



## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

صفحه‌های ۶۷-۵۵

# بررسی روش‌های مختلف آبیاری و مدیریت آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه

هوشنگ قمرنیا\*<sup>۱</sup>، حدیث خسروی<sup>۲</sup>، زهرا جلیلی<sup>۳</sup>، صحبت‌اله بهرامی‌نژاد<sup>۴</sup>

۱. دانشیار گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
۲. کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
۳. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
۴. دانشیار گروه زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۴

### چکیده

در این پژوهش، روش‌های آبیاری قطره‌ای تیپ (سطحی و زیرسطحی) و شیاری روی عملکرد دانه، میزان روغن و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه بررسی شد. در این زمینه، آزمایشی در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار برای بررسی اثر روش‌های مختلف آبیاری بر تمامی پارامترهای این گیاه انجام گرفت. تیمارها شامل سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) و آبیاری شیاری (جوی و پشته‌ای) هم در این آزمایش به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین درصد روغن، به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ زیرسطحی و ۵۰ درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ سطحی، به میزان ۳۰/۶ و ۲۹/۲ بود. بیشترین و کمترین متوسط کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه، به ترتیب با ۱/۶۷ و ۰/۹۶ کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر بود که در تیمارهای ۵۰ درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ زیرسطحی و آبیاری شیاری مشاهده شد. نتایج نشان داد که با کاربرد سیستم آبیاری تیپ زیرسطحی و صرفه‌جویی ۵۰ درصد در میزان آب آبیاری مورد نیاز سیاه‌دانه، می‌توان بیشترین کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه را به دست آورد.

**کلیدواژه‌ها:** آبیاری سطحی، آبیاری زیرسطحی، عملکرد دانه، کارایی مصرف آب، کم‌آبیاری.

## مقدمه

تنش‌های محیطی، مهم‌ترین عامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در جهان‌اند. در نبود تنش‌های محیطی، عملکردهای واقعی باید برابر با عملکردهای پتانسیل گیاهان باشد؛ درحالی‌که در بسیاری از گیاهان زراعی، متوسط عملکرد گیاهان، ۱۰ تا ۲۰ درصد کمتر از پتانسیل عملکرد آنان است (۸). استفاده از رژیم‌های کم آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به عنوان نوعی مدیریت آب در مزرعه، به افزایش سطح زیر کشت و تعیین الگوی کشت بهینه کمک کند. براساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن توسعه‌یافته، ۶/۶ درصد از مساحت ایران را مناطق خشک و ۱/۲۰ درصد از آن را مناطق نیمه خشک تشکیل داده است؛ بنابراین، ایران کشوری است که بخش عظیمی از گستره آن (نزدیک به ۸۵ درصد) را نواحی خشک و نیمه‌خشک در بر می‌گیرد. وجود چنین شرایطی، مشکل کم آبی و حاکم شدن شرایط تنش رطوبتی را در مزارع کشور تشدید می‌کند. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب و دسترسی به آن در زمان‌های حساس رشد گیاهان زراعی، مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد اقتصادی است (۱۲).

نگاهی به چهل سال آمار هواشناسی، گویای آن است که پراکنش بارش در این نواحی، عمدتاً در پاییز، زمستان و ابتدای بهار محقق می‌گردد (۱۳). بنابراین، کاهش رطوبت خاک در اثر نبود بارش و افزایش ناگهانی دما در دوره پرشدن دانه در گیاهان مختلف، از عوامل مهم کاهش عملکرد در این نواحی محسوب می‌شود؛ چراکه مرحله پرشدن دانه، اغلب با وقوع تنش خشکی همراه است. سیاه‌دانه<sup>۱</sup> گیاهی دارویی و متعلق به خانواده آلاله است. این گیاه، دولپه، علفی و یک‌ساله است و ساقه و ریشه

راست و منشعب دارد (۴). سیاه‌دانه یکی از گیاهان دارویی است که در بعضی از نقاط ایران به صورت خودرو وجود دارد و در برخی نقاط دیگر، به صورت زراعی کشت و کار می‌شود و مصارف گسترده‌ای در صنایع غذایی و دارویی کشور دارد (۱). این گیاه در هند، مصر، خاورمیانه و اقصی نقاط ایران کشت می‌شود (۶). این گیاه، بومی اروپای جنوبی، آفریقای شمالی و آسیاست و مصری‌های باستان و پزشکان یونانی، از آن برای درمان سردرد، احتقان بینی، آسم، آلرژی، تقویت سیستم ایمنی، درد دندان، کرم‌های روده‌ای و افزایش تولید شیر استفاده می‌کردند (۱۹). امروزه تحقیقات زیادی در مورد محتویات دانه این گیاه و مصارف دارویی آن انجام شده است. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که سیاه‌دانه، توانایی تحمل تنش خشکی را دارد (۱۰).

نتایج بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول و ارتفاع بوته، تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری است و بیشترین مقادیر این پارامترها در رژیم آبیاری کامل مشاهده شد (۱۱). نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه، کلروفیل و غلظت عناصر معدنی در گیاه دارویی سیاه‌دانه نشان داد که تنش خشکی، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و درصد اسانس سیاه‌دانه دارد (۲). به‌منظور تعیین تأثیر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بوته بر خصوصیات کیفی گیاه دارویی سیاه‌دانه، آزمایشی در قالب سه سطح فواصل آبیاری با پنج سطح تراکم انجام شد. نتایج نشان داد که فواصل آبیاری، اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، درصد روغن، درصد اسانس، عملکرد روغن و عملکرد اسانس دارد و افزایش فواصل آبیاری، عملکرد روغن و اسانس سیاه‌دانه را کاهش داد (۷). همچنین، با توجه به آزمایشی که روی گیاه گشنیز انجام شد، تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، وزن خشک، وزن ریشه و وزن مقدار اسانس تولیدی گشنیز می‌شود (۱۸).

