

تحلیل قابلیت ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی محصول یونجه در استان قزوین با به‌کارگیری سامانه آبیاری زیرسطحی

افشین یوسف‌گمرکچی^{۱*}، مهدی اکبری^۲

۱- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران.

۲- دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: a.gomrokchi@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۱

یوسف‌گمرکچی، ا. و اکبری، م. ۱۴۰۳. تحلیل قابلیت ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی محصول یونجه در استان قزوین

با به‌کارگیری سامانه آبیاری زیرسطحی. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام. ۵ (۱): ۱۷-۲۵.

چکیده

خشکسالی‌های اخیر و محدودیت‌های منابع آبی، استفاده مناسب از آب و بررسی راهکارهای ارتقای بهره‌وری از آن را با استفاده از روش‌های مختلف آبیاری، ضروری می‌نماید. نتیجه اعمال روش‌های آبیاری کم‌بازده در وضعیت بحرانی منابع آب کشور، افت بیشتر کمی و کیفی منابع آب خواهد بود. به‌نظر می‌رسد، با کنترل سطوح زیر کشت و استفاده از سامانه‌های آبیاری بهره‌ور، کاهش شدید منابع آب در سطح کشور را تا حدودی کنترل و مدیریت کرد. از مهم‌ترین دلایل توجه به ارتقای بهره‌وری مصرف آب در محصول یونجه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای کشور، آب‌بر بودن این محصول و وابستگی شدید کشور به تامین پایدار علوفه در صنعت دامپروری است. امروزه با پیشرفت فناوری، سامانه‌های آبیاری زیرسطحی در سطح دنیا علاوه بر آبیاری باغات و تاکستان‌ها، برای آبیاری محصولات زراعی مانند: یونجه، پنبه، ذرت، گندم، کلزا و غیره نیز به‌کار برده می‌شوند. در پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی شاخص بهره‌وری آب کشاورزی در یک سامانه آبیاری زیرسطحی در مزرعه تحت کشت یونجه در استان قزوین، مقادیر حجم آب مصرفی و عملکرد یونجه طی سه سال بهره‌برداری سامانه ثبت و پایش شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که عملکرد یونجه تحت سامانه آبیاری زیرسطحی در سه سال مورد بررسی، از میانگین عملکرد کشوری و استانی بالاتر بوده و در این مدت میانگین بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در این مزرعه، ۴/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان بیان داشت که سامانه‌های آبیاری زیرسطحی، روش کارآمدی برای ارتقای بهره‌وری آب در کشت محصول یونجه می‌باشند.

واژگان کلیدی: آبیاری زیرسطحی، بهره‌وری آب، حجم آب کاربردی، قزوین، یونجه.

بیان مسئله

با توجه به راهبردی بودن محصول یونجه در صنعت دامپروری کشور، باید گام‌های مثبتی برای افزایش بهره‌وری این محصول برداشته شود؛ لذا کشاورزان علاوه بر رعایت اصول تغذیه گیاهی، مکانیزاسیون و کاشت گونه‌های اصلاح شده، به استفاده از روش‌های آبیاری بهره‌ور و جایگزینی آنها با روش‌های کم‌بازده نیاز دارند. یکی از اساسی‌ترین مشکلات مربوط به تولید محصولات علوفه‌ای به‌ویژه یونجه، مصرف بالای آب این محصول است (۵). تولید یونجه، تابعی از تبخیر و تعرق این گیاه است و با افزایش مصرف آب رابطه مستقیم دارد؛ از این‌رو، تولید بهینه یونجه در شرایط کم‌آبی به‌سادگی امکان‌پذیر نیست (۲). از ویژگی‌های بیولوژیکی قابل توجه این گیاه نسبت به آب، می‌توان بازدهی بالای مصرف آب (۱۳)، ریشه‌های عمیق، ماهیت چند ساله و توانایی پایداری تولید در زمان خشکسالی‌های دوره‌ای را نام برد (۱۶). عملکرد و بهره‌وری علوفه یونجه، تابع عملکرد هر چین و تعداد چین برداشتی در سال است و این خود نیز، تابع رقم تحت کشت، نوع خاک، مدیریت آبیاری و شرایط اقلیمی است (۱۷). بر اساس گزارش‌های متعدد، بسته به شرایط آب و هوایی و میزان تولید، نیاز آبی یونجه در طول دوره رشد، بین ۸۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر در سال است (۳)؛ لذا با توجه به نیاز آبی بالای این محصول، باید از قابلیت‌های گیاه برای کاهش مصرف آب، حداکثر استفاده شود (۵).

