

The effect of surface and subsurface fertigation with waste water on canola yield Mehdi Zakerinia¹, Kamran Bagheri¹

¹Department of Water Engineering Water & Soil Engineering Faculty. University of Agriculture science and natural resources of Gorgan.Gorgan.Iran

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 25December2024

Revised18April2025

Accepted:05May 2025

Publishedonline:29March2026

Keywords:

Unconventional water
Effluent
fertilizer irrigation
surface
subsurface drip irrigation
canola yield.

ABSTRACT

Objective: One of solutions to deal water shortages is the proper use of unconventional water same as brackish water, upstream agricultural land drainage, and treated wastewater. Also, they can be used in pressurized irrigation systems, in addition to increasing the efficiency, the ability of fertilizer irrigation can also be used in them. In that case, it can be used optimally and prevent the environmental consequences of excessive use of chemical fertilizers.

Material and Methods: In this study, an experiment was conducted as a completely randomized split-plot design with eight treatments and three replications at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources from autumn 2019 to spring 2020 for canola. The effect of quality or type of irrigation water (W) on two levels, type of irrigation system (T) on two levels, and method of irrigation fertilizer (F) on both levels on the yield of rapeseed parameters was tested.

Results and Discussion The results showed that the simple effects of irrigation fertilizer (irrigation fertilizer (F1), no irrigation fertilizer (F2)) in well water (w1) and wastewater (w2) in surface (T1) and subsurface (T2) drip irrigation system in The 1% probability level depends on the amount of dry matter, number of branches, number of pods (pods) and yield. The results also showed that the use of Gorgan-treated effluent and drip irrigation on canola performance parameters (at a 5% probability level) was not significant. Irrigation fertilizer on 1000-seed weight at 5% level is not significant. Also, the simple effects of water type treatment and irrigation method and all interactions of water type effect on irrigation (WF), water type effect on dripper type (WT), fertilizer effect, dripper type (FT), water type effect on irrigation fertilizer type dripper (WFT) at the 5% probability level was not significant on all canola yield parameters.

Conclusions: Based on all the results, the use of irrigation fertilizer along with wastewater can increase some performance parameters of rapeseed, but it did not increase the yield of 1000-seed weight.

*Corresponding author, Email: mzakerinia@gau.ac.ir

Cite this article: Zakerinia, Mahdi., & Bagheri Kamran. (2026). The effect of surface and subsurface fertigation with waste water on Canola yield. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*. <http://doi.org/10.22034/nawee.2025.495667.1125>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/nawee.2025.495667.1125>

Publisher: Gonbad Kavous University.



تأثیر کود آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی با پساب بر عملکرد کلزا

مهدی ذاکری نیا^{*}، کامران باقری^۱

^۱گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: برای مقابله کمبود آب، یکی از راهها، استفاده صحیح از آب‌های نامتعارف نظیر آب‌های شور، زه آب اراضی کشاورزی بالادست و نیز پساب‌های تصفیه‌شده فاضلاب است. همچنین در صورت استفاده از آنها در سامانه‌های آبیاری تحت فشار، همزمان با افزایش راندمان، می‌توان کودآبیاری نیز انجام داد و در مصرف کود شیمیایی صرفه جویی نموده و در عین حال و از عوارض زیست محیطی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی جلوگیری نمود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۰۹	مواد و روش‌ها: از این رو در این تحقیق، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبرار خردشده کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان از پاییز ۱۳۹۸ تا بهار ۱۳۹۹ برای محصول کلزا انجام گردید. اثر کیفیت یا نوع آب آبیاری (W) در دو سطح و نوع سیستم آبیاری (T) در دو سطح و نحوه کودآبیاری (F) هم در دو سطح بر میزان عملکرد پارامترهای کلزا امتحان شد.
کلیدواژه‌ها: آب نامتعارف، پساب، کودآبیاری، آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی عملکرد کلزا.	نتایج و بحث: نتایج نشان داد که اثرات ساده کود آبیاری (کود آبیاری (F1)، عدم کودآبیاری (F2)) در آب چاه (w1) و آب پساب (w2) در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی (T1) و زیر سطحی (T2) در سطح احتمال یک در صد بر میزان ماده خشک، تعداد شاخه، تعداد غلاف (خورجین) و عملکرد معنی دار است. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد پساب تصفیه‌شده گرگان و نحوه آبیاری قطره‌ای بر پارامترهای عملکردی کلزا در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نشد. کودآبیاری نیز بر وزن هزار دانه در سطح ۵ درصد معنی دار نیست. همچنین اثرات ساده تیمار نوع آب و شیوه آبیاری و کلیه اثرات متقابل اثر نوع آب در کودآبیاری (WF)، اثر نوع آب در نوع قطره چکان (WT)، اثر کودآبیاری، نوع قطره چکان (FT)، اثر نوع آب در کودآبیاری در نوع قطره چکان (WFT) در سطح احتمال ۵ درصد بر کلیه پارامترهای عملکردی کلزا معنی دار نشد.
	نتیجه‌گیری: براساس کلیه نتایج، استفاده از کودآبیاری به‌همراه پساب می‌تواند باعث افزایش برخی پارامترهای عملکردی کلزا شده است، اما باعث افزایش عملکرد وزن هزار دانه نشده است.

*نویسنده مسئول، Email: mzakerinia@gau.ac.ir

استناد: ذاکری نیا، مهدی؛ باقری، کامران (۱۴۰۵). تأثیر کودآبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی با پساب بر عملکرد کلزا. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*.

<http://doi.org/10.22034/nawee.2025.495667.1125>



مقدمه

با توجه به شرایط اقلیمی کشور ایران، عدم امکان افزایش حجم منابع آب مورد استفاده در بخش کشاورزی و ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی از منابع آب محدود، به نظر می‌رسد که استفاده از روشهای علمی و فنی برای به‌کارگیری سایر منابع آبی مانند آبهای نامتعارف از جمله پساب‌ها در بخش کشاورزی خصوصاً در اراضی شمالی استان گلستان که جزو مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود، از ضروریات است؛ زیرا خطرات ناشی کاربرد بی‌ضابطه فاضلاب و پساب در آبیاری محصولات کشاورزی گسترش یافته است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱).