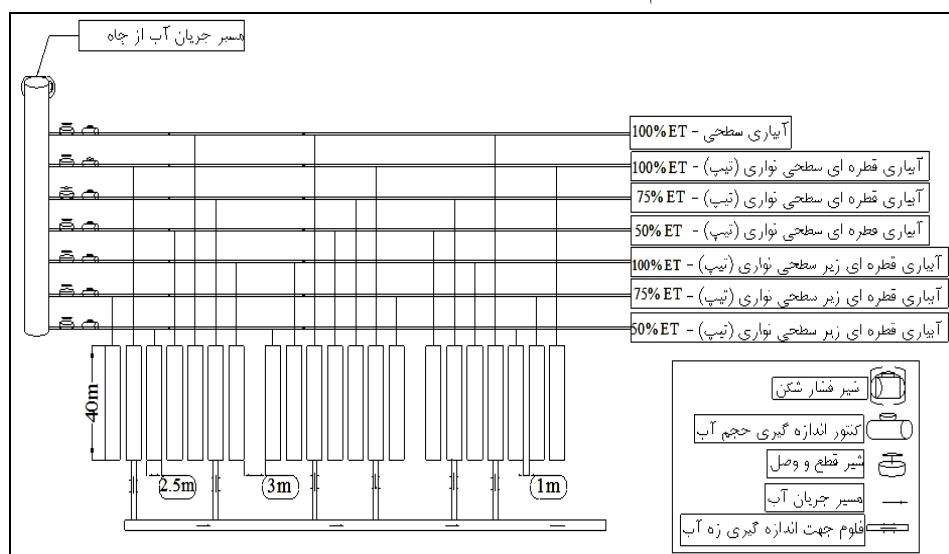
1. *Nigella sativa* L

طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۱۹ متری از سطح دریا واقع شده است. به منظور ارزیابی روش آبیاری قطره‌ای تیپ (سطحی و زیرسطحی) در سطوح مختلف آبیاری روی گیاه سیاهدانه در مقایسه با روش آبیاری شیاری (جوی و پشته‌ای)، مزرعه آزمایشی با سه تکرار برای اجرای تیمارهای آبیاری مهیا گردید. به منظور ارزیابی روش آبیاری قطره‌ای تیپ در سطوح مختلف کم آبیاری روی گیاه سیاهدانه، مزرعه به پلات‌هایی به ابعاد ۴۰ متر طول و ۲/۵ متر عرض با شش ردیف کشت تقسیم شد. فاصله بین تیمارهای مختلف از هم و بین تکرارها، به ترتیب ۱ و ۳ متر در نظر گرفته شد. این آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای در نظر گرفته شده شامل سه سطح آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بودند که به صورت نوارهای تیپ سطحی و زیرسطحی قرار گرفتند. در ضمن، به منظور بررسی و مقایسه این نوع روش‌های آبیاری مدرن، تیمار آبیاری شیاری (جوی و پشته‌ای) در سه تکرار به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. شکل ۱، نمایی از نحوه جانمایی تیمارها و روش‌های بیان شده را نشان می‌دهد.

بررسی‌ها نشان می‌دهند تاکنون در هیچ مرجعی در رابطه با تأثیر روش‌های مختلف آبیاری قطره‌ای تیپ سطحی و زیرسطحی (با لحاظ آبیاری کامل و کم آبیاری) و آبیاری سطحی شیاری (جوی و پشته‌ای) بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیاهدانه تحقیقی صورت نپذیرفته است و اطلاعاتی در رابطه با واکنش این گیاه در نتیجه استفاده از روش‌های مختلف آبیاری در دست نیست. بنابراین، در این تحقیق، با توجه به تبلیغات وسیع واحد ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه مبنی بر توسعه گیاهان دارویی در اقصی نقاط استان، علاقه و تمایل کشاورزان به کاشت این گیاه دارویی و لزوم توسعه و ترویج روش‌های نوین آبیاری در زمینه استفاده، بهره‌وری و صرفه‌جویی از منابع آب موجود، اثر روش‌های مختلف آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در حالت‌های مختلف شامل آبیاری کامل و کم آبیاری بر عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه بررسی و تجزیه و تحلیل شده است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش، طی سال‌های زراعی ۸۷-۸۸ و ۸۸-۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد که در



شکل ۱. نمایی از جانمایی روش‌های مختلف آبیاری (بدون مقیاس)

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

۲۲ و ۲۴ اسفند، به مقدار چهار کیلوگرم در هکتار (۶۶۶۶۷ بوته در هکتار) کاشته شد. برای کنترل علف‌های هرز در طی فصل رشد، به دفعات لازم وجین دستی انجام گرفت. برای اندازه‌گیری میزان آب آبیاری در روش‌های مختلف گفته‌شده و تیمارهای اعمال‌شده، کتورهای حجمی در سر راه لوله‌های ورودی به مزرعه قرار داده شدند. نوارهای تیپ به وسیله رایزر به لوله‌های فرعی وصل شدند. در ضمن، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در اعماق مختلف و آب آبیاری استفاده‌شده، در جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.

