Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 20, Apr.-May. 2026, p. 16-25

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۲۰، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۵، ص. ۲۵-۱۶

مقاله علمی-پژوهشی

# اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد علوفه و بهره‌وری آب محصول یونجه در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

علی قدمی فیروزآبادی[1*]، محمد سوری[2] و رضا بهراملو[3] ، حجت علیخانی مهوار[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۲

## چکیده

با توجه به وضعیت بحرانی آب در کشور، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌منظور کاهش سهم تبخیر و افزایش بهره‌وری آب ضروری است. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب یونجه در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، در سه تکرار و به مدت ۲ سال انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ۴ تیمار آبیاری: ۱- کم آبیاری با تامین ۷۰ درصد نیاز آبی ۲- کم آبیاری با تامین ۸۵ درصد نیاز آبی ۳- آبیاری کامل (تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و ۴ – بیش آبیاری به میزان ۱۱۵ درصد نیاز آبی بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در دو سال آزمایش نشان داد که اثر سطوح آبیاری بر تولید علوفه خشک و بهروری آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر تیمارهای مختلف آبی بر میزان عملکرد محصول و بهره‌وری آب معنی‌دار شد، بیشترین عملکرد محصول مربوط به دو تیمار ۱۰۰ و ۱۱۵ درصد نیاز آبی به ترتیب با عملکرد ۱۶۶۰۷ و ۱۷۲۷۵ کیلوگرم در هکتار بود، هرچند تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار از نظر عملکرد محصول مشاهده نشد. دو تیمار ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با میزان ۱/۹۴ و ۱/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری آب را به‌خود اختصاص دادند و در یک گروه آماری قرار گرفتند. با افزایش تامین درصد نیاز آبی از ۷۰ تا ۱۰۰ درصد، افزایش سیگموئیدی (اس شکل) در بهره‌وری آب مشاهده گردید. اما با تغییر تامین درصد نیاز آبی از ۱۰۰ به ۱۱۵ درصد، کاهش شدیدی در بهره‌وری آب مصرفی مشاهده شد. بنابراین تامین ۸۵ درصد نیاز آبی به‌منظور دستیابی به بیشترین بهره‌وری آب در آبیاری زیرسطحی یونجه توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری زیرسطحی، بهره‌وری آب، کم‌آبیاری

## مقدمه

خشکسالی و بحران آب در سال‌های اخیر باعث شده که آب به عنوان مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین عامل تولید در کشاورزی، دارای اهمیت اقتصادی ویژه‌ای باشد. در استان همدان بیلان منابع آب زیرزمینی در تمام دشت‌ها منفی است و متوسط کسری حجم مخزن منابع آب زیرزمینی حدود ۲۰۰ میلیون مترمکعب در سال است (شرکت آب منطقه ای همدان، ۱۴۰۲). میانگین افت سالانه بلند مدت سطح ایستابی استان حدود ۱ متر و از ۱/۵۷ متر در دشت کبودرآهنگ (بیشترین) تا ۰/۷ متر در دشت نهاوند (کمترین مقدار) متغیر است. لذا افزایش بهره‌وری آب و استفاده بهینه از این نهاده ضروری به نظر می‌رسد. روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌دلیل کاهش تبخیر و افزایش بهره‌وری آب می‌تواند راهکار مناسبی جهت استفاده بهینه از منابع محدود آب باشد. در استان همدان محصول یونجه با برخورداری از ۳۱۳۳۲ هکتار سطح زیرکشت، سومین محصول زراعی (آبی) استان به شمار می رود (آمار پایه‌ای سازمان جهاد کشاورزی استان همدان، ۱۴۰۲). این محصول به تنهایی ۲۶ درصد منابع آب سالیانه استان همدان را بخود اختصاص داده است و از این نظر با توجه به کسری مخازن آب استان، استفاده مناسب آب در این محصول بسیار حائز

۱ – دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۲ – محقق بخش زراعی و باغی ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۳ – دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
٤- مربی پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email:ghadami@gmail.com)
DOI: 10.22034/idj.2025.536233.2614

اهمیت است. از طرفی نوسانات قیمت محصول یونجه بسیار اندک بوده و با توجه به مکانیزاسیون کامل آن از سودآوری خوبی برخوردار بوده و بعد از سیب زمینی دومین محصول پرسود و از محصولات جذاب و مورد علاقه کشاورزان استان می‌باشد. لذا این پژوهش با هدف مطالعه و بررسی اثر تیمارهای مختلف آبی در روش آبیاری زیرسطحی بر عملکرد و بهره‌وری آب انجام شد.

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای اولین بار در کالیفرنیا در سال ۱۹۵۹ به‌کار گرفته شد و بعد از آن در قسمتهای مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفت. این روش آبیاری دارای مزایای زیادی نظیر تلفات آبشویی کمتر نسبت به آبیاری سطحی، عملکرد محصول بیشتر، کنترل بهتر علف‌های هرز به علت خشکی سطح خاک، کیفیت بهتر محصول و توانایی کاربرد آب و مواد غذایی به فعالترین بخش ناحیه ریشه، تجمع بسیار کمتر املاح در لایه‌های سطحی‌تر خاک در مقایسه با آبیاری قطره‌ای معمولی، طول عمر بیشتر لوله آبده و قطره-چکان‌ها به‌دلیل عدم قرار داشتن در معرض تابش آفتاب و صدمات مکانیکی است (Lamm and camp, 2007; Sealim et al.,2009). در دهه اخیر مطالعات زیادی در رابطه با کاربرد و کارآیی آبیاری زیرسطحی در محصولات مختلف انجام گرفته است. نتایج مطالعات مارتینز و همکاران در بررسی اثر کود بر رشد و عملکرد ذرت حاکی از برتری این روش نسبت به آبیاری سطحی داشت (Martinez et al., 1991). نتایج مطالعات زولدکس و همکاران و عبدی حاکی از افزایش کارایی مصرف آب و توانایی آبیاری زیرسطحی در زراعت چمن دارد (Zoldokse et al, 1995., Abdi,2003). هاتمچر و همکاران کارایی آبیاری زیرسطحی قطره‌ای و آبیاری قطره‌ای سطحی را در زراعت یونجه مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری سطحی باعث افزایش ۲۰ درصدی در عملکرد یونجه و کاهش ۶ درصدی در حجم آب مصرفی شد (Hutmacher et al, 1992). بر اساس مطالعات پاتل و راجپوت آبیاری زیرسطحی باعث کاربرد آب کمتری نسبت به آبیاری سطحی قطره‌ای و صرفه جویی در مصرف آب در یک خاک با بافت لومی شنی شده بود (Patel and Rajput, 2007). قدمی فیروزآبادی و جعفری (۱۴۰۳) در مقایسه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و بارانی، میانگین عملکرد ۳ ساله محصول یونجه در دو سامانه سیستم آبیاری قطره‌ای و بارانی را به‌ترتیب ۱۹۷۷۹ و ۱۴۷۵۱ کیلو گرم در هکتار و میزان بهره‌وری آب به ترتیب ۲/۴ و ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین نمودند. میانگین حجم آب مصرفی در دو سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و بارانی، به ترتیب ۸۴۷۲ و ۱۱۴۸۰ مترمکعب در هکتار تعیین شد. لذا سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی علاوه بر افزایش عملکرد محصول، باعث کاهش ۲۶/۲ درصدی در آب مصرفی و بهبود بهره‌وری آب به میزان ۸۴/۶ درصد نسبت به سامانه آبیاری بارانی شد.

سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی دارای کارایی مصرف آب بیشتری است و استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی همواره منجر به بهبود عملکرد و کیفیت محصول، کاهش نیاز آبی و کاهش هزینه‌ها برای محصولات کشاورزی یک ساله (مانند گوجه فرنگی، پنبه، ذرت شیرین، نخود سیاه، سیر، کلم بروکلی، فلفل، و کاهو) خواهد شد (Ayars etal, 2015). اسماعیل و المرشادی در پژوهشی به بررسی کم‌آبیاری بر روی محصول یونجه در ایستگاه آزمایشی کشاورزی دانشگاه ملک عبدالعزیز با استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی پرداختند. تیمارهای مورد مطالعه شامل تیمارآبیاری تامین ظرفیت مزرعه (FC) به عنوان شاهد، تامین ۸۵ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه به عنوان تیمارهای تنش آبی بودند. نتایج نشان داد که تنش آبی باعث کاهش عملکرد تر و خشک یونجه و افزایش راندمان مصرف آب آبیاری (IWUE) شد و دو تیمار ۸۵ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه باعث کاهش ۱۳ و ۲۷ درصدی در آب مصرفی و کاهش ۱۲ و ۲۱/۷ درصد در عملکرد محصول شد (Ismail and Almarshadi, 2013).

کاو و همکاران پژوهشی را به‌منظور بررسی تاثیر کم آبیاری تنظیم شده بر میزان آب مصرفی، عملکرد یونجه و کیفیت یونجه تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در حوضه زهکشی رودخانه شیانگ واقع در شمال غربی چین انجام دادند، تیمارهای مورد مطالعه شامل کم‌آبیاری تنظیم شده در تمام طول فصل رشد (۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و کم‌آبیاری در برخی مراحل رشد بود. نتایج نشان داد که با اعمال درصد بیشتر کم‌آبیاری، عملکرد یونجه، نسبت ساقه به برگ و عملکرد پروتئین خام (CP) کاهش می‌یابد در حالی‌که WUE (کارایی مصرف آب) و محتوای پروتئین خام (CP) افزایش می‌یابد و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی، یک مقدار بحرانی است. به‌طوری‌که کم‌آبیاری شدیدتر از ۶۰ درصد ظرفیت زراعی (۴۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) باعث کاهش معنی‌دار عملکرد یونجه می‌شود ولی در تیمارهای با درصد تامین بیشتر از ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه، کاهش عملکرد معنی‌دار نیست (Kou et al., 2014). جبار و همکاران در پژوهشی در عراق به بررسی سه فاصله ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متری و دو عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی متری آبیاری قطره ای زیرسطحی بر عملکرد و کارایی مصرف آب یونجه نشان دادند که با افزایش فواصل لوله های آبیاری قطره ای عملکرد خشک و علوفه سبز محصول کاهش می یابد و بیشترین کارایی مصرف آب برای ماده خشک و عملکرد علوفه سبز در تیمار فاصله ۵۰ سانتی‌متری و عمق ۲۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (Jabbar et al., 2020). صفوی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی در صفی آباد دزفول به بررسی سطوح مختلف آبیاری (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰) بر عملکرد ارقام مختلف یونجه (بغدادی، یزدی، نیک شهری، امید و مساسرا) با استفاده از آبیاری قطره‌ای (تیپ) پرداختند، آن‌ها رقم بغدادی و تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی

را برای شرایط مشابه با اقلیم شمال خوزستان توصیه نمودند.

لیو و همکاران در بررسی کم‌آبیاری تنظیم شده در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای زیرسطحی بر محصول یونجه بیان داشتند که کم‌آبیاری در تمام مراحل رشد، در هر دو سیستم آبیاری، عملکرد علوفه یونجه را کاهش داده، در حالی‌که کیفیت علوفه افزایش یافت.کم‌آبیاری در برخی مراحل رشد معمولاً عملکرد علوفه بالاتری را در مقایسه با تنش آبی ملایم در کل مراحل رشد داشت و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کارایی مصرف آب آبیاری بالاتری نسبت به آبیاری غرقابی برای تولید یونجه داشت(Liu et al, 2021) . منتظر و همکاران در بررسی سه سطح تامین تبخیر و تعرق گیاه یونجه ( ۱۰۰ ،۸۰ و ۶۰ درصد تامین نیاز آبی) با استفاده از سامانه آبیاری بارانی خودکار دوار مرکزی در منطقه اینر مانگولیا چین نشان دادند که با کاهش مصرف آب از ۶۱۷ به ۴۰۵ میلی‌متر بهره‌وری آب از ۲/۱۸ به ۲/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت، به‌طوری‌که تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه در چین‌های اول و دوم و ۶۰ درصد نیاز آبی در چین سوم برای تولید یونجه در نواحی نیمه خشک این منطقه و مناطق مشابه توصیه شد (Montazar et al., 2017). ژانگ و همکاران در مطالعه ای با مقایسه سه مقدار آب ( ۵۲۵۰ ،۶۰۰۰ و ۶۷۵۰ مترمکعب در هکتار در سال) با آبیاری قطره ای و چهار سطح مصرف فسفر (۰ ،۵۰ ،۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال) بر عملکرد و کارایی مصرف آب یونجه نشان دادند که کاربرد ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار در سال و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار در سال بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب) را خواهد داشت (Zhang et al., 2020). داراپوننی و همکاران در مطالعه میدانی که توسط مرکز تحقیقات و توسعه دانشگاه وا یومینگ آمریکا انجام شد، میزان بهره‌وری آب برای تیمارهای ۲۵ ،۵۰ ،۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در یونجه را به ترتیب ۲/۰۲، ۱/۹۶، ۲/۱۷ و ۱/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب را تعیین نمودند (Darapuneni et al., 2020).

