Evaluation of Different Irrigation Methods and Planting Arrangements on Sesame Yield and Water Productivity

M. Abedinpour* **and M. H. Razzaghi**

Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Gorgan, Iran.
abedinpour_meysam@yahoo.com
Researcher, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Gorgan, Iran.
razzaghi_mh@yahoo.com

Received: December 2023 and Accepted: June 2024

Abstract

Sesame plant is adapted to semi-arid conditions and one of its distinctive features is tolerance to water stress, and the correct management of irrigation plays a significant role in increasing the quantity and quality of sesame seeds. This research was conducted to determine the optimal irrigation method, applied water volume, and planting arrangement to achieve the maximum yield and water productivity of sesame in Gorgan region. The study was carried out as completely randomized blocks at the Agricultural Research Station in Gorgan. The treatments included 3 irrigation methods (sprinkle, T-tape drip and surface) along with three arrangements of planting on a raised bed (2 rows of planting on a raised bed 50 cm wide, 1 planting row on a 50 cm wide ridge, and one planting row with 50 cm intervals on a flatbed). Based on the results, the maximum seed yield in both years of the experiment 2021-22 was in the T-tape drip irrigation system and in the 1 planting row on a 50 cm wide ridge planting arrangement (1305 $kg.ha^{-1}$) and the lowest was in the surface irrigation treatment with the flat planting method (735 $kg.ha^{-1}$). The average amount of applied water for the two years of testing for the strip drip irrigation system was measured to be about 4180 $m^3.ha^{-1}$, and for sprinkler and surface irrigation methods was about 4675 and 5930 m^3/ha, respectively. The maximum water productivity for irrigation method (T-tape drip irrigation) and for ridge planting was 0.31 and 0.45 kg/m^3, respectively. In total, with the aim of achieving maximum seed yield and water productivity with minimal water consumption, T-tape drip irrigation and ridge planting are suitable for sesame and are recommended.

Keywords: Applied water, Pressurized irrigation system, Raised bed

* - Corresponding author's email: **abedinpour_meysam@yahoo.com**
https://doi.org/10.22092/jwra.2024.364259.1020

مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۸ / شماره ۲/ ۱۴۰۳.ص۱۰۵-۱۱۶
https://doi.org/10.22092/jwra.2024.364259.1020

تأثیر روش‌های مختلف آبیاری و آرایش کاشت بر عملکرد و بهره‌وری آب کنجد

میثم عابدین‌پور* و محمدحسین رزاقی

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. **abedinpour_meysam@yahoo.com**

محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.**razzaghi_mh@yahoo.com** .

دریافت: آبان ۱۴۰۲ و پذیرش: خرداد ۱۴۰۳

چکیده

کنجد گیاهی سازگار با شرایط نیمه خشک و متحمل به تنش آبی است و مدیریت صحیح آبیاری نقش بسزایی در افزایش کمیت و کیفیت دانه کنجد دارد. این پژوهش به منظور بررسی تاثیر روش‌های آبیاری برحجم آب کاربردی و آرایش کاشت برای دست‌یابی به عملکرد مطلوب و بهره‌وری آب کنجد به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان اجرا شد. تیمارها شامل سه روش آبیاری (بارانی، قطره‌ای نواری و سطحی) به همراه سه آرایش کاشت بر بستر بلند[1] (۲ ردیف کاشت روی بستر بلند به عرض ۵۰ سانتی متر، یک ردیف کاشت روی پشته به عرض ۵۰ سانتی‌متر و یک ردیف کاشت با فواصل ۵۰ سانتی‌متر بر بستر مسطح) در نظرگرفته شد. نتایج دو ساله آزمایش ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نشان داد که حداکثر عملکرد دانه در روش آبیاری قطره‌ای نواری و روش کاشت روی پشته و کمترین عملکرد دانه در آبیاری سطحی با روش کاشت مسطح به ترتیب به میزان ۱۳۰۵ و ۷۳۵ کیلوگرم در هکتار بود. متوسط مقدار آب کاربردی برای روش آبیاری قطره‌ای نواری حدود ۴۱۸۰ مترمکعب در هکتار و مقدار آب کاربردی برای روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب حدود ۴۶۷۵ و ۵۹۳۰ مترمکعب در هکتار اندازه گیری شد. حداکثر بهره وری آب در روش آبیاری قطره ای نواری و روش کاشت روی پشته به ترتیب به میزان ۰/۳۱ و ۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب بود. در مجموع، با هدف دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و بهره‌وری آب با حداقل مصرف آب، روش آبیاری قطره‌ای نواری و کاشت روی پشته برای کنجد توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی : آب کاربردی، آبیاری تحت فشار، بستر بلند

* – آدرس ایمیل نویسنده مسئول: **abedinpour_meysam@yahoo.com**

مقدمه

دانه‌های روغنی جهت تغذیه انسان و دام از اهمیت زیادی برخوردار هستند به‌طوری‌که روغن فرآوری شده این گیاهان، به لحاظ اهمیت در ترکیب مواد غذایی، جزء مواد اولیه و اساسی هر کشور محسوب می‌گردد (ناصری ۱۳۷۰). کنجد (Sesamum indicum L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی است که به دلیل محتوای بالای کیفیت مناسب روغن موجود در دانه آن (۵۲-۴۷ درصد) و نقش مهمی که در سلامت انسان دارد (میزان کم کلسترول و وجود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها)، جایگاه ویژه‌ای را در بین سایر دانه‌های روغنی به خود اختصاص داده است (کساب و همکاران ۲۰۰۵، هیباسامی و همکاران ۲۰۰۰ و میاهارا و همکاران ۲۰۰۱).

