ای بر شاخص‌های رشد رزماری به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی علاوه بر صرفه‌جویی ۱۰/۸ درصدی در مصرف آب، به‌ترتیب باعث فزایش ۱۲/۵، ۹/۷، ۱۸/۳ و ۱۵/۱ درصدی تعداد شاخه زایا، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام رویشی و بهره‌وری آب نسبت به استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی شد. در مطالعه دیگر، ارزیابی روش‌های آبیاری شیاری و قطره‌ای نشان داد که سیستم آبیاری قطره‌ای صرفه‌جویی ۱۸ تا ۴۲ درصدی آب و افزایش ۳۵ تا ۱۰۳ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به روش آبیاری شیاری را در پی دارد (۱۲). همچنین نتایج مقایسه دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در کشت گشنیز نشان از برتری مطلق سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سطحی دارد (۱۰).

این در حالی است که تعیین زمان و میزان آب مورد نیاز گیاه، از مهم‌ترین عوامل اثرگذار در مدیریت آب در مزرعه و افزایش عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه می‌باشند که برآورد غیرواقع این پارامترها خسارات فراوانی به‌همراه دارد (۴، ۳۱ و ۳۲). لذا به‌رغم داشتن مزایای زیاد سیستم آبیاری قطره‌ای، به‌دلیل عدم داشتن اطلاعات کافی بهره‌برداران از میزان و زمان دقیق آب مورد نیاز گیاه، کاربرد این سیستم آبیاری را در زمینه مدیریت آب در مزرعه با نارسایی‌هایی روبرو کرده است (۶). این در حالی است که با تنظیم برنامه آبیاری از طریق کنترل وضعیت رطوبت موجود در خاک توسط تانسیومتر، می‌توان زمان مناسب و مقدار آب مورد نیاز گیاه را مشخص کرد (۳۰). نتایج مدیریت فاصله بین دو آبیاری متوالی گیاه آفتابگردان با استفاده از تشت تبخیر نشان داد که با افزایش فاصله دو آبیاری متوالی تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۲). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که اعمال تنش خشکی به‌صورت افزایش فاصله بین دو آبیاری متوالی بر گیاه آفتابگردان موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش توسعه سلولی به خصوص در ساقه و برگ گیاه می‌شود (۱۶).

از آن‌جا که مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی در حالی روند صعودی دارد که محدودیت منابع آبی از ویژگی‌های بارز جغرافیایی کشور ایران است و لذا می‌توان با اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی با بهره‌گیری از روش‌های نوین آبیاری و مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه، کمبود و محدودیت منابع آبی کشور را تا حدودی جبران کرد. همچنین بررسی مطالعات صورت گرفته در راستای مدیریت مصرف آب، افزایش بهره‌وری آب و عملکرد گیاه آفتابگردان نشان داد که تاکنون نیاز آبی این گیاه از طریق سنجش رطوبت خاک انجام نشده است. لذا هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثر سطوح مختلف مکش رطوبتی در راستای مقایسه دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در کشت گیاه آفتابگردان در منطقه جیرفت بود.

مواد و روش‌ها

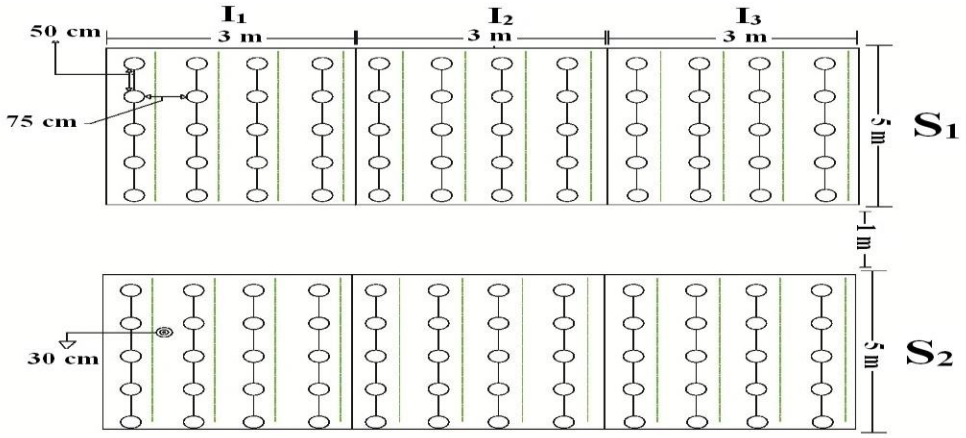
به‌منظور مدیریت آبیاری آفتابگردان با استفاده از پتانسیل آب خاک، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در زمینی به مساحت ۴۳۲ متر مربع در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی در شهرستان جیرفت، به اجرا در آمد. منطقه جیرفت با وسعتی در حدود ۵۰ هزار کیلومتر مربع در فاصله ۲۴۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر کرمان قرار دارد. این منقطه با آب و هوای نیمه‌گرم، با ارتفاع ۶۵۰ متر از سطح دریا دارای طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی می‌باشد. در جیرفت متوسط بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر، حداکثر و حداقل درجه حرارت سالیانه به‌ترتیب ۴۸ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (۲۳). در این آزمایش سه مکش رطوبتی (I_1=۴۰، I_2=۵۵ و I_3=۷۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری) و دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی =S_1 و زیرسطحی =S_2) به‌ترتیب به‌عنوان عوامل اصلی و فرعی، مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارها در کرت‌هایی به عرض ۳ و طول ۵ متر (شامل ۴ ردیف کشت به فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر) اجرا گردیدند (شکل ۱).