در سالهای اخیر، به‌کارگیری پساب حاصل از تصفیه فاضلابها در امر آبیاری محصولات کشاورزی برای رویارویی با مساله بحران آب در سطح وسیعی مورد توجه قرار گرفته است (Feigin et al. 1991). هرچند پساب فاضلاب در مقایسه با حجم آب آبیاری مورد نیاز مقدار کمی را شامل می‌شود، ولی بهره‌برداری از همین مقدار باعث می‌شود که آبهای باکیفیت بالاتر را بتوان در مصارف بااهمیت‌تر به‌کاربرد (عابدی و نجفی، ۱۳۸۰). با توسعه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در کشور، حجم فاضلاب تصفیه شده نیز افزایش یافته و ضرورت استفاده صحیح و با ضابطه از آب‌های نامتعارف بیشتر احساس می‌شود. کاربرد غیراصولی می‌تواند موجب نتایج نامطلوب بهداشتی و محیط زیستی از قبیل شیوع بیماری و آلودگی منابع آب و خاک شود (Hogg et al. 1977). یکی از مهمترین کاربردهای اینگونه آب‌ها در کشور ما در کشاورزی و فضای سبز است (شایگان و حضرتی، ۱۳۹۴). پساب‌های فاضلاب‌ها اثرات مثبتی بر خاک و رشد گیاهان به علت افزایش مواد آلی و عناصر غذایی مانند ازت و کود فسفر و پتاس دارد. استفاده از پساب فاضلاب در کشاورزی علاوه بر تامین نیاز آبی گیاه زراعی، مواد غذایی گیاه را نیز تامین می‌کند. اغلب گیاهان هنگامی که با پساب فاضلاب آبیاری می‌شوند، عملکرد بیشتری حاصل کرده و نیاز کمتری به کودهای شیمیایی دارند که در نتیجه آن مقداری از هزینه‌های تولید کاسته می‌شود (Bura et al. 1987). برای مثال در مورد گیاهان ریشه‌ای نیشکر و سبزینه‌ها و به‌ویژه علوفه در مزارع آبیاری شده با فاضلاب بیشتر از مزارع آبیاری شده با آب کانال بوده است (Mahdia. 1980).

از سویی معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل کمبود آب، طراحان مهندسی آبیاری، سامانه‌های آبیاری قطره‌ای را برای اراضی باغی و حتی اراضی زراعی مانند گیاهان ردیفی در نظر می‌گیرند.

از طرفی در خصوص استفاده از پساب فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری تحت فشار تحقیقات اندکی انجام شده است. طراحی صحیح و با ضابطه آبیاری قطره‌ای، می‌تواند آثار نامطلوب به‌کارگیری آبهای نامتعارف را کاهش دهد (Bahri 1999، Oron et al. 1992).

ملاحسینی و دانش (۱۳۸۷) در مشهد به بررسی تأثیر کاربرد توأم آب و پساب بر دبی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای پرداختند. در این پژوهش پنج تیمار آب پساب، کاربرد پساب و شستشو سیستم در انتهای آبیاری، کاربرد متناوب آب و پساب، به کار گرفته شد. اثر این تیمارها بر دبی سه نوع قطره‌چکان گردابی، طولانی مسیر و جبران‌کننده فشار بررسی شده است. آن‌ها نتیجه گرفتند که کاربرد توأم آب و پساب در مقایسه با کاربرد پساب، گرفتگی کمتری در قطره‌چکان‌ها ایجاد می‌کند، اما بین تیمارها مختلف کاربرد توأم آب و پساب، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج تحقیق نشان داد که شیب منحنی کاهش دبی در تیمارهای رقیق‌سازی، آبیاری متناوب، و شست‌وشو منفی بوده و ضریب همبستگی آنها قابل قبول بوده است که این روند تأثیر کاربرد توأم آب و پساب بر کاهش گرفتگی را تایید می‌نماید.

قرچه و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی تأثیر کودآبیاری بر گرفتگی برخی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای پرداختند. ایشان در مطالعه خود از سه تیمار بدون کود F0، کود نیترات F1، کود نیترات آلومینیوم F2 و سه نوع قطره‌چکان شامل A تنظیم‌شونده یک نازله روی خط، B تنظیم‌شونده ۶ نازله داخل خط و C تنظیم‌شونده ۸ نازله روی خط به‌عنوان عامل فرعی استفاده کردند. نتایج نشان داد که با تغییر کیفیت کودآبیاری از F0 به F2، میزان گرفتگی روند افزایشی دارد.

Liu and Huang. 2009 گرفتگی سه نوع قطره‌چکان را با استفاده از آب تازه و پساب تصفیه‌شده فاضلاب بررسی کردند. کیفیت آب در ورودی و خروجی قطره‌چکان‌ها نشان داد که رسوب شیمیایی آب به‌دلیل pH بالا و غلظت بالای یون‌ها مخصوصاً در پساب تصفیه‌شده فاضلاب، دلیل اصلی گرفتگی قطره‌چکان‌ها بوده است. روش‌های مختلفی برای جلوگیری از رسوب املاح در

داخل لوله‌ها و گرفتگی قطره چکانها وجود دارد. ساختار قطره‌چکان‌ها عامل تاثیرگذار در تعیین مدیریت مناسب شیب آبیاری است (عسگری و همکاران ۱۳۹۵).

روش آبیاری به بازده کودآبیاری تاثیر دارد، بازده آبیاری و توزیع یکنواخت آن در روش‌های مختلف آبیاری متفاوت است. بنابراین کارایی کودآبیاری در روش‌های مختلف آبیاری متغیر است. در حال حاضر استفاده از آبیاری قطره‌ای -نواری در بسیاری از کشورهای جهان برای فرآورده‌های جالیز، گیاهان زراعی و صنعتی از جمله نیشکر، پنبه و چغندر قند رواج دارد (کریمی و همکاران ۱۳۸۶). تورین و همکاران با بررسی عملکرد پنج نوع قطره‌چکان با دبی مختلف که طی دو فصل زراعی ۱۹۹۸ تا ۱۹۹۹ با آب حوضچه‌های فاضلاب کار می‌کردند، گزارش کردند دو قطره‌چکانی که کمترین دبی را داشتند دچار گرفتگی شدند؛ ولی گرفتگی در سه نوع دیگر ناچیز بود و میزان کاهش دبی در آن‌ها در طی دو فصل ۴ درصد و کمتر بوده است. به‌طور کلی طول مدت زمان تزریق به جنس خاک، کود و آب مورد نیاز بستگی دارد و به‌عنوان یک قاعده کلی بیشترین مدت زمان تزریق نمی‌باید از دو ساعت برای هر مزرعه بیشتر شود (قائم‌ی ع، ۱۳۸۲).