در کشور ایران، سطح زیر کشت کنجد مطابق آمار سال ۱۳۹۸ حدود ۵۱۶۱۰ هکتار است که حدود ۷۷ درصد آن به کشت آبی (۳۹۸۱۴ هکتار) و ۲۳ درصد (۱۱۷۹۶ هکتار) به کشت دیم اختصاص یافته است. میزان کل دانه کنجد تولید شده از سطح کل حدود ۴۲۸۵۳ تن است که سهم اراضی آبی و دیم در تولید کنجد به ترتیب ۹۵/۴ درصد (۴۰۹۱۰ تن) و ۶/۴ درصد (۱۹۴۳ تن) است. نکته قابل‌توجه آنکه متوسط عملکرد کنجد در اراضی آبی کشور حدود ۱۰۲۸ کیلوگرم در هکتار درحالی‌که این مقدار در اراضی دیم به ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار می‌رسد (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹)؛ بنابراین نقش و اهمیت آبیاری در کشت و تولید پایدار کنجد با توجه به نیاز کشور به روغن بسیار پررنگ و حیاتی است.

استان گلستان با سطح زیر کشت حدود ۱۲۳۱ هکتار (۱۰۰ درصد کشت آبی) رتبه هفتم کشت کنجد را در کشور دارا است و از این میزان سطح زیر کشت، ۱۲۳۱ تن دانه کنجد تولید می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر متوسط عملکرد کنجد در استان ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹). پژوهش‌های متعددی در زمینه مدیریت آبیاری شامل تعیین زمان بهینه آبیاری بر اساس درصدهای مختلف تبخیر از تشت تبخیر، دورهای مختلف آبیاری، اثر آبیاری در مراحل مختلف رشد کنجد و کم آبیاری در نقاط مختلف کشور انجام شده است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۸). توزیع غیریکنواخت آب در سطح مزرعه و شیوه نادرست آبیاری و تنش آبی کنجد به‌ویژه در مرحله اولیه رشد گیاه (زمان جوانه‌زنی بذر) باعث بد سبزی بذر و کاهش سطح سبز کنجد می گردد. این در حالی است که توزیع یکنواخت آب و حفظ رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد گیاه در مراحل جوانه‌زنی و گلدهی بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه کنجد دارد (پیغام زاده و همکاران، ۱۴۰۱). از سوی، رطوبت بالای خاک و آب ماندگی نیز می‌تواند خطر ابتلای به بیماری بوته میری کنجد را افزایش دهد (پیغام زاده و همکاران، ۱۴۰۱). بر این اساس، در صورت رعایت نکات فنی در اجرای روش‌های آبیاری سطحی مانند (شیب مناسب، طول بهینه، دبی ورودی و ...) و مدیریت آبیاری (مانند: عمق آب آبیاری، مدت زمان آبیاری، دور آبیاری، زمان قطع جریان و ...) منجر به توزیع یکنواخت رطوبت در خاک مزارع شده و باعث دست‌یابی به سطح سبز و عملکرد مطلوب می‌گردد. از طرفی روش آبیاری تحت‌فشار از لحاظ توزیع یکنواخت رطوبت بهتر از روش های آبیاری سطحی عمل می‌کنند (فیض نیا و همکاران، ۱۳۸۷). لذا بررسی تأثیر روش‌های آبیاری تحت‌فشار بر سطح سبز مطلوب‌تری را برای گیاه کنجد ایجاد خواهد نمود. هم‌چنین تعیین روش مناسب آبیاری کنجد به همراه روش کاشت مناسب مانند بستر بلند (Raise bed)، سطح صاف (Flat) و جوی و پشته (Furrow) نیز می‌تواند بر میزان سطح سبز مطلوب و عملکرد کنجد اثربخش باشد. بنابراین، تأثیر توأمان روش آبیاری مناسب و شیوه بهینه کاشت بر سطح سبز، عملکرد دانه و بهره‌وری آب می‌تواند بر تولید دانه کنجد و افزایش درآمد تولیدکنندکان در منطقه مؤثر باشد.

کمبود آب در مراحل گل‌دهی، تولید غلاف و تشکیل دانه، موجب کاهش کیفیت محصول می‌شود.

(جعفری و همکاران، ۱۳۹۸). سطح رطوبت پیش از کاشت و گل‌دهی بیشترین تأثیر را در بازدهی محصول دارد. از طرف دیگر رطوبت بالای خاک احتمال بروز بیماری بوته‌میری را افزایش می‌دهد (پیغام زاده و همکاران، ۱۴۰۱)؛ بنابراین روش آبیاری و مدیریت آن می تواند بر میزان سطح سبز و عملکرد دانه بسیار تأثیرگذار است. یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه کنجد در واحد سطح کافی نبودن میزان رطوبت خاک در زمان جوانه‌زنی بذر در مرحله اولیه رشد گیاه که باعث بد سبزی بذور و کاهش سطح سبز می‌گردد (پیغام زاده و همکاران، ۱۴۰۱). از دیگر عوامل مدیریت ناصحیح آبیاری که منجر به تنش آبی یا غرقابی به‌ویژه در مراحل حساس رشد گیاه اتفاق می‌افتد (دهقانی، ۱۳۹۱). کنجد معمولاً به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش آبی شناخته می‌شود به‌طوری‌که این گیاه مناسب کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت است (رضوانی‌مقدم و همکاران، ۲۰۱۳). با این حال در برخی مطالعات گزارش شده است که عملکرد کنجد تحت تأثیر آبیاری قرار می‌گیرد (سرحدی ۱۳۹۸). منسا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تنش آبی منجر به کاهش رشد و عملکرد کنجد می‌شود. هونگ و همکاران (۱۹۸۵) دلیل کاهش عملکرد کنجد را تنش آبی در مرحله رشد رویشی عنوان کردند زیرا که تنش آبی در این مرحله از رشد می‌تواند ارتفاع بوته را تا ۵۰ درصد کاهش دهد.