لی و سو به بررسی اثر سطوح آبیاری به میان ۱۰۰، ۶۶، ۳۳ درصد نیاز آبی و تیمار بدون آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب یونجه در در یک ایستگاه آزمایشی در شمال چین پرداختند، میانگین عملکرد محصول از ۱۱۵۷۷ تا ۱۸۶۳۶ کیلوگرم در هکتار و میانگین بهره¬وری آب نیز از ۲/۳ تا ۲/۷ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر بود (Li and Su, 2017). منتظر و همکاران با بررسی مطالعات گذشته و با استفاده از یک مدل پیش‌بینی کردند که با تغییر آبیاری سطحی به آبیاری زیرسطحی در محصول یونجه، میزان عملکرد یونجه به میزان ۷۹۰۰ کیلوگرم در هکتار در کالیفرنیای آمریکا افزایش می‌یافت (Montazar et al., 2017). الغبری و دیوددار نیز در پژوهشی به بررسی سطوح مختلف ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گوجه‌فرنگی با استفاده از آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی نشان دادند که بیشترین بهره‌وری آب مربوط به آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با تامین ۶۰ درصد نیاز آبی به میزان ۱۹/۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. آن‌ها بیان داشتند که اعمال استراتژی کم‌آبیاری مزایای خاصی برای مدیریت آب محصولات با حداقل تأثیر بر تولید و کیفیت محصول دارند که به پایداری تولید محصول کمک می‌کند (Al-Ghobari and Dewidar, 2018).

مجموع این مطالعات نشان داد که شیوه کم‌آبیاری نقش به سزایی در افزایش بهره‌وری آب خواهد داشت ( Cavero, et al., 2017). با توجه به موارد فوق‌الذکر، محدویت منابع آبی و خشکسالی-های اخیر، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای ضروری است، ولی در محصول یونجه به دلیل تردد زیاد ماشین‌آلات کشاورزی (برداشت محصول یونجه در چین‌های متعدد، ریگ زدن، پرس کردن) در مزرعه به‌کارگیری آبیاری قطره‌ای سطحی امکان‌پذیر نبوده و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی توصیه می‌شود، لذا این پژوهش به‌منظور بررسی سطوح مختلف آبیاری با استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی عملکرد و بهره‌وری آب محصول یونجه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب محصول یونجه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، در مزرعه ای که به مدت ۴ سال تحت سامانه آبیاری زیرسطحی بوده است، در سه تکرار و طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ انجام شد. رقم مورد استفاده در این پژوهش رقم یونجه همدانی بود، که کشت آن در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۸ توسط دستگاه یونجه کار برلیان انجام شده است. تیمارهای مورد مطالعه شامل ۴ تیمار ۱- آبیاری کامل (تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) ۲- کم آبیاری با تامین ۸۵ درصد نیاز آبی ۳- کم آبیاری با تامین ۷۰ درصد نیاز آبی و ۴- بیش‌آبیاری به میزان ۱۱۵ درصد نیاز آبی در سه تکرار انجام شد. عرض و طول هر کرت، به ترتیب ۲۰ و ۴۰ متر (۸۰۰ متر مربع) بود. جهت محاسبه نیاز آبیاری، ابتدا با استفاده از رابطه پنمن مانتیث اصلاح شده تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) محاسبه و با در نظر گرفتن ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد و راندمان آبیاری، نیاز آبیاری با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه شد (قدمی فیروزآبادی و جعفری، ۱۴۰۳).

$$Etc = Kc * Et0 \quad (۱)$$

$$Di = (\frac{Etc-Pe}{Ei}) \quad (۲)$$

که در آن Eto: تبخیر و تعرق گیاه مرجع، Etc: تبخیر و تعرق گیاهی، Kc: ضریب گیاهی، Pe: بارندگی موثر، Ei: راندمان آبیاری و

Di: عمق آب آبیاری

بارندگی موثر به روش ضریب ثابت محاسبه شد.

با توجه به اینکه گیاه چند ساله بود، شروع اعمال تیمارها در اردیبهشت ماه هر سال انجام شد، پس از محاسبه نیاز آبی، حجم آب آبیاری برای هریک از تیماها محاسبه و مقدار آب آبیاری توسط کنتورهای کالیبره شده اعمال گردید. جهت جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها از فیلتر دیسکی استفاده شد. حجم آب آبیاری توسط کنتور برای هر یک از تیمارها اندازه‌گیری شد. مزرعه دارای لوله‌های آبیاری قطره‌ای ۱۶ میلی‌متری، با فاصله قطره‌چکان ۴۰ سانتیمتر با دبی ۱/۵ لیتر در ساعت و عمق کارگذاری ۴۰ سانتی‌متری بود. در طول فصل زراعی طی سه مرحله تزریق تریفلورالینبه میزان ۲ لیتر در هکتار در هر مرحله (فروردین ماه، تیر ماه و مهر ماه) انجام شد و آخر هر سال در صورت نیاز، اسیدشویی سامانه نیز انجام شد. پس از برداشت محصول میزان عملکرد، میزان پروتئین، مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره وری آب کل (آبیاری + بارندگی موثر) ( با استفاده از معادله‌های ۳ و ۴) محاسبه شد.

$$WP_{(ir)} = \frac{Y}{Vw} \quad (۳)$$

$$WP_{(ir+Pe)} = \frac{Y}{Vw+Pe} \quad (۴)$$

$WP_{(ir)}$:بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب)

$WP_{(ir+pe)}$:بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارندگی موثر(کیلوگرم بر متر مکعب)

Y:عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)

Vw: میزان حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)

Pe: میزان حجم بارندگی موثر (مترمکعب بر هکتار)

محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس، مقایسات میانگین، تعیین روابط صفات از طریق ضرایب همبستگی و مدل‌های رگرسیونی است که با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS انجام شد.