در کنار همه این محدودیتها، یکی از محاسن استفاده از آبیاری قطره‌ای، سهولت به‌کارگیری کودآبیاری است. شایان ذکر است که استفاده از پساب برای آبیاری گیاهانی که به‌صورت خام مصرف می‌شوند، به‌دلیل احتمال بیماری‌زایی آن توصیه نمی‌شود. بنابراین بهتر است در مورد محصولات که قبل از مصرف فراوری می‌شوند (نظیر روغن‌گیری)، به‌کار برده شود. در سالهای اخیر یکی از واردات مهم کشور ایران روغن خوراکی بوده است. از این رو افزایش تولید در دانه‌های روغنی مانند کلزا می‌تواند به کاهش وابستگی به این محصول استراتژیک کمک کند. سطح زیر کشت کلزا در دنیا ۶۲/۷ میلیون هکتار بود که از این مساحت در حدود ۳۳/۸ در دنیا در حدود (متوسط عملکرد ۱۸۵۶ کیلوگرم در هکتار) تولید دریافت می‌گردد. مساحت کاشته‌شده کلزا در ایران در همین سال در حدود ۱۶۵ هزار هکتار است که از این مساحت ۳۴۵ هزار تن (متوسط عملکرد ۲۰۹۰ کیلوگرم در هکتار) تولید به‌دست آمده است و در حال حاضر سالانه ۹۰ هزار هکتار از اراضی استان گلستان کلزا کشت می‌گردد. در مجموع می‌توان گفت، یکی از راهکارهای اصلی برای مقابله با مسأله بحران آب، استفاده بهینه از آب‌های متعارف و نامتعارف موجود در سامانه‌های آبیاری جدید است. به‌طور کلی با یافتن راهکارهای مناسب برای استفاده از منابع آب نامتعارف موجود، به‌همراه کودآبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، می‌توان افزایش سطح زیرکشت محصولات کشاورزی در استان‌هایی که امرار معاش بخش اعظمی از مردم در آن وابسته کشاورزی است را تضمین نمود. با توجه به آنکه یکی از محاسن استفاده از آبیاری تحت فشار، سهولت به‌کارگیری کودآبیاری در آنها است، از این رو بررسی شرایط استفاده توأم از پساب و به‌کارگیری کودشیمیایی محلول در آب، بر عملکرد محصولات کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است.

کلزا یکی از دانه‌های روغنی است که در سالهای اخیر کشت آن رو به افزایش بوده است. از آنجاکه این گیاه به‌طور غیرمستقیم به‌مصرف می‌رسد، امکان انتشار آلودگی‌های احتمالی استفاده از پساب در آن بسیار اندک است. حتی استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری ممکن است، باعث افزایش محصول کلزا شود. و نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی را نیز کمتر نماید. بنابراین لازم است کاربرد همزمان کود شیمیایی همراه با پساب تصفیه‌شده شهری از نظر عملکرد محصول آزمایش شود.

مواد و روش‌ها

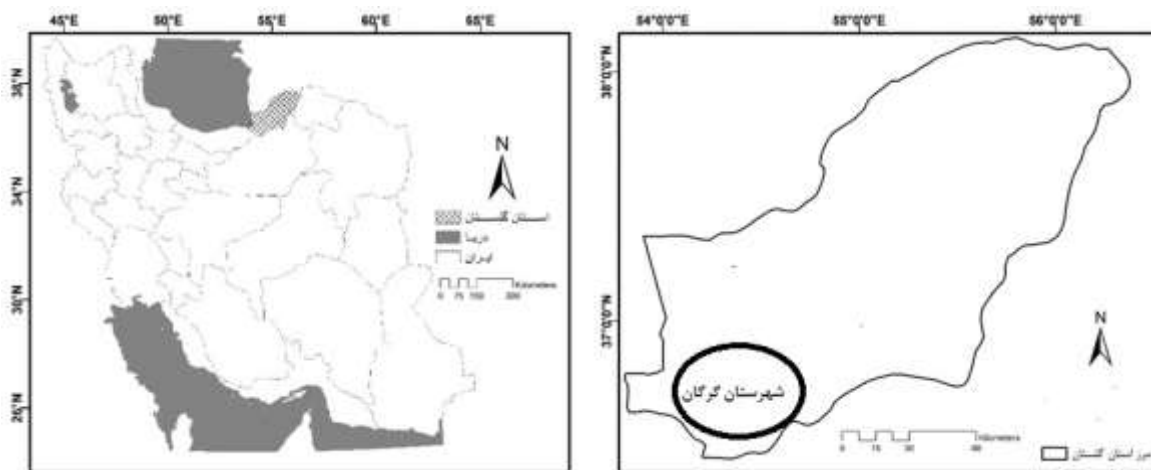
مکان مطالعه

استان گلستان با وسعتی در حدود ۲۰۳۸۰ کیلومتر مربع، بین ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی با مساحتی حدود ۲۱۵۰۰ کیلومتر مربع در بخش شمالی کشور واقع شده است. این استان با حدود ۶۵۰ هزار هکتار اراضی زراعی دیم و آبی به عنوان قطب کشاورزی کشور تلقی می‌گردد. این استان از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به دریای خزر و استان مازندران محدود می‌شود. آب و هوای استان را می‌توان با توجه به خصوصیات دما و بارش به سه نوع معتدل خزری مرطوب،

کوهستانی (معتدل و سرد) و نیمه‌خشک (نیمه‌بیابانی) تقسیم کرد. پتانسیل آب زیرزمینی و سطحی استان به ترتیب ۱۲۵۰ و ۱۲۳۵ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد که بر اساس آخرین آماربرداری سراسری از مجموع پتانسیل مذکور حدود ۲۷۳ میلیون متر مکعب (بدون احتساب مصارف سد و شبکه‌ها) از جریانات سطحی و ۱۰۲۹ میلیون متر مکعب از آب‌های زیرزمینی به‌منظور شرب، کشاورزی و صنعت، استحصال می‌شود. به‌عبارت‌دیگر حداکثر ضخامت آبخوان در مخروط افکنه و مسیر رودخانه بوده و در سایر قسمت‌ها از عمق آن و به تبع جریان دریافتی از کیفیت آن کاسته می‌شود، به‌طوری که اراضی نیمه شمالی (از مرکز به طرف شمال و غرب) استان به‌علت بالا بودن سطح ایستابی، وجود رسوبات دانه‌ریز و قرارگیری در مسیر جریانات زیرزمینی حاوی آب شور، قابل بهره‌برداری نیستند (غلامی و همکاران، ۱۳۹۳). معمولاً بارش نزولات در مناطق جنوبی و مرکزی استان مناسب بوده و تامین آب شهرها و روستاهای متمرکز این مناطق، با خطوط انتقال آب چند ده کیلومتری صورت می‌گیرد. اما مناطق شمالی استان گلستان به دلیل بارش کم، جزو مناطق نیمه خشک محسوب شده و اکثر آب‌های مناطق میانی و شمالی استان از نوع غیرمتعارف بوده و در سالهای اخیر با رشد روز افزون جمعیت، همگام با گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی به همراه خشکسالی‌های پی در پی، منجر به افزایش تقاضای آب و به اوج رسیدن بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی شده است. نتیجه این امر وارد آمدن فشار بیش از حد بر منابع آبی با کیفیت و استفاده اجتناب‌ناپذیر از منابع آب نامتعارف موجود شده است. با توجه به وجود منابع معتناهی از آب‌های غیرمتعارف در نقاط میانی، وجود اراضی مرتعی وسیع در شمال استان و کیفیت نامناسب آب‌های زیر زمینی این مناطق به نظر می‌رسد استفاده از آب‌های نامتعارف در این مناطق ضروری است. این امر می‌بایست همراه با امکان‌سنجی بهره‌برداری فنی و اقتصادی و ارائه الگوی کشت مناسب باشد. انواع آب نامتعارف شامل آب شور و لب شور، زه‌آب اراضی کشاورزی بالادست، پساب (خانگی، صنعتی، کشاورزی، شیلات) و آب باران هستند (Feigin et al. 1991). یکی از منابع آب نامتعارف و متمرکز موجود، پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری است که در سالهای اخیر در برخی نقاط استان مانند گرگان به بهره‌برداری رسیده است. تصفیه‌خانه فاضلاب گرگان با ظرفیت ۳۰ هزار مترمکعب در شبانه روز در سال ۱۳۸۲ آغاز و بهره‌برداری آزمایشی از آن در اردیبهشت سال ۱۳۹۲ صورت گرفته است. این تصفیه‌خانه در قسمت شرق گرگان قرار دارد و شامل تصفیه مقدماتی، اولیه، ثانویه و ضد عفونی پساب است. تصفیه اولیه خود شامل دو قسمت است: ۱- مرحله اولیه که عمدتاً شامل پمپاژ فاضلاب ورودی، تصفیه آشغال‌گیری، شن‌گیری و در بعضی از حالت‌ها، خرد کردن مواد درشت ۲- عملیات مرحله اول شامل خارج ساختن ترکیبات جامد آلی یا غیرآلی از طریق رسوب دادن آنها و نیز کف‌گیری نمودن موادی است که در سطح آب شناور است (عبدالله‌پور، ۱۳۹۶). در بیشتر حالات، تصفیه ثانویه به دنبال تصفیه اولیه و به منظور اصلاح بیشتر پساب اولیه از برای حذف باقی‌مانده‌های مواد آلی و مواد معلق است. لذا تصفیه اولیه، تصفیه مکانیکی و تصفیه ثانویه، یک تصفیه زیستی است. تصفیه پیشرفته هنگامی به کار می‌رود که مواد تشکیل دهنده خاصی که باید از پساب حذف شوند، در اثر تصفیه ثانویه نتوانند حذف شوند و برای حذف نیتروژن، فسفر، مواد معلق اضافه، مواد آلی سخت، فلزات سنگین و نمک‌های محلول به کار می‌رود. پس از ته نشین شدن فاضلاب در استخر ته‌نشینی نهایی و پیش از وارد نمودن آن به منبع‌های طبیعی آب، باید فاضلاب گندزدایی شود که در بعضی کشورها به عنوان آخرین مرحله تصفیه، تعقیب می‌شود. متداول‌ترین روش گندزدایی فاضلاب استفاده از کلر است.

در این پژوهش، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده کاملاً تصادفی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان از پاییز ۱۳۹۸ تا بهار ۱۳۹۹ برای محصول کلزا انجام گردید (شکل ۱). فاکتور کیفیت آب به عنوان فاکتور اصلی و کودآبیاری و روش آبیاری قطره ای سطحی و زیر سطحی به عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شد. میزان پارامترهای عملکرد کلزا با توجه کاربرد تیمار کودی (کودآبیاری (F1) و عدم کود آبیاری (F2))، تیمار قطره چکان (قطره‌چکان سطحی (T1) و قطره چکان

زیرسطحی (T2)) تیمار نوع آب (آب چاه (w1) و آب پساب (w2)) برداشت شده از تصفیه‌خانه شهری گرگان مورد ارزیابی و تحقیق آماری قرار گرفت (۸ تیمار و ۳ تکرار).



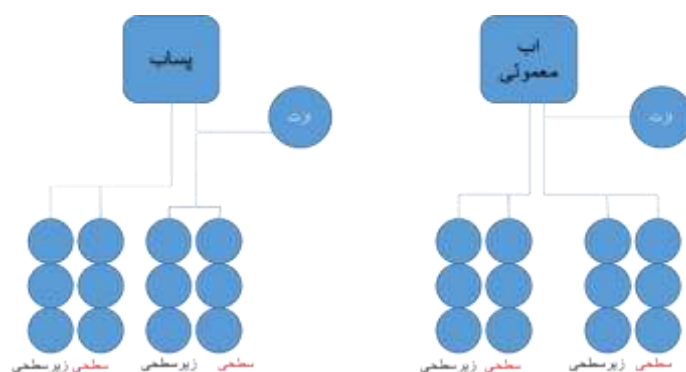
شکل ۱- موقعیت مکانی استان گلستان و شهر گرگان و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پساب موردنیاز در این مطالعه از خروجی نهایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر گرگان واقع در ۲ کیلومتری جاده آق‌قلا و از آخرین مرحله تصفیه برداشت شد. برخی از خصوصیات شیمیایی پساب و آب پردیس دانشگاه که در این طرح مورد استفاده قرار گرفته، در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات پارامترهای شیمیایی آب و پساب تصفیه‌خانه فاضلاب

pH	CO ³⁻	HCO ³⁻	SAR	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	pH	EC	کیفیت آب
	(mg/lit)	(mg/lit)	(meq/l) ^{0.5}	(meq/l)				(ds/m)		
۷/۳	۱۵	۳۰	۰/۵۴	۰/۰۹	۲/۳	۳/۱	۰/۹	۷	۰/۶	آب معمولی
۸/۵	۱۲۰	۶۱	۰/۶۶	۰/۴۵	۴/۴	۵/۲	۱/۲	۸/۲	۱/۴	پساب

