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*[۱]، حدیث خسروی[۲]، زهرا جلیلی[۳]، صحبت‌اله بهرامی‌نژاد[۴]

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 وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

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 ۱۰۰درصد 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، به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ زیرسطحی و ۵۰درصد 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، به‌ترتیب با ۱/۶۷ و ۰/۹۶ کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر بود که در تیمارهای ۵۰درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ زیرسطحی و آبیاری شیاری مشاهده شد. نتایج نشان داد که با کاربرد سیستم آبیاری تیپ زیرسطحی و صرفه‌جویی ۵۰درصد 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.

* نویسنده مسئول Email: hghamarnia@razi.ac.ir

مقدمه

تنش‌های محیطی، مهم‌ترین عامل کاهش‌دهندهٔ 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 ۲۰درصد کمتر از پتانسیل عملکرد آنان است (۸). استفاده از رژیم‌های کم‌آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به‌عنوان نوعی مدیریت آب در مزرعه، به افزایش سطح زیر کشت و تعیین الگوی کشت بهینه کمک کند. براساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن توسعه‌یافته، ۶۴/۶درصد از مساحت ایران را مناطق خشک و ۲۰/۱درصد از آن را مناطق نیمه خشک تشکیل داده است؛ بنابراین، ایران کشوری است که بخش عظیمی از گسترهٔ آن (نزدیک به ۸۵درصد) را نواحی خشک و نیمه‌خشک در بر می‌گیرد. وجود چنین شرایطی، مشکل کم‌آبی و حاکم‌شدن 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 محدودکنندهٔ 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 دورهٔ پرشدن دانه در گیاهان مختلف، از عوامل مهم کاهش عملکرد در این نواحی محسوب می‌شود؛ چراکه مرحلهٔ پرشدن دانه، اغلب با وقوع تنش خشکی همراه است.

سیاه‌دانه[1] گیاهی دارویی و متعلق به خانوادهٔ آلاله است. این گیاه، دولپه، علفی و یک‌ساله است و ساقه و ریشهٔ راست و منشعب دارد (۴). سیاه دانه یکی از گیاهان دارویی است که در بعضی از نقاط ایران به‌صورت خودرو وجود دارد و در برخی نقاط دیگر، به‌صورت زراعی کشت‌وکار 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 درمورد محتویات دانهٔ این گیاه و مصارف دارویی آن انجام شده است. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که سیاه‌دانه، توانایی تحمل تنش خشکی را دارد (۱۰).

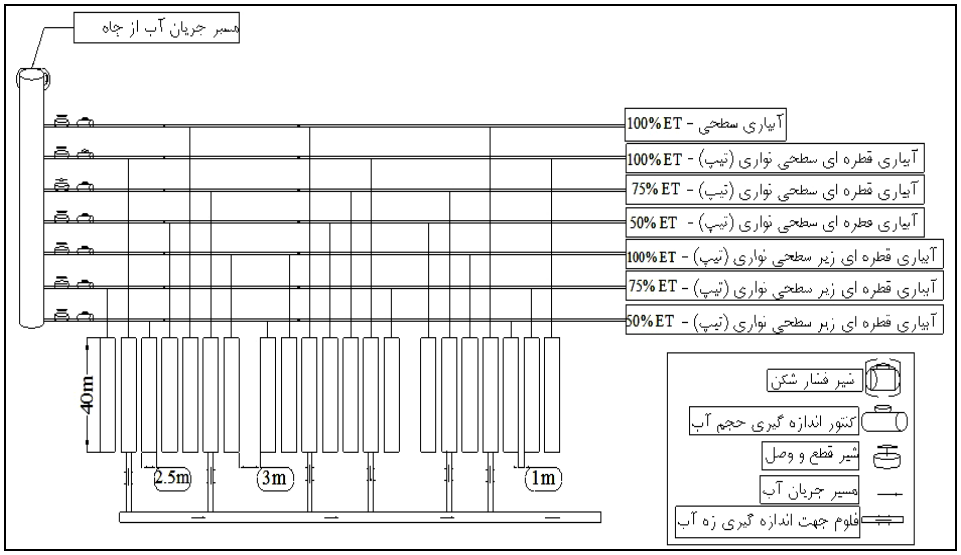
نتایج بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه دانه نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول و ارتفاع بوته، تحت‌تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری است و بیشترین مقادیر این پارامترها در رژیم آبیاری کامل مشاهده شد (۱۱). نتایج بررسی اثر تنش خشکی 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