گزارش ال نعیم و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری (۳۵۰، ۴۵۰، ۵۵۰، ۶۵۰ و ۷۵۰) میلی‌متر بر میزان عملکرد رقم‌های مختلف کنجد نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین عمق آب آبیاری ۷۵۰ میلی‌متر با تیمارهای دیگر وجود داشت، به‌طوری‌که در این تیمار حداکثر میزان عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه به دست آمد. بویداک و همکاران (۲۰۰۷) اثر روش‌های آبیاری و دورهای مختلف آب آبیاری را بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد را مورد مطالعه قرار دادند. این پژوهش با دو روش آبیاری (بارانی و قطره‌ای) و چهار دور آبیاری (۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ روز) در اقلیم نیمه‌خشک در ترکیه اجرا شد. نتایج حاصله مبین افزایش تعداد کپسول‌ها در بوته و عملکرد دانه با کاهش در دور آبیاری بود. بر این اساس، حداکثر عملکرد دانه کنجد در دورهای آبیاری ۶ و ۱۲ روز در روش آبیاری قطره‌ای به دست آمد. رفیع و دهقانی (۱۳۹۸) تاثیر دور آبیاری در مراحل مختلف فنولوژی بر ویژگی‌های کمی و کیفی و بهره‌وری مصرف آب کنجد را به مدت دو سال در بهبهان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اثر تیمار آبیاری بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود بطوری که حداکثر عملکرد دانه در تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر از تشت تبخیر به میزان ۱۳۸۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. سعیدی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند با افزایش تنش خشکی، عملکرد دانه کنجد کاهش می‌یابد. آن‌ها بیشترین عملکرد بیولوژیک را در دور آبیاری پنج روزه گزارش نمودند، پریرا و همکاران ۲۰۱۷ گزارش کردند که عملکرد پایین کنجد در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌طور عمده مربوط به مدیریت نامناسب و ایجاد تنش‌های بی رویه است نادیم و همکاران (۲۰۱۵) در یک آزمایش مزرعه‌ای کنجد سه رژیم آبیاری شامل دو نوبت آبیاری (در ۲۰ و ۴۰ روز بعد از کاشت)، سه نوبت آبیاری (۲۰ ۴۰ و ۶۰ روز بعد از کاشت) و چهار نوبت آبیاری (۲۰،۴۰، ۶۰ و ۸۰ روز بعد از کاشت) را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه تیمار چهار نوبت آبیاری بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۳ سانتیمتر)، عملکرد دانه (۷۴۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۲۳۲۱ کیلوگرم در هکتار) را تولید نمود. جعفری و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی نشان داد که کنجد در نقاط مختلف کشور تا قبل از گلدهی حساسیت زیادی به تنش آبی ندارد و می‌توان با دور ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت آبیاری انجام داد؛ اما با فرا رسیدن موعد گلدهی، آبیاری با این دور باعث کاهش شدید عملکرد شده و آبیاری می‌بایست بر اساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت صورت گیرد.

تأثیر روش و آرایش کاشت کنجد یکی از مؤثرترین مباحث به زراعی محسوب می‌گردد (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۹). متأسفانه در ایران توجه زیادی بر میزان تراکم بوته کنجد و روش کاشت صورت نگرفته است درحالی‌که در کشورهای توسعه‌یافته روش کاشت جوی و پشته و تراکم دقیق مورد توجه قرار دارد (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۹). انتخاب روش کاشت می‌تواند باعث بهبود جوانه‌زنی، سهولت در عملیات کاشت و کاهش بذر مصرفی، هزینه‌های کارگری و شیوع آفات و بیماری‌ها گردد (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۹). ازآنجایی‌که بذر کنجد ریز است، لذا کاشت آن در بستر نامناسب خاک (غرقاب، سله بستن و خشک) باعث کاهش شدید سطح سبز آن می‌گردد (مون پارا و همکاران، ۲۰۱۶). در این ارتباط، آزمایشی در سال ۱۳۹۵ برای تعیین بهترین آرایش کاشت برای ارقام مختلف کنجد در کرج انجام شد. در این آزمایش، آرایش‌های مختلف کاشت در سه سطح شامل کشت یک، دو و سه ردیف بر روی پشته با الگوی ۴×۶۰، ۸×۳۰ و ۱۲×۲۰ سانتی‌متر (فاصله بین ردیف‌ها × فاصله بوته‌ها روی ردیف) و بر صفات کمی و کیفی شش رقم کنجد مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین عملکرد دانه از دو تیمار کاشت یک و دو ردیف روی پشته به ترتیب با عملکرد ۱۰۰۰ و ۱۰۹۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۹).

ازآنجایی‌که عملکرد کنجد تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله رطوبت خاک قرار می‌گیرد، درک ارتباط بین گیاه و مصرف آب و توسعه روش‌های مبتنی بر این دانش می‌تواند جهت دست‌یابی به حداکثر محصول مفید باشد (سرحدی، ۱۳۹۸).

با توجه به اینکه تأثیر روش‌های آبیاری بر عملکرد کنجد و اثر متقابل آن با روش‌های کاشت تاکنون به‌اندازه کافی بررسی نشده‌اند، این پژوهش با هدف تعیین سطح پاسخ کنجد به استفاده از آب آبیاری و روش کاشت بر عملکرد و بهره‌وری آب تحت شرایط مزرعه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل آزمایش

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ درجه شرقی و ارتفاع از سطح دریا پنج متر به مدت دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد.

خصوصیات خاک: بافت خاک محل انجام آزمایش، رسی سیلتی است و سرعت نفوذ نهایی آب در خاک حدود ۳/۱۳ میلی‌متر بر ساعت است. برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام پژوهش

بافت خاک	رس	سیلت (درصد)	شن	فسفر mg/kg	پتاس mg/kg	نیتروژن %	کربن آلی %	pH	EC (dS/m)
رسی سیلتی	33	46	21	13	275	0.15	1.8	6.9	0.8

EC; هدایت الکتریکی

کیفیت آب

با توجه به جدول ۲ برخی از خصوصیات کیفی آب چاه محل آزمایش و نمودار ویلکاکس (تعیین کیفیت آب آبیاری بر اساس هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR)، آب مورد استفاده در این آزمایش جزو کلاس C_1S_1 و خیلی خوب طبقه‌بندی می‌گردد.