در این پژوهش از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی با قطره‌چکان یورودریپ با دبی ۴ لیتر در ساعت و قطره‌چکان نتافیم زیرسطحی با دبی ۲/۴ لیتر در ساعت برای بررسی تاثیر شیوه آبیاری قطره‌ای بر میزان عملکرد کلزا استفاده شد. پس از کشت گیاه کلزا کود ازت در سه مرحله پس از مرحله چهاربرگی تا پایان دوره گلدهی، مجموعاً ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت کود آبیاری استفاده شد. شکل ۱ شمایی از چیدمان تیمارهای و تکرارهای مختلف را نشان می‌دهد. جدول ۳ نیز به معرفی تیمارهای مختلف پرداخته شده است.



شکل ۱- شمای طرح شامل منبع آب، کود آبیاری و روش آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی

از اهداف این طرح آن است که با به کارگیری همزمان کود و پساب هزینه تولید محصول کلزا کاهش یابد و شیوه آبیاری قطره چکانهای سطحی و زیرسطحی نیز در صورت استفاده همزمان پساب و کود بررسی شود. بافت خاک یکی از خصوصیات فیزیکی خاک است که در طراحی و ارزیابی روش های آبیاری نقش اساسی و مهمی دارد. بافت برخی خصوصیات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه شامل ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی و چگالی ظاهری اندازه گیری شد. برای این منظور از نقاط مختلف منطقه نمونه برداری صورت گرفت، سپس با استفاده از روش هیدرومتری نسبت درصد ذرات مختلف خاک مشخص شد و با استفاده از مثلث بافت خاک، بافت خاک منطقه تعیین گردید. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایش

عمق (cm)	بافت خاک	ظرفیت زراعی (درصد حجمی)
۰-۱۰	سیلتی لومی رسی	۳۵
۱۰-۲۰	سیلتی لومی رسی	۳۵
۲۰-۳۰	سیلتی لومی رسی	۳۵

بعد از عصاره گیری از خاک مورد آزمایش، EC و PH آن به ترتیب برابر 0.673 dS/m و 7.7 اندازه گیری شد.

جدول ۲- معرفی تیمارهای مختلف تعریف شده در این پژوهش

تعریف تیمار	حروف اختصاری
آب چاه، عدم کود آبیاری و قطره چکان سطحی	W1F2T1
آب چاه، عدم کود آبیاری و قطره چکان زیر سطحی	W1F2T2
آب چاه، کود آبیاری و قطره چکان سطحی	W1F1T1
آب چاه، کود آبیاری و قطره چکان زیر سطحی	W1F1T2
پساب، عدم کود آبیاری و قطره چکان سطحی	W2F2T1
پساب، عدم کود آبیاری و قطره چکان زیر سطحی	W2F2T2
پساب، کود آبیاری و قطره چکان سطحی	W2F1T1
پساب، کود آبیاری و قطره چکان زیر سطحی	W2F1T2

عمق آب کاربردی در هر یک از تیمارها با اندازه‌گیری تبخیر از تشت تبخیر صورت گرفته و با تاثیر ضریب گیاهی نیاز آبی محاسبه گردید. شکل ۲ تشت تبخیر استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد که در ایستگاه هواشناسی پردیس دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان نصب شده است.



شکل ۲- تشت تبخیر کلاس A مستقر در پردیس دانشگاه

لایسیمترها با خاک زراعی منطقه دانشگاه به مقدار ۴۵ کیلوگرم خاک خشک پر گردید. طی یک روز تمامی لایسیمترها با یک میزان مشخص از خاک پر شده و چند نمونه خاک برای اندازه‌گیری رطوبت و مشخصات فیزیکی و شیمیایی برداشت شد. و سپس در محل اجرای پژوهش جانمایی گردید.

باتوجه به آنکه سامانه آبیاری قطره ای حداقل به ۱۰ متر فشار برای عملکرد بهینه قطره چکان نیاز دارد، در این طرح از ارتفاع ۱۱ متری ساختمان گروه مهندسی آب تا محل استقرار لایسیمترها استفاده شد. محل قرارگیری مخازن آب و کود آبیاری نیز پشت بام ساختمان بود. برای جلوگیری از ریزش باران هم روی گیاهان از پوشش پلاستیکی استفاده گردید. از رقم‌های

موجود کلزا از رقم دلگان که یک رقم جدید و مقاوم است برای کشت در این طرح انتخاب و با توجه به فصل کشت گیاه کلزا، در تاریخ ۱۳۹۸/۰۸/۲۵ کشت و بعد از خشک شدن بوته ها در تاریخ ۱۳۹۹/۰۳/۱۲ برداشت گردید. کود تزریقی به سیستم با توجه به نیاز کودی کلزا در دوره های مختلف رشد آن اعمال گردید. برای اندازه گیری میزان بیوماس، وزن تر گیاه اندازه گیری شده سپس در آن به مدت ۷۲ ساعت با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار گرفته و اندازه گیری های مربوط به وزن خشک گیاه اندازه گیری شد.

مقدار ماده خشک و تعداد غلاف (خورجین)، مقدار شاخه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اندازه گیری و سپس به منظور بررسی تغییرات احتمالی بعد اندازه گیری پارامتر های موجود به تجزیه و تحلیل آماری داده با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت و سپس به کمک، آزمون LSD دانکن به مقایسه میانگین ها و تأثیر هر یک از پارامترها پرداخته شد.

نتایج و بحث

در این بخش به بررسی تاثیر نوع آب، کود آبیاری و نوع قطره چکان بر میزان عملکرد کلیه پارامتر های گیاهی کلزا پرداخته شده است.

۱-۳ بررسی آماری تجزیه واریانس و مقایسه میانگین پارامتر گیاهی

نتایج حاصل از بررسی آماری تجزیه واریانس میانگین مربعات پارامتر های گیاهی و درصد روغن در جداول ۴ ارائه شده است. سپس برای فاکتورهایی که تاثیر معنی دار بر پارامترهای عملکرد داشته اند مقایسه میانگین صورت گرفت.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کیفیت آب، کود آبیاری و نوع قطره چکان بر پارامتر های گیاهی

ردیف	درجه آزمون df	وزن خشک گیاه	تعداد شاخه	تعداد خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد	مقدار روغن
نوع آب (W)	۱	۱۶۵/۶۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۵۷۰/۳۸ ^{ns}	۰/۱۲۸ ^{ns}	۰/۴۰۶ ^{ns}	۱/۸۷ ^{ns}
خطا اصلی	۴	۶۹/۰۷	۰/۷۱	۹۸/۳۳	۰/۰۴۰	۰/۳۷۰	۳/۹۳
کودآبیاری (F)	۱	۶۵۲۵/۷۵ ^{**}	۴۰/۰۴ ^{**}	۱۹۵۵۱/۰۴ ^{**}	۰/۰۷۶ ^{ns}	۱۶/۶ ^{**}	۲/۱۰ ^{ns}
اثر نوع آب×کودآبیاری(WF)	۱	۱/۲۶ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۱۷۶/۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۳۸ ^{ns}	۶/۵۱ ^{ns}
خطا فرعی	۴	۳۵/۷۲	۰/۷۵	۳۹۴/۱۷	۰/۱۰۵	۰/۲۳۰	۸/۹۴
نوع قطره چکان (T)	۱	۱۹/۸۱ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۳/۳۷ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۱۳۸ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}
اثر نوع آب×نوع قطره چکان (WT)	۱	۳۵۴/۲۷ ^{ns}	۲/۳۴ ^{ns}	۱۲۴۷/۰۴ ^{ns}	۰/۰۸۸ ^{ns}	۰/۷۹۹ ^{ns}	۱/۸۷ ^{ns}
اثر کودآبیاری×نوع قطره چکان (FT)	۱	۴۱۵/۰۸ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۵۹۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۱/۵۷۱ ^{ns}	۱۳/۶۵ ^{ns}
اثر نوع آب×کودآبیاری×نوع قطره چکان (WFT)	۱	۲۰۶/۲۱ ^{ns}	۰/۶۷ ^{ns}	۱۲/۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۶۲۱ ^{ns}	۴/۰۸ ^{ns}
خطا فرعی فرعی	۸	۲۰۸/۵۱	۱/۷۱	۹۳۸/۲۵	۰/۱۰۷	۰/۵۷۸	۴/۹۲
کل	۲۳	۹۷۷۵/۳۹	۶۳/۶۱	۳۱۶۲۵/۹۶	۱/۷۵۰	۲۷/۱۹۶	۱۲۰/۹۶

** معنی داری در سطح ۱ درصد، * معنی داری در سطح ۵ درصد، ^{ns} غیر معنی دار.

۳-۲- تعداد شاخه

بررسی نتایج آنالیز واریانس میانگین مربعات خطا ناشی از اثر نوع آب، کودآبیاری و نوع قطره چکان در جدول ۵ نشان داد که اثرات ساده کود آبیاری بر تعداد شاخه بوته کلزا در سطح احتمال یک معنی دار است، با توجه به جدول ۴ مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که کود آبیاری باعث افزایش تعداد شاخه به مقدار ۶۶/۶۶ در صد شده است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار ها بر تعداد شاخه

نام تیمار	سطح تیمار	میانگین تن در هکتار	آزمون T
F	F _۱	۶/۱۸±۰/۳۸ a	۶/۱۱
	F _۲	۲/۰۶± ۱/۳۲ b	

۳-۳- وزن خشک

بررسی نتایج آنالیز واریانس میانگین مربعات خطا اثر نوع آب، کودآبیاری و نوع قطره چکان در جدول ۴ نشان داد که اثرات ساده کود آبیاری بر مقدار ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی دار است، به طوری که کود آبیاری باعث افزایش مقدار خشک به مقدار ۴۵/۴۳ در صد شده است مطابق به جدول (۶). در گزارش طوسی کهل و همکاران (۱۳۹۰) اذعان شد که استفاده از محلول نیتروژن، باعث افزایش رشد رویشی و تعداد خورجین و مقدار عملکرد می شود و همچنین وابستگی ماده خشک به عملکرد دانه کلزا توسط Habekotte (۱۹۹۳) به اثبات رسیده است.

جدول ۶-مقایسه مقدار وزن خشک گیاه

نام تیمار	سطح تیمار	میانگین گرم در متر مربع	آزمون T
F	F _۱	۷۲/۵۹±۴/۱۹ a	۶/۶۴
	F _۲	۳۹/۶۱± ۲/۶۴ b	

۳-۴- تعداد خورجین

بررسی نتایج آنالیز واریانس میانگین مربعات خطا اثر نوع آب، کودآبیاری و نوع قطره چکان در جدول ۴ نشان داد که اثرات ساده کود آبیاری بر تعداد غلاف دانه بوته کلزا در سطح احتمال یک معنی دار است، با توجه به جدول ۷ مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که کود آبیاری باعث افزایش تعداد خورجین به مقدار ۸۹/۹۴ درصد شده است. Scott (et al 1983) گزارش کردند در بین اجزای عملکرد، تعداد خورجین بیشترین تاثیر را در بین اجزاء عملکرد به نیتروژن دارد. همچنین طوسی کهل و همکاران (۱۳۹۰) نیز بیان نمودند که استفاده از کود نیتروژن بر میزان تعداد خورجین در کلزا معنی دار بود و مقدار خورجین و عملکرد دانه را افزایش می دهد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات ساده بر تعداد خورجین

نام تیمار	سطح تیمار	میانگین تن در هکتار	آزمون T
F	F _۱	۱۲۲/۷۵±۸/۰۷ a	۵/۹۶
	F _۲	۶۵/۶۶± ۵/۱۲ b	

۳-۵- وزن هزار دانه

بررسی نتایج تجزیه واریانس اثر کیفیت آب، کود آبیاری و نوع قطره چکان بر میزان وزن هزار دانه کلزا در جدول ۴ نشان داد که هیچ کدام از اثرات ساده و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد معنی دار نشده است. طوسی کهل و همکاران در سال ۱۳۹۰ گزارش کردند که وزن هزار دانه بیشتر در وابسته به ویژگی های ژنتیکی گیاه است. ولی دانشمند و همکاران (۱۳۸۷) اعلام کردند که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی دار وزن هزار دانه است.