شرایط اقلیمی متنوع ایران، امکان کشت یونجه را در بسیاری از نقاط کشور فراهم کرده است. بر اساس آخرین آمار، میزان تولید یونجه در سطح کشور حدود ۴/۳ میلیون تن بوده و این محصول ۶/۶٪ از کل تولیدات زراعت آبی

کشور را شامل می‌شود؛ همچنین، میانگین عملکرد یونجه در سطح کشور، بر اساس آخرین آمار حدود ۱۰/۸ تن در هکتار بوده است (۶). از طرفی براساس نتایج پژوهش‌های انجام شده، میانگین حجم آب کاربردی محصول یونجه در قطب‌های عمده تولید این محصول در سطح کشور، ۱۳۳۰۰ مترمکعب بر هکتار بوده است (۱)؛ به عبارتی، میانگین بهره‌وری آب کشاورزی محصول یونجه در سطح کشور کمتر از ۱ کیلوگرم بر هکتار است. این در حالی است که بر اساس برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته در کشور بایستی میزان بهره‌وری آب کشاورزی تا سال ۱۴۰۴، حداقل به دو کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب افزایش یابد (۴). با توجه به اهمیت و جایگاه خاص یونجه در صنعت دامپروری ایران و حجم بالای آب مصرفی این محصول، بررسی راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب در کشت آن به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، اهمیت زیادی دارد.

در چند دهه اخیر با هدف مدیریت بهینه آب آبیاری و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی، استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت فشار در سطح کشور رشد قابل توجهی داشته است؛ در این راستا سامانه‌های آبیاری بارانی به دلیل قابلیت‌های ذاتی خود عموماً برای آبیاری محصولات زراعی مانند یونجه به بهره‌برداران توصیه شده است. اما در مناطق بادخیز یا مزارع با آب شور و یا کیفیت پایین آب آبیاری، اساساً استقرار سامانه آبیاری بارانی با محدودیت‌هایی روبرو خواهد شد (۸)؛ بنابراین در سال‌های اخیر به دلیل افت کیفی منابع آب و یا شرایط محدودکننده اقلیمی در برخی نقاط کشور (مانند شدت تبخیر بالا)، گرایش به سامانه‌های آبیاری موضعی در کشت محصولات زراعی افزایش یافته است (۹). پس از توسعه سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی در محصولات

نسبت به روش آبیاری بارانی بیشتر است (۱۴)؛ همچنین نتایج بررسی عملکرد محصول یونجه در ۱۲ کشت و صنعت ایالت کالیفرنیا نشان داد که عملکرد محصول تحت سامانه آبیاری زیرسطحی به طور متوسط ۷/۹ تن در هکتار در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری افزایش داشته است (۱۵). در این پژوهش، بهره‌وری آب کشاورزی محصول یونجه در پیاده‌سازی سامانه آبیاری زیرسطحی در یک مزرعه یونجه در استان قزوین بررسی شده است.

معرفی دستاورد یا راهکار:

این پژوهش در مزرعه یونجه مجهز به سامانه آبیاری زیرسطحی در روستای کچله‌گرد شهرستان بوئین‌زهرا از توابع استان قزوین انجام شده است. اجرای سامانه آبیاری زیرسطحی در این مزرعه که در محدوده ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴ دقیقه عرض شرقی قرار دارد، از سال ۱۳۹۳ آغاز شده است. در این پژوهش، عملکرد محصول و حجم آب مصرفی (بدون دخالت در برنامه آبیاری بهره‌بردار) طی سه سال پس از بهره‌برداری سامانه آبیاری زیرسطحی (از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۶) ثبت و اندازه‌گیری شده است؛ در این راستا به منظور برآورد حجم آب مصرفی، دبی خروجی منبع آب با استفاده از دبی‌سنج اولتراسونیک در مزرعه منتخب، اندازه‌گیری شد. پس از تعیین دبی آب ورودی به مزرعه، با پایش دقیق برنامه آبیاری (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد)، حجم آب مصرفی محصول یونجه در هر سال زراعی اندازه‌گیری شد؛ همچنین عملکرد خشک یونجه در هر چین برداشت بر اساس وزن باسکول محصول، ثبت و پایش گردید.