جهت ارزیابی اقتصادی ابتدا هزینه های تولید محصول شامل هزینه‌های سامانه آبیاری، آماده‌سازی زمین، هزینه کاشت، داشت، برداشت و هزینه زمین و میزان درآمد ناخالص محصول، درآمد خالص و میزان آب آبیاری در تیمارهای مختلف محاسبه شد و سپس نسبت به محاسبه درآمد به هزینه(B/C)، درآمد خالص به هزینه (NB/C)، درآمد ناخالص به آب آبیاریBPD و میزان درآمد خالص به ازای واحد آب آبیاری NBPD اقدام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در دو سال آزمایش نشان داد که تفاوت بین تیمارهای آبیاری بر تولید علوفه خشک و بهره¬وری آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

### علوفه خشک

اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر میزان عملکرد محصول معنی دار شد (جدول ۲). به‌طوری‌که تیمار ۱۰۰ و ۱۱۵ درصد نیاز آبی بیشترین عملکرد محصول را به خود اختصاص دادند، هرچند تفاوت معنی داری بین این دو تیمار مشاهده نشد. با اعمال کم آبیاری (۷۰ و ۸۵ درصد نیاز آبی) کاهش معنی دار عملکرد محصول یونجه مشاهده شد (جدول ۲).

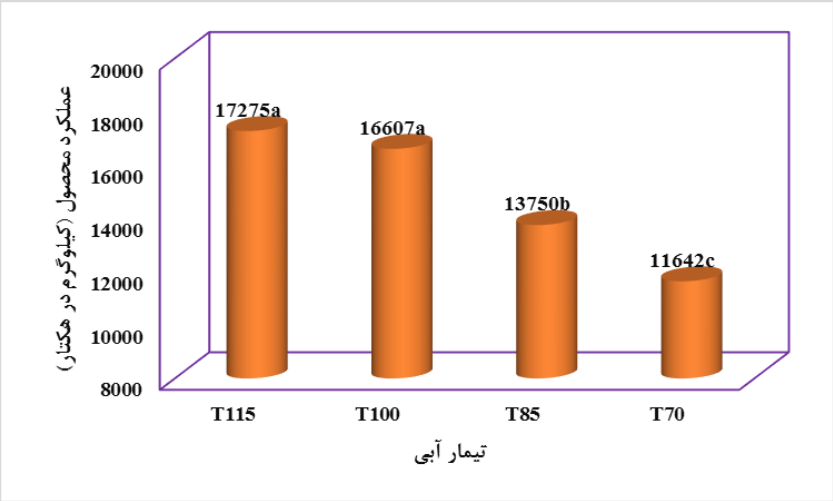
**جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد علوفه خشک و بهره وری آب آبیاری در سطوح مختلف آبیاری در یونجه همدانی**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | علوفه خشک | بهره¬وری آب |
|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۲۷۷۸۵۹/۲۴ ns | ۰/۰۰۲ ns |
| تیمار آبیاری | ۳ | ۲۵۵۹۰۰۶/۳۷ ** | ۰/۰۵۸ ** |
| اشتباه | ۶ | ۲۳۶۲۹۹/۰۸ | ۰/۰۱۳ |
| سال | ۱ | ۸۷۴۸۶۰/۳۵ ns | ۰/۰۰۹ ns |
| سال × رژیم آبیاری | ۳ | ۶۴۰۵۳/۵۳ ns | ۰/۰۰۲ ns |
| سال × تکرار | ۲ | ۹۱۲۱۰۸/۲۲ ns | ۰/۰۳۶ ns |
| اشتباه | ۶ | ۲۲۴۲۸۵/۶۱ | ۰/۰۱۰ |
| کل | ۲۳ | | |
| ضریب تغییرات | | ۱۲/۷۸ | ۵/۳۴ |

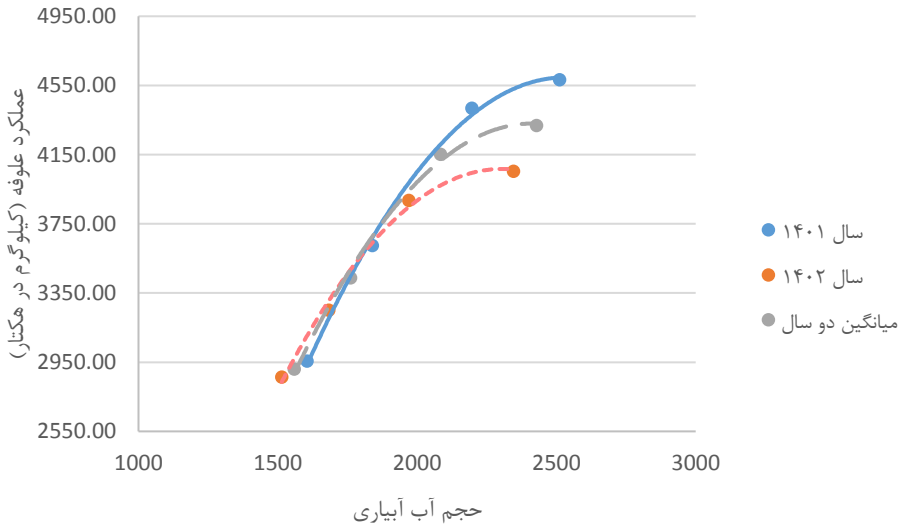
*، **و ns؛ به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌داری در این دو سطح احتمال را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین علوفه خشک و بهره وری آب در سطوح مختلف نیاز آبی

| پارامتر | سطوح پارامتر | علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) | بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) |
|---|---|---|---|
| تیمار آبی | ۱۱۵ | ۱۷۲۷۵ a | ۱/۷۸b |
| | ۱۰۰ | ۱۶۶۰۷a | ۱/۹۹a |
| | ۸۵ | ۱۳۷۵۰b | ۱/۹٤a |
| | ۷۰ | ۱۱۶۴۲c | ۱/۸٤b |
| سال | ۱۴۰۱ | ۱۵۵۸۲a | ۱/۹۱a |
| | ۱۴۰۲ | ۱۴۰۵۴b | ۱/۸۷a |




شکل ۱- تاثیر تیمارهای مختلف آبی بر میزان عملکرد محصول یونجه




شکل ۲- رابطه برازش لجستیک عملکرد علوفه خشک با حجم آب آبیاری

بیش‌ترین علوفه خشک در سطوح آب آبیاری ۱۱۵ و ۱۰۰ درصد تولید شد. این سطوح در یک گروه آماری (a) قرار گرفتند. سطوح ۷۰ و ۸۵ درصد به‌ترتیب کمترین علوفه تولیدی را داشتند و به لحاظ آماری، تفاوت بارزی نسبت به هم نشان دادند (به ترتیب در گروه‌های c و b قرار گرفتند) (جدول ۲). این سطوح نسبت به سطوح بالاتر استفاده از آب آبیاری در گروه‌های مجزای از هم قرار گرفتند. افزایش سطح آبیاری از ۱۰۰ به ۱۱۵ درصد، نتوانسته است تفاوت آماری ایجاد نماید (شکل ۱). این امر بیانگر این است که در این روش آبیاری، ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبیاری می‌تواند برای تولید بهینه موثر باشد. با وجود تغییر در تولید سالانه، تفاوت آماری بارزی در میانگین این صفت ایجاد نشده است.

بر اساس شکل ۲، بالاترین عملکرد در تیمار ۱۱۵ درصد آبیاری و به ترتیب با کاهش درصد آب استفاده شده در آبیاری، کاهش عملکرد مشاهده گردید. روند دوساله نشان می‌دهد که، بین سطوح ۱۱۵ و ۱۰۰ درصد تفاوت اندکی در تولید عملکرد خشک وجود دارد. با کاهش حجم آب استفاده شده در آبیاری، کاهش عملکرد چشمگیر بوده و این کاهش برای تیمار ۷۰ درصد از ضریب بالاتری برخوردار بود. تفاوت در عملکرد محصول در سطوح بالای رطوبتی در دو سال بسیار بارز است. این تفاوت با افزایش شدت تنش رطوبتی کاهش یافته است، به این مفهوم که در شرایط مطلوب رطوبتی تنوع بین میانگین متغیرها، افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش با نتایج گالوی و مقدم (۲۰۱۲) و اسماعیل و المرشادی (۲۰۱۳) همخوانی دارد.

برازش لجستیک[1] برای هر سه روند در معادله زیر محاسبه گردید.

$$y = a_0 + (a_1/(1 + \exp(-(x - a_2)/a_3\ )))$$

با توجه به شکل ۲، روند افزایشی در عملکرد علوفه خشک با افزایش حجم آب آبیاری در دو سال موازی مشابه بوده و تابع برازش لجستیک با روندی تقریبا یکسان و تغییر در میانگین تولید در تیمار ۱۰۰ درصد و ۱۱۵ درصد نیاز آبی قابل مشاهده است.

کاو و همکاران با نتایج مشابهی دست یافته اند، آن‌ها اثر کم-آبیاری تنظیم شده در تمام طول فصل رشد (۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و کم‌آبیاری در برخی مراحل رشد را بر عملکرد یونجه مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که با اعمال درصد بیشتر کم‌آبیاری، عملکرد یونجه کاهش می‌یابد. در این پژوهش تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی، یک مقدار بحرانی است. بطوریکه کم‌آبیاری شدیدتر از ۶۰ درصد ظرفیت زراعی(۴۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) باعث کاهش معنی‌دار عملکرد یونجه شده بود ولی در تیمارهای با درصد تامین بیشتر از ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه، کاهش عملکرد معنی‌دار نبود (Kou et al., 2014).

نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه لیو و همکاران همخوانی دارد، آن‌ها در بررسی کم‌آبیاری تنظیم شده در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای زیرسطحی بر محصول یونجه بیان داشتند که کم آبیاری در تمام مراحل رشد، در هر دو سیستم آبیاری، عملکرد علوفه یونجه را کاهش داد. کم‌آبیاری در برخی مراحل رشد معمولاً عملکرد علوفه بالاتری را در مقایسه با تنش آبی ملایم در کل مراحل رشد داشت (Liu et al., 2021).

**بهره‌وری آب**

بیشترین بهره‌وری آب در سطوح ۱۰۰ و ۸۵ درصد آبیاری مشاهده شد. این سطوح در یک گروه آماری (a) قرار گرفتند. سطوح ۱۱۵ و ۷۰ درصد به‌ترتیب کمترین سرعت رشد پس از برداشت را داشتند و به لحاظ آماری، تفاوت بارزی نسبت به هم نشان ندادند (در گروه b قرار گرفتند (جدول ۲). افزایش سطح آبیاری از ۱۰۰ به ۱۱۵ درصد، در بهره‌وری آب آبیاری کاهش بارزی ایجاد کرد (جدول ۲). به این مفهوم که در این روش آبیاری ۱۰۰ درصد آبیاری می‌تواند برای بهره‌وری آب موثر باشد.