در این تحقیق، بعد از عملیات آماده‌سازی زمین، نوارهای تیپ سطحی در کنار هر ردیف کاشته و نوارهای تیپ زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک قرار داده شدند. کودپاشی به صورت دستی و براساس توصیه آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده، پس از برداشت خاک زراعی و انجام آزمایش‌های مربوطه قبل از انجام کاشت، شامل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود که در یک نوبت و بعد از عملیات شخم‌زنی، با دست به زمین داده شد. سپس، به کمک دیسک و ماله در خاک مدفون گردید. دانه‌های سیاه‌دانه، به ترتیب در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸، در

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه مورد مطالعه

عمق خاک (سانتی‌متر)	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی (%)	اسیدیته	ماسه (%)	رس (%)	سیلت (%)	بافت خاک
۰-۲۰	۳۰	۱۴	۷/۳	۳/۷	۴۲/۳	۴۵	رس سیلتی
۲۰-۴۰	۳۱	۱۴	۷/۳	۳/۵	۴۴/۱	۴۳/۷	
۴۰-۶۰	۲۹	۱۳	۷/۲	۴/۲	۴۰/۳	۴۶/۵	
۶۰-۸۰	۳۰	۱۵	۷/۲	۶/۱	۳۵/۸	۵۰/۳	

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

روی	آهن	منیزیم	کربن	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	شوری	اسیدیته
(میلی‌اکی والان بر لیتر)	(میلی‌اکی والان بر لیتر)	(میلی‌اکی والان بر لیتر)	آلی (%)	(میلی‌اکی والان بر لیتر)	(میلی‌اکی والان بر لیتر)	(دسی زیمنس بر متر)	(میلی‌اکی والان بر لیتر)
۱/۳۶	۱۱/۹	۷/۸	۱/۳۸	۴۴۰	۲۶	۱/۰۰	۷/۳

جدول ۳. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب

مجموع املاح محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	شوری (دسی اسیدیته زیمنس بر متر)	کاتیون‌ها (میلی‌گرم بر لیتر)			آنیون‌ها (میلی‌گرم بر لیتر)						
		نسبت جذب سدیم	مجموع کاتیون‌ها	کلسیم سدیم	مجموع آنیون‌ها	سولفات	کلر	بی‌کربنات	کربنات		
۶۴۰	۷/۱	۰/۶۰	۰/۵۴	۹/۲۳	۱/۰۸	۸/۱۵	۹/۲۳	۱/۱۸	۱/۹	۶/۱۵	۰/۰

### مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

آبیاری شیاری (جوی و پشته‌ای)، مقادیر رواناب با نصب فلوم در انتهای شیارها اندازه‌گیری و در محاسبات تعیین میزان تبخیر و تعرق لحاظ گردید. بنابراین، در این تحقیق برای محاسبه میزان تبخیر و تعرق از رابطه<sup>۳</sup> استفاده شد (۱۳):

$$ET(mm) = I(mm) \pm ds(mm) \quad (3)$$

شایان توضیح است که در این تحقیق، نیاز آبی گیاه، هم‌زمان با رشد آن و به‌صورت روزانه اندازه‌گیری و مقدار آب مصرفی در تیمارهای مختلف تعیین شد. سپس، بعد از لحاظ تنش‌های ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی محاسبه و هنگامی که ۱۰ درصد گل‌ها در مزرعه ظاهر شد، اعمال گردید. علت در نظر گرفتن این زمان برای اعمال تنش این بود که گیاه در طول دوره رشد ابتدایی، حداکثر استفاده را از بارندگی می‌کند. تنش در مرحله‌ای اعمال شد که بارندگی وجود نداشت و نیاز آبی گیاه در حال افزایش بود. بدین طریق، حداکثر صرفه‌جویی لازم در مصرف آب صورت گرفت و عملکرد در این شرایط سنجیده شد. رطوبت خاک هم یک روز قبل از شروع آبیاری از عمق ریشه با نمونه‌برداری تعیین شد. در این رابطه، کل نمونه‌های خاک بعد از وزن کردن در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برای ۲۴ ساعت قرار داده شد و رطوبت خاک محاسبه شد. در نهایت، به‌منظور نمونه‌برداری از تیمارهای مختلف، سطحی معادل دو متر در یک متر (معادل دو مترمربع) به‌صورت دستی برداشت شد و پارامترهای مختلف گیاهی نظیر تعداد فولیکول در بوته، ارتفاع بوته، تعداد دانه در فولیکول، تعداد بوته در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد بذر، عملکرد کل، عملکرد بیولوژیک (کل وزن گیاه بدون دانه)، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب و میزان روغن (درصد) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه پارامترهای شاخص برداشت و کارایی مصرف آب، به ترتیب از معادلات ۴ و ۵ استفاده شد (۱۴ و ۱۵):

در این آزمایش، برای محاسبه میزان آب آبیاری از معادله آلن و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد:

(۱)

$$I(mm) = Epan(mm) \times Kp \times Kc \times A(m^2)$$

در معادله<sup>۱</sup>، I میزان آب آبیاری، Epan میزان تبخیر از تشتک کلاس A، Kp ضریب تشتک و Kc ضریب گیاهی است. در طول دوره آزمایش، مقادیر ضریب تشتک تبخیر و ضریب گیاهی، به ترتیب معادل ۰/۷۷ و ۰/۹ در نظر گرفته شدند (۹). همچنین در این آزمایش، میزان تبخیر و تعرق از معادله<sup>۲</sup> محاسبه شد:

$$ET(mm) = I + P - Dr - Rf \pm ds \quad (2)$$

در معادله<sup>۲</sup>، ET میزان تبخیر و تعرق برحسب میلی‌متر، I میزان آب آبیاری در طول دوره رشد، P باران مؤثر، Dr مقدار آب زهکشی، Rf رواناب و ds میزان تغییر رطوبت حجمی است. مقادیر استفاده از آب زیرزمینی به علت پایین بودن سطح سفره آب زیرزمینی و کوتاه بودن ریشه گیاه سیاه‌دانه، حتی در بالاترین حد رشد خود صفر در نظر گرفته شد. نیاز آبی شویی به علت مناسب بودن آب آبیاری صفر در نظر گرفته شد. زمان آبیاری طبق خصوصیات گیاه و شرایط خاک، زمانی انجام شد که رطوبت خاک به ۲۰ درصد حجمی رسیده باشد. در ضمن، با توجه به اینکه مقادیر باران مؤثر، مقدار آب زهکشی و رواناب تولیدشده (در آبیاری قطره‌ای تیپ سطحی و زیرسطحی) ناچیزند، صفر در نظر گرفته شدند. در روش