زراعی، در برخی موارد همچون کشت محصول یونجه به دلیل محدودیت‌های عبور ماشین‌آلات برداشت، امکان استفاده از لوله‌های آب‌ده بر روی زمین و بکارگیری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی در آبیاری این محصول، امکان‌پذیر نیست؛ از این رو به دلایل مذکور، گفتمان استفاده از سامانه‌های آبیاری زیرسطحی در محصولات زراعی، مانند یونجه در چند سال اخیر در سطح کشور شکل گرفته است. در اوایل توسعه سامانه‌های آبیاری زیرسطحی در سطح دنیا، از این نوع سامانه‌ها بیشتر برای آبیاری محصولات باغی استفاده شده بود اما اکنون از این روش برای آبیاری بیش از ۳۰ نوع محصول مختلف زراعی همچون: ذرت، یونجه و گندم نیز استفاده می‌شود (۷).

آنچه مشخص است تمایل به استفاده از این روش برای آبیاری درختان چند ساله، تاکستان‌ها، گیاهان زراعی و علوفه (به‌ویژه یونجه) به دلیل کاهش تلفات تبخیر از سطح خاک و قابلیت ارتقای بازه سامانه آبیاری، رو به افزایش است؛ به نحوی که در اکثر مقایسه‌های انجام شده بین سامانه آبیاری زیرسطحی با سایر روش‌های آبیاری، میزان عملکرد محصول برابر یا بیشتر بوده است (۱۱) و در شرایطی که میزان عملکرد محصول برابر بوده، مقدار قابل توجهی کاهش در میزان آب مصرفی گزارش شده است (۱۲). در این راستا، نتایج پژوهش‌های انجام شده بیانگر کارآمدی سامانه آبیاری زیرسطحی به‌عنوان یک فناوری آبیاری در ارتقای بهره‌وری آب محصول یونجه می‌باشد (۱۰). نتایج بررسی اثرات سامانه آبیاری زیرسطحی محصول یونجه ایالت کالیفرنیا، نشان داد که عملکرد محصول یونجه با اجرای سامانه آبیاری زیرسطحی در مقایسه با روش آبیاری بارانی، بالاست؛ به طوری که در آبیاری زیرسطحی، عملکرد ماده خشک ۲۲٪

زیرسطحی و در شکل (۲) نیز، نمایی از این مزرعه ارائه شده است.

در شکل (۱)، تعیین دبی آب با استفاده از دبی‌سنج اولتراسونیک در مزرعه نشان داده شده است. در جدول (۱) مشخصات عمومی مزرعه یونجه مجهز به سامانه آبیاری



شکل ۱- پایش دبی لحظه‌ای در ورودی ایستگاه کنترل مرکزی با استفاده از دبی‌سنج اولتراسونیک (مزرعه آبیاری زیرسطحی یونجه، بوئین‌زهرآ)

جدول ۱- مشخصات عمومی مزرعه یونجه مجهز به سامانه آبیاری زیرسطحی

سطح زیر کشت* (هکتار)	رقم یونجه	بافت خاک	شوری خاک (دسی‌زیمنس برمتر)	شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس برمتر)	دبی خروجی از ایستگاه کنترل مرکزی** (لیتر در ثانیه)
۸	همدانی	سیلتی لوم	۵/۴	۱/۴۷	۱۹/۵

* سطح زیر کشت محصول یونجه از کل سطح مزرعه و ** دبی منبع آبی مرتبط با کل مساحت تحت پوشش مزرعه



شکل ۲- نمایی از مزرعه یونجه با سامانه آبیاری زیرسطحی در منطقه بوئین زهرا - استان قزوین