بررسی ها نشان می‌دهند تاکنون در هیچ مرجعی در رابطه با تأثیر روش‌های مختلف آبیاری قطره ای تیپ سطحی و زیرسطحی (با لحاظ آبیاری کامل و کم آبیاری) و آبیاری سطحی شیاری (جوی و پشته ای) بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیاه دانه تحقیقی صورت نپذیرفته است و اطلاعاتی در رابطه با واکنش این گیاه در نتیجهٔ استفاده از روش های مختلف آبیاری در دست نیست. بنابراین، در این تحقیق، با توجه به تبلیغات وسیع واحد ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه مبنی بر توسعهٔ گیاهان دارویی در اقصی نقاط استان، علاقه و تمایل کشاورزان به کاشت این گیاه دارویی و لزوم توسعه و ترویج روش های نوین آبیاری در زمینهٔ استفاده، بهره‌وری و صرفه جویی از منابع آب موجود، اثر روش های مختلف آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در حالت‌های مختلف شامل آبیاری کامل و کم‌آبیاری بر عملکرد گیاه دارویی سیاه‌دانه بررسی و تجزیه‌وتحلیل شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش، طی سال‌های زراعی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد که در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقهٔ عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۱۹متری 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)، مزرعهٔ آزمایشی با سه تکرار برای اجرای تیمارهای آبیاری مهیا گردید. به‌منظور ارزیابی روش آبیاری قطره‌ای تیپ در سطوح مختلف کم‌آبیاری روی گیاه سیاه‌دانه، مزرعه به پلات‌هایی به ابعاد ۴۰ متر طول و ۲/۵ متر عرض با شش ردیف کشت تقسیم شد. فاصلهٔ بین تیمارهای مختلف از هم و بین تکرارها، به‌ترتیب ۱ و ۳ متر در نظر گرفته شد. این آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای در نظر گرفته شده شامل سه سطح آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد نیاز آبی بودند که به‌صورت نوارهای تیپ سطحی و زیرسطحی قرار گرفتند. در ضمن، به‌منظور بررسی و مقایسهٔ این نوع روش‌های آبیاری مدرن، تیمار آبیاری شیاری (جوی و پشته‌ای) در سه تکرار به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. شکل۱، نمایی از نحوهٔ جانمایی تیمارها و روش‌های بیان‌شده را نشان می‌دهد.



شکل۱. نمایی از جانمایی روش‌های مختلف آبیاری (بدون مقیاس)

در این تحقیق، بعد از عملیات آماده‌سازی زمین، نوارهای تیپ سطحی در کنار هر ردیف کاشته و نوارهای تیپ زیرسطحی در عمق ۱۵سانتی‌متری از سطح خاک قرار داده شدند. کودپاشی به‌صورت دستی و براساس توصیهٔ آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده، پس از برداشت خاک زراعی و انجام آزمایش های 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. دانه های سیاه‌دانه، به‌ترتیب در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸، در ۲۲ و ۲۴ اسفند، به مقدار چهار کیلوگرم در هکتار (۶۶۶۶۷ بوته در هکتار) کاشته شد. برای کنترل علف های هرز در طی فصل رشد، به دفعات لازم وجین دستی انجام گرفت. برای اندازه گیری میزان آب آبیاری در روش های مختلف گفته‌شده و تیمارهای اعمال‌شده، کنتورهای حجمی در سر راه لوله‌های ورودی به مزرعه قرار داده شدند. نوارهای تیپ به وسیلهٔ 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.

جدول۱. خصوصیات فیزیکی خاک مزرعهٔ مورد مطالعه

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

جدول۲. خصوصیات شیمیایی خاک مزرعهٔ مورد مطالعه

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

جدول۳. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب

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

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

(۱)

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

در معادلهٔ ۱، I[1] میزان آب آبیاری، Epan[2] میزان تبخیر از تشتک کلاس A، Kp[3] ضریب تشتک و Kc[4] ضریب گیاهی است. در طول دورهٔ آزمایش، مقادیر ضریب تشتک تبخیر و ضریب گیاهی، به‌ترتیب معادل ۰/۷۷ و ۰/۹ در نظر گرفته شدند (۹). همچنین در این آزمایش، میزان تبخیر و تعرق از معادلهٔ ۲ محاسبه شد:

$$ET(mm) = I + P - Dr - Rf \pm ds \qquad (۲)$$

در معادلهٔ ۲، ET[5] میزان تبخیر و تعرق برحسب میلی‌متر، I[2] میزان آب آبیاری در طول دورهٔ رشد، P[6] باران مؤثر، Dr[7] مقدار آب زهکشی، Rf[8] رواناب و ds[9] میزان تغییر رطوبت حجمی است. مقادیر استفاده از آب زیرزمینی به علت پایین‌بودن سطح سفرهٔ آب زیرزمینی و کوتاه‌بودن ریشهٔ گیاه سیاه‌دانه، حتی در بالاترین حد رشد خود صفر در نظر گرفته شد. نیاز آب‌شویی به علت مناسب‌بودن کیفیت آب آبیاری صفر در نظر گرفته شد. زمان آبیاری طبق خصوصیات گیاه و شرایط خاک، زمانی انجام شد که رطوبت خاک به ۲۰درصد 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 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 محاسبهٔ میزان تبخیر و تعرق از رابطهٔ ۳ استفاده شد (۱۳):

$$ET(mm) = I(mm) \pm ds(mm) \qquad (۳)$$

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 ۱۰۰درصد نیاز آبی محاسبه و هنگامی که ۱۰درصد گل‌ها در مزرعه ظاهر شد، اعمال گردید. علت درنظرگرفتن این زمان برای اعمال تنش این بود که گیاه در طول دورهٔ 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 وزن‌کردن 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 محاسبهٔ پارامترهای شاخص برداشت و کارایی مصرف آب، به ترتیب از معادلات ۴ و ۵ استفاده شد (۱۴ و ۱۵):

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

$$HI = \frac{Y(kg/ha)}{Ps(kg/ha) + Y} \quad (۴)$$

$$WUE = \frac{Seed.Yield(kg/ha)}{Irrigation.water.applied(mm)} \quad (۵)$$

در معادلات ۴ و ۵، Y [1]عملکرد دانه، I میزان آب مصرفی در طول دورهٔ رشد و Ps [2]عملکرد کاه و کلش است. در ادامه، نتایج به‌وسیلهٔ نرم‌افزار MSTATC تجزیه‌وتحلیل شد و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح P<۰/۰۵ 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 مرحلهٔ بعد، ۱۰۰ گرم دانه از هر تیمار انتخاب و آسیاب شد. در نهایت، ۵ گرم نمونه از هر تیمار به‌صورت 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 کم‌آبیاری و آبیاری معمول) بر خصوصیات مرفولوژیک گیاه سیاه‌دانه در سطح احتمال (P<۰/۰۵) بررسی شد. نتایج نشان دهندهٔ آن است که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج دوسالهٔ طرح نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع متوسط بوته با ۳۶/۳ و ۳۲/۴ سانتی‌متر، به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی بود. تعداد بوته در واحد سطح با ۲۴/۵ بیشترین و ۲۳/۸۵ کمترین عدد، به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی و ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی به دست آمد. حداکثر و حداقل تعداد فولیکول در بوته با ۲۶ و ۲۰/۵ عدد، به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰درصد آبیاری سطحی و ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی به دست آمد. همچنین بیشترین و کمترین تعداد دانه در فولیکول، مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰درصد 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، به‌ترتیب برای تیپ سطحی۵۰ و ۱۰۰درصد نیاز آبی حاصل گردید. همچنین بیشترین و کمترین میانگین دانهٔ رشدکرده در فولیکول‌های گیاه سیاه‌دانه در طی دو سال کشت، به‌ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری شیاری (۴۴ عدد) و ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۴۳ عدد) به دست آمد.

بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در سال اول کاشت گیاه سیاه‌دانه، به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۱۲۰۰ و ۸۷۲/۶ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم کاشت، به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری شیاری و ۵۰درصد 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 ۱۰۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۲۰۴۱ و ۲۰۳۳/۲ کیلوگرم بر هکتار) و ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی (۱۴۵۵ و ۱۴۳۲ کیلوگرم در هکتار) بود. روند شاخص برداشت، به‌ترتیب ۴۶ و ۳۸ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای ۱۰۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و آبیاری شیاری در دو سال انجام آزمایش مشاهده شد.

1. Seed Yield
2. Straw Yield

جدول۴. 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

جدول۵. اثر تیمارهای آبیاری بر تعدادی از صفات سیاه‌دانه سال۸۹-۸۸

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

جدول۶. تجزیهٔ واریانس صفات اندازه‌گیری‌شدهٔ گیاه سیاه‌دانه در دو سال انجام آزمایش

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	ارتفاع (سانتی‌متر)	بوته در واحد سطح (مترمربع)	فولیکول در بوته	دانه در فولیکول	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (کیلوگرم در هکتار)	روغن (٪)
سال ۸۸-۸۷										
تکرار	۲	۰/۷۶	۰/۴۲	۰/۴۳	۲۷/۷۷	۱۲/۴۱	۱۵/۲۵	۹۸/۰۱	۳۳/۶۳	۱/۵۲
روش آبیاری	۲	۱۹/۴۹**	۹/۹۷**	۹۵/۸۲**	۲۶۹/۸۵**	۳۱/۱۵**	۱۴۸/۲۴*	۵۴۲**	۲۹۲/۲۷**	۰/۱۳۸**
نیاز آبی	۲	۴/۶۳**	۵/۲۳**	۲۶/۲۳**	۱۴۶/۲۲**	۹۲/۹۴**	۱۰۴/۱۴**	۳۲۴**	۱۴۵/۵۲**	۳/۲۱**
روش آبیاری× نیاز آبی	۴	۱۰/۳۲**	۰/۸۵**	۲/۹۱**	۳۹/۴۱**	۱۵/۶۸**	۴۲/۲۵**	۷۵/۷۹**	۸۶/۵**	۰/۰۱۱**
خطا	۲۶	۰/۵۹	۰/۵۰	۱/۸۲	۱۴/۳۰	۲۵/۱۲	۴۵/۲۱	۲۹/۶۰	۱۳/۴۱	۱/۹۲
ضریب تغییرات	–	۱۲/۰۴	۱۶/۷۹	۱۷/۵۲	۱۱/۸۲	۱۰/۰۶	۵/۰۹	۱۱/۵۰	۸/۲۱	۳/۹۲
سال ۸۹-۸۸										
تکرار	۲	۰/۹۲	۰/۵۶	۰/۵۱	۳۲/۵۳	۱۸/۹۲	۱۵/۳۲	۹۹/۵۵	۳۷/۱۲	۲/۱۳
روش آبیاری	۲	۲۵/۱۹**	۱۳/۰۴**	۱۰۰/۱**	۲۷۱/۵**	۳۶/۹۵**	۲۱۴/۶۰*	۷۲۵**	۴۱۵/۳۶**	۱/۲۱**
نیاز آبی	۲	۱۰/۱۵**	۶/۱۲**	۳۰/۲۳**	۱۵۰/۸۶**	۱۰۱/۶۲**	۱۳۲/۷۴**	۴۰۰**	۱۵۰/۵۲**	۸/۴۹**
روش آبیاری× نیاز آبی	۴	۱۱/۲۱**	۰/۷۵**	۳/۱۴**	۴۰/۳۲**	۲۱/۱۲**	۴۳/۰۶**	۸۲/۱۶**	۹۰**	۰/۱۲۵**
خطا	۲۶	۱/۲۱	۰/۹۵	۳/۱۳	۲۰/۱۰	۳۰/۸	۴۳/۱۴	۳۰/۰۹	۱۵/۶۶	۲/۰۱
ضریب تغییرات	–	۱۳/۳۳	۱۰/۵۲	۱۸/۹۲	۱۴/۳۴	۱۱/۰۴	۱۰/۱۷	۱۳/۵۶	۹/۲۰	۳/۸۸

ns= معنی‌دار نیست

*= معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد خطا

**= معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد خطا

جدول۷. اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد بذر و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه در سال۸۸-۸۷

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(شیاری)	۸۵۸/۲	۷۵۷/۹ b	۰/۸۸ d

جدول۸. خلاصهٔ آماری و سطوح معنی‌داری آنالیز واریانس برای تیمارهای مختلف آبیاری در سال ۸۸-۸۷