اثر تیمارهای آبی بر میزان بهره‌وری آب آبیاری محصول یونجه معنی دار شد، بطوریکه دو تیمار ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب با ۱/۹۴ و ۱/۹۹ بیشترین میزان بهره‌وری آب را به خود اختصاص دادند و دو تیمار ۷۰ و ۱۱۵ درصد نیاز آبی کمترین بهره‌وری آب آبیاری را به خود اختصاص دادند. (جدول ۲). لذا کاهش آب مصرفی تا حدودی می تواند باعث افزایش بهره‌وری آب شود ولی از حدی بیشتر به علت کاهش عملکرد نمی تواند باعث افزایش بهره وری آب گردد. بنابراین تیمار ۷۰ درصد نیاز آبیاری، به علت کاهش عملکرد نمی تواند به منظور افزایش بهره وری توصیه گردد. همچنین تیمار ۱۱۵ درصد تامین نیاز آبی نیز به دلیل افزایش حجم آب آبیاری و افزایش جزئی عملکرد محصول باعث کاهش بهره وری آب نسبت به دو تیمار ۱۰۰ درصد و ۸۵ درصد نیاز آبی شده است.

نتایج تجزیه واریانس میانگین داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد و بهره وری آب در دو سال متوالی روند یکسانی را داشته و بین اثرات این تیمارها در سال، تفاوت بارزی مشاهده نشد (جدول ۱).

برازش لجستیک[2] برای هر سه روند در معادله زیر محاسبه گردید.

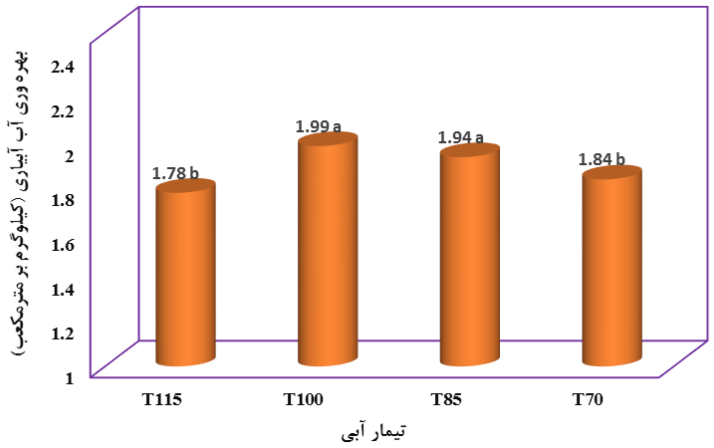
$$y = a_0 + ((a_1 \times 4(1 + \exp(-(x - a_2)/a_3\ )))/((1 + \exp(-(x - a_2)/a_3\ )))^2\ )$$

1Logistic Sigmoidal

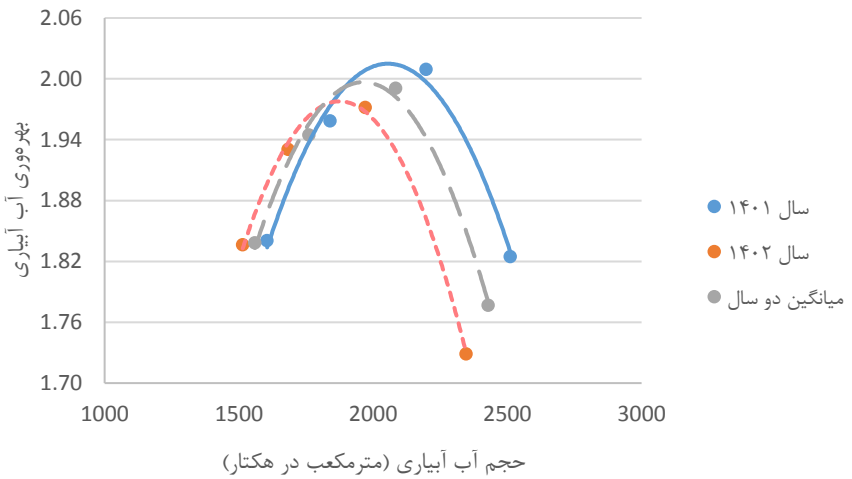
2Logistic Peak

جدول ۳- ضرایب رابطه برازش لجستیک عملکرد علوفه خشک با حجم آب آبیاری

| معادله محاسبه شده | ضریب تبیین ($r^2$ adj) | ضرایب محاسبه شده | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $a_0$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ |
| سال ۱۴۰۱ | ۰/۹۹ | ۲۴۴۴/۲۰ | ۲۱۵۸/۰۸ | ۱۷۳۲/۹۸ | ۱۴۸/۱۰ |
| سال ۱۴۰۲ | ۰/۹۹ | ۲۶۲۸/۲۹ | ۱۴۴۷/۳۶ | ۱۸۰۳/۱۶ | ۱۴۸/۶۰ |
| میانگین دو سال | ۰/۹۹ | ۲۵۳۶/۱۳ | ۱۸۰۳/۲۹ | ۱۷۶۱/۰۹ | ۱۵۰/۰۰ |




شکل ۳- تاثیر تیمارهای مختلف آبی بر میزان بهره¬وری آب محصول یونجه




شکل ٤- رابطه برازش لجستیک بهره‌وری مصرف آب با حجم آب آبیاری در هر چین

جدول ۳- ضرایب رابطه برازش لجستیک بهره‌وری مصرف آب با حجم آب آبیاری در هر چین

| معادله محاسبه شده | ضریب تبیین ($r^2$adj) | ضرایب محاسبه شده | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $a_0$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ |
| سال ۱۴۰۱ | ۰/۹۹ | ۱/۶۶ | ۰/۳۷ | ۱۹۷۶/۱۳ | -۲۳۳/۵۱ |
| سال ۱۴۰۲ | ۰/۹۵ | -۰/۹۵ | ۲/۹۳ | ۱۹۳۷/۶۳ | -۸۲۲/۶۱ |
| میانگین دو سال | ۰/۹۷ | ۱/۴۸ | ۰/۵۳ | ۱۹۵۸/۷۱ | -۳۰۸/۰۰ |

با توجه به شکل ۴، روند بهره‌وری آب مصرفی در دو سال نسبتا موازی و مشابه بوده و تابع برازش لجستیک با افزایش تغییر در اوج بهره‌وری در حجم سالانه بیشتر آب مصرفی است. نتایج این پژوهش با نتایج کاو و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