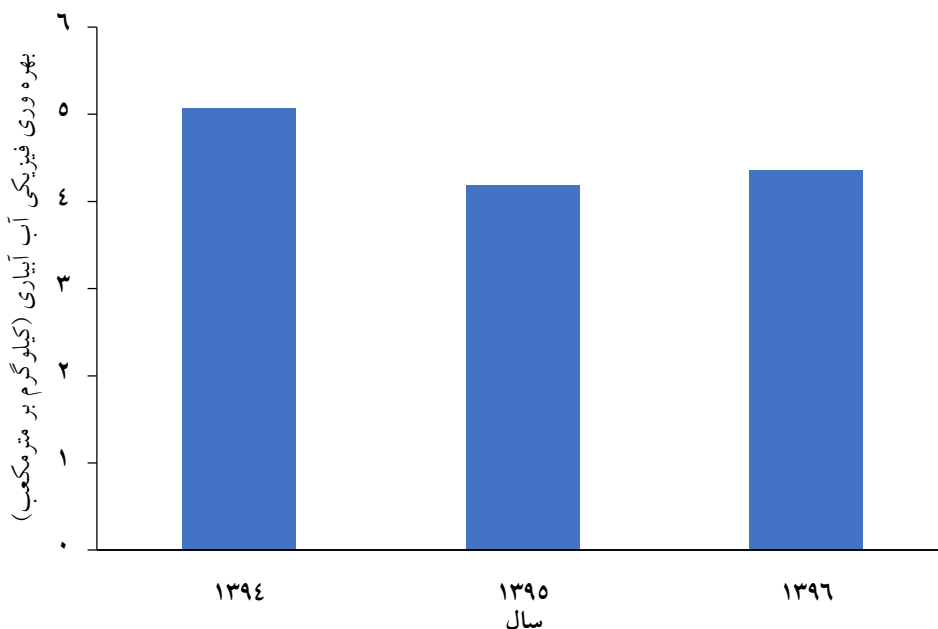
در سامانه آبیاری زیرسطحی مورد مطالعه از نوار آبیاری با ضخامت ۴۰۰ میکرون با قطره چکان‌هایی با دبی ۰/۷ لیتر بر-ثانیه به فواصل ۶۰ سانتی متر استفاده شد. عمق نصب لوله‌های آب‌ده ۴۰ و فواصل آنها از هم، ۶۵ سانتی متر بود. در گام اول برای تحلیل کارایی مصرف آب، مقادیر عملکرد ثبت شده مزارع یونجه در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ بررسی شد.

جدول ۲- عملکرد محصول یونجه در سامانه آبیاری زیرسطحی در سال‌های مختلف پس از بهره‌برداری سامانه آبیاری زیرسطحی

عملکرد خشک محصول (تن در هکتار)			برداشت
سال ۱۳۹۶	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹۴	
۴/۳۱	۴/۳	۴	اولین برداشت
۳/۲	۳/۲	۳/۷	دومین برداشت
۴/۰۷	۴/۰۷۵	۴	سومین برداشت
۴/۷۱	۴/۷۱	۴	چهارمین برداشت
۲/۸۲	۲/۸۲	۳/۲	پنجمین برداشت
۳	۳/۳	۳/۱	ششمین برداشت
۲۲/۱۱	۲۲/۴	۲۲	جمع
۱۱/۰۷	۱۱/۹۰	۱۰/۴۷	میانگین عملکرد استانی
۱۰/۴۲	۱۰/۴۷	۹/۸۳	میانگین عملکرد کشوری

بر اساس مقادیر حجم آب مصرفی و عملکرد ثبت شده محصول، بهره‌وری آب آبیاری در سامانه آبیاری زیرسطحی محاسبه شد. در شکل (۳) مقادیر بهره‌وری

فیزیکی آب آبیاری محصول یونجه در سامانه آبیاری زیرسطحی، نشان داده شده است.



شکل ۳- بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در سال‌های مختلف پس از بهره‌برداری سامانه آبیاری زیرسطحی

نتایج نشان می‌دهد که عملکرد یونجه تحت سامانه آبیاری زیرسطحی در سه سال بررسی، از میانگین عملکرد کشوری و استانی بالاتر بوده است؛ از سوی دیگر، بر اساس نتایج پژوهش انجام شده با محوریت تعیین حجم آب کاربردی محصول یونجه در سطح کشور، میانگین وزنی بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در ۳۰۰ مزرعه مورد بررسی، ۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب بوده (۱)، در حالی که میانگین سه ساله بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در مزرعه مجهز به سامانه آبیاری زیرسطحی ۴/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. هرچند نمی‌توان افزایش عملکرد و بهره‌وری آب محصول یونجه را صرفاً به اجرای سامانه آبیاری زