نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۹، مرداد - شهریور ۱۴۰۴، ص. ۳۹۳-۳۸۳

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 19, Agu.-Sep. 2025, p. 383-393

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی آرایش‌های مختلف کاشت و کم‌آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری بر عملکرد و بهره‌وری آب آفتابگردان

علی قدمی فیروزآبادی[1*]، محمد یزداندوست همدانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی آرایش‌های مختلف کاشت و سطوح مختلف آبیاری به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان انجام شد. آبیاری در سه سطح (شامل: ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و آرایش کاشت در چهار سطح (شامل: ۱- فاصله ۶۰ سانتی‌متری ردیف‌های کشت و فاصله بوته روی خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر با اختصاص یک نوار آبیاری قطره‌ای به هر ردیف ۲- فاصله ۴۵ سانتی‌متری ردیف‌های کشت و فاصله بوته روی خطوط کشت ۲۵ سانتی‌متر با اختصاص یک نوار آبیاری قطره‌ای به هر ردیف ۳- فاصله ۳۰ سانتی‌متری ردیف‌های کشت و فاصله بوته روی خطوط کشت ۳۰ سانتی‌متر با اختصاص یک نوار آبیاری قطره‌ای در بین دو ردیف کشت بصورت یک‌در میان ۴- آرایش ۲۰×۸۰ (کشت بوته‌ها با فاصله ۳۰ سانتی‌متر در روی خطوط کشت) فاصله ردیف‌های کشت از یک‌طرف ۲۰ سانتی‌متر و از طرف دیگر ۸۰ سانتی‌متر و اختصاص یک نوار آبیاری قطره‌ای در بین دو ردیف کشت نزدیک به هم بصورت یک‌در میان اجرا گردید. بیشترین عملکرد دانه از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد (با متوسط ۳۰۰۷ کیلوگرم در هکتار) که با تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی (با متوسط ۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار نداشت. میزان متوسط عملکرد دانه در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲۳۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. از نظر عملکرد بیولوژیکی بین تیمارهای آبی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. میزان بهره‌وری آب در تیمارهای ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی به ترتیب برابر با ۰/۴۶، ۰/۴۶ و ۰/۴۷ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین شد. با توجه به نتایج حاصل تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی که بطور میانگین باعث کاهش ۱۲ درصدی در آب مصرفی شد و از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری با آبیاری کامل نداشت، قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، کم‌آبیاری

مقدمه

با افزایش برداشت از منابع محدود آب برای تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به رشد کشور، بدون شک سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نقش مهمی در زراعت ایران دارند. این روش آبیاری باعث صرفه‌جویی در آب و انرژی که از چالش‌های کشت آبی در دنیای امروزی است، می‌گردد (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۸ و ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین استفاده از آبیاری قطره‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌منظور بهبود بهره‌وری آب به‌سرعت در حال رشد است. محدودیت منابع آب و خشک‌سالی‌های اخیر و نگرانی‌ها در مورد تلفات آب و کود، علاقه به استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای را به‌عنوان روشی کارآمدتر و دقیق‌تر در تحویل آب و کود مطرح کرده است. علاوه براین، آبیاری قطره‌ای دارای پتانسیل زیادی در ذخیره آب با کاهش سطح خیس شده خاک و در نتیجه کاهش تلفات تبخیر نسبت به سایر روش‌های آبیاری است. متوسط تولید در ایران به ازای یک متر مکعب آب، حدود ۱/۴ کیلوگرم است، در حالی‌که متوسط جهانی آن ۲/۳ کیلوگرم است. بنابراین بهره‌وری آب در این بخش به‌دلیل استفاده ناکارآمد از منابع محدود آب و عدم توجه به نیاز آبی گیاه و برنامه‌ریزی آبیاری، پایین است. به بیان دیگر، افزایش «بهره‌وری آب کشاورزی» به‌عنوان یک عامل مؤثر در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌سازی‌های آتی، اجتناب‌ناپذیر است. در این

۱ - دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۲ - استادیار پژوهش بخش ثبت و گواهی بذر و نهال، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email:aghadami@gmail.com)

راستا، کم‌آبیاری[1] به عنوان یک راه‌کار سودمند در وضعیت محدودیت آب و با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب کاربردی، مطرح می‌باشد. یکی از روش‌های کم‌آبیاری، آبیاری به روش خشکی جزئی منطقه ریشه[2] (PRD) است. آبیاری به روش خشکی جزئی منطقه ریشه شکل اصلاح شده کم‌آبیاری معمولی است (English et al., 1990). در این روش، منطقه ریشه به نواحی مختلف تقسیم شده و در هر بار آبیاری یک و یا چند ناحیه آبیاری شده و نواحی دیگر خشک رها می‌شود. یکی از متداول‌ترین روش‌ها، تقسیم ناحیه توسعه ریشه به دو بخش و انجام آبیاری از یک طرف ریشه است که در هر بار آبیاری، یک سمت از آن خشک رها می‌شود. به این ترتیب علیرغم آبیاری کمتر و صرفه‌جویی در مصرف آب، گیاه در تمام فصل رشد خود قادر به جذب آب از ناحیه ریشه خواهد بود. علی‌رغم اینکه در چند سال اخیر، تحقیقات زیادی در رابطه با کم‌آبیاری صورت گرفته است، ولی دررابطه با تأثیر آرایش‌های مختلف کشت در آبیاری قطره‌ای در دانه‌های روغنی نظیر آفتابگردان کار خاصی صورت نگرفته است. گاهاً مشاهده می‌شود که بهره‌برداران از آرایش کشت معمول استفاده شده در آبیاری سطحی، در سامانه‌های نوین آبیاری نیز استفاده می‌کنند، در صورتی‌که با تغییر روش آبیاری، آرایش کاشت محصولات نیز بایستی تغییر پیدا کند تا بتوان از پتانسیل‌های آبیاری‌های نوین استفاده بهتر نمود. کیردا و همکاران به این نتیجه رسیدند که مدیریت آبیاری PRD باعث صرفه‌جویی قابل توجهی در آب آبیاری مورد استفاده پنبه شد. علاوه بر این محصول چندین هفته زودتر از روش آبیاری سنتی آماده برداشت گردید. کوتاه شدن دوره رشد در این گیاه به دلیل جلوگیری از برخورد با بارش‌های پاییزی می‌تواند شانس به دست آوردن محصول با کیفیت بالا را افزایش دهد (Kirda et al., 2005). آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران با چهار تیمارآبیاری شیاری شامل: آبیاری کامل در حد ۱۰۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک، کم آبیاری سنتی درحد ۷۵ و ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و آبیاری PRD در حد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک روی محصول سویا انجام شد. مقادیر آبیاری درست درحد جبران نقصان رطوبتی خاک (تلفات ناچیز) اعمال شد. نتایج نشان داد که کارآیی مصرف آب بین تیمار آبیاری PRD و تیمار کم‌آبیاری سنتی درحد ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود. کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری PRD نسبت به تیمار کم‌آبیاری سنتی درحد ۵۰ و ۷۵ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار آبیاری کامل به‌ترتیب ۴۸/۳، ۶۱/۹ و ۷۰/۱ درصد افزایش یافت (سرائی‌تبریزی و همکاران، ۱۳۸۹). پوسادس و همکاران، برای بررسی رابطه بین میزان تنش آبی و کارآیی مصرف آب، چهار تیمار آبیاری شامل یک تیمار آبیاری کامل، دو تیمار کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری تناوبی ناقص ریشه با مقدار آب معادل ۵۰ درصد کل آب مورد نیاز در آبیاری کامل و یک تیمار آبیاری تناوبی ناقص ریشه با ۵۰ درصد آب اعمال شده در کم‌آبیاری تنظیم شده را روی نوعی سیب‌زمینی زودرس با دوره رشد چهار ماهه در کشور پرو با سامانه آبیاری جویچه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. آبیاری ناقص ریشه، ۶۰ روز پس از کاشت آغاز شد و تا رسیدن کامل و برداشت محصول ادامه داشت. اگرچه محاسبات در کل فصل رشد، اختلاف معنی‌داری را بین کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف نشان نداد، امّا کارآیی مصرف آب در طول دوره آزمایش که از ۶۰ روز بعد از کاشت تا زمان برداشت بود، در دو تیمار آبیاری ناقص ریشه مقادیر بالاتری را به خود اختصاص داد (Posadas et al., 2008). بوتا و همکاران ابزارهای فیزیولوژی را در برنامه‌ریزی آبیاری برای درخت مو در کشور اسپانیا مورد بررسی قراردادند. این مطالعات همچنین در منطقه مدیترانه روی درختان زیتون، انگور و مرکبات و در گیاهان گوجه فرنگی، ذرت، پنبه، بادمجان و فلفل، تحت سیستم کم‌آبیاری PRD و با هدف بهبود کارآیی مصرف آب انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که در سیستم‌های کم‌آبیاری، در میزان مصرف آب به طور قابل ملاحظه‌ای صرفه جویی به عمل می‌آید، به‌علاوه در بعضی موارد مقدار و کیفیت محصول افزایش یافته و میزان هدر رفت مواد مغذی به صورت رواناب و نفوذ عمقی کاهش می‌یابد و هم چنین صرفه‌جویی زیادی در هزینه‌ها از طریق کاهش استفاده از آب و هرس می‌شود (Bota et al, 2005). آزمایش دیگری که توسط جوانیک و همکاران روی سیب‌زمینی انجام پذیرفت نشان داد که تیمارهای PRD منتج به افزایش ۳۸ و ۶۱ درصد در کارآیی مصرف آب گردیدند (Jovanovic et al, 2008). سلطانی و همکاران (۱۳۸۶) یک مطالعه گلدانی روی گیاه کلزای پاییزه تحت پنج تیمار آبیاری PRD با آب با شوری ۶/۵۶ زیمنس برمتر و میزان آبیاری معادل ۵۰ درصد تخلیه مجاز در گلدان‌هایی که وسط آن‌ها با تیغه بسیار نازک به دو قسمت تقسیم شده بود، انجام دادند. نتایج این تحقیق گلدانی نشان داد که با اعمال PRD راندمان کاربرد آب دو برابر شد. در حالی که با کاهش میزان آب به نصف، عملکرد دانه فقط ۹/۵۶ درصد کاهش یافت. PRD اثر معنی‌داری بر وزن خشک بوته نداشت. با ۵۰ درصد کاهش مصرف آب، تعداد خورجین ۳۹/۹ درصد کاهش یافت. تحت PRD غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، منیزیم، سدیم، کلر، مس، روی و آهن افزایش یافت ولی غلظت منگنز و کلسیم در کلزا کاهش یافت. رشدی و رضادوست (۱۳۸۲) طی یک پژوهش اثرات سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام آفتابگردان را مورد بررسی قرار دادند. سه تیمار آبیاری پس از ۶۰،۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و ارقام آفتابگردان روغنی به‌نام‌های رکورد،

1- Deficit irrigation
2- Partial rootzone drying

آرماویرسکی و گلشید به‌عنوان سطوح عامل فرعی در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به این صفات مشخص نمود که دو سطح آبیاری پس از ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر حداکثر عملکرد دانه و روغن را تولید نمودند. ولی به‌دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر با عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب ۳۷۹۲/۲ و۱۶۱۳/۴ کیلوگرم در هکتار توصیه گردید. همچنین حداکثر تعداد دانه هر طبق متعلق به تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر و بالاترین وزن صد دانه هم متعلق به تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر بود. در مطالعه جبّاری و همکاران (۱۳۸۶) برای ارزیابی اثرات تنش کم‌آبی بر خصوصیات زراعی هیبریدهای آفتابگردان، سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا گردید. در آزمایش اول که در شرایط مطلوب اجرا شد، گیاهان بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر از زمان جوانه زنی تا پایان دوره رشد آبیاری شدند. در آزمایشات دوم و سوم که در شرایط تنش کم آبی اجرا گردید، آبیاری به‌ترتیب بر اساس ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. اثر تنش کم آبی بر تعداد روز تا ۷۵ درصد گلدهی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در گیاه، عملکرد دانه، تلاش بازآوری، شاخص برداشت و درصد روغن دانه معنی‌دار بود. در شرایط تنش شدید کم آبی، عملکرد ۸۳ درصد کاهش یافت و محصول دانه ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که ناشی از کاهش وزن هزار دانه (۵۰ درصد) و تعداد دانه در گیاه (۵۴ درصد) بود. رضایی استخرویيه و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تیمارهای کم آبیاری سنتی و آبیاری موضعی ریشه در گیاه آفتابگردان رقم فرخ پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که که اعمال تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی به‌صورت آبیاری سنتی در مرحله رشد رویشی بیشترین ارتفاع گیاه، سطح برگ، شاخص سطح برگ و قطر طبق را دارا بود. الشیخ و همکاران در تحقیقی نشان دادند که تنش آبی باعث کاهش تعداد دانه در طبق، وزن دانه وعملکرد دانه شد، هر چند اثر تیمارهای مختلف آبی بر قطر طبق ، ارتفاع گیاه و قطر ساقه معنی‌دار نشد (Elsheikh et al., 2012) . یاووز و همکاران در تحقیقی دوساله اثر تیمارهای مختلف آبی (۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تبخیر از تشتک و تیمار بدون آبیاری) را بر عملکرد گیاه آفتابگردان با استفاده از آبیاری قطره‌ای در دشت کنیا بررسی نمودند. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۵۴۸۱ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۱۲۵ درصد تبخیر از تشتک بود (Yavuz etal, 2016). در مطالعه یدالهی و همکاران (۱۳۹۶) اثر تنش خشکی در ۴ سطح شامل آبیاری در ۳۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده خاک در دو رقم آفتابگردان مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکردهای دانه، بیولوژیک و روغن و شاخص برداشت معنی‌دار بود. الباجی و همکاران در پژوهشی به بررسی آبیاری جویچه ای معمولی و کم آبیاری به روش خشکی جزئی منطقه ریشه (PRD) و کم آبیاری تنظیم شده (RDI) پرداختند. تیمارهای آبیاری شامل: آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی)، کم آبیاری سنتی (RDI) درحد ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی (بعد از مرحله ۸ برگی) و آبیاری PRD درحد ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی (بعد از مرحله ۸ برگی)، در محصول آفتابگردان پرداختند، آن‌ها بیان داشتند که یک رابطه خطی بین عملکرد دانه و عملکرد روغن و سطوح آبیاری وجود دارد، بطوریکه بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن مربوط به آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری سنتی بود (Albaji et al., 2011).

ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۲) به منظور شناخت و بررسی عملکرد دانه و ویژگی های کیفی روغن دانه آفتابگردان تحت شرایط کم آبی، پژوهشی به صورت کرت های خردشده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و با دو عامل: آبیاری به عنوان عامل اصلی (شاهد، کم آبیاری متوسط و کم آبیاری شدید – براساس تخلیه ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد از رطوبت قابل استفاده خاک) و رقم به عنوان عامل فرعی در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد انجام دادند. نتایج نشان داد که کم آبیاری بر تعداد و وزن دانه در طبق، عملکرد دانه و ویژگی های کیفی روغن دانه نسبت به شاهد در ارقام آفتابگردان، تفاوت آماری معنی دار داشت. تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، عملکرد و درصد روغن دانه به ترتیب ۴۵، ۴۹، ۵۰ و ۲۶ درصد، تحت تأثیر کم آبیاری شدید، کاهش پیدا کردند.

اسماعیلی و همکاران(۱۴۰۱) به منظور بررسی اثر کم آبیاری در مرحله زایشی بر کارآیی مصرف آب و تحمل خشکی ارقام آفتابگردان، آزمایشی با تیمارهای کرت اصلی شامل: بدون تنش کم¬آبی، تنش کم¬آبی ملایم و تنش کم¬آبی شدید و کرت فرعی شامل پنج هیبرید جدید آفتابگردان روغنی به نامهای کیارا، اسکار، فانتازیا، های سان ۹۹ و شمس ، انجام دادند. نتایج نشان داد بیشترین کارآیی مصرف آب، در شرایط تنش کم آبی ملایم و تنش کم آبی شدید به ترتیب با ۰/۸۵ و ۰/۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد. در بین ارقام آفتابگردان بیشترین کارآیی مصرف آب متعلق به رقم هایسان ۳۳ با مقدار ۱/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. چراغی زاده و همکاران(۱۳۹۷) اثر کم آبیاری ناقص ریشه در دورهای آبیاری مختلف، بر بهره وری آب و پارامترهای رشد گیاه آفتابگردان، را با شش تیمار دور آبیاری و مقدار آب آبیاری، بررسی نمودند. دورها شامل آبیاری بعد از۲۰، ۳۵ و۵۰ میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر و مقدار آب آبیاری در سه مقدار ۱۰۰، ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی بود. با بررسی همزمان شاخص بهره¬وری آب آبیاری و نیز پارامترهای رشد گیاه آفتابگردان، این نتیجه حاصل شد که با بهره¬گیری ازکم آبیاری ناقص ریشه در

سطح ۷۵ درصد و دور آبیاری ۳۵ میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر، می‌توان ضمن افزایش شاخص بهره‌وری آب، با کمترین کاهش در شاخص¬های رشد گیاه آفتابگردان مواجه شد. نورکی و اخوان (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف تنش کم آبی در چهار سطح آبیاری پس از ۱۷۰، ۱۳۰، ۹۰ و ۵۰ میلیمتر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A بر محصول آفتابگردان پرداختند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر روی عملکرد و محتوای نسبی آب در سطح ۱درصد وکارآیی مصرف آب در سطح ۵ درصد معنی دار بود. آبیاری پس از ۹۰، ۱۳۰، ۱۷۰ میلیمتر تبخیر سبب کاهش محتوای نسبی آب به ترتیب به میزان ۱۱ درصد ، ۱۶ درصد و ۲۱ درصد و در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه به میزان ۶/۶۱ درصد، ۲۴/۴۵ درصد و ۴۰/۹۰ درصد نسبت به شاهد شد. لذا این مطالعه به منظور بررسی و تعیین بهترین آرایش کاشت در سیستم آبیاری قطره‌ای آفتابگردان و با هدف افزایش بهره‌وری مصرف آب با استفاده از روش کم‌آبیاری در زراعت آفتابگردان انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این مطالعه طی دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری (۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) به‌عنوان فاکتور اصلی و ۴ آرایش کاشت شامل ۱- فاصله ۶۰ سانتی‌متری ردیف‌های کشت و فاصله بوته روی خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۸/۳ بوته در متر مربع) با اختصاص یک نوار آبیاری قطره‌ای به هر ردیف ۲- فاصله ۴۵ سانتی‌متری ردیف‌های کشت و فاصله بوته روی خطوط کشت ۲۵ سانتی‌متر (تراکم ۸/۹ بوته در متر مربع) با اختصاص یک نوار آبیاری قطره‌ای به هر ردیف ۳- فاصله ۳۰ سانتی‌متری ردیف‌های کشت و فاصله بوته روی خطوط کشت ۳۰ سانتی‌متر (تراکم ۱۱/۱ بوته در متر مربع) با اختصاص یک نوار آبیاری قطره‌ای در بین دو ردیف کشت بصورت یک‌در میان (آبیاری PRD ثابت) ۴- آرایش ۲۰-۸۰ : فاصله ردیف‌های کشت از یک‌طرف۸۰ سانتی‌متر و از طرف دیگر ۲۰ سانتی‌متر و کشت بوته‌ها با فاصله ۳۰ سانتی‌متر در روی خطوط کشت (با تراکم ۸/۳ بوته در متر مربع) و اختصاص یک نوار آبیاری قطره‌ای در بین دو ردیف کشت نزدیک به هم بصورت یک‌در میان (آبیاری PRD ثابت) که به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. نیاز آبی با استفاده از فرمول پنمن مانتیث اصلاح شده و استفاده از آمار و اطلاعات هواشناسی محاسبه شد. طول کرت‌های آزمایش ۱۰ متر و عرض هر کرت ۳ متر در نظر گرفته شد. رقم آفتابگردان مورد استفاده هیبرید شمس بود. کشت بذور بصورت دستی و در دوم تیرماه انجام شد و در همان روز نیز نخستین آبیاری انجام گردید. اعمال تیمارهای آبیاری از زمان ۶ برگی بوته‌ها به بعد بود. به منظور محاسبه نیاز آبیاری، ابتدا با استفاده از رابطه پنمن مانتیث اصلاح شده تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) محاسبه و با در نظر گرفتن ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد و راندمان آبیاری، نیاز آبیاری با استفاده از روابط مربوطه محاسبه شد (قدمی فیروزآبادی و باغانی، ۱۳۹۸). حجم آب آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری با استفاده از کنتور حجمی اندازه‌گیری گردید. آبیاری با استفاده از نوارهای آبیاری قطره‌ای (تیپ) با راندمان ۹۰ درصد، انجام شد. برای جلوگیری از گرفتگی قطره چکان‌ها از فیلتر دیسکی استفاده شد. دور آبیاری ثابت و چهار روزه در نظر گرفته شد. شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک (بیوماس) و شاخص برداشت طبق روابط زیر محاسبه شد (Oweis et al., 2004 a,b):

$$WP_{ir(y)} = \frac{Yield}{Irrigation} \quad (۲)$$

که در آن $WP_{ir(y)}$: بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد دانه (kg/m^3)، Yield: عملکرد محصول (kg/ha) و Irrigation: میزان آب آبیاری(m^3)

$$WP_{ir(B)} = \frac{Biomass}{Irrigation} \quad (۳)$$

که در آن $WP_{ir(B)}$: بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد بیولوژیک (kg/m^3) ، Biomass: عملکرد بیولوژیک (kg/ha) و Irrigation: میزان آب آبیاری(m^3)

$$HI = \frac{Yield}{Biomass} \times 100 \quad (۴)$$

که در آن HI: شاخص برداشت، Yield: عنلکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و Biomass: عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)

به‌منظور بررسی تغییرات شوری خاک در تیمارهای مورد مطالعه، در ابتدا و انتهای فصل زراعی از ۲ عمق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متری خاک، با اوگر نسبت به تهیه نمونه خاک در ردیف‌ها و بین ردیف‌های کاشت اقدام شد و شوری نمونه های خاک (Ec) در آزمایشگاه با اندازه‌گیری شوری عصاره اشباع خاک مشخص شد.

داده‌های حاصل از صفات اندازه گیری شده در مراحل داشت و برداشت در تیمارهای مختلف توسط نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شده و میانگین های تیمارهای آزمایش با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه:

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین

عملکرد دانه (۳۰۰۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد و با کاهش میزان آب آبیاری عملکرد دانه کاهش یافت. عملکرد دانه در تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی برابر ۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به تیمار آبیاری ۱۰۰ حدود ۱۰درصد کاهش داشت اما اختلاف آن با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی معنی دار نبود. در تیمار آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه، میزان عملکرد دانه نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی حدود ۲۱ درصد کاهش یافت و با ۲۳۷۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌دار پیدا کرد (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در سطوح مختلف آبیاری و آرایش‌های مختلف کاشت

	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
آبیاری (درصد نیاز آبی)				
۱۰۰	۵۱/۳ a	۳۰۰۷ a	۱۰۳۰۶/۵ a	۲۹/۴ a
۸۵	۴۹/۶ a	۲۷۰۰ ab	۹۸۱۰/۳ a	۲۷/۸ a
۷۰	۴۶/۶ b	۲۳۷۹ b	۹۲۹۲ a	۲۵/۹ a
آرایش کاشت				
۶۰ × ۲۰	۵۱/۱ a	۲۹۹۶ a	۱۰۷۰۵/۷ a	۲۸/۳ a
۴۵ × ۲۵	۴۸/۲ b	۲۶۳۰ b	۹۰۹۳/۸ b	۲۸/۹ a
۳۰ × ۳۰	۴۷/۷ c	۲۵۲۷ b	۹۴۶۳/۲ b	۲۷/۰a
۲۰ × (۲۰-۸۰)	۴۹/۷ ab	۲۶۲۹ a	۹۹۴۸/۴ a	۲۶/۶ a

در هر قسمت میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تغییرات معنی‌دار ندارند.

اثر آرایش کاشت بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد بسیار معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین عملکرد دانه از فاصله خطوط ۶۰ و ۲۰-۸۰ سانتی‌متری به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (به ترتیب ۲۹۹۶ و ۲۶۲۹ کیلوگرم در هکتار). فاصله خطوط ۴۵ و ۳۰ سانتی‌متری نیز از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و کمترین عملکرد را تولید کردند (جدول ۱). کمبود آب در مرحله رشد رویشی باعث کاهش رشد اندام‌ها، کاهش توسعه سطح برگ و قطر طبق و در مرحله رشد زایشی با تأثیر منفی بر اجزاء عملکرد مانند تعداد دانه در طبق و وزن دانه در نهایت باعث افت عملکرد دانه می‌شود که توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (جبّاری و همکاران،۱۳۹۰ و حیدری و کرمی،۱۳۹۲). یزدان‌دوست همدانی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند با کاهش میزان آب آبیاری، عملکرد دانه آفتابگردان به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. عملکرد دانه در شرایط تأمین ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه در مقایسه با تیمار آبیاری کامل، در حدود ۱۷/۷ و ۵۴/۳ درصد کاهش یافت. اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد دانه آفتابگردان در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است. در مطالعه یوسفوند و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شد که در تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، عملکرد دانه آفتابگردان به‌ترتیب ۱۸/۸ و ۴۲/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) کاهش یافت. این محققین بیان کرده‌اند که دلیل کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، کاهش تعداد دانه و وزن دانه بوده است. جبّاری و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که با اعمال تنش شدید کم‌آبی (آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) عملکرد دانه نسبت به تیمار آبیاری مطلوب ۸۲ درصد کاهش پیدا کرد. افت عملکرد دانه ناشی از کاهش تعداد دانه در گیاه (۵۴ درصد) و وزن هزار دانه (۵۰ درصد) بیان شده است. که با نتایج اسماعیلی و همکاران (۱۴۰۱)، چراغی زاده و همکاران(۱۳۹۷) و حیدری و کرمی (۱۳۹۲) مطابقت دارد.

عملکرد بیولوژیک:

بر اساس نتایج این پژوهش، عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر آبیاری قرار نگرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری نیز نشان داد که هر چند عملکرد بیولوژیک با کاهش آب آبیاری روندی کاهش داشت ولی تغییرات آن از نظر آماری معنی‌دار نبود و همه تیمارهای آبیاری در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱). آرایش‌های کاشت مورد بررسی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد بیولوژیک داشتند (جدول ۱). بررسی نتایج مقایسه میانگین آرایش‌های کاشت، نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک از فاصله خطوط ۶۰ و ۲۰-۸۰ سانتی‌متری به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. فاصله خطوط ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متری با عملکرد بیولوژیک کمتر و بدون اختلاف معنی‌دار در گروه دیگر قرار گرفتند (جدول ۱). اثر تنش خشکی بر کاهش وزن خشک گیاه در مطالعات متعدد مورد اشاره قرار گرفته است. در این راستا، حیدری و کرمی (۱۳۹۲) گزارش

کردند که تنش خشکی، تأثیر معنی‌داری بر تجمع ماده خشک آفتابگردان داشت و در شرایط خشکی تا حد ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد، ۳۰/۴ درصد کاهش پیدا کرد. جبّاری و همکاران (۱۳۹۰) نیزگزارش کردند که تنش متوسط و شدید کم آبی (آبیاری بعد از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) باعث کاهش ۴۴ و ۵۹ درصد در وزن خشک کل گیاه نسبت به تیمار آبیاری مطلوب گردید. وزن خشک بالاتر نشان دهنده کارآیی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی است. گوکسوی و همکاران (۲۰۰۴) نتایج مشابهی را در خصوص اثر کم‌آبی بر کاهش وزن خشک گیاه گزارش کردند و علّت آن را کاهش شاخص سطح برگ و پتانسیل فتوسنتزی گیاه دانستند. تنش آبی با بسته‌شدن نسبی روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی و سرعت فتوسنتز همراه است که بر ظرفیت تولید مواد پرورده اثر می‌کند و باعث کاهش رشد می‌شود. از طرف دیگر کمبود آب با کاهش حالت آماس سلول بر حجم سلول و سرعت تقسیم سلولی تأثیر گذاشته و باعث کاهش اندازه کلی گیاه و وزن تر و خشک گیاه می‌گردد (یارنیا و همکاران، ۱۳۸۸). علاوه بر این، نورانی آزاد و چوبینه (۱۳۸۷) بیان کردند که در شرایط تنش آبی، انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌های در حال رشد کم شده و توسعه سلولی و رشد کاهش می‌یابد. همچنین کاهش میزان آب در خاک، باعث اختلال در انتقال و جذب مواد عذایی لازم برای رشد و عدم تولید ماده خشک جدید شده و کاهش رشد را به دنبال دارد. عطایی کچویی و همکاران (۱۳۸۹) بر نقش طول دوره رشد اشاره کرده و بیان نمودند که در شرایط تنش خشکی، با کاهش طول دوره رشد، فرصت گیاه برای تجمع ماده خشک نیز کاهش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که محدودیت آب و تنش خشکی از جهات مختلف، رشد رویشی گیاه و تجمع ماده خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

شاخص برداشت:

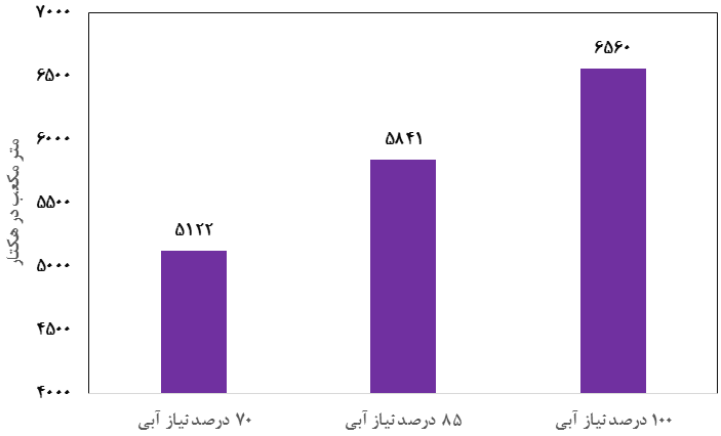
در این مطالعه شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار نگرفت و تغییرات معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). با مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری نشان داد که با کاهش میزان آب مصرفی، شاخص برداشت روندی کاهش داشت و از ۲۹/۴ درصد در تیمار آبیاری ۱۰۰کامل، به ۲۵/۷ درصد در تیمار آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی، کاهش یافت که کاهش معادل ۱۲ درصد را نشان می‌دهد، امّا این اختلاف از نظر آماری معنی دار نشد و همه‌ی تیمارهای آبیاری در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱) که به نظر می‌رسد به دلیل دامنه اختلاف نسبتاً کم بین تیمارهای آبیاری باشد. چرا که در اکثر مطالعاتی که اثر آبیاری بر شاخص برداشت معنی‌دار شده است، فاصله بین تیمارهای آبیاری زیاد بوده و به عبارت دیگر شدت تنش اعمال شده بیشتر از مطالعه حاضر بوده است. یارنیا و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که با کاهش آب مصرفی در اثر اعمال تیمارهای آبیاری از ۵۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، شاخص برداشت آفتابگردان ۴۲/۸ درصد کاهش یافت. علّت آن کاهش تعداد دانه در طبق و وزن دانه اعلام گردید. جبّاری و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که در شرایط تنش شدید کم آبی (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر)، شاخص برداشت ۵۸ درصد نسبت به تیمار آبیاری مطلوب (۶۰ میلی‌متر تبخیر) کاهش یافت. شاخص برداشت نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک و بیانگر کارآیی گیاه در انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده به دانه‌ها می‌باشد. در شرایط تنش خشکی عملکردهای دانه و بیولوژیک به‌صورت همزمان کاهش پیدا می‌کنند (جبّاری و همکاران،۱۳۹۰؛ حیدری و کرمی،۱۳۹۲) امّا این نتایج مشخص‌می‌کند که سرعت کاهش عملکرد دانه بر اثر تنش کم آبی از سرعت کاهش وزن خشک گیاه بیشتر بوده است. آرایش‌های کاشت مورد بررسی نیز تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشتند (جدول ۱). در مقایسه میانگین‌ها نیز اختلاف معنی‌داری بین آرایش‌های کاشت مورد بررسی مشاهده نشد و همه تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱).

حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری

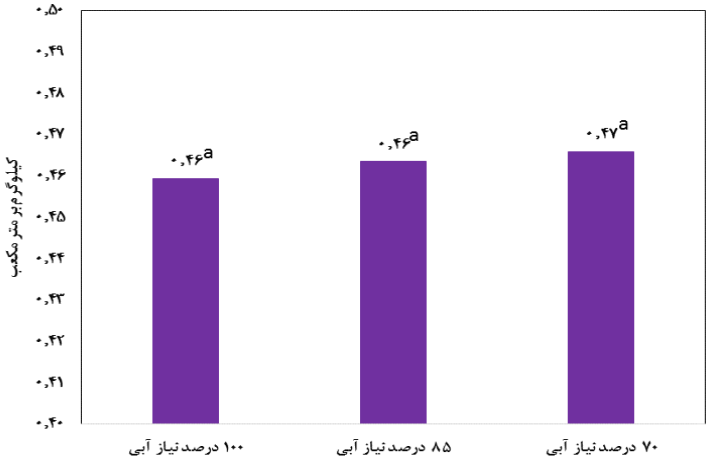
میانگین دو ساله آب کاربردی در هر یک از تیمارهای آبیاری مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. بر این اساس تیمار ۷۰ و ۸۵ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی باعث کاهش ۲۱/۳ و ۱۰/۶ درصدی شده است. میانگین بهره‌وری دو ساله آب آبیاری در تولید دانه در تیمارهای مختلف آبیاری در شکل ۲ ارائه شده است. مقایسه میانگین بهره‌وری دوساله آب آبیاری نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری وجود نداشت (شکل ۲) و همه تیمارهای آبیاری در یک گروه آماری قرار گرفتند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی که بطور میانگین باعث کاهش ۱۱ درصدی در آب مصرفی، بدون کاهش معنی‌دار عملکرد دانه قابل توصیه می‌باشد.

میزان نسبی آب برگ

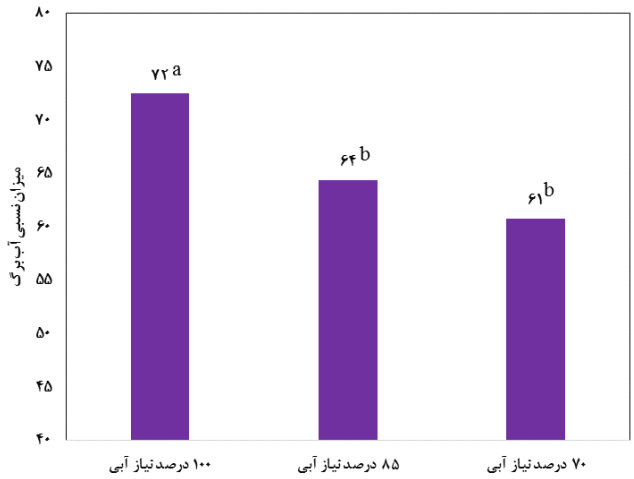
مقایسه میانگین دو ساله میزان نسبی آب برگ در شکل ۳ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می شود، اثر تیمارهای آبی بر میزان نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان درصد نسبی آب برگ متعلق به تیمار آبی ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود که در یک گروه آماری مجزا قرار گرفت و با توجه به اینکه دو تیمار آبی ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی، میزان آب آبیاری کمتری دریافت نمودند، بنابراین بصورت طبیعی از میزان نسبی آب برگ کمتری نیز برخوردار بودند (شکل ۳). نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه نورکی و اخوان (۱۳۹۵) همخوانی دارد.



شکل ۱- میزان آب آبیاری در هر یک از تیمارهای آبیاری مورد مطالعه



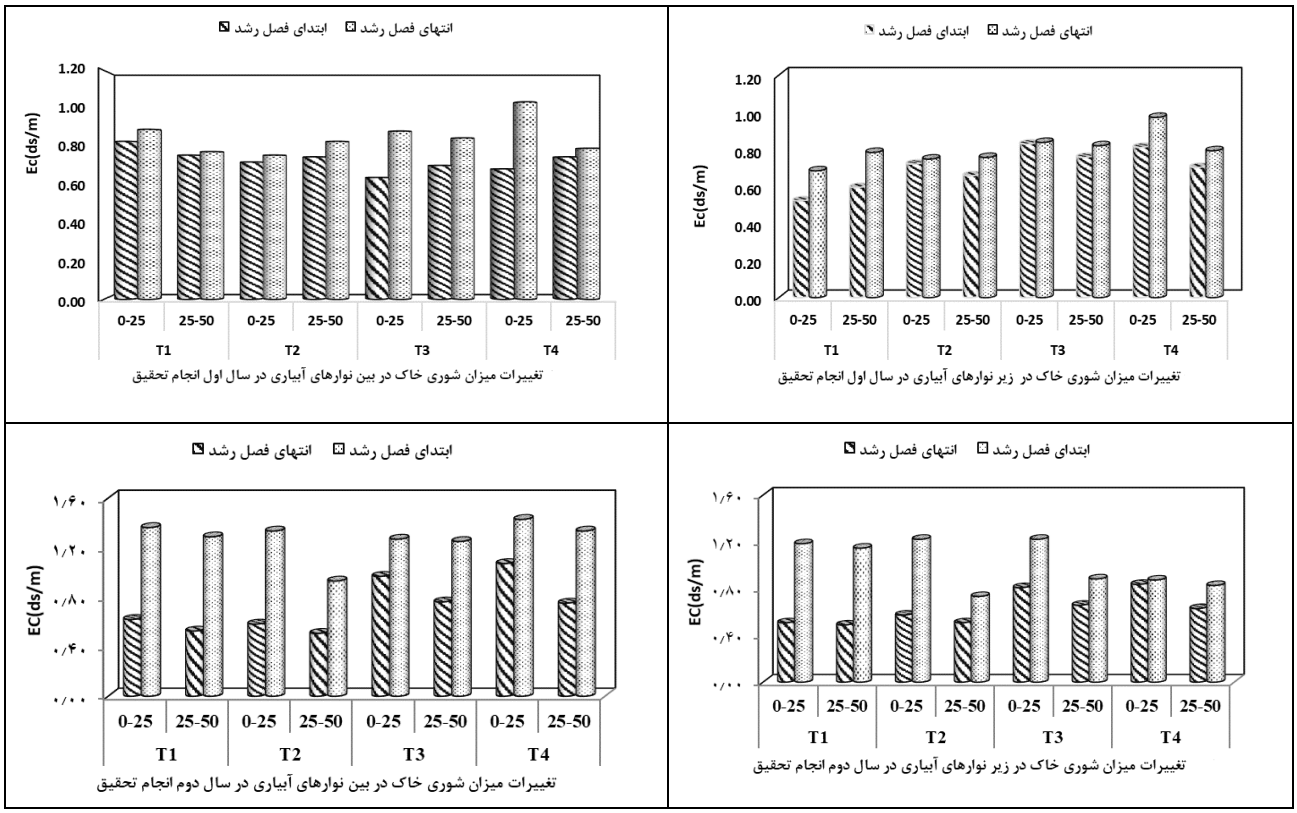
شکل ۲- میزان بهره‌وری آب آبیاری در هر یک از تیمارهای آبیاری مورد مطالعه



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف آبی بر میزان نسبی آب برگ

تغییرات شوری خاک

بررسی تغییرات میزان شوری خاک در ابتدای فصل آبیاری در بهار و انتهای فصل زراعی نشان داد که میزان Ec عصاره اشباع خاک در پایان فصل زراعی افزایش یافته است که این امر بدیهی است، ولی میزان افزایش شوری در بین نوارهای آبیاری نسبت به زیر نوارها بیشتر بود که این امر به‌دلیل حرکت پیاز رطوبتی و تجمع نمک در وسط نوارها می‌باشد. این نتایج با پژوهش قدمی فیروزآبادی و اکبری (۱۴۰۲) همخوانی دارد، بنابراین در صورت استفاده طولانی مدت آبیاری قطره‌ای در مزارع، حداقل هر سه سال یکبار بایستی نسبت به آبشویی خاک با روش آبیاری سطحی یا بارانی اقدام نمود.



شکل ٤: تغییرات میزان شوری خاک در زیر و بین نوارهای آبیاری در ابتدا و انتهای فصل رشد

T1: فاصله خطوط ۶۰ T2: فاصله خطوط ۴۵ T3: فاصله خطوط ۳۰ T4: فاصله خطوط ۲۰-۸۰

نتیجه گیری:

بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که، بیشترین عملکرد دانه از آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد (۳۰۰۷ کیلوگرم در هکتار) که با تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی (با متوسط ۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار نداشت. میزان عملکرد دانه در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی ۲۳۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. از نظر بهره‌وری مصرف آب بین تیمارهای آبیاری تفاوتی مشاهده نشد و برای تیمارهای ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی به ترتیب برابر با ۰/۴۷، ۰/۴۶ و ۰/۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب بود. با توجه به نتایج حاصل تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی که بطور میانگین باعث کاهش ۱۲ درصدی در آب مصرفی شد و از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری با آبیاری کامل نداشت، قابل توصیه می‌باشد. بیشترین میزان بهره‌وری آب مربوط به دو آرایش کشت فاصله خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله خطوط ۲۰-۸۰ بود. در بررسی انواع آرایش کاشت مورد مطالعه نشان داد که آرایش کاشت ۲۰-۸۰ از نظر عملکردهای دانه بیشترین مقادیر را تولید کرده و با تیمار شاهد (فاصله خطوط ۶۰ سانتیمتری) اختلاف معنی‌داری نداشت. ضمن اینکه در آرایش کاشت ۲۰-۸۰ و قرار گرفتن یک نوار تیپ بین دوخط کاشت با فاصله ۲۰ سانتیمتری، در مقایسه با آرایش کاشت شاهد (که برای هر خط کاشت یک نوار تیپ استفاده می شود) میزان مصرف نوارهای تیپ نیز تا حد یک سوم (۳۳ درصد) کاهش یافت.

منابع

ابراهیمی، م.، زینال زاده، ک.، بشارت، س. و علیزاده برودکی، ع. ۱۳۹۸. ارزیابی تأثیر احداث سیستم های آبیاری قطره ای بر مصرف انرژی و صرفه جویی آب کشاورزی (مطالعه موردی: شبکه کهریز ارومیه). اولین کنگره بین المللی و چهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. ارومیه.

اسماعیلی، م.، مدنی، ح.، مجد نصیری، ب.، چاوشی، س. و ساجدی، ن. ۱۴۰۱. بررسی اثر تنش کم آبی بر کارآیی مصرف آب و تحمل خشکی ارقام جدید آفتابگردان، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۶(۴)، ۳۷۵-۳۵۹ .

امیدی نسب، د.، مسکرباشی، م. و راهنما قهفرخی، ا. ۱۴۰۲. تأثیر کم آبیاری بر عملکرد دانه و برخی ویژگی های کیفیت روغن دانه ارقام آفتابگردان (Helianthus annus L). نشریه علوم گیاهان زراعی ایران. ۵۴(۳): ۹۷-۱۰۸.

جبّاری، ح.، ج. دانشیان. و ح. علی‌آبادی فراهانی. ۱۳۹۰. استفاده از تلاش بازآوری، عملکرد کمی و کیفی برای شناسایی هیبریدهای آفتابگردان متحمل به تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳(۱): ۲۳-۹.

چراغی زاده، م.، شاهنظری، ع. و ضیاتباراحمدی، م. ۱۳۹۷. بررسی اثر کم‌آبیاری بخشی ریشه در دورهای آبیاری مختلف بر کارایی مصرف آب و پارامترهای رشد گیاه آفتابگردان. *آب و خاک*, ۳۲(۳): ۵۰۱-۵۱۶.

حیدری، م. و و.کرمی. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش خشکی و گونه‌های میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل و ترکیبات بیوشیمیایی آفتابگردان. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۶(۱): ۲۶-۱۷.

رحیمی‌زاده، م.، ع. کاشانی، ا. زارع فیض‌آبادی، ح. مدنی. و سلطانی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳(۱): ۷۲-۵۷.

سلطانی، س.، ف. موسوی، ب. مصطفی‌زاده. و م. دانشور .۱۳۸۶. اثر PRD بر عملکرد، برخی اجزای عملکرد، راندمان آب مصرفی و غلظت عناصر غذایی در کلزا. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.

سرائی تبریزی، م.، ح.بابازاده.، م.پارسی نژاد. و س.ع.م. مدرس ثانوی .۱۳۸۹.بهبود کارآیی مصرف آب سویا با استفاده از آبیاری بخشی منطقه ریشه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۴(۵۲):۱۳-۱.

عطایی کچویی، م.، م. کریمی، ب. مجد نصیری، ا. لطفی‌فر. و متقی، س. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر آبیاری محدود بر خصوصیات زراعی و عملکرد ارقام آفتابگردان. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. ۶(۲۲): ۱۱۰-۸۹.

قدمی فیروزآبادی، ع. و ج. باغانی. ۱۳۹۸. اثر آرایش‌های مختلف کشت در آبیاری نواری قطره ای بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب آبیاری گندم در همدان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۲(۱۳): ۵۲۸-۵۳۹.

قدمی فیروزآبادی، ع.، اسدیان، ق.، جعفری، ع.م. و بهراملو، ر. ۱۳۹۸. ارزیابی فنی و اقتصادی سامانه آبیاری قطرهای نواری در مزارع خیار و گوجه فرنگی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱(۱۴): ۲۷۴-۲۶۳.

قدمی فیروزآبادی، ع. و اکبری، م. ۱۴۰۲. تاثیر نوع سامانه آبیاری بر میزان آب آبیاری، عملکرد و بهره وری آب گندم در شرایط زارعین (مطالعه موردی: استان همدان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۷(۵): ۸۳۱-۸۴۲.

رشدی، م. و رضادوست، س. ۱۳۸۴. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام آفتابگردان.علوم کشاورزی ایران .۳۶(۵) :۱۲۵۰-۱۲۴۱ .

رضایی استخروییه، ع.، س. خوش قدم، م. ابراهیمی سیریزی، و ع. بادیه نشین. ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد گیاه آفتابگردان (رقم فرخ) تحت تاثیر کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه .نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) .۲۸(۵): ۸۶۷-۸۷۵.

جباری، ح.، غ. ع. اکبری، ج. دانشیان، ا. دادی، و ن. شهبازیان. ۱۳۸۶ .اثرات تنش کم آبی بر خصوصیات زراعی هیبریدهای آفتابگردان .مجله کشاورزی.۹(۱):۲۲-۱۳.

نورانی آزاد، ح.، و د. چوبینه. ۱۳۸۷. مطالعه تنش آبی بر بیوماس، قندهای محلول، پرولین، آنزیم‌ها و یون‌ها در گیاه آفتابگردان. فصلنامه علمی پژوهشی دانش زیستی ایران. ۳(۲): ۲۶-۱۹.

نورکی، ف. و اخوان، س. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تنش آبی برعملکرد دانه، کارآیی مصرف آب و محتوای نسبی آب برگ آفتابگردان. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.

یارنیا، م.، پ. صفایی، م. ب. خورشیدی بنام، و ا. فرجزاده معماری. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی و سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان رقم ایروفلور. یافته‌های نوین کشاورزی. ۳(۳): ۳۳۲-۳۱۷.

یدالهی، پ.، م. ر. اصغری‌پور، ه. مروانه، ن. خیری، و ا. امیری. ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن دو رقم آفتابگردان. نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. ۱(۱): ۷۶-۶۵.

یزدان‌دوست همدانی، م.، م. قبادی، م. ا. قبادی، س. جلالی هنرمند، و م. سعیدی. ۱۳۹۸. اثر محلول‌پاشی برخی ترکیبات شیمیایی بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط رطوبتی مختلف. پایان نامه دکترا. دانشگاه رازی. ۲۴۰ صفحه.

یوسفوند، پ.، ن. ع. ساجدی، و م. میرزاخانی. ۱۳۹۰.تأثیر تنش خشکی، مصرف زئولیت و سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. یافته‌های نوین کشاورزی. ۵(۳): ۳۲۵-۳۳۹.

Albaji, M., behzad, M., Boroomand Nasab, S., Naseri, A.A., Shahnazari, A., Meskarbashee, M., Judy, F. and Jovzi, M. 2011. Investigation on the effects of conventional irrigation (CI), regulated deficit irrigation (RDI) and partial root zone drying (PRD) on yield and yield components of sunflower (Helianthus annuus L.) **The Research on Crops** 12 (1): 142-154.

Cifre, J., Bota, J., Escalona, J.M., Medrano, H. and Flexas, J., 2005. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (Vitis vinifera L.): an open gate to improve water-use efficiency?. Agriculture, Ecosystems & Environment. 106(2-3):159-170.

Donald, C.M. and Hamblin, J. 1976. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. Adv. Agron.28:361-405.

Elsheikh, E.R., Schultz, B.A.R.T., Haili, A.M. and Adam, H.S., 2012. Effect of deficit irrigation on yield and yield components of sunflower on Gezira clay soil, Sudan. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 168:369-378.

English, M.J, Musick, J.T., Murty, V.V.N., 1990. Deficit irrigation. In: anagement of farm irrigation systems (Hoffman, G.J., Howell, T.A., and Solomon, K.H., Editors). ASAE Monograph no. 9. American Society of Agricultural Engineers publisher, 1020p.

Goksoy, A. T., A.O. Demir, Z.M. Turan, and N. Dagustu. 2004. Responses of sunflower (Helianthus annuus L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Research. 87:167–178.

Iqbal, N., M. Y. Ashraf and M. Ashraf. 2005. Influence of water stress and exogenous glycinebetaine on sunflower achene weight and oil percentage. International Journal of Environmental Science & Technology. 2(2): 155 -160

Jovanović, Z., Broćić, Z. and Stikić, R., 2008. Effects of partial root drying on nitrogen distribution in potato. Italian Journal of Agronomy. 3(3):337-338.

Kirda, C., Topcu, S., Kaman, H., Ulger, A.C., Yazici, A., Cetin, M., Derici, M.R., 2005. Grain yield response and N-fertilizer recovery of maize under deficit irrigation. Field Crops Research.93: 132-141.

Oweis, T., Hachum, A. and Pala, M. 2004a. Water use efficiency of winter-sownchickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 66: 163-179.

Oweis, T., Hachum, A. and Pala, M. 2004b. Lentil production under supplementalirrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 68: 251-256.

Posadas, A., Rojas, G., Malaga, M., Mares, V. and Quiroz, R. 2008. Partial root-zone drying: An alternative irrigation management to improve the water use efficiency of potato crops. ISBN 978-92-9060-360-3. Production Systems and the Environment Division Working Paper No. 2008-2

Schlemmer, M.R, Francis, D.D., Shanahan, J.F., and Schepers, J.S., 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy journal. 97(1):106-112.

Yavuz, N., Ciftci, N. and D. Yavuz. 2016. The effects of deficit irrigation on yield of sunflower. IV. International Chemical Engineering and Technologies Conference. November 2016, İstanbul.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 19, Agu.-Sep. 2025, p. 383-393

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۹، مرداد - شهریور ۱۴۰۴، ص. ۳۹۳-۳۸۳

Study of Different Planting Structures and Deficit Irrigation in Drip Irrigation System on Yield and Water Productivity of Sunflower

A. Ghadami Firouzabadi[*1] and M. Yazdandoost[2]
Recived: Mar.05, 2025 Accepted: May.06, 2025

Abstract:

This study was conducted to investigate the effect of different planting arrangements and water levels on sunflower. Three irrigation levels and four planting arrangement were studied as a split plot in a randomized complete block design with 3 replications in the Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamadan province from 2020 for two years. Irrigation levels (including: 70, 85 and 100% of water requirement) and planting arrangement (including: 1- 60 cm distance between planting rows and plant spacing on 20 cm planting lines by assigning a drip irrigation tape to each row. 2- Distance of 45 cm of planting rows and distance of plant on planting lines 25 cm by assigning a drip irrigation strip to each row. 3- Distance of 30 cm of planting rows and distance of plant on planting lines 30 cm by allocating a drip irrigation strip between two planting rows in one row Intermediate (Fixed PRD irrigation). 4- Arrangement of 80-20 (Planting plants with a distance of 30 cm on planting lines) Distance of planting rows on one side 20 cm and on the other side 80 cm and allocating a drip irrigation tape between two rows of close planting Together were examined. Water levels were the main factor and planting arrangements were the secondary factor. The highest yield was obtained from 100% water requirement irrigation (3007 Kg/ha) which was not significantly different from 85% water requirement treatment (2700 Kg/ha,). the water productivity in 100, 85 and 70% of water requirement, was equal to 0.46, 0.46 and 0.47 kg/m^3, respectively. According to the results, the 85% water requirement treatment, which caused an average reduction of 12% in water consumption, and in terms of grain yield, there was no significant difference with full irrigation, increases water productivity and can be recommended.

Keywords: Biological yield, Deficit irrigation, Harvest index

1- Associate Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
2- Assistant Professor Seed and Plant Certification and Registration Department., Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author:aghadami@gmail.com)