جدول ۲- مشخصات کیفی آب آبیاری

EC (dS/m)	pH	کاتیون‌ها (میلی اکی والانت بر لیتر)				آنیون‌ها (میلی اکی والانت بر لیتر)			SAR
		سدیم	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کلر	سولفات	کربنات و بی‌کربنات	
0.85	7.3	2.19	2.43	2.14	0.1	1.32	2.78	2.7	1.45

SAR; نسبت جذب سدیم

تیمارهای آزمایشی

این آزمایش به‌صورت بلوک کامل تصادفی با دو عامل روش آبیاری (I_1,I_2, I_3) و روش کاشت (C_2, C_3و C_1) اجرا می شود. تیمارهای ا صلی آزمایش شامل: I_1: روش آبیاری قطره‌ای نواری یا تیپ، I_2: روش آبیاری بارانی، I_3: روش آبیاری جوی و پشته، C_1: ۲ ردیف کاشت بر بستر بلند به عرض ۷۵ سانتی‌متر، C_2: ۱ ردیف کاشت روی سطح صاف (flat) با فواصل ۵۰ سانتی‌متر و C_3: ۱ ردیف کا شت روی پ شته به عرض ۵۰ سانتی‌متر بود.

عملیات کاشت، داشت و برداشت

در این آزمایش عملیات کاشت و داشت و برداشت مطابق دستورالعمل‌های موجود کاشت و داشت و برداشت گیاه کنجد در گرگان انجام شد، ابتدا بذور توسط بنومیل دو در هزار ضدعفونی گرد ید. برای عملیات کا شت ابتدا، بستر کا شت بعد از کشت باقلا دو بار دیسک زده شد و کاملاً نرم، یکنواخت و تسطیح گردید. برای مبارزه با علف‌های هرز قبل از کاشت از ترفلان به نسبت دو لیتر در هکتار استفاده شد که توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. کودهای شیمیایی فسفات آمونیم و سولفات پتا سیم به ترتیب به میزان ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌علاوه ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره نیز به خاک اضافه گردید. مبارزه مکانیکی و شیمیایی با علف‌های هرز صورت گرفت. تراکم کاشت برای همه کرت‌های آزمایشی به‌صورت یکسان (۴۰ بوته در مترمربع) و بر اساس نقشه طرح و تیمارهای آرایش کاشت اجرا شد. برنامه‌ریزی آبیاری برای روش‌های آبیاری سطحی و بارانی بر اساس تبخیر تجمعی از تشت تبخیر به میزان ۹۰ میلی‌متر و با در نظر گرفتن راندمان کاربرد هر یک از روش‌های آبیاری (بارانی ۸۰ و سطحی ۶۰ در صد) صورت گرفت. هم‌چنین، برای جلوگیری از تلفات آب به‌صورت نفوذ عمقی در روش آبیاری قطره‌ای که به‌طورمعمول با دور آبیاری کمتر از سه روز در نظر گرفته شد و مقدار آب آبیاری بر اساس میزان تبخیر تجمعی از تشت در همان بازه زمانی (سه روز) و با در نظر گرفتن راندمان کاربرد ۹۰ درصد اعمال شد.

روش آبیاری

در این پژوهش از روش آبیاری کلاسیک ثابت با آبپاش‌های تنظیم شونده، آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری سطحی فارو استفاده شد. هم‌چنین، برای اندازه‌گیری حجم آب کاربردی هر یک از روش‌های آبیاری از کنتورهای حجمی استفاده شد.

برنامه‌ریزی آبیاری

با استفاده از تشت تبخیر به علت سادگی و قابل اطمینان بودن، کاربرد زیادی در برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان دارد استفاده شد. بر این اساس میزان تبخیر و تعرق مرجع توسط داده‌های حاصل از تشت تبخیر محاسبه شد، سپس مقادیر تبخیر و تعرق استاندارد گیاه (ETC) تعیین شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری: آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تبخیر و تعرق استاندارد و نیاز خالص آبیاری کنجد

با استفاده از نرم‌افزار تعیین نیاز آبی گیاهان (CropWat 8.0)، نیاز آبی گیاه کنجد در کل فصل

رشد بر مبنای داده‌های هواشناسی سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب حدود ۴۸۳ و ۴۷۸ میلی‌متر تعیین گردید، به‌طوری که میانگین نیاز خالص آبیاری دو سال حدود ۴۱۰ میلی متر به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- برآورد نیاز آبی خالص گیاه کنجد بر مبنای داده‌های هواشناسی سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

ماه	تبخیر تعرق مرجع ET_O		ضریب گیاهی (KC)	تبخیر و تعرق استاندارد ET_C		بارش کل		بارش مؤثر		نیاز خالص آب آبیاری	
	سال			سال							
	1400	1401		1400	1401	1400	1401	1400	1401	1400	1401
تیر	207	208	0.4	83	83.2	28	20	22	16	61	67
مرداد	209	204	0.8	167	163	1.6	8	1.3	6.4	166	156
شهریور	166	164	1.1	183	180	3.8	5.1	3.0	4.0	180	176
مهر	100	104	0.8	50	52	58.2	50.2	47	40	3	12
فصل رشد	669	680	-	483	478	92	83.3	74	30.4	410	411

○ واحدهای مربوط به تبخیر و تعرق، نیاز خالص آبیاری و بارش بر حسب میلی‌متر است

این در حالی است که میزان نیاز آبی (ET_C) و نیاز خالص آب آبیاری کنجد بر اساس داده‌های متوسط ۱۵ ساله هواشناسی منطقه گرگان به ترتیب برابر ۴۵۴ و ۳۴۸ میلی‌متر (۳۴۸۰ مترمکعب در هکتار) گزارش شده است (کیانی، ۱۳۹۸). از طرف دیگر، بر اساس داده‌های سامانه مرجع تعیین نیاز آبی گیاهان (نیاز آب) در منطقه گرگان و تاریخ کاشت یکم تیرماه سال ۱۴۰۰ الی ۱۴۰۱، میزان ET_C ,ET_o و نیاز خالص آب آبیاری به ترتیب حدود ۶۰۶/۱۳، ۴۲۳/۴۳ و ۴۰۸/۲ میلی‌متر برآورد شد. با مقایسه نیاز آبیاری کنجد مندرج در جدول ۳ (۴۱۰ میلی متر) و نتایج سامانه نیاز آب (۴۰۸ میلی‌متر) مشخص می شود که هر دو روش نتایج مشابهی دارند. اختلاف موجود در این است که سامانه نیاز آب طول دوره رشد کنجد را تا دهه دوم مهرماه برآورد نموده درحالی‌که در پژوهش حاضر دوره رشد را تا انتهای مهرماه در نظر گرفته است.

نتایج تجزیه آماری تیمارها بر عملکرد دانه کنجد

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴ در دو سال آزمایش مزرعه‌ای اثر روش‌های آبیاری و کشت کنجد بر عملکرد دانه کنجد در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری را نشان می‌دهد. حداکثر میزان میانگین عملکرد دانه کنجد در دو سال آزمایش در تیمار مربوط به آبیاری قطره‌ای نواری و کاشت روی پشته مشاهده شد. حداقل میزان میانگین عملکرد دانه کنجد در دو سال آزمایش در تیمار مربوط به آبیاری سطحی و کاشت مسطح مشاهده شد. بر این اساس، به‌طور میانگین در هر دو سال آزمایش حداکثر و حداقل میزان عملکرد دانه کنجد به ترتیب حدود ۱۳۰۵ و ۷۳۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که اثر توأمان روش آبیاری و کاشت مناسب کنجد می‌تواند عملکرد دانه را تا حدود ۷۸ درصد افزایش دهد، درحالی‌که میزان آب کمتری حدود ۲۱ درصد را نیز مصرف کند. در این راستا نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق رفیع و دهقانی (۱۳۹۸) مطابقت دارد.

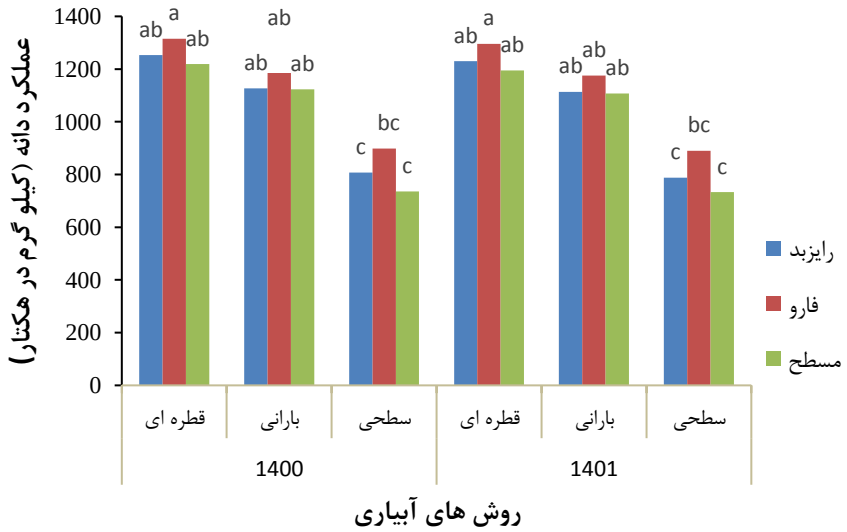
جدول ۴ – میانگین مربعات پارامترهای مختلف تحت تأثیر روش‌های مختلف آبیاری و کاشت

نتایج تغییرات	درجه آزادی	عملکرد		ارتفاع گیاه	وزن هزار دانه	بهره‌وری آب	تعداد کپسول در بوته
		دانه	زیست‌توده				
سال	1	8613/4 ns	39907.8 ns	31.13ns	0.022 ns	0.000373ns	18.61ns
تکرار×سال	4	78027.96 ns	501887.2ns	0.578ns	0.04ns	0.00416 ns	34.98 ns
روش آبیاری	2	884407.5**	3249333.63**	2782.24 *	0.9 **	0. 14 **	865.7**
سال×آبیاری	2	832.34 ns	12619.2 ns	1.46 ns	0.0016 ns	0.000042ns	0.476 ns
خطا	8	68081/57**	220996.02ns	30.5ns	0.014 ns	0.021ns	25.95ns
روش کاشت	2	51474.5 *	329609.1 *	730.9*	0.031 *	0.0026 *	85.65*
کاشت×سال	2	1836.7 ns	6376.9 ns	0.129 ns	0.00145 ns	0.00052ns	1.73ns
کاشت×آبیاری	4	5086.27 ns	72760.9 ns	43.74ns	0.0137 ns	0.00082ns	14.44ns
سال×آبیاری×کاشت	4	1752.9 ns	10663.4 ns	0.296	0.0028 ns	0.00083ns	2.21ns
خطای کل	24	16899.45	157503.7	69.32	0.0091	0.018	88.02
ضریب تغییرات (CV)	-	12.13	9	7.45	6.36	12.32	5.65

**، * و ns به ترتیب نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار است

مقایسه عملکرد دانه کنجد تحت روش‌های مختلف کاشت در هر روش آبیاری

با توجه به شکل ۱ در هر دو سال آزمایش و همه روش‌های آبیاری، حداکثر عملکرد دانه کنجد در روش کاشت روی پشته حاصل شد. بطوریکه در سال اول آزمایش، این روش کاشت تحت آبیاری قطره‌ای نواری عملکرد دانه کنجد را ۴/۹ و ۳/۷ درصد به ترتیب نسبت به روش‌های کاشت مسطح افزایش داد. در روش آبیاری بارانی، میزان افزایش عملکرد دانه در روش کاشت روی پشته نسبت به روش‌های کاشت رایزبد و مسطح به ترتیب ۵/۱ و ۵/۵ درصد بود.