**ارزیابی اقتصادی**

جهت ارزیابی اقتصادی نسبت به محاسبه درآمد به هزینه(B/C)، درآمد خالص به هزینه (NB/C)، درمد ناخالص به آب آبیاری BPD و میزان درآمد خالص به ازای واحد آب آبیاری NBPD اقدام شد. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می شود، میزان سود به هزینه (B/C) در تمام تیمارها بیشتر از ۲ می باشد، که نشان از توجیه اقتصادی استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در تولید محصول یونجه است. میزان شاخص سود خالص به هزینه در تیمارهای T115، T100، T85 به ترتیب ۱/۹۵، ۱/۸۵ و ۱/۳۶ محاسبه شد، ولی میزان این شاخص در تیمار T70 برابر ۱ محاسبه شد. بنابراین اعمال تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای بهره بردار دارای توجیه اقتصادی نیست. ولی با توجه به اینکه در تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی نسبت منفعت به هزینه (B/C) بیشتر از یک (۱/۳۶) محاسبه شده است و همچنین با عنایت به کاهش ۱۵ درصدی در میزان آب آبیاری (۱۲۵۸ متر مکعب در هکتار) و نسبت به تیمار آبیاری کامل، استفاده از این تیمار توصیه می شود.

**جدول ٤- میزان درآمد، درآمد خالص نسبت به هزینه در تیمارهای مختلف آبیاری**

| تیمار | حجم آب (مترمکعب در هکتار) | عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) | درآمد (ریال در هکتار) | هزینه کل | درآمد به هزینه (B/C) | درآمد خالص به هزینه (NB/C) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T115 | ۹۷۰۵ | ۱۷۲۷۵ | ۱۶۵۸۳۶۵۴۴۰ | ۵۶۱۶۵۷۶۸۷ | ۲/۹۵ | ۱/۹۵ |
| T100 | ۸۳۴۵ | ۱۶۶۰۷ | ۱۵۹۴۲۶۸۱۶۰ | ۵۵۹۹۷۵۸۰۳ | ۲/۸۵ | ۱/۸۵ |
| T85 | ۷۰۸۸ | ۱۳۷۵۰ | ۱۳۲۰۰۰۰۰۰۰ | ۵۵۸۴۲۰۱۸۰ | ۲/۳۶ | ۱/۳۶ |
| T70 | ۶۳۲۷ | ۱۱۶۴۲ | ۱۱۱۷۶۳۲۰۰۰ | ۵۵۷۴۷۹۴۹۷ | ۲ | ۱ |

متوسط قیمت دو ساله یونجه در سالهای انجام پژوهش ۹۶۰۰۰ ریال در ارزیابی اقتصادی منظور شده است.

**جدول ٥- میزان بهره¬وری اقتصادی تولید یونجه در تیمارهای مختلف آبیاری**

| تیمار | بهره¬وری فیزیکی – بر حسب درآمد ناخالص (هزار ریال بر متر مکعب) | بهره¬وری فیزیکی – بر حسب درآمد خالص (هزارریال بر متر مکعب) |
|---|---|---|
| T115 | ۱۷۰/۹ | ۱۱۳ |
| T100 | ۱۹۱ | ۱۲۳/۹ |
| T85 | ۱۸۶ | ۱۰۷/۴ |
| T70 | ۱۷۶/۶ | ۸۸/۵ |

## نتیجه‌گیری

با توجه به مشکل کم آبی در کشور و نیاز آبی بالای محصول یونجه استفاده از سامانه های نوین آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به منظور افزایش بهره‌وری آب گزینه مناسبی است. از طرفی انتخاب سطح مناسب کم‌آبیاری بدون کاهش معنی‌دار عملکرد یونجه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با شرایط کنونی منابع آبی کشور ضروری است. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف آبی بر میزان بهره‌وری آب آبیاری معنی دار شد، بطوریکه دو تیمار ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی با ۱/۹۴ و ۱/۹۹ بیشترین میزان بهره‌وری آب را به خود اختصاص دادند و در یک گروه آماری قرار گرفتند، در بررسی بهره¬وری آب آبیاری، با افزایش تامین درصد نیاز آبیاری از ۷۰ تا ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز رشد این گیاه، افزایش سیگموئیدی در بهره وری آب مشاهده گردید. اما با تغییر در حجم آب آبیاری از ۱۰۰ به ۱۱۵ درصد نیاز آبی، کاهش شدیدی در بهره‌وری آب آبیاری مشاهده شد. بنابراین انجام بیش آبیاری (تیمار ۱۱۵ درصد نیاز آبی) نه تنها باعث افزایش عملکرد معنی دار یونجه نشده، بلکه باعث کاهش بهره‌وری آب و افزایش مصرف بیشتر می شود. بنابراین استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در محصول یونجه و اعمال تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی که علاوه بر کاهش آب مصرفی باعث افزایش بهره‌وری آب می شود در شرایط اقلیمی استان همدان توصیه می گردد. لذا به سیاستگذاران بخش کشاورزی توصیه می شود که

تسهیلات لازم جهت اجرای سامانه آبیاری زیرسطحی در محصول یونجه را در اختیار کشاورزان قرار دهد.

## منابع


جلینی، م.، سبحانی، ع.ر و کریمی، م. ۱۳۹۳. مزیت کاربرد آبیاری قطره‌ای (نواری) زیرسطحی در کشت گوجه‌فرنگی تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. ۱(۱): ۱۳-۲۰.

صفوی، م.، عصاره، ع.، خرمیان، م.، خدادادی دهکردی، د و اگدرنژاد، ا. ۱۴۰۱. اثر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تیپ بر عملکرد و بهره‌وری آب ارقام یونجه گرمسیری. نشریه علوم آب و خاک. ۲۶(۱): ۲۱۱-۲۲۲.

سلطانی، غ. ر. ۱۳۹۰. اقتصاد مهندسی. شیراز: دانشگاه شیراز.

قدمی فیروزآبادی، ع. جعفری، ع. م. ۱۴۰۳. اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر شوری خاک، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، عملکرد و بهره‌وری آب محصول یونجه. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۸(۳): ۳۵۱-۳۶۲.