۳-۶- میزان عملکرد کلزا در هکتار

بررسی نتایج آنالیز واریانس میانگین مربعات خطا اثر نوع آب، کودآبیاری و نوع قطره چکان در جدول ۴ نشان داد که اثرات ساده کود آبیاری برمیزان عملکرد دانه کلزا در هکتار در سطح احتمال یک معنی دار است، با توجه به جدول ۸ مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که کود آبیاری باعث افزایش میزان عملکرد کلزا به مقدار ۹۹/۷۷ درصد شده است. نتایج تحقیق بهدادیان و همکاران (۱۳۸۹) در گرگان نشان داد با توجه به اینکه گیاه کلزا دارای نیاز کودی بالا بوده و خاک مزارع استان غنی از ازت ناست اثر استفاده از کود اوره بر میزان عملکرد دانه در سطح یک در صد معنی دار است. Scot et al (1973) گزارش دادند که افزایش استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش مقدار عملکرد میشود. ربیعی (۱۳۹۰) در گیلان، طی دو سال به بررسی اثر فاصله و مقدار کود نیتروژن بر کلزا پرداخت و گزارش کرد که کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد می گردد.

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه کلزا در هکتار

نام تیمار	سطح تیمار	میانگین تن در هکتار	آزمون T
F	F ₁	۳/۴۷±۰/۲۷ a	۵/۸۷
	F ₂	۱/۸±۰/۰۹ b	

۳-۷- بررسی اثرات تیمارها بر میزان درصد روغن دانه کلزا

بررسی نتایج تجزیه واریانس اثر کیفیت آب، کود آبیاری و نوع قطره چکان بر میزان درصد روغن دانه کلزا در جدول ۴ نشان داد که هیچ کدام از اثرات ساده و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد معنی دار نشده است. در حالی که دانشمند و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که افزایش میزان کود نیتروژن باعث کاهش معنی دار سطح روغن در دانه کلزا می گردد.

جدول ۹- نتایج واسنجی مدل AquaCrop براساس سال و محل پایلوت

پارامتر	MBE	RMSE	NRMSE	EF	d
سال					
۱۳۹۹	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۹۰	۰/۹۹
۱۴۰۰	-۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۹۹	۰/۹۹
۱۴۰۱	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۹۰	۰/۹۹
۱۴۰۲	-۰/۱	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۹۰	۰/۹۹
شهر					
شوش	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۹۰	۰/۹۹
اهواز	-۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۰۵	۰/۷۰	۰/۹۹
هویزه	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۹۹	۰/۹۹
خرمشهر	-۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۹۰	۰/۹۹

نتیجه گیری

در این پژوهش، نتایج برآورد بهای تمام شده نتایج این تحقیق نشان داده که اثرات ساده کود آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی بر میزان ماده خشک، تعداد شاخه، تعداد غلاف (خورجین) و عملکرد معنی‌دار است. بنابراین کودآبیاری می‌تواند نقش عمده‌ای در افزایش پارامترهای مذکور داشته باشد. اما کودآبیاری بر وزن هزار دانه اثرات مثبتی نداشته است. همچنین در مجموع می‌توان گفت استفاده از پساب و روش آبیاری قطره‌ای در افزایش محصول کلزا موثر نبوده است، اما تغذیه گیاه مذکور با کود مورد نیاز بر نتایج مورد بحث اثرگذارتر خواهد بود. براساس کلیه نتایج، استفاده از کودآبیاری به همراه پساب می‌تواند باعث افزایش برخی پارامترهای عملکردی کلزا شود، اما باعث افزایش عملکرد وزن هزار دانه نشده است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسنده اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده است.

مشارکت نویسندگان

جمع‌آوری داده‌ها، تهیه گزارش پژوهش و تحلیل داده‌ها بر عهده پژوهشگر بود.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- احمدپور دهکردی، ا.، تدین، م. ۱۳۹۴. اثر آبیاری با پساب شهری و نوع کود مصرفی بر صفات کمی و کیفی چغندر قند. تولید گیاهان زراعی، ۸(۲): ۹۷-۱۱۷.
- بهدادیان، ع.، سلطانی، ا.، زینلی، ا.، عجم نوری، ح.، (۱۳۸۹) ارزیابی وضعیت تغذیه نیتروژنی کلزا (*Brassica napus L*). در شرایط گرگان بوم‌شناسی گیاهان زراعی، ۹(۴): ۱۳-۲۴.
- دانشمند، ع.، شیرانی راد، ا. ح.، نور محمدی، ق.، زارعی، ق.، دانشیان، ج. ۱۳۸۷. اثر رژیم آبیاری و سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه و کیفیت دو رقم کلزا. مجله علوم زراعی ایران، ۱۰(۳): ۲۴۴-۲۶۱.
- ربیعی، م.، ربیعی، م. ۱۳۹۰. اثر فاصله کاشت و مقدار کود نیتروژن بر عملکرد دانه و خصوصیات زراعی کلزا رقم ۳۰۸ هایولا به عنوان کشت دوم در اراضی شالیزاری گیلان. به مجله زراعی بذر، ۲(۴): ۳۹۹-۴۱۵.
- شایگان، ج. و، حضرتی، ح. ۱۳۹۴. دامنه کاربرد فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی و اهمیت مدیریت صحیح آن در کشور. بازیافت آب، ۲(۲): ۱۰۲-۱۹۳.
- طوسی کهل، پ.، اصفهانی، ح.، ربیعی، م.، ربیعی، ب. ۱۳۹۰. اثر غلظت و زمان محلول پاشی کود نیتروژن مکمل بر انتقال مجدد

- ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا: (*Brassica napus* L). رقم هایولا ۴۰۱ مجله علوم زراعی ایران، ۳۶۷-۳۵۲:(۲)۱۳
- عابدی، م. ج. و پ. نجفی. (ترجمه). ۱۳۸۰. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، ۲۴۸ صفحه.
- عبدالله پور، ز. ۱۳۹۶. بررسی و مقایسه تاثیر انواع آب مغناطیسی شده و مغناطیسی نشده (آب معمولی، آب شور و پساب) بر کمیت و کیفیت زهاب خروجی و عملکرد کلزا. پایاننامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.
- عسگری، ع.، قیصری، م.، صفریان، ف.، شیروانی، م. ۱۳۹۵. مدیریت مناسب شیماآبیاری برای آبیاری قطره‌ای پایدار با کاربرد پساب. دوره دوم کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۰. خشکسالی و ضرورت افزایش بهره‌وری آب. فصلنامه علمی ترویجی، خشکی و خشکسالی کشاورزی.
- غلامی، م.، همکاران. ۱۳۹۳. تحقیق پیرامون آب‌های نامتعارف و تبدیل آن با استفاده از تکنولوژی های نو به آب‌های با کیفیت برای مصرف شرب و غیره به لحاظ زیست محیطی. طرح تحقیقات کاربردی سازمان آب منطقه ای استان گلستان.
- قاسمی، س. ع. ش. دانش، ا. علیزاده. ۱۳۹۱. امکان‌سنجی استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای در کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری مشهد. نشریه آبیاری و زهکشی، جلد ۶، شماره ۳: ص ۱۶۲-۱۵۲.
- قرچه، ش.، دلبری، م.، گنجی، ف. ۱۳۹۴. تأثیر کودآبیاری بر گرفتگی برخی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای. آب و خاک، ۲۹(۲): ۲۶۳-۲۷۳.
- ملاحسینی، م.، دانش، ش. ۱۳۸۶. تأثیر کاربرد توام آب و پسابر دبی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۲: ۹۵-۱۰۴.
- Abedi, M. J., P. Najafi. 2001. Use of treated wastewater in agriculture. Publications of the National Irrigation and Drainage Committee of Iran, Tehran, 248 pages.
- Abdollahpour, Z. 2017. Investigation and comparison of the effects of magnetized and non-magnetized water types (regular water, saline water and wastewater) on the quantity and quality of effluent and rapeseed yield. Master's thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.
- Adin, A., Sacks, M. 1991. Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 117(6):813-826.
- Ahmadpour Dehkordi, A., Tadayin, M. 2015. The effect of irrigation with urban wastewater and the type of fertilizer used on quantitative and qualitative traits of sugar beet. Crop Production, 8(2): 97-117.
- Alizadeh, A. 2001. Drought and the necessity of increasing water productivity. Scientific Quarterly Extension, Drought and Agricultural Drought.
- Askari, A., Qaysari, M., Safarian, F., Shirvani, M. 2016. Appropriate management of irrigation chemicals for sustainable drip irrigation using wastewater. The second session of the National Congress of Irrigation and Drainage of Iran.
- Bahri, A. 1999. Agricultural reuse of wastewater and global water management. Water Science and Technology, 40(4-5):339-346.
- Behdadian, A., Soltani, A., Zeinali, A., Ajam Norouzi, H. 2010. Evaluation and status of nitrogen nutrition of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Gorgan conditions. Ecology of Crop Plants, 9(4): 13-24.

- Bura, R. B. R., Sheikh, R., Cort, R., Cooper, D. 1987. Reclaimed water for irrigation of vegetables eaten raw. 1987. Calif. Agric, 41 (7-8):4-7
- Daneschmand, A., Shirani Rad, A. H., Noor Mohammadi, Q., Zarei, Q., Daneshian, J. 2008. The effect of irrigation regime and nitrogen levels on grain yield and quality of two rapeseed cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 10(3):244-261
- Feigin, A., Ravina, I., Shalhevet, J. 1991. Irrigation with treated sewage effluent: management for environment protection. Springer-Verlag pub. Berlin.
- Ghasemi, S. A., Danesh, S.H., Alizadeh, A. 2012. Feasibility study of using drip irrigation system in the use of wastewater from urban wastewater treatment plants in Mashhad. Irrigation and Drainage Journal, Volume 6, Number 3, pp: 152-162.
- Molla Hosseini, M., Danesh, S.H. 2007. The effect of combined use of water and effluent from drippers in drip irrigation system. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 2: 95-104.
- Habekotte, B. 1993. Quantitative analysis of pod formation. Field Crops Res, 38: 21-33.
- Hogg, T. J., Tollefson, L. C., Weiteman, G. 1997. Effluent irrigation: the Saskatchewan perspective. Canadian Water Resources Journal, 22(4): 445-455.
- Liu, H., Huang, G. 2009. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. Agricultural Water Management, 96(5):745-756.
- Mahdia, U. N. 1980. Water pollution and disposal of wastewater on land. Tata McGraw Hill publ. co. Ltd., New Delhi.
- Oron, G., DeMalach, Y., Hoffman, Z., Manor, Y. 1992. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. Water Science and Technology, 26(7-8):1593-1601.
- Rabiei, M. 2011. The effect of planting distance and nitrogen fertilizer amount on grain yield and agronomic characteristics of rapeseed No. 308 Hayula as a second crop in Gilan rice fields. In Agricultural Journal of Seed, 2-27(4):399-415.
- Scott, R. K., Ogunremi, E. A., Ivans, J. D., Mendham, N. J. 1973. The effect of fertilizers and harvest date on growth and yield of oilseed rape sown in autumn and spring. J. Agric. Sci. (Camb), 81: 287- 293.
- Shaygan, J., Hazrati, H. 2015. Scope of application of treated wastewater in agriculture and the importance of its proper management in the country. Water Recycling, 2(2):102-193.
- Toosi-Kohli, P., Isfahani, H., Rabiei, M., Rabiei, B. 2011. Effect of concentration and time of foliar application of supplementary nitrogen fertilizer on dry matter remobilization, grain yield and yield components of rapeseed (Brassicunapus L.) cultivar Hayola 401 Iranian Journal of Agricultural Sciences, 13(2):352-367
- Qarcheh, S.H., Delbari, M., Ganji, F. 2015. The effect of fertilizer application on clogging of some drippers in drip irrigation. Water and Soil, 29(2): 263-273.