قبل از عملیات کشت نمونه‌برداری از خاک و آب مورد استفاده انجام شد و تجزیه ویژگی‌های آن‌ها در جداول ۱ و ۲ آمده است. لذا با توجه به نتایج تجزیه خاک و آب و توصیه آزمایشگاه خاک و آب، قبل از عملیات کشت ۱۲۰، ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب کود نیتروژن از منبع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به خاک مزرعه تزریق شد. از آن‌جا که رقم آذرگل که یکی از ارقام رایج کشت در مزارع منطقه جیرفت است، در این تحقیق بذر آذرگل در اواسط اردیبهشت ماه کشت شد. همچنین جهت آبیاری بوته‌ها از نوارهای تیپ با ضخامت ۲۰۰ میکرون، فاصلهٔ مجاری آبده ۵۰ سانتی‌متر و دبی ۴ لیتر در ساعت در هر متر از طول لوله، استفاده شد. در آبیاری قطره‌ای سطحی لوله‌های آبرسان بر روی سطح خاک و در فاصله پانزده سانتی‌متری ساقه و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی لوله‌های آبرسان در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفتند.

پس از انجام عملیات کشت، آبیاری تمامی تیمارها تا سی روز هر سه روز یک‌مرتبه انجام شد و حجم آبیاری در تمامی تیمارها یکسان و با استفاده از رابطه (۱) اندازه‌گیری شد. همچنین پس از اطمینان از استقرار کامل گیاه (سی روز بعد از کشت) زمان آبیاری بر اساس قرائت از تانسیومترهای فلزی تعیین شد. این تانسیومترها، در سه عمق ۱۵، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری خاک و در فاصله بیست سانتی‌متری بوته نصب شدند. در این راستا در هر دو سیستم آبیاری، با توجه به اندازه‌گیری‌های صورت گرفته ریشه گیاه، از تانسیومتر نصب شده در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک، برای قرائت در مراحل اولیه و توسعه رشد و از تانسیومترهایی نصب شده در اعماق ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری خاک، برای قرائت در مراحل میانی و پایانی رشد استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- شماتیک طرح اجرایی (در یک تکرار) متشکل از سطوح مختلف مکش رطوبتی و دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

Figure 1- A schematic of the implemented scheme (in one repetition) consisting of different levels of moisture suction and two surface and subsurface drip irrigation systems

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

Table 1- Some soil physical and chemical properties of the field of study

عمق خاک	کلاس بافت خاک	محتوای رطوبتی		جرم مخصوص ظاهری	اسیدیته	هدایت الکتریکی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
Soil depth (cm)	Soil texture	Moisture content at (%)		Bulk density ($g.cm^{-3}$)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)
		FC	PWP						
0 - 10	Clay	21.65	8.63	1.39	7.91	0.4	0.14	1.3	126.7
10 - 20	Silty Clay	22.39	8.71	1.42	7.94	0.4	0.12	1.2	118.9
20 - 30	Silty Clay	23.42	9.43	1.41	7.92	0.4	0.12	0.9	104.2
30 - 50	Silty Clay	23.75	9.74	1.41	7.96	0.3	0.11	0.9	91.9

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Some chemical properties of water used in the experiment

اسیدیته	هدایت الکتریکی	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول Soluble cations and anions ($meq.l^{-1}$)					
pH	EC ($dS.m^{-1}$)	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Na^+
7.1	0.7	4.6	9	–	7	4.2	2.5

در این مطالعه جهت شروع عملیات آبیاری، تانسیومترها بطور کامل کنترل و زمانی‌که صفحه مدرج تانسیومتر نقطه مکش مورد نظر را نشان داد آبیاری شروع می‌شد و فرآیند آبیاری تا جایی ادامه پیدا کرد که رطوبت موجود در خاک به حد ظرفیت زراعی رسید. به‌طوریکه در هر نوبت آبیاری از اعماق ۰ تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متری خاک، با نمونه‌برداری توسط اوگر نیم اینچ از فاصله بیست سانتی‌متری بوته و از حدفاصل دو قطره‌چکان متوالی، رطوبت موجود در هر تیمار اندازه‌گیری شد. سپس میزان عمق آب آبیاری با استفاده از رابطه (۱) برآورد گردید (۱۱):

$$D_I = \sum_{j=1}^{4}\left(\left(\theta_{FCj} - \theta_{BIj}\right) \times D_j\right) \qquad (۱)$$

در این رابطه D_I: عمق آب آبیاری در تیمار بر حسب میلی‌متر، θ_{FCj}: درصد رطوبت حجمی در نقطه رطوبتی ظرفیت مزرعه، θ_{BCj}: درصد رطوبت حجمی قبل از آبیاری، D_j: عمق نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری رطوبت و j: تعداد لایه‌های اندازه‌گیری شده. حجم آب آبیاری در هر نوبت آبیاری با ضرب نمودن عمق آبیاری (رابطه ۱) در مساحت هر کرت بدست آمد (۱).

در این مطالعه برای مقایسه تیمارها، شاخص‌های رشد گیاه از جمله ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، شاخص سطح برگ و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار و نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف، به‌منزله اثر حاشیه، از دو ردیف وسط، هر تکرار از هر تیمار، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و شاخص‌های مذکور اندازه‌گیری شدند.