Abdi, Q. 2003. Subsurface irrigation: a situation analysis. Institute of Sustainable Irrigated Agriculture (ISIA) at Tatura, Australia, for (IPTRID).

Al-Ghobari, H. M. and Dewidar, A. Z. 2018. Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions. Agricultural Water Management. 209: 55-61.

Ayars, J.E., Fulton, A. and Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California—Here to stay? Agricultural Water Management. (157) 39–47.

Cavero, J., Faci, J. M., Medina, E. T. and Martínez-Cob, A. 2017. Alfalfa forage production under solid-set sprinkler irrigation in a semiarid climate. Agricultural Water Management. 191: 184-192

Darapuneni, M. K., Lauriault, L. M., Vanleeuwen, D. M. and Angadi, S. V. 2020. Influence of irrigation regimes on alfalfa dry matter yield and water productivity in a semiarid subtropical environment. Irrigation and Drainage. 69(5): 1063-1071.

Hutmacher, R.B., Phene, C.J., Mead, R.M., Shouse, P., Clark, D., Vail, S.S., Swain, R., Peters, M.S., Hawk, C.A., Kershaw, D., Donovan, T., Jobes, J and Fargerlund, J. 1992.Subsurface drip of alfalfa in Imperial Valley. In Proceedings of the 22nd California/Arizona Alfalfa Symposium, Davis, California, USA; 20–32.

Jabbar, S., Abdel, H. and Nameer, T. M. 2020. The effect of subsurface drip irrigation design on water using efficiency and the alfalfa yield in southern Iraq desert region. Plant Archives. 20(2): 3940-3945.

Ismail, S.M. and Almarshadi, M.H. 2013. Maximizing productivity and water use efficiency of alfalfa under precise subsurface drip Irrigation in arid regions. Irrigation and Drainage. 62: 57–66.

Kou, D., Su, D., Wu, D. and Li, Y. 2014. Effects of regulated deficit irrigation on water consumption, hay yield and quality of alfalfa under subsurface drip irrigation. Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 30(2):116-123.

Li, Y. and D. Su. 2017. Alfalfa water use and yield under different sprinkler irrigation regimes in North arid regions of China. Sustainability. 9(8): 1380.

Liu, M., Wang, Z., Mu, L., Xu, R. and Yang, H. 2021. Effect of regulated deficit irrigation on alfalfa performance under two irrigation systems in the inland arid area of mid-western China. Agricultural Water Management. 248.106764.

Martinez, H., Bar, Y., Sef, B., Kafkafi, U. 1991. Effect of surface and subsurface drip fertigation on sweet corn rooting, uptake, dry matter production and yield. Irrigation Science. 12: 153–159.

Montazar, A., Zaccaria, D., Bali, K. and Putnam, D. 2017. A model to assess the economic viability of alfalfa production under subsurface drip irrigation in California. Irrigation and Drainage. 66(1): 90-102.

Narayanamoorthy A. 2004. Drip irrigation in India: can it solve water scarcity. Water Policy. 6(2): 117-130.

Patel, N., and Rajput, T.B.S. 2007. Effect of drip tape placement depth and irrigation level on yield of potato. Agricultural Water Management, Volume 88, Issues 1–3, 16 March 2007, 209-223.

Selim, E.M., Mosa A.A. and El-Ghamry, A.M. 2009.Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions. Agriculture Water Management. 96:1218–1222

Zhang, Q., Liu, J., Liu, X., Li, S., Sun, Y., Lu, W. and Ma, C. 2020. Optimizing water and phosphorus management to improve hay yield and water- and phosphorus-use efficiency in alfalfa under drip irrigation. Food Science and Nutrition. 8(5): 2406-2418.

Zoldoske, D.F., Genito, S. and Jorgensen, G.S. 1995. Subsurface drip irrigation (SDI) onturfgrass: a university experience. In: Proceedings of the 5th International micro irrigation Congress, St. Joseph, MI. 300–302.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 20, Apr.-May. 2026, p. 16-25

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۲۰، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۵، ص. ۲۵-۱۶

# Effect of Different Irrigation Levels on Forage yield and Water Productivity of Alfalfa Crop in Subsurface Drip Irrigation System

**A. Ghadami Firouzabadi*[1] , M. Souri[2] and R. Bahramloo[3], H. alikhani mahvar[4]**

Recived: Jul. 28, 2025 Accepted: Oct. 14, 2025

## Abstract

Considering the water situation in the country, the use of modern irrigation systems, including subsurface drip irrigation, is essential to reduce evaporation and increase water productivity. Therefore, this project was conducted in three replications and for 2 years in order to investigate the effect of different irrigation levels on yield and water productivity in a randomized complete block design at the Ekbatan Research Station located in the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Hamadan Province. The studied treatments included 4 irrigation treatments: 1- full irrigation (providing 100% of the water requirement), 2- deficit irrigation with 85% of the water requirement, 3- deficit irrigation with 70% of the water requirement, and 4- over-irrigation with 115% of the water requirement. Water requirement during the growing season was calculated using the Penman-Monteith formula and ETo Calculator software.The effect of different water treatments on crop yield and water productivity was significant, the highest crop yield was related to the two treatments of 100 and 115 percent of water requirement with yields of 16607 and 17275 kg/ha, respectively, although no significant difference was observed between these two treatments in terms of crop yield.In terms of water productivity, the two treatments of 85 and 100 percent of water requirement had the highest water productivity with 1.94 and 1.99 kg/m3, respectively, and were placed in the same statistical group.By increasing the percentage of water supply from 70 to 100%, a sigmoidal increase in water productivity was observed. However, by changing the percentage of water supply from 70 to 100percent, a sharp decrease in water productivity was observed. Therefore, it is recommended to provide 85% of the water requirement in order to achieve the highest water efficiency in subsurface irrigation of alfalfa.

**Keywords:** Economic analysis, Deficit irrigation, Subsurface irrigation, Water productivity

1- Associate Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
2- Researcher in the agricultural and horticultural sector Department. Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
3- Associate Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
4 - Research Instructor, Agricultural Engineering and Technical Research Department, Hamadan Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamadan, Iran
(*- Corresponding Author Email:aghadami@gmail.com)