1. Irrigation
2. Pan Evapotranspiration
3. K Pan
4. KCrop
5. Evapotranspiration
6. Effective Rainfall
7. Drainage
8. Rainfall
9. Volumetric Water Content

بیشترین و ۲۳/۸۵ کمترین عدد، به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی به دست آمد. حداکثر و حداقل تعداد فولیکول در بوته با ۲۶ و ۲۰/۵ عدد، به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری سطحی و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی به دست آمد. همچنین بیشترین و کمترین تعداد دانه در فولیکول، مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش آبیاری سطحی و تیپ زیرسطحی با ۴۴/۲ و ۴۳/۱ به دست آمد. در ضمن، وزن هزار دانه با بیشترین و کمترین مقادیر ۲/۵۷ و ۲/۴۷ گرم، به ترتیب برای تیپ سطحی ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل گردید. همچنین بیشترین و کمترین میانگین دانه رشد کرده در فولیکول‌های گیاه سیاه‌دانه در طی دو سال کشت، به ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری شیاری (۴۴ عدد) و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۴۳ عدد) به دست آمد.

بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در سال اول کاشت گیاه سیاه‌دانه، به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۱۲۰۰ و ۸۷۲/۶ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم کاشت، به ترتیب در تیمارهای آبیاری شیاری و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۱۱۸۷/۴ و ۸۴۶/۱ کیلوگرم بر هکتار) مشاهده شد.

در سال اول و دوم کاشت، حداکثر و حداقل عملکرد کل، مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۲۰۴۱ و ۲۰۳۳/۲ کیلوگرم بر هکتار) و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۱۴۵۵ و ۱۴۳۲ کیلوگرم در هکتار) بود. روند شاخص برداشت، به ترتیب ۴۶ و ۳۸ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و آبیاری شیاری در دو سال انجام آزمایش مشاهده شد.

$$HI = \frac{Y(\text{kg / ha})}{Ps(\text{kg / ha}) + Y} \quad (4)$$

$$WUE = \frac{\text{Seed.Yield}(\text{kg/ha})}{\text{Irrigation.water.applied}(\text{mm})} \quad (5)$$

در معادلات ۴ و ۵، Y عملکرد دانه، I میزان آب مصرفی در طول دوره رشد و Ps عملکرد کاه و کلش است. در ادامه، نتایج به وسیله نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح  $P < 0/05$  صورت گرفت. همچنین، برای تعیین میزان و درصد روغن هر تیمار، پس از خشک کردن، دانه‌های مربوطه در هوای آزاد وزن شده و با ترازوی با دقت ۰/۱ اندازه‌گیری گردید. در مرحله بعد، ۱۰۰ گرم دانه از هر تیمار انتخاب و آسیاب شد. در نهایت، ۵ گرم نمونه از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب و با استفاده از دستگاه سوکسله، میزان و درصد روغن آن اندازه‌گیری شد.

### یافته‌ها

در جداول ۴ و ۵، اثر روش‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات مرفولوژیک گیاه سیاه‌دانه نشان داده شده است. در این آزمایش، روش‌های مختلف آبیاری (تیپ سطحی و زیرسطحی با اعمال کم آبیاری و آبیاری معمول) بر خصوصیات مرفولوژیک گیاه سیاه‌دانه در سطح احتمال ( $P < 0/05$ ) بررسی شد. نتایج نشان دهنده آن است که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج دوساله طرح نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع متوسط بوته با ۳۶/۳ و ۳۲/۴ سانتی‌متر، به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی بود. تعداد بوته در واحد سطح با ۲۴/۵

1. Seed Yield
2. Straw Yield

### مدیریت آب و آبیاری

بررسی روش‌های مختلف آبیاری و مدیریت آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه

جدول ۴. اثر تیمارهای آبیاری بر تعدادی از صفات سیاه‌دانه سال ۸۸-۸۷

رژیم آبیاری	ارتفاع (سانتی‌متر)	بوته در واحد سطح (مترمربع)	فولیکول در بوته	دانه در فولیکول	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (کیلوگرم در هکتار)	روغن (%)
تیپ سطحی									
٪ ۵۰	۳۳/۶ d	۲۴/۳ a	۲۰/۲ b	۴۳/۱ a	۲/۴۴ a	۸۸۳/۶ d	۱۴۷۶ c	۴۰ b	۲۹/۲ b
٪ ۷۵	۳۳/۹ cd	۲۴/۴ a	۲۰/۷ b	۴۳/۴ a	۲/۵۰ a	۱۰۰۸/۴ c	۱۷۴۷ b	۴۲ b	۲۹/۷ b
٪ ۱۰۰	۳۶/۰ a	۲۴/۵ a	۲۵/۰ a	۴۳/۷ a	۲/۵۷ a	۱۰۵۳ bc	۱۹۶۰/۵ ab	۴۶ a	۳۰/۵ a
تیپ زیرسطحی									
٪ ۵۰	۳۳/۷ d	۲۴/۱ a	۲۰/۰ b	۴۳/۱ a	۲/۵۱ a	۸۷۲/۶ d	۱۴۵۵ c	۴۰ b	۲۹/۳ b
٪ ۷۵	۳۴/۱ cd	۲۴/۲ a	۲۲/۷ ab	۴۳/۱ a	۲/۵۸ a	۱۰۲۶ c	۱۷۷۵ b	۴۲ b	۳۰/۱ a
٪ ۱۰۰	۳۶/۱ a	۲۴/۳ a	۲۵/۲ a	۴۳/۹ a	۲/۶۱ a	۱۲۰۰ a	۲۰۴۱ a	۴۵ a	۳۰/۶ a
آبیاری شیاری									
٪ ۱۰۰	۳۵/۳ ab	۲۴/۰ a	۲۵/۹ a	۴۴/۱ a	۲/۵۱ a	۱۲۱۸ a	۱۹۷۶ ab	۳۸ c	۳۰/۲ a

جدول ۵. اثر تیمارهای آبیاری بر تعدادی از صفات سیاه‌دانه سال ۸۹-۸۸

رژیم آبیاری	ارتفاع (سانتی‌متر)	بوته در واحد سطح (مترمربع)	فولیکول در بوته	دانه در فولیکول	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (کیلوگرم در هکتار)	روغن (%)
تیپ سطحی									
٪ ۵۰	۳۱/۳ c	۲۳/۴ a	۲۱/۳ c	۴۳/۲ a	۲/۴۹ a	۹۰۱/۹ d	۱۴۸۹ c	۳۹ c	۲۹/۲ b
٪ ۷۵	۳۲/۱ c	۲۴/۱ a	۲۳/۷ b	۴۳/۵ ab	۲/۵۲ a	۹۸۵/۲ c	۱۷۴۷ b	۴۴ b	۲۹/۹ b
٪ ۱۰۰	۳۵/۴ ab	۲۴/۵ a	۲۵/۴ a	۴۳/۹ ab	۲/۵۷ a	۱۰۴۵/۴ b	۱۹۳۹/۸ a	۴۶ a	۳۰/۵ a
تیپ زیرسطحی									
٪ ۵۰	۳۳/۹ b	۲۳/۹ a	۲۱/۰ c	۴۳/۱ b	۲/۴۸ a	۸۴۶/۱ d	۱۴۳۲ c	۴۱ b	۲۹/۴ b
٪ ۷۵	۳۵/۱ b	۲۴/۰ a	۲۳/۶ b	۴۳/۶ ab	۲/۵۰ a	۱۰۱۱/۱ c	۱۷۶۲ b	۴۳ b	۳۰/۱ a
٪ ۱۰۰	۳۶/۵ a	۲۴/۱ a	۲۵/۲ a	۴۴/۰ ab	۲/۵۰ a	۱۱۱۷/۲ a	۲۰۳۳/۲ a	۴۵ a	۳۰/۶ a
آبیاری شیاری									
٪ ۱۰۰	۳۶/۴ a	۲۴/۰ a	۲۶/۱ a	۴۴/۳ a	۲/۵۴ a	۱۱۸۷/۴ b	۱۹۵۲ a	۳۹ d	۳۰/۳ a

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

جدول ۶. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده گیاه سیاه‌دانه در دو سال انجام آزمایش

روغن	شاخص برداشت	عملکرد کل	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه هزار	وزن هزار	دانه در فولیکول	فولیکول دانه در	فولیکول در بوته	سطح (مترمربع)	بوته در واحد	ارتفاع	درجه آزادی	منابع تغییرات
(%)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(گرم)	دانه (گرم)	فولیکول	فولیکول	در بوته	در بوته	ارتفاع	آزادی (سانتی‌متر)	منابع تغییرات
سال ۸۷-۸۸													
۱/۵۲	۳۳/۶۳	۹۸/۰۱	۱۵/۲۵	۱۲/۴۱	۳۷/۷۷	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۷۶	۲	تکرار
۰/۱۳۸	۲۹۲/۳۷	۵۴۲	۱۴۸/۲۴	۳۱/۱۵	۲۶۹/۸۵	۹۵/۸۲	۹/۹۷	۹/۹۷	۹/۹۷	۹/۹۷	۱۹/۴۹	۲	روش آبیاری
۳/۲۱	۱۴۵/۵۲	۳۲۴	۱۰۴/۱۴	۹۲/۹۴	۱۴۶/۲۳	۲۶/۲۳	۵/۱۳	۵/۱۳	۵/۱۳	۵/۱۳	۴/۶۳	۲	نیاز آبی
۰/۰۱۱	۸۶/۵	۷۵/۸۹	۴۲/۲۵	۱۵/۶۸	۳۹/۴۱	۲/۹۱	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۱۰/۳۳	۴	روش آبیاری × نیاز آبی
۱/۹۲	۱۳/۴۱	۲۹/۶۰	۴۵/۲۱	۲۵/۱۲	۱۴/۳۰	۱/۸۲	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۹	۲۶	خطا
۳/۹۲	۸/۴۱	۱۱/۵۰	۵/۰۹	۱۰/۰۶	۱۱/۸۲	۱۷/۵۲	۱۶/۷۹	۱۶/۷۹	۱۶/۷۹	۱۶/۷۹	۱۲/۰۴	-	ضریب تغییرات
سال ۸۸-۸۹													
۲/۱۳	۳۷/۱۲	۹۹/۵۵	۱۵/۳۲	۱۸/۹۲	۳۲/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۹۲	۲	تکرار
۱/۲۱	۴۱۵/۳۶	۷۲۵	۲۱۴/۶۰	۳۶/۹۵	۳۷۱/۵	۱۰۰/۱	۱۳/۰۴	۱۳/۰۴	۱۳/۰۴	۱۳/۰۴	۲۵/۱۹	۲	روش آبیاری
۸/۴۹	۱۵۰/۵۲	۴۰۰	۱۳۲/۷۴	۱۰۱/۶۲	۱۵۰/۸۶	۳۰/۲۳	۶/۱۲	۶/۱۲	۶/۱۲	۶/۱۲	۱۰/۱۵	۲	نیاز آبی
۰/۱۲۵	۹۰	۸۲/۱۶	۴۳/۰۶	۲۱/۱۲	۴۰/۳۳	۳/۱۴	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۱۱/۲۱	۴	روش آبیاری × نیاز آبی
۲/۰۱	۱۵/۶۶	۳۰/۰۹	۴۳/۱۴	۳۰/۸	۲۰/۱۰	۳/۱۳	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۱/۲۱	۲۶	خطا
۳/۸۸	۹/۲۰	۱۳/۵۶	۱۰/۱۷	۱۱/۰۴	۱۴/۳۴	۱۸/۹۲	۱۰/۵۲	۱۰/۵۲	۱۰/۵۲	۱۰/۵۲	۱۳/۳۳	-	ضریب تغییرات