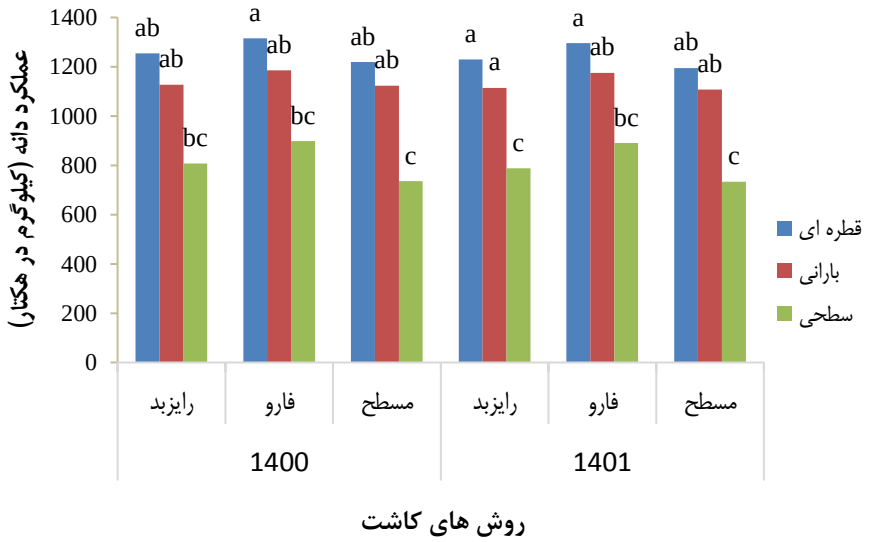
شکل ۱- مقایسه عملکرد دانه کنجد تحت روش‌های مختلف کاشت در هر روش آبیاری

تأثیر روش کاشت بر عملکرد دانه در روش آبیاری سطحی بیشتر نمایان شد، به‌طوری‌که روند افزایش عملکرد دانه در روش آبیاری سطحی تحت روش کشت روی پشته نسبت به مسطح به میزان ۱/۱۱ و ۲۲ درصد بود. هم‌چنین، در سال دوم آزمایش نیز مانند سال اول بیشترین عملکرد دانه در روش کاشت روی پشته نسبت به دو روش کاشت دیگر در همه روش‌های آبیاری مشاهده شد. با توجه به شکل ۱، روش روی پشته تحت آبیاری

قطره‌ای نواری عملکرد دانه کنجد را ۶/۸ و ۸/۳ درصد به ترتیب نسبت به روش‌های کاشت بستربلند (رایزبد) و مسطح افزایش داد. این روند در روش آبیاری بارانی کاهش یافت به‌طوری‌که میزان افزایش عملکرد دانه در روش کاشت روی پشته نسبت به بستربلند و مسطح به ترتیب ۵/۲ و ۵/۷ درصد بود. در روش آبیاری بارانی به علت پاشش قطرات آب از بالا روی سطح خاک و تأثیر کمتر ناهمواری سطح و شیب، اختلاف توزیع رطوبت کمتری در بین روش‌های مختلف کاشت وجود دارد. افزایش عملکرد دانه در روش آبیاری سطحی تحت روش کشت روی پشته نسبت به بستربلند و مسطح به میزان ۱۲/۹ و ۲۱/۴ درصد بود.

مقایسه عملکرد دانه کنجد تحت روش‌های مختلف آبیاری در هر روش کاشت

با توجه به شکل ۲ در هر دو سال آزمایش و روش‌های مختلف کاشت، حداکثر عملکرد دانه کنجد در روش آبیاری قطره‌ای نواری بود. در سال اول آزمایش و در روش کاشت روی پشته، آبیاری قطره‌ای نواری عملکرد دانه کنجد را ۱۱ و ۴۶/۱ درصد به ترتیب نسبت به روش‌های آبیاری بارانی و سطحی افزایش داد. هم‌چنین، در روش کاشت، روش آبیاری قطره ای نسبت به روش های آبیاری بارانی و سطحی عملکرد دانه را حدود ۱۱/۱ و ۳۹ درصد افزایش داد. این روند افزایش عملکرد دانه توسط روش آبیاری قطره‌ای نسبت به بارانی و سطحی در روش کاشت مسطح حدود ۸/۵ و ۶۵ درصد بود.



شکل ۲- مقایسه عملکرد دانه کنجد تحت روش‌های مختلف آبیاری در هر روش کاشت

در سال دوم آزمایش نیز مانند سال اول بیشترین عملکرد دانه در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به دو روش آبیاری دیگر در روش‌های کاشت مشاهده شد. مطابق شکل ۲ و در روش کاشت روی پشته، روش آبیاری قطره‌ای نواری عملکرد دانه کنجد را ۱۰/۳ و ۴۵/۵ درصد به ترتیب نسبت به روش آبیاری بارانی و سطحی افزایش داد. در روش کاشت بستربلند، میزان افزایش عملکرد دانه در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۱۰/۴ و ۵۶ درصد بود. میزان افزایش عملکرد دانه در روش کاشت مسطح تحت روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری بارانی و سطحی به میزان ۷/۹ و ۶۳ درصد بود. علت افزایش دانه کنجد در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به روش‌های دیگر آبیاری، درصد سطح سبز بالاتر و به‌تبع آن تعداد بوته در واحد سطح بیشتر، ارتفاع بوته و تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه بود. بر اساس میانگین نتایج دو سال آزمایش

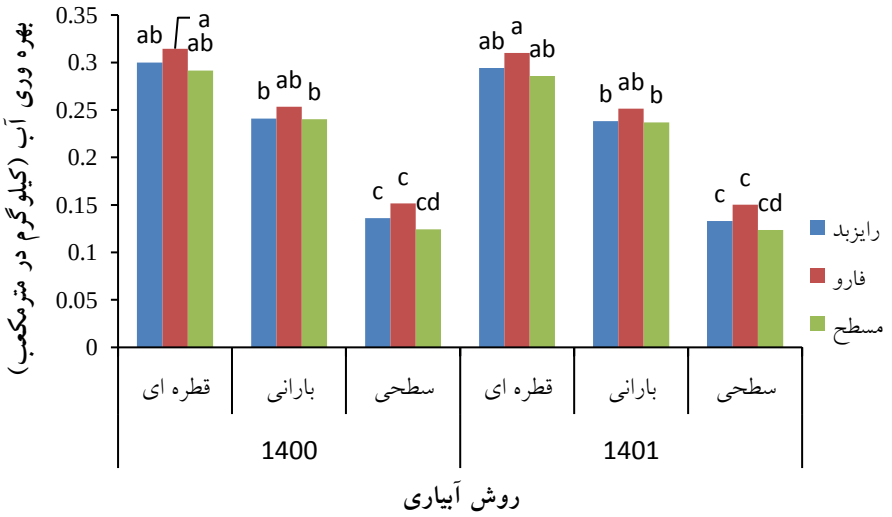
حداکثر درصد سطح سبز کنجد به ترتیب در روش آبیاری قطره‌ای نواری حدود ۷۶ درصد و حداقل در آبیاری سطحی حدود ۵۱ درصد به دست آمد. هم‌چنین، با احتساب میانگین دو سال، درصد سطح سبز کنجد در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب حدود ۶/۶ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد که با نتایج گرکک و همکاران (۲۰۰۴) و دهقانی (۱۳۹۱) مطابقت دارد.