جهت بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد، از زمان اعمال تیمار هر پانزده روز یک مرتبه، از هر تکرار از هر تیمار سه بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد. سپس با اندازه‌گیری مساحت برگ‌های هر بوته با استفاده از دستگاه مساحت‌سنج و

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین‌گیری از آن‌ها، با در دست داشتن سطح زمین اختصاص یافته به هر بوته (۷۵×۵۰ سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ از رابطه ۲ محاسبه شد (۲۴):

$$LAI=A_i/A_T \quad (۲)$$

که در آن: LAI: شاخص سطح برگ، A_i: مجموع مساحت برگ‌های هر بوته (سانتی‌مترمربع) و A_T: سطح زمین اختصاص یافته به هر بوته (سانتی‌مترمربع) است. همچنین با تقسیم عملکرد دانه بر حجم آب داده شده به هر تیمار، بهره‌وری آب بدست آمد. در نهایت داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD (در سطح احتمال یک و پنج درصد) انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای اعمال شده بر صفات مورد بررسی (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای سطوح پتانسیل و نوع سیستم آبیاری به‌ترتیب به‌عنوان عوامل اصلی و فرعی بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل دو عامل بر تمامی صفات به‌جزء شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک و پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت.

میزان و دور آبیاری

در این مطالعه از آن‌جا که حجم آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت در اعماق مختلف خاک بدست آمد، لذا میزان آب مصرفی در دو سیستم آبیاری متفاوت بود. حجم آب مصرفی در کل دوره رشد در سطوح ۴۰، ۵۵ و ۷۰ سانتی‌بار اعمال شده در آبیاری قطره‌ای سطحی به‌ترتیب ۷۴۳/۸، ۵۸۹/۸ و ۳۸۱/۶ میلی‌متر و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب ۶۸۵/۱، ۵۳۱/۹ و ۳۳۱/۲ میلی‌متر بود. شکفته و همکاران (۲۴) در بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد ارقام مختلف آفتابگردان به این نتیجه رسیدند که میزان آب مصرفی آفتابگردان در طول فصل رشد در این منطقه بین ۵۲۴۰ تا ۸۳۳۰ مترمکعب در هکتار متغیر است. همچنین تنظیم زمان آبیاری بر اساس سطوح مکش، علاوه بر حجم آب مصرفی، تعداد دفعات آبیاری را نیز تحت تأثیر قرار داد. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است بیشترین فراوانی دور آبیاری در سطح مکش ۴۰ سانتی‌بار، ۳ روزه بود که ۱۹ مرتبه از زمان اعمال تیمار تکرار شد. این در حالی است که دور آبیاری ۵ روزه با ۱۴ مرتبه تکرار، بیشترین دور آبیاری بود که در سطح مکش ۵۵ سانتی‌بار رخ داد. همچنین بیشترین دور آبیاری در سطح مکش ۷۰ سانتی‌بار، ۷ روزه بود که از زمان اعمال تیمار تا انتهای فصل رشد ۹ مرتبه تکرار شد. مقایسه حداکثر فراوانی در تیمارهای مختلف مکش و حجم آب مصرفی نشان داد که افزایش دور آبیاری، کاهش حجم آب مصرفی در کل فصل رشد را موجب شد. به نحوی که تغییر آستانه مکش جهت شروع آبیاری از ۴۰ به ۵۵ و ۷۰ سانتی‌بار در آبیاری قطره‌ای سطحی به‌ترتیب باعث ۲۰/۷ و ۴۸/۷ درصد و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب باعث ۲۲/۴ و ۵۱/۶ درصد کاهش حجم آب مصرفی شده است.

جدول ۳- خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table 3- Summary of the results of variance analysis for the measured characteristics

منبع تغییرات Source of variance	درجه آزادی D.F.	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد دانه Grain yield	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در طبق Number of grains	بهره‌وری آب Water use efficiency
تکرار Block	2	2.2	5.9	46.3	242.3	0.001
سطوح پتانسیل Levels of Potential (LP)	2	48.4*	32.6**	236.7**	659.6**	0.005**
خطا ۱ Error 1	4	1.5	2.1	28.6	313.3	0.005
سیستم آبیاری Irrigation system (IS)	1	27.8**	84.2**	39.6**	258.1**	0.005**
اثر متقابل Int of LP and IS	2	5.3ns	55.9**	665.8**	963.8**	0.001**
خطا ۲ Error 2	6	5.5	3.7	68.1	21.3	0.005

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

** significant at 1% level of probability, * significant at 5% level of probability, ns non significant

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- فراوانی دور آبیاری در هر تیمار

Table 4- Frequency of irrigation intervals per treatment

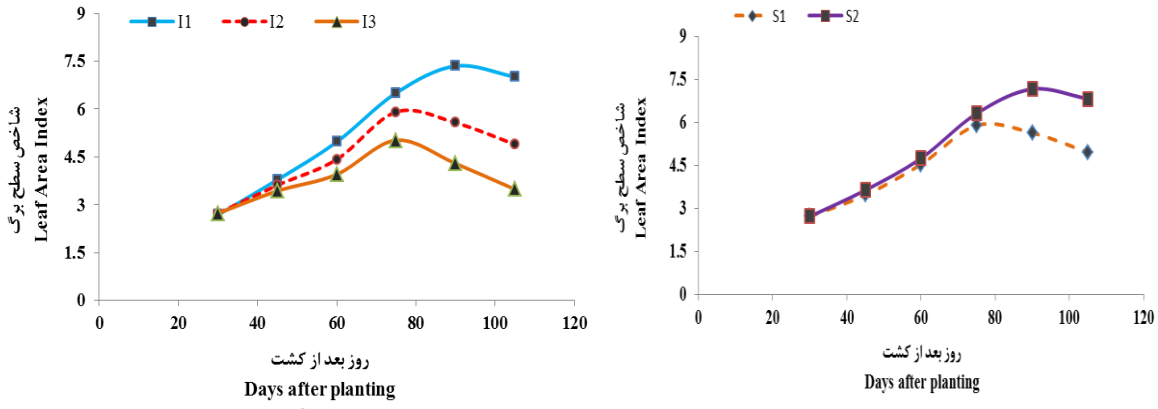
سطوح پتانسیلی Levels of potential	دور آبیاری (روز) Irrigation interval (day)				
	3	4	5	6	7
40 c-bar	19	8	-	-	-
55 c-bar	-	5	14	-	-
70 c-bar	-	-	-	4	9

شاخص سطح برگ

همان‌طور که در شکل ۲ (A و B) مشخص است، با گذشت زمان شاخص سطح برگ در تمامی تیمارها افزایش یافت، اما پس از رسیدن به یک حد معین، شروع به کاهش نمود که میزان آن بسته به آب موجود در خاک و سهولت استفاده از آن توسط گیاه، متفاوت بود. به‌طوری‌که شاخص سطح برگ در آستانه مکش ۴۰ سانتی‌بار و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب نسبت به دیگر تیمارها، دیرتر به حداکثر رسیدند. همچنین بیشترین شاخص سطح برگ در بین سطوح آستانه مکش، در شروع آبیاری بر اساس مکش ۴۰ سانتی‌بار (۷/۳۵) و در بین نوع سیستم آبیاری، در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (۷/۱۸) بدست آمد این در حالی بود که روند نزولی این دو تیمار با شیب کمتری نسبت به سایر تیمارها، پس از رسیدن به حداکثر خود رخ داد. لذا از آن‌جا که رشد سطح برگ گیاه به‌طور مستقیم با فتوسنتز مرتبط است، بنابراین هر عاملی که سبب کاهش تولید ماده فتوسنتزی شود، در افزایش سطح برگ محدودیت ایجاد می‌کند (۲۱). در این مطالعه نیز با افزایش فواصل آبیاری و عدم سهولت استفاده از آب، شاخص سطح برگ کاهش یافت. با توجه به این‌که کاهش پتانسیل فشاری اولین اثر مهم بیوفیزیکی تنش آبی است، لذا تنش کم‌آبی با کاهش میزان آب گیاه، باعث ایجاد سلول‌ها چروکیده و سست شدن دیواره سلولی شده و از آن‌جاکه تا زمانی سلول به اندازه کافی رشد نکند، فرآیند تقسیم انجام نخواهد شد لذا تأثیر کمبود آب بر رشد سلول بیشتر است که در نهایت ممانعت از رشد سلول، منجر به کاهش سطح برگ می‌شود (۲۷). در مطالعات متعددی بر محصولات مختلفی نشان داده شد که یکی از مهم‌ترین اثرات تنش آبی، کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه است (۸، ۱۳، ۱۴ و ۲۸) که با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر هم‌خوانی دارند.

عملکرد دانه

در بین سطوح آستانه مکش، بیشترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب از نقاط رطوبتی ۴۰ و ۷۰ سانتی‌بار بدست آمد که کاهش ۴۱/۷ درصدی عملکرد دانه را بین این دو سطح در پی داشت. این در حالی بود که نقطه مکش ۵۵ سانتی‌بار علی‌رغم کاهش ۲۱/۵ درصدی در مصرف آب نسبت به آستانه مکش ۴۰ سانتی‌بار، در تولید ماده خشک تنها اختلاف ۱۲/۵ درصدی داشت. همچنین احتمالاً به‌دلیل کاهش تلفات تبخیر (۸)، سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با میانگین تولید ۳۸۳۵ کیلوگرم در هکتار و با اختلاف ۱۳ درصدی نسبت به مقدار حاصله از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، برتری خود را نشان داد (جدول ۵).



شکل ۲- تأثیر سطوح پتانسیلی (A) و سیستم آبیاری (B) بر شاخص سطح برگ

(I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب سطوح مکش ۴۰، ۵۵ و ۷۰ سانتی‌بار و S_1 و S_2 به‌ترتیب سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی)

Figure 2- Effects of potential levels (A) and irrigation system (B) on leaf area index

(I_1, I_2 and I_3 soil matric potentials at 40, 55, and 70 centi-bar, respectively and S_1 and S_2 surface drip irrigation system and subsurface drip irrigation system respectively)

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش‌های صورت گرفته نشان داد که عدم درسترسی ریشه به آب کافی، با کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلولی، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد، سطح فتوسنتز کننده، میزان جذب مواد غذیی، ارتفاع بوته و سرعت توسعه ریشه را کاهش داده و تمامی این عوامل در نهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود (۳ و ۱۸). به‌طور کلی کمبود آب دردسترس گیاه، مانع از به حداکثر رسیدن وزن زیستی گیاه شده که این کاهش می‌تواند به‌دلیل اثر تنش آبی بر سطح فتوسنتز کننده گیاه باشد (۲۷). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که افزایش فواصل آبیاری منجر به کاهش تبادل دی‌اکسیدکربن، جذب عناصر غذایی و کلروفیل شد که در نهایت کاهش ماده خشک نعنا را در پی داشت (۲۱).

مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل بر عملکرد دانه (جدول ۵) نشان داد که اعمال مکش ۴۰ سانتی‌بار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث تولید ۳۹۱۵ کیلوگرم در هکتار، دانه شد این در حالی بود که تنظیم برنامه آبیاری بر اساس نقطه مکش ۵۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی علی‌رغم صرفه‌جویی ۲۸/۵ درصدی (۲۱۱/۹ میلی‌متر) در مصرف آب نسبت به شروع آبیاری بر اساس مکش ۴۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، از لحاظ عملکرد دانه تنها اختلاف ۶/۴ درصدی داشت. همچنین مقدار ماده خشک تولید شده در مکش ۵۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی علی‌رغم مصرف ۱۰ درصد آب بیشتر نسبت به اعمال همین نقطه رطوبتی در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (۶/۸ درصد) کمتر بود. لازم به ذکر است که تنظیم برنامه آبیاری بر اساس آستانه مکش ۷۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، به‌ترتیب دارای اختلاف ۲۷/۶ و ۲۱/۳ درصدی نسبت به تیماری که در دارای بالاترین عملکرد (مکش ۴۰ سانتی‌بار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی) بود، داشت.

ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق

با توجه به مقایسه میانگین انجام شده توسط آزمون LSD (جدول ۵) می‌توان گفت که صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق متأثر از وضعیت رطوبتی موجود در خاک بودند. بطوری‌که ارتفاع بوته نقاط مکش ۵۵ و ۷۰ سانتی‌بار نسبت به مکش ۴۰ سانتی‌بار به‌ترتیب ۱۱ و ۳۱ درصد کمتر بود. همچنین تنظیم برنامه آبیاری بر اساس سطوح ۵۵ و ۷۰ سانتی‌بار باعث تولید به‌ترتیب ۹۱۳/۳ و ۷۰۳/۸ دانه در طبق شد که نسبت به ۱۰۴۷/۳ دانه در طبق تولید شده در سطح مکش ۴۰ سانتی‌بار، به‌ترتیب ۱۲/۸ و ۳۲/۸ درصد کمتر بود. همچنین کاهش تلفات تبخیر آب در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، علی‌رغم کاهش ۹/۷ درصدی در مصرف آب، باعث افزایش ۸/۲ و ۸/۷ درصدی به‌ترتیب در صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق شد. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که حفظ رطوبت خاک و سهولت استفاده آن توسط گیاه، افزایش قابل ملاحظه ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق را در پی داشت. مطالعات صورت گرفته نشان داد که کاهش میزان آب قابل دسترس باعث تغییرات مورفولوژیکی در گیاه شد، بطوری‌که با افزایش تنش رطوبتی، رشد زایشی گیاه کاهش یافت (۵). احتمالاً کاهش رطوبت خاک سبب گردید که رقابت برای آب بین بوته‌ها زیاد شد، لذا گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به اندام‌های زیرزمینی (ریشه) اختصاص داد که باعث کاهش اندام رویشی شد (۲۲). از سوی دیگر دردسترس بودن آب کافی برای گیاه، افزایش تورژسانس و در نتیجه افزایش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ را در پی دارد (۱۷). لذا در مطالعات متعددی نشان داده شد که کاهش رشد رویشی گیاه از اثرات محسوس کم‌آبی روی گیاه است (۷) که با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر هم‌سواند.

مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل بر صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق (جدول ۵) در حالی حکم به برتری مطلق اعمال نقاط مکش رطوبتی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی داد که تنظیم برنامه آبیاری بر اساس اعمال آستانه مکش ۴۰ سانتی‌بار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، دو صفت تعداد دانه در طبق و ارتفاع بوته را در بهترین جایگاه آماری قرار داد. همچنین اعمال آستانه مکش ۵۵ سانتی‌بار در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با اختلاف ۶/۵ درصدی در صفت تعداد دانه در طبق و ۵/۵ درصدی در صفت ارتفاع بوته نسبت به بهترین تیمار، از لحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفت این در حالی بود که اعمال همین سطح در آبیاری قطره‌ای سطحی اختلاف ۱۰/۸ و ۹/۷ درصدی به‌ترتیب در صفات تعداد دانه در طبق و ارتفاع بوته را با بهترین تیمار در پی داشت و این دو صفت را از لحاظ آماری در جایگاه c قرار داد. لازم به ذکر است که شروع آبیاری بر اساس آستانه مکش ۴۰ سانتی‌بار اعمال شده در آبیاری قطره‌ای سطحی باعث شد که صفت تعداد دانه در طبق با میانگین ۹۸۴/۵ عدد و ارتفاع بوته با میانگین ۱۷۷/۵ از لحاظ آماری در جایگاه b قرار گیرند.