NS=معنی‌دار نیست

\*=معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد خطا

\*\*=معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد خطا



بررسی روش‌های مختلف آبیاری و مدیریت آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه

جدول ۷. اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد بذر و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه در سال ۸۸-۸۷

تیمارهای آبیاری	میزان آب مصرفی (میلی‌متر)	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)
تیپ سطحی ۵۰٪	۳۸۱/۴	۵۹۲/۷ c	۱/۵۵ a
تیپ سطحی ۷۵٪	۵۷۲/۱	۷۳۸/۹ b	۱/۲۹ c
تیپ سطحی ۱۰۰٪	۶۸۶/۵	۹۰۷/۳ a	۱/۳۲ c
تیپ زیرسطحی ۵۰٪	۳۶۱/۳	۵۸۲/۲ c	۱/۶۱ a
تیپ زیرسطحی ۷۵٪	۵۴۲/۰	۷۴۹/۱ b	۱/۳۸ b
تیپ زیرسطحی ۱۰۰٪	۶۵۰/۴	۹۲۱/۰ a	۱/۴۲ b
آبیاری سطحی (شبیاری)	۸۵۸/۲	۷۵۷/۹ b	۰/۸۸ d

جدول ۸. خلاصه آماری و سطوح معنی‌داری آنالیز واریانس برای تیمارهای مختلف آبیاری در سال ۸۸-۸۷

منبع تغییرات	درجه آزادی	میزان آب مصرفی (میلی‌متر)	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)
تکرار	۲	۲۳/۸۳**	۳/۲۸**	۰/۰۳۴**
نیاز آبی (فاکتور A)	۲	۳۰۴۳/۴**	۳۸۰/۵**	۰/۱۳۵**
روش‌های آبیاری (فاکتور B)	۲	۴۲۹۲/۱**	۴۸۸/۶**	۰/۰۱۷**
AB	۴	۳۵/۹**	۴/۲*	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>
خطا	۱۶	۰/۶۱	۰/۱۵۴	۰/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۵۱	۲/۲۶	۲/۴

ns = معنی‌دار نیست

\*\* = معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

\*\*\* = معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد، اختلاف معنی‌داری را نشان داده است.

مقدار آب مصرفی تیمارهای مختلف طی دو سال آزمایش، در جداول ۷ و ۹ نشان داده شده است. اختلاف میزان آب مصرفی در سال‌های مختلف، به دلیل تغییرات شرایط آب‌وهوا است. میزان مصرف آب در تیمار آبیاری سطحی در سال‌های اول و دوم، به ترتیب ۸۵۸/۲ و ۷۴۲/۸ میلی‌متر، بیشترین مقدار و در تیمار تیپ زیرسطحی ۵۰ درصد با ۳۶۱/۳ و ۳۱۲/۸ میلی‌متر، کمترین مقدار بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب

حداکثر درصد روغن در دو سال آزمایش، مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و حداقل به میزان ۳۰/۶ مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی به میزان ۲۹/۲ درصد به دست آمد. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، صفات اندازه‌گیری شده گیاه دارویی سیاه‌دانه نظیر ارتفاع بوته، تعداد بوته در واحد سطح، تعداد فولیکول در بوته و دانه در فولیکول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کل، شاخص برداشت و درصد روغن، از نظر آماری از روش آب و نیاز آبی تأثیر پذیرفته است. همچنین اثر

### مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

براساس نتایج جداول ۷ و ۹، بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه در دو سال انجام تحقیق، به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی بود که بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر در سال ۸۷-۸۸، به ترتیب ۹۲۱/۰ و ۵۸۲/۲ کیلوگرم در هکتار و در سال ۸۸-۸۹، این مقادیر به ترتیب ۹۱۶/۰ و ۵۸۵/۷ کیلوگرم در هکتار بود.

در سال‌های زراعی ۸۷-۸۸ و ۸۸-۸۹، مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی است که این پارامتر به ترتیب ۱/۶۱ و ۱/۸۷ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر بود. همچنین کمترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار آبیاری شیاری برای دو سال زراعی ۸۷-۸۸ و ۸۸-۸۹، به ترتیب ۰/۸۸ و ۱/۰۳ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر به دست آمد. جداول ۸ و ۱۰ نیز معنی‌داری روابط بین میزان مصرف آب، عملکرد بذر و در نهایت، کارایی مصرف آب را در سطح ۱ درصد در هر دو سال آزمایش را نشان می‌دهند.

جدول ۹. اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد بذر و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه در سال ۸۸-۸۹

تیمارهای آبیاری	میزان آب مصرفی (میلی‌متر)	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)
تیپ سطحی ۵۰٪	۳۳۰/۱	۵۸۶/۷ c	۱/۷۸ a
تیپ سطحی ۷۵٪	۴۹۵/۲	۷۶۱/۴ b	۱/۵۴ c
تیپ سطحی ۱۰۰٪	۵۹۴/۳	۸۹۴/۴ a	۱/۵۱ c
تیپ زیرسطحی ۵۰٪	۳۱۲/۸	۵۸۵/۷ c	۱/۸۷ a
تیپ زیرسطحی ۷۵٪	۴۶۹/۲	۷۵۱/۳ b	۱/۶۱ b
تیپ زیرسطحی ۱۰۰٪	۵۶۳/۰	۹۱۶/۰ a	۱/۶۳ b
آبیاری سطحی (شیاری)	۷۴۲/۸	۷۶۵/۱ b	۱/۰۳ d

جدول ۱۰. خلاصه آماری و سطوح معنی‌داری آنالیز واریانس برای تیمارهای مختلف آبیاری در سال ۸۸-۸۹

منبع تغییرات	درجه آزادی	میزان آب مصرفی (میلی‌متر)	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)
تکرار	۲	۳۵/۵۵**	۴/۸۹**	۰/۱۰۵**
نیاز آبی (فاکتور A)	۲	۴۱۵۲/۸**	۴۵۰/۲**	۰/۴۲**
روش‌های آبیاری (فاکتور B)	۲	۵۲۹۸/۵**	۵۶۶/۹**	۰/۲۷**
AB	۴	۵۴/۷**	۷/۵*	۰/۱۴ <sup>ns</sup>
خطا	۱۶	۱/۱۲	۱/۹۵	۰/۰۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۳۲	۴/۱۵	۳/۴۱

ns = معنی‌دار نیست

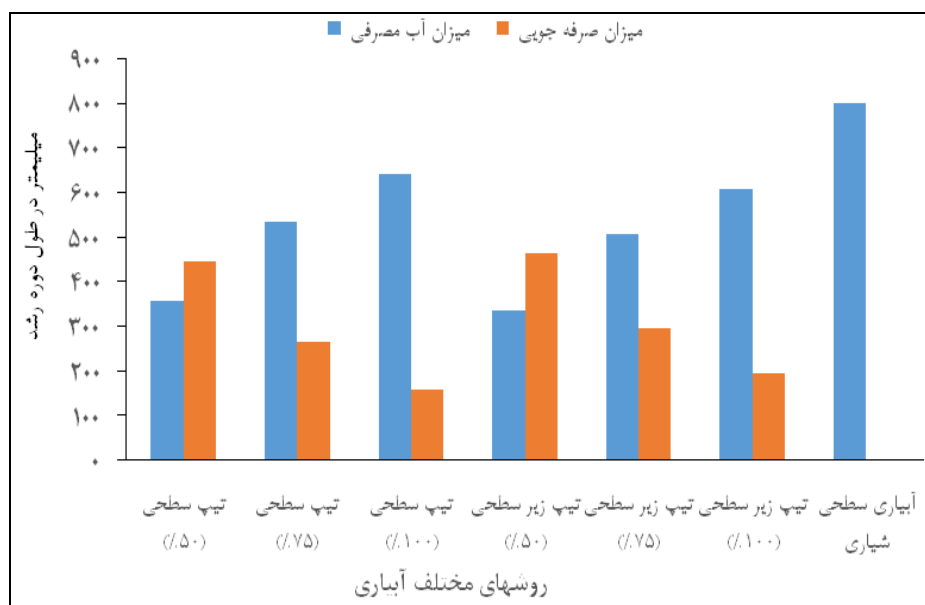
\*\* = معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

\*\*\* = معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

## بررسی روش‌های مختلف آبیاری و مدیریت آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیاهدانه



شکل ۲. متوسط میزان صرفه‌جویی و مصرفی آب در دوره رشد سیاهدانه

۵۰ درصد در میزان آب آبیاری مورد نیاز سیاهدانه، می‌توان بیشترین کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه را به دست آورد.

### نتیجه‌گیری

بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد تاکنون نظیر چنین تحقیقی انجام نشده است که شامل بررسی روش‌های مختلف آبیاری مدرن با لحاظ آبیاری کامل و کمبود آبیاری و مقایسه آن با آبیاری سنتی (شیاری) بر روی پارامترهای مختلف گیاه سیاهدانه باشد تا بتوان نتایج را با هم مقایسه کرد. با این وجود، اثرهای تنش بر روی تمامی پارامترهای گیاهی سیاهدانه که در این تحقیق گزارش شده‌اند، مطابق با نتایج ارائه شده برای سیاهدانه (۱۶، ۱۰، ۲) و گشنیز (۱۸، ۱۷) بوده است. همچنین روند نتایج این تحقیق با نتایج گزارش شده روی گیاه دارویی بادرنشینی (۵) و شورزیست کوشیا (جاروی طبیعی) (۳) مطابقت دارد. در ضمن، افزایش روند کارایی مصرف آب در اثر اعمال کم آبیاری به دست آمده در این تحقیق، با نتایج گزارش شده برای سیاهدانه (۱۶، ۱۰، ۷، ۲) و گشنیز (۱۸، ۱۷) مطابق است.

میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در تیمارهای مختلف در مقایسه با تیمار آبیاری شیاری (تیمار شاهد) در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان صرفه‌جویی آب در دو سال انجام آزمایش، مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی به دست آمد. این مقدار، ۴۶۳/۵ میلی‌متر در طول دوره رشد گیاه سیاهدانه بود (۲، ۱۰ و ۱۶). کمترین میزان صرفه‌جویی آب در طی دو سال آزمایش، مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی به مقدار ۱۶۰/۱ میلی‌متر بود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، بیشترین و کمترین درصد روغن، به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ زیرسطحی و ۵۰ درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ سطحی به میزان ۳۰/۶ و ۲۹/۲ بود. بیشترین و کمترین متوسط کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه، به ترتیب با ۱/۶۷ و ۰/۹۶ کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر بود که در تیمارهای ۵۰ درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ زیرسطحی و آبیاری شیاری مشاهده شد. نتایج نشان داد که با کاربرد سیستم آبیاری تیپ زیرسطحی و صرفه‌جویی