مقدار آب کاربردی و بهره‌وری فیزیکی آب کنجد در تیمارهای مختلف

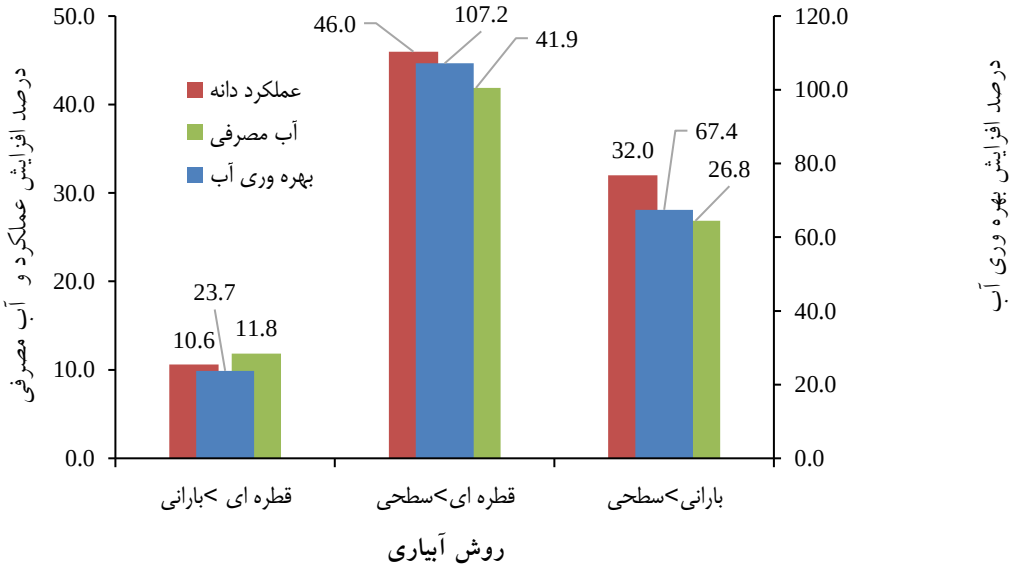
متوسط مقادیر آب آبیاری دو سال آزمایش برای روش آبیاری قطره‌ای نواری حدود ۴۱۸۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. هم‌چنین، این مقدار برای روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب حدود ۴۶۷۵ و ۵۹۳۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری گردید.

مطابق شکل ۳ و بر اساس میانگین نتایج دو سال آزمایش حداکثر بهره‌وری آب کنجد به ترتیب در روش آبیاری قطره‌ای نواری به میزان ۰/۳ و حداقل در آبیاری سطحی به مقدار ۰/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب کاربردی شد. در بین روش‌های کاشت حداکثر بهره‌وری آب کنجد در روش کاشت روی پشته در همه روش‌های آبیاری حاصل شد. در شرایط آزمایش و به‌طور میانگین در روش کاشت روی پشته، میزان بهره‌وری آب کنجد در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب حدود ۴۲/۱۹ و ۹/۵۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳).

با توجه به شکل ۴، افزایش عملکرد دانه و بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش بارانی (قطره‌ای>بارانی) به ترتیب حدود ۱۰/۶، ۲۳/۷ شد و آب مصرفی حدود ۱۱/۸ درصد کاهشی بود. روند افزایش عملکرد دانه و بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش سطحی (قطره‌ای> سطحی) به ترتیب حدود ۴۶/۰، ۱۰۷/۲ و درصد کاهش آب مصرفی حدود ۴۱/۹ درصد بود. هم‌چنین، عملکرد دانه و بهره‌وری آب در روش آبیاری بارانی نسبت به سطحی (بارانی> سطحی) به ترتیب حدود ۳۲، ۶۷/۴ افزایش و میزان آب مصرفی حدود ۲۶/۸ درصد کاهش یافت.



شکل ۳- بهره‌وری آب کنجد تحت روش‌های مختلف آبیاری و کاشت



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه، آب مصرفی و بهره‌وری آب کنجد در روش‌های مختلف آبیاری

نتیجه‌گیری

با توجه لزوم توسعه کشت گیاهان سازگار اقلیم منطقه به‌واسطه بارش‌های کم و غیر مؤثر در طول دوره رشد گیاهان، روش‌های مناسب کشت (بهزراعی) گیاه کنجد به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی می‌تواند یکی راه‌کار باشد. از طرفی استفاده بهینه از روش‌های آبیاری تحت‌فشار موجب افزایش راندمان کاربرد آب آبیاری و یکنواختی توزیع بهتر آب و علاوه بر توسعه روش آبیاری، روش کاشت مناسب نیز با توجه به حساسیت گیاه کنجد به رطوبت خاک بر سطح سبز و عملکرد محصول تأثیرگذار است. بر اساس نتایج، حداکثر میانگین عملکرد دانه در هر دو سال آزمایش در روش آبیاری قطره‌ای نواری و در آرایش کاشت روی پشته به میزان ۱۳۰۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کمترین مقدار آب کاربردی دو سال آزمایش برای روش آبیاری قطره‌ای نواری حدود ۴۱۸۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. مقدار آب کاربردی برای روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب حدود ۴۶۷۵ و ۵۹۳۰ متر مکعب در هکتار اندازه گیری شد. لذا نتیجه گیری می شود که استفاده از روش آبیاری تحت‌فشار (قطره‌ای نواری یا تیپ) به همراه آرایش کاشت روی پشته علاوه بر مصرف آب کمتر و بهره‌وری بالاتر، منجر به دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه کنجد شد.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر با حمایت مالی و معنوی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان و بر اساس نتایج طرح مصوب پژوهشی با شماره مصوب: ۰۰۰۵۸۷-۰۳۰-۱۴-۵۷-۲۴ از سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی نگاشته شده است. بدین‌وسیله نگارندگان، مراتب سپاس و قدردانی خود را از زحمات و همکاری‌های این عزیزان اعلام می‌دارد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

فهرست منابع

۱. بی نام. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۷-۹۸. جلد اول محصولات زراعی، *وزارت جهاد کشاورزی*. تهران، ایران.