بهره‌وری آب

در این پژوهش، همان‌طور که انتظار می‌رفت تأثیر تنش خشکی بر صفت بهره‌وری آب، قابل ملاحظه بود. لذا با توجه به جدول ۵ می‌توان چنین اذعان داشت که صرفه‌جویی ۲۱/۵ درصدی (۱۵۳/۶ میلی‌متر) آب سطح پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار نسبت به نقطه مکش ۴۰ سانتی‌بار، باعث افزایش ۱۰/۳ درصدی بهره‌وری آب و صرفه‌جویی ۵۰/۱ درصدی (۳۵۸ میلی‌متر) آب و سطح مکش ۷۰ سانتی‌بار نسبت به نقطه مکش ۴۰ سانتی‌بار، باعث افزایش ۱۴/۵ درصدی بهره‌وری آب شد و از لحاظ آماری نقاط مکش ۷۰، ۵۵ و ۴۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری، به‌ترتیب در جایگاه a، b و c قرار گرفتند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر سطوح پتانسیل

Table 5- Mean comparison of studied characteristics affected by potential levels

تیمار Treatment	بهره‌وری آب Water use efficiency ($Kg.m^{-3}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
I_1	5.59 c	186.2 a	1047.3 a	3995 a
I_2	6.23 b	165.7 b	913.3 b	3496 b
I_3	6.54 a	128.4 c	703.8 c	2330 c

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت سیستم آبیاری

Mean comparison of studied characteristics affected by irrigation system

تیمار Treatment	بهره‌وری آب Water use efficiency ($Kg.m^{-3}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
S_1	5.83 b	168.9 b	921.7 b	3336 b
S_2	7.43 a	184.1 a	1009.6 a	3835 a

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر اثر متقابل سطوح پتانسیل و سیستم آبیاری

Mean comparison of studied characteristics affected by interaction of LP and IS

تیمار Treatment		بهره‌وری آب Water use efficiency ($Kg.m^{-3}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
I_1	S_1	4.93 e	177.5 b	984.5 b	3666 b
	S_2	5.71 d	185.2 a	1028.5 a	3915 a
I_2	S_1	5.79 d	167.3 c	917.5 c	3416 c
	S_2	6.89 c	174.9 b	961.4 b	3666 b
I_3	S_1	7.42 b	148.6 e	812.7 e	2833 e
	S_2	9.31 a	156.2 d	856.7 d	3083 d

بررسی‌های صورت گرفته نشان از کارآمدی این روش مدیریتی (اعمال تنش خشکی) در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی در تولید گیاهان مختلف داد (۴، ۹ و ۲۶). از دیگر نتایج قابل ذکر در خصوص بهره‌وری آب می‌توان به این موضوع اشاره نمود که استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث افزایش ۲۱/۵ درصدی بهره‌وری آب شد. در این راستا در مطالعه‌ای افزایش ۱۵ درصدی بهره‌وری آب بادمجان در شرایط استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی گزارش شد (۷). همچنین همان‌طور که از مقایسه میانگی اثر متقابل دو عامل بر صفت بهره‌وری آب مشخص است (جدول ۵) تنظیم برنامه آبیاری بر اساس نقطه مکش ۷۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با بهره‌وری آب ۹/۳۱ کیلوگرم بر متر مکعب، در بهترین جایگاه آماری قرار گرفت. شروع آبیاری با آستانه مکش ۷۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای سطحی با بهره‌وری آب ۷/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب، از لحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفت. شایان ذکر است که تنظیم آبیاری بر اساس ۴۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای سطحی با بهره‌وری آب ۴/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب از لحاظ آماری در بدترین جایگاه قرار گرفت.

نتیجه‌گیری

مدیریت آبیاری گیاه آفتابگردان با استفاده از پتانسیل آب در خاک نشان داد که صرفه‌جویی ۱۵۳/۶ میلی‌متر آب (۲۱/۵ درصد) بین نقاط مکش ۴۰ و ۵۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری، در شرایطی باعث کاهش ۱۲/۵ درصدی عملکرد دانه، ۱۲/۸ درصدی تعداد دانه در طبق و ۱۱ درصدی ارتفاع بوته شد که افزایش ۱۰/۳ درصدی بهره‌وری آب، را درپی داشت. از طرف دیگر عملکرد دانه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌مقدار ۴۹۹ کیلوگرم در هکتار بیشتر از آبیاری قطره‌ای سطحی بود. این در حالی بود که به‌رغم صرفه‌جویی ۱۰ درصدی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی، بهره‌وری آب در این سیستم ۲۱/۵ درصد بیشتر بود. صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب ۸/۲ و ۸/۷ درصد نسبت به آبیاری سطحی بیشتر بود. همچنین به‌رغم اختلاف معنادار در اثر متقابل آستانهٔ مکش با نوع سیستم آبیاری، عملکرد دانه در نقطهٔ مکش ۵۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۳۶۶۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با توجه به صرفه‌جویی ۱۵۴ میلی‌متر آب این تیمار در مقایسهٔ با نقطهٔ مکش ۴۰ سانتی‌بار اعمال‌شده در همان سیستم، تنها افت حدود ۶/۴ درصدی را در پی داشت. همچنین تعداد دانه در طبق و ارتفاع بوته این تیمار با اختلاف به‌ترتیب ۶/۵ و ۵/۵ درصدی نسبت به آستانهٔ مکش ۴۰ سانتی‌بار در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، دارای بهترین وضعیت بودند. این در حالی بود که بهره‌وری آب در نقطهٔ مکش ۵۵ سانتی‌بار اعمال شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در حدود ۱۷/۱ درصد بیشتر از بهره‌وری آب در نقطهٔ پتانسیلی ۴۰ سانتی‌بار بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان اذعان داشت که تغییر سیستم‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و ترویج و توسعهٔ روش‌های نوین و سازگار با محیط، نقش بسزایی در صرفه‌جویی آب و در نتیجه افزایش سطح زیر کشت خواهد داشت. ازاین‌رو اعمال نقطهٔ مکش ۵۵ سانتی‌بار در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

www.SID.ir

Archive of SID

در کشت رقم آذرگل در منطقه جیرفت می‌توانـد در افـزایش عملکـرد دانه، بهره‌وری آب و سطح زیر کشت آفتابگردان تـأثیر زیـادی داشـته باشد.