### مدیریت آب و آبیاری

دوره ۵ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۴

## منابع

۱. جوادی ح (۱۳۸۷) اثر تاریخ کاشت و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد سیاهدانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱(۶):۶۶-۵۹.
  ۲. حیدری م. و جهان تیغی ح (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، درصد اسانس و میزان تیموکینون گیاه دارویی سیاهدانه. مجله تنشهای محیطی در علوم زراعی.
  ۳. سلیمانی م ر، کافی م، ضیایی س، شباهنگ ج. و داوری ک (۱۳۸۷) تأثیر کم آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی بذر دو توده بومی گیاه شور زیست کوشیا در شرایط آبیاری با آب شور. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱(۵):۱۵۶-۱۴۸.
  ۴. صفر نژاد ع، علی صدر س. و حمیدی ح (۱۳۸۶) اثر تنش شوری بر خصوصیات مرفولوژی سیاهدانه. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. ۱(۱۵):۸۴-۷۵.
  ۵. صفی خانی ف، حیدری شریف‌آباد ح، سیادت س ع، شریفی عاشورآبادی ا، سید نژاد س م. و عباس زاده ب (۱۳۸۶) تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقان گیاهان دارویی و معطر ایران. ۱(۲۳):۹۹-۸۶.
  ۶. مودی ح. و راشد محصل م (۱۳۷۶) اثر تراکم گیاهی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد سیاهدانه. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات.
  ۷. نوروز پور ق. و رضوانی مقدم پ (۱۳۸۵) اثر عوامل
- کشور ما، ایران، سرزمین نسبتاً خشکی است و طبق آمار، در هر هکتار از اراضی آبی آن، به دلیل استفاده نکردن از سیستم‌های مدرن و در نتیجه، کم بودن راندمان، آبیاری حدود ۱۰۰۰ میلی متر و به عبارتی دیگر، ۱۰۰۰ مترمکعب است. بنابراین، با توجه به محدودیت منابع آب در اقصی نقاط کشور و بعضی مناطق استان کرمانشاه که به کشت گیاهان دارویی از جمله سیاهدانه اختصاص داده شده است، استفاده بهینه از آب‌های سطحی و زیرزمینی امری ضروری است و افزایش کارایی مصرف آب با استفاده و به کارگیری روش‌های مناسب، مدرن و جدید آبیاری امکان‌پذیر است. بنابراین، براساس نتایج این تحقیق در رابطه با کشت سیاهدانه به روش‌های مختلف مدرن آبیاری، توصیه می‌شود در شرایط بدون محدودیت آب، از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی، به علت داشتن بیشترین عملکرد استفاده شود. در ضمن، میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی نسبت به تیمار آبیاری سطحی در سال اول ۳۱۶/۲ و در سال دوم ۲۷۳/۷ میلی متر، به‌طور متوسط حدود ۲۹۵ میلی متر یا به عبارتی، حدود ۲۹۵ مترمکعب در هکتار است. این در حالی است که درصد روغن و عملکرد دانه در این تیمار با تیمارهای آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش آبیاری سطحی اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین، براساس نتایج می‌توان این تیمار را در مناطقی با شرایط بدون محدودیت منابع آب به‌منظور تأمین اهداف صرفه‌جویی و عملکرد بهتر از جهت تولید دانه و روغن پیشنهاد کرد. همچنین در مناطق مختلفی از اقصی نقاط کشور که در شرایط بحران شدید آب هستند، تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی، با صرفه‌جویی آبی تقریباً ۴۶۳/۵ میلی متر یا به عبارتی، ۴۶۳۵ مترمکعب در هکتار و به علت بیشترین میزان کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه سیاهدانه، توصیه می‌شود.

## مدیریت آب و آبیاری

16. Lovelli S, Perniola M, Ferrara A, Tommaso TD, 2007b. Yield response factor to water (ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agric Water Manage* 92: 73–80.
17. Ghamarnia H and Jalili Z (2013) Water stress effects on different Black cumin (*Nigella sativa* L.) components in a semi-arid region. *International journal of Agronomy and Plant Production*. 4 (3), 545-554.
18. Ghamarnia H and Daichin S (2013) Effect of different water stress regimes on different Coriander (*Coriander sativum* L.) Parameters in a semi-arid climate. *International journal of Agronomy and Plant Production*. 4 (4), 822-832.
19. Patra D, Anwar M, Saudan S, Prasad A and Singh DV (1999) Aromatic and medicinal plants for salt and 9 moisture stress conditions. *Proceeding of a Symposium Held in Indian*: 347-350.
20. Salehisurmaghi MH (2008) *Nigella Sativa*. In *Herbal Medicine and Herbal Therapy*, volum 2, Donyay Taghziah press. Tehran Iran: 216 – 219.
- مختلف آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد روغن و اسانس سیاهدانه. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی (۷۳).
8. Abaye AO, Brann DE, Alley MM and Griffey CA (1997) Winter durum wheat: do we have all the answers? *Publ.* 424-802, Virginia Tech. University, Blacksburg, VA.
9. Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M (1998) *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*.
10. Bannayan MF, Nadjafi F, Azizi M, Tabrizi L and Rastgoo M (2008) Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. *Ind. Crops Prod.* 27:11–16.
11. Bannayan M, Nadjafi F and Tabrizi L (2007) Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. *Industrial crop and products*. 83:130-134.
12. Deng XP, Shan L, Inanaga S and Inoue M (2005) Water-saving approaches for improving wheat production. *J Sci Food Agric* 85:1379–1388.
13. Karen F and Virginie G (2012) Irrigation water requirement and water withdrawal by Country, 8 p. AQUASTAT FAO information system on water and agriculture [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use\\_agr/index3.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/index3.stm).
14. Koch K (2004) Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. *Current Opinion in Plant Biology* 7: 235–246.
15. Lovelli S, Perniola M, Ferrara A, Tommaso TD, 2007a. Yield response factor to water (ky) and water use efficiency of (*Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L.). *J Agric Water Manage* 92: 73–80.