منبع تغییرات	درجهٔ 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 ns
خطا	۱۶	۰/۶۱	۰/۱۵۴	۰/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲/۵۱	۲/۲۶	۲/۴

ns= معنی‌دار نیست

*= معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد

**= معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد

حداکثر درصد روغن در دو سال آزمایش، مربوط به تیمار ۱۰۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی و حداقل به میزان ۳۰/۶ مربوط به تیمار ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی به میزان ۲۹/۲درصد به دست آمد. همان‌طور که در جدول۶ مشاهده می‌شود، صفات اندازه‌گیری‌شدهٔ 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 متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱درصد، اختلاف معنی داری 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، به‌ترتیب ۸۵۸/۲ و ۷۴۲/۸ میلی‌متر، بیشترین مقدار و در تیمار تیپ زیرسطحی ۵۰درصد با ۳۶۱/۳ و ۳۱۲/۸ میلی‌متر، کمترین مقدار بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب

در سال‌های زراعی ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸، مربوط به تیمار ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی است که این پارامتر به‌ترتیب 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 ۸۸-۸۷ و ۸۹-۸۸، به‌ترتیب 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 ۱درصد در هر دو سال آزمایش را نشان می‌دهند.

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

جدول۹. اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد بذر و کارایی مصرف آب سیاه‌دانه در سال ۸۹-۸۸

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

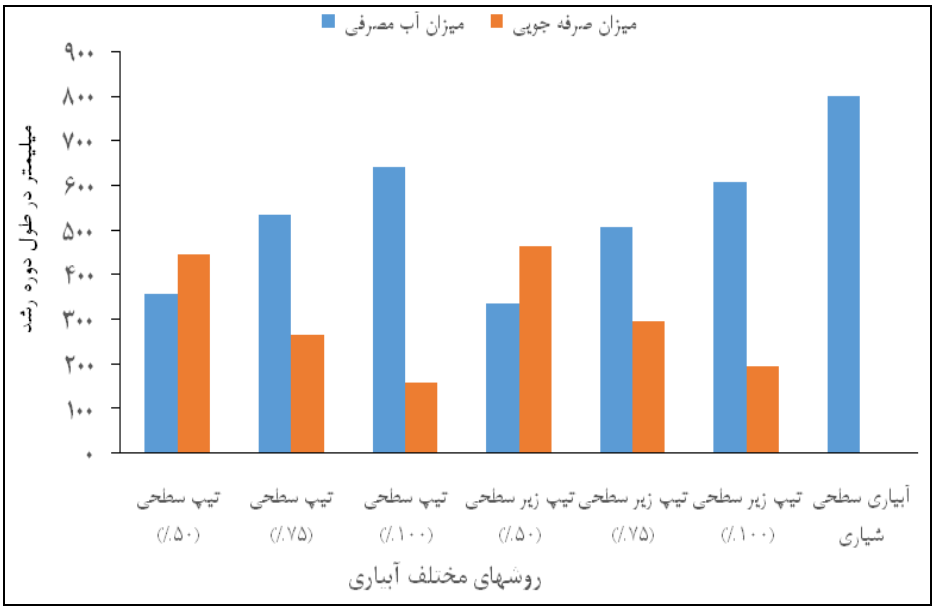
جدول۱۰. خلاصهٔ آماری و سطوح معنی‌داری آنالیز واریانس برای تیمارهای مختلف آبیاری در سال ۸۹-۸۸

منبع تغییرات	درجهٔ 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^{ns}
خطا	۱۶	۱/۱۲	۱/۹۵	۰/۰۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۳۲	۴/۱۵	۳/۴۱