منابع

1- Allen R.G., Pereir L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy. p.300.
2- Arab R., Yadoei A., Balochi H., and Khadem H. 2018. The effect of irrigation interval and Iron and Zinc foliar application on some morpho-physiological characteristics and yield of sunflower. Journal of Crop Production 22 (2): 77-90.
3- Asadi R., HassanPour F., Mehrabani M., Baghizadeh A., and Karandish F. 2019. Effect of irrigation interval and two irrigation methods on growth indexes of *Rosmarinus officinalis* L. Journal of Water Research in Agriculture 32: 567-581. (In Persian with English abstract)
4- Asadi R., Kouhi N., and Yazdanpanah N. 2012. Applicability of micro irrigation system on cotton yield and water use efficiency. Food, Agriculture and Environment 10: 302-306.
5- Block E., Birringer M., Jiang W., Nakahodo T., Thompson H.J., Toscano P.J., Uzar H., Zhang X., and Zhu Z. 2001. Allium chemistry: synthesis, natural occurrence, biological activity and chemistry of se-alk (en) ylselenocysteines and their g-glutamyl derivatives. Agriculture, Food and Chemistry 49: 458-470.
6- Bozkurt S., and Mansuroglu G. 2011. The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. African Journal of Biotechnology 10(17): 3370-3379.
7- Colak Y.B., Yazar A., Sesveren S., and Colak I. 2017. Evaluation of yield and leaf water potential for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. Scientia Horticulturae 219: 10-21.
8- Ekrena S., Sonmez C., Ozcakal E., Kurttas Y.S.K., Bayram E., and Gurgulu E. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural Water Management 109: 155–161.
9- Ghadami Firouzabadi A., Shahnazari A., and Raeini M. 2015. The economic analysis of deficit irrigation management and determination of the optimum depth of irrigation in sunflower plant. Journal of Water and Soil Conservation 21(6): 255-268. (In Persian with English abstract)
10- Ghamarnia H., Bashi M., and Ghobadi M. 2012. Evaluation of different irrigation levels on seed yield and water use efficiency of coriander plant in semi-arid region. Journal of Water Management and Irrigation 2(3): 15-24. (In Persian with English abstract)
11- Gheysari M., Mirlatif S.M., Homaee M., Asadi M.E., and Hoogenboom G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management 96(6): 946-954.
12- Ibragimov N., Evett S.R., Esanbekov Y., Bakhtiyar S., Lutfullo M., and Lamers P.A. 2007. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. Agricultural Water Management 90: 112-120.
13- Kang Y., Wang R., Wan S., Hu W., Jiang S., and Liu S. 2012. Effects of different water levels on cotton growth and water use through drip irrigation in arid region with saline ground water of Northwest China. Agricultural Water Management 109: 117-126.
14- Karandish F. 2016. Improved soil-plant water dynamics and economic water use efficiency in a maize field under locally water stress. Agronomy and Soil Science 62(9): 1311-1323.
15- Karimzade Asl K., Mazahri D., and Peyghamberi S. 2003. Effect of four round irrigations on yield and qualities traits of three sunflower cultivars. Journal of Agricultural Sciences 34(2): 293-301.
16- KazemAlio S., Najafi N., Reyhanitabar A., and Ghaffari M. 2018. Effects of integrated application of phosphorus fertilizer and sewage sludge on leaf chlorophyll index and some growth characteristics of sunflower under water deficit conditions. Journal of Soil Management and Sustainable Production 7(4): 1-18.
17- Khosh-Khui M., Ashiri F., and Saharkhiz M.J. 2012. Effects of irrigation regimes on antioxidant activity and total phenolic content of *Thymus vulgaris* L. Medicinal and Aromatic Plants 1: 1-7.
18- Laribi B., Bettaieb I., Kouki K., Sahli A., Mougou A., and Brahim M. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oils and fatty acids composition. Industrial Crops and Proudcts 30: 372-379.
19- MetinSizen S., Gülendam C., Attila Y., Servet T., and Burcak K. 2010. Effect of irrigation management on yield and quality of tomatoes grown in different soilless media in a glasshouse. Scientific Research and Essay 5(1): 041-048.
20- Pereira S.I.A., Moreira H., Argyars K., Castro P.M.L., and Marques A.P.G.C. 2016. Promotion of sunflower growth under saline water irrigation by the inoculation of beneficial microorganisms. Journal of Applied Soil Ecology 105: 36-47.
21- Ram D., Ram M., and Singh R. 2006. Optimization of water and nitrogen application to menthol mint (*Mentha arvensis* L.) through sugarcane trash mulch in a sandy loam soil of semi-arid subtropical climate. Bioresource Technology 97: 886- 893.
22- Sardans J., Roda F., and Penuelas J. 2005. Effects of water and a nutrient pulse supply on *Rosmarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. Environmental and Experimental Botany 53: 1-11.