۲. غلامحسینی، مجید، شریعتی، فرناز، آقامحمدی، علی، ۱۳۹۹. انتخاب بهترین آرایش کاشت برای ارقام مختلف کنجد. *نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی*، ۹(۱)، صص. ۲۵-۱۳.
https://doi.org/10.22092/rafhc.2019.122897.1162

۳. کوچکی، علیرضا، نصیری محلاتی، مهدی، نوربخش، فرانک، نهبندانی، علیرضا، ۱۳۹۶. اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد. *پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۵(۱)، صص. ۴۵-۳۱.
https://doi.org/10.22067/gsc.v15i1.33089

۴. بی‌نام. ۲۰۰۰. سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO). مقررات ملی مدیریت منابع آب. چاپ اول. *سازمان مدیریت منابع آب ایران*، تهران.

۵. سرحدی، جواد، شریف، مهری، ۱۳۹۸. تنش کم آبی گیاه و نگهداری آب در خاک- نقش کم آبیاری بر رشد و عملکرد کنجد در شرایط خشکسالی، شانزدهمین کنگره علوم خاک، ایران، زنجان.
https://civilica.com/doc/1026622

۶. جعفری، حسین، نورقلی‌پور، فریدون و رجایی، مجید، ۱۳۹۸. تعیین دور آبیاری بهینه بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در مناطق مهم تحت کشت کنجد در کشور با استفاده از تشت تبخیر کلاس A. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۹(۴)، صص. ۲۲۹-۲۰۸.
https://doi.org/10.22125/iwe.2019.90264

۷. رضایی ، اعظم، جولایی رامتین، کرامت‌زاده، علی، ۱۳۹۹. بررسی اثر سیاست‌های قیمت و سهمیه‌بندی آب کشاورزی بر پایداری منابع آب استان گلستان. *نشریه پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۴(۲)، صص. ۲۸۵-۲۷۰.
https://doi.org/10.22092/jwra.2020.122263

۸. رفیع، محمدرضا و دهقانی، علی، ۱۳۹۸. بررسی تأثیر دور آبیاری در مراحل مختلف فنولوژی بر ویژگی‌های کمی و کیفی و بهره‌وری مصرف آب کنجد. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک*، ۲۶(۵)، صص. ۳۹-۲۱.
https://doi.org/10.22069/jwsc.2019.16217.3151

۹. فیض‌نیا، فرید، و فخرالعلمایی، محمدحسین، ۱۳۸۷. آبیاری تحت‌فشار. *نشریه ترویجی، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی استان کرمانشاه*، چاپ اول، صص. ۲۹.

۱۰. دهقانی، علی، ۱۳۹۱. بررسی بیماری گل سبز کنجد و اثرات تاریخ کاشت و سمپاشی در کنترل آن در استان خوزستان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی به شماره ثبت ۸۴/۲۶۴. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، صص. ۲۸.

11. El Naim, A M., Ahmed, M F. and Ibrahim, K h., 2010. Effect of Irrigation and Cultivar on Seed Yield, Yield's Components and Harvest Index of Sesame (Sesamum indicum L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *6*(4), pp.492-497.
12. Gercek, S., Boydak, E. and Simsek, M., 2004. Effect of Irrigation Methods and Row Spacing on Yield and Yield Components of Sesame. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. *7*(2), pp.2149-2154.
13. Hong, Y., Yu, J. and Chai, K., 1985. Effect of drought stress on major upland crops. *Agronomy Journal*. 27, pp.148-155.
14. Kassab, O., Noemani, E. and El-Zeiny, A H., 2005. Influence of some irrigation system and water regimes on growth and yield of sesame plants. *Journal of Agronomy*. *4*, pp.220-224.

15. Mensah, J K., Obasami, B., Eruotor, P. and Onomerieguna, F., 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (Sesamum indicum). *African Journal of Biotechnology*. 5, pp.1249-1253.
16. Monpara, B A. and Vaghasia, D R., 2016. Optimizing sowing time and row spacing for summer sesame growing in semi-arid environments of India. *Int. J. Curr. Res. Acad. Rev*. *4*(1):122–31. **doi: 10.31830/2454-1761.2022.028.**
17. Nadeem, A., Kashani, S., Ahmed, N., Buriro, M., Saeed, Z., Mohammad, F., and Ahmed, S., 2015. Growth and yield of sesame (Sesamum indicum L.) under the influence of planting geometry and irrigation regimes. *Am. J. Plant Sci*. 6, pp.980-986.
18. Pereira, J R., Guerra, H O C., Zonata, J H., Bezerra, J R C., Almida, E S A B. and Araujo, W P., 2017. Behavior and water needs of sesame under different irrigation regimes: III. Production and hydric efficiency, Afr. J. Agric. Res. 12(13), pp.1158-1163. **doi: 10.5897/AJAR2016.12011**.
19. Rezvani Moghaddam, P., Sabori A., Mohammadabadi, A., and Moradi, R., 2013. Effect of chemical fertilizers, manure and municipal waste compost on yield, yield components and oil content sesame genotypes in Mashhad. *Iranian journal of Agronomic Research*. 11, pp.250-241. **doi:10.22067/gsc.v15i1.33089.**
20. 23. Saeidi, A., Tohidi-Nezhad, E., Ebrahimi, F., Mohammadi-Nejad, G. and Shirzadi, M H., 2012. Investigation of water stress on yield and some yield components of sesame genotypes in Jiroft region, *J. Appl. Sci. Res*. 8, pp.243-246. **doi: 10.29252/jcb.10.26.185**.