ns= معنی‌دار نیست

*= معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد

**= معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد



شکل۲. متوسط میزان صرفه‌جویی و مصرفی آب در دورهٔ رشد سیاه‌دانه

میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در تیمارهای مختلف در مقایسه با تیمار آبیاری شیاری (تیمار شاهد) در شکل۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان صرفه‌جویی آب در دو سال انجام آزمایش، مربوط به تیمار ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی به دست آمد. این مقدار، ۴۶۳/۵ میلی‌متر در طول دورهٔ رشد گیاه سیاه‌دانه بود (۲، ۱۰ و ۱۶). کمترین میزان صرفه‌جویی آب در طی دو سال آزمایش، مربوط به تیمار ۱۰۰درصد نیاز آبی به روش تیپ سطحی به مقدار ۱۶۰/۱ میلی‌متر بود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، بیشترین و کمترین درصد روغن، به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ زیرسطحی و ۵۰درصد 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، به‌ترتیب با ۱/۶۷ و ۰/۹۶ کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر بود که در تیمارهای ۵۰درصد نیاز آبی با روش آبیاری تیپ زیرسطحی و آبیاری شیاری مشاهده شد. نتایج نشان داد که با کاربرد سیستم آبیاری تیپ زیرسطحی و صرفه‌جویی ۵۰درصد 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 مقایسهٔ آن با آبیاری سنتی (شیاری) بر روی پارامترهای مختلف گیاه سیاه‌دانه باشد تا بتوان نتایج را با هم مقایسه کرد. بااین‌وجود، اثرهای تنش بر روی تمامی پارامترهای گیاهی سیاه‌دانه که در این تحقیق گزارش شده‌اند، مطابق با نتایج ارائه‌شده برای سیاه‌دانه (۱۶، ۱۰ ، ۲) و گشنیز (۱۸ ، ۱۷) بوده است. همچنین روند نتایج این تحقیق با نتایج گزارش‌شده روی گیاه دارویی بادرشبی (۵) و شورزیست کوشیا (جاروی طبیعی) (۳) مطابقت دارد. در ضمن، افزایش روند کارایی مصرف آب در اثر اعمال کم آبیاری به‌دست‌آمده در این تحقیق، با نتایج گزارش‌شده برای سیاه‌دانه (۱۶، ۱۰، ۷ ، ۲) و گشنیز (۱۸ ، ۱۷) مطابق است.

کشور ما، ایران، سرزمین نسبتاً خشکی است و طبق آمار، در هر هکتار از اراضی آبی آن، به دلیل استفاده‌نکردن از سیستم‌های مدرن و در نتیجه، کم‌بودن راندمان، آبیاری حدود ۱۰۰۰ میلی متر و به عبارتی دیگر، ۱۰۰۰۰ مترمکعب است. بنابراین، با توجه به محدودیت منابع آب در اقصی نقاط کشور و بعضی مناطق استان کرمانشاه که به کشت گیاهان دارویی ازجمله سیاه‌دانه اختصاص داده شده است، استفادهٔ بهینه از آب‌های سطحی و زیرزمینی امری ضروری است و افزایش کارایی مصرف آب با استفاده و به‌کارگیری 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 ۱۰۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی، به علت داشتن بیشترین عملکرد استفاده شود. در ضمن، میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در تیمار ۷۵درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی نسبت به تیمار آبیاری سطحی در سال اول ۳۱۶/۲ و در سال دوم ۲۷۳/۷ میلی‌متر، به‌طور متوسط حدود ۲۹۵ میلی متر یا به عبارتی، حدود ۲۹۵۰ مترمکعب در هکتار است. این در حالی است که درصد روغن و عملکرد دانه در این تیمار با تیمارهای آبیاری ۱۰۰درصد 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 اقصی‌نقاط کشور که در شرایط بحران شدید آب هستند، تیمار ۵۰درصد نیاز آبی به روش تیپ زیرسطحی، با صرفه‌جویی آبی تقریباً ۴۶۳/۵ میلی‌متر یا به عبارتی، ۴۶۳۵ مترمکعب در هکتار و به علت بیشترین میزان کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانهٔ سیاه‌دانه، توصیه می‌شود.

منابع

۱. جوادی ح (۱۳۸۷) اثر تاریخ کاشت و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد سیاهدانه. مجلهٔ 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) تاثیر کم آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی بذر دو توده بومی گیاه شور زیست کوشیا در شرایط آبیاری با آب شور. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی. (۵):۱۵۶- ۱۴۸.

۴. صفر نژاد ع.، علی صدر س. و حمیدی ح (۱۳۸۶) اثر تنش شوری بر خصوصیات مرفولوژی سیاهدانه. فصلنامهٔ 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) تاثیر تنش خشکی بردرصد و عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو، فصلنامهٔ 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 کنگرهٔ علوم زراعت و اصلاح نباتات.

۷. نوروز پور ق. و رضوانی مقدم پ (۱۳۸۵) اثر عوامل

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) Yieldand seed quality of Plantagoovata and Nigella sativa under differentirrigationtreatments.Ind. Crops Prod. 27:11–16.

11. Bannayan M, Nadjafi F and Tabrizi L (2007) Yield and seed quality of Plantagoovata 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 byCountry, 8 p. AQUASTAT FAO information system on water and agriculture 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.

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 HerbalMedicine and Herbal Therapy, volum 2, Donyay Taghziah press. Tehran Iran: 216 – 219.