www.SID.ir

Archive of SID

23- SCKPMO (Statistical Calendar of Kerman Province Meteorological Organization). 2016.
24- Shekofteh H., Shekofteh M., and BahramJordi M. 2012. The effect of different irrigation levels on yield of sunflower in Jiroft region. Journal of Research and Development 98: 151-160. (In Persian with English abstract)
25- Soriano M.A., Orgaz F., Villalobos F.J., and Fereres E. 2004. Efficiency of water use of early plantings of sunflower. European Journal of Agronomy 21: 465–476.
26- Tahramooz A., and Ghalavand A. 2018. Reducing the effects of water stress using vermicomposting and Mineral Zeolite in Sunflower (*Helianthus annus* L.). Journal of Agroecology 10: 81-93.
27- Taiz L., and Ziger E. 1991. Plant Physiology. Benjamin Publication. p. 346-356.
28- Terpinc P., Bezjak M., and Abramovic H. 2009. A kinetic model for evaluation of the antioxidant activity of several rosemary extracts. Food Chemistry 115(2): 740-744.
29- Topak R., Acar B., Uyanoz R., and Ceyhan E. 2016. Performance of partial root-zone drip irrigation for sugar beet production in a semi-arid area. Agricultural Water Management 176: 180-190.
30- Wang D., Kang Y., and Wan S. 2007. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. Agricultural Water Management 87: 180-186.
31- Zheng J., Huang G., Jia D., Wang J., Mota M., Pereira L., Huang Q., Xu X., and Liu H. 2013. Responses of drip irrigated tomato yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. Agricultural Water Management 129: 181–193.
32- Zounemat-Kermani M., and Asadi R. 2014. Effect of soil matric potential and irrigation pipe layout on yield and water use efficiency of cucumber's in greenhouse. Water and Irrigation Management 4(2): 203-214. (In Persian with English abstract)

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 6, Jan-Feb. 2020, p. 823-832

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۸، ص. ۸۳۲-۸۲۳

Evaluation of Yield and Yield Components of Sunflower under Soil Water Potential

T. Raeisinejad[1]- N. Yazdanpanah[2]*

Received: 15-04-2019
Accepted: 11-11-2019

Introduction: Water has been known as an important limiting factor for plant growth and agricultural yields in arid and semi-arid regions. It is a significant input to agricultural production and also an essential requirement for domestic, industrial and municipal activities. Increasing population and standards of living are contributing to a steep rise in demand for fresh water. By using proper irrigation management practices in farmlands, it is possible to utilize water, soil and fertilizer to produce high yield and quality products. Drip irrigation is considered as one of the most efficient irrigation methods. One of its major advantages is the ability to apply water to the soil as often as desired and in smaller quantity than the other irrigation methods. Two systems of drip irrigation including surface and subsurface drip irrigation methods have been widely used in arid and semiarid regions to reduce the water deficiency impact. Subsurface drip irrigation has been used for many years because of its effectiveness in reducing soil surface evaporation. It has been widely used in horticultural crops under both greenhouse and outdoor field conditions. However, the surface drip irrigation system can be used easier than the subsurface drip irrigation system. In addition, deficit irrigation is one of the strategies for efficient use of water and increasing water use efficiency in agricultural district. Deficit irrigation is a suitable solution to gain acceptable and economic performance by using minimum amount of water. The aim of this study was to evaluate the yield and yield components of sunflower affected by different levels of soil matric potential in combination with two contrasting drip irrigation method i.e. surface and subsurface. In addition, water use efficiency as an important criterion of yield was used to achieve the best and more suitable irrigation method under water scarcity conditions.

Materials and Methods: In order to investigate the irrigation management of sunflower, a field experiment was carried out during 2016 growing season at an experimental farm in Jiroft city. The treatments were laid out in split strip plots based on randomized complete block design with three replications. The treatments were comprised of three soil matric potentials of 40, 55, and 70 centibar for initiation of irrigation in the main plot and sub plots consisted of two drip irrigation systems (surface and subsurface). In the surface systems, drip lines were placed on the soil surface at a distance of 15 cm from the plant and in the subsurface systems, drip lines were placed at a depth of 30 cm. The irrigation time was determined based on the readings of metal tensiometers. These tensiometers were installed in three depths of 15, 30 and 50 cm of soil and at a distance of 20 cm from the plant. In this regard, in both irrigation systems, the mounted tensiometer at a depth of 15 cm of soil was used in the early growth and development, and mounted Tensiometers at depths of 30 and 50 cm soil were used in the middle and final stages of growth. In order to carry out irrigation at the potential point of view, the tensiometers were fully controlled and when the calibrated tensiometer screen showed the desired potential point, irrigation was carried out and the irrigation process continued until the soil moisture reached the crop capacity level. Yield, yield components such as number of seeds per head, along with water use efficiency were measured. Data were statistically analyzed using SAS Statistical software. Treatment means were compared using LSD test.

Results and Discussion: The results showed that the water usage parsimony of 153.6 mm (21.5 percent) between the 40 and 55 c-bar tensions caused that the yield, number of seeds per head and height of plant decreased by 12.5%, 12.8% and 11%, respectively, but water use efficiency increased 10.3%. Compared with 55 c-bar tention, 70 c-bar also decreased the yield, number of seeds per head and height of plant by 33.4%, 22.9% and 22.5%, respectively but increased water use efficiency by 4.7%. Moreover, the yield in subsurface drip irrigation increased by 499 kg/ha compared with surface irrigation. In addition, parsimony of water usage was 10% and water use efficiency increased by 21.5%. Number of seeds per head and the height of plant increased by 8.2% and 8.7%, respectively in subsurface drip irrigation.

Conclusion: According to the results of this study conducted on sunflower in Jirot area, it was concluded that the application of soil matric potential of 55 centibar in subsurface drip irrigation system is the best approach to increase water use efficiency during periods of drought.

Keywords: Drought stress, Drip irrigation, Soil matric potential, Water use efficiency

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: nyazdanpanah@gmail.com)

www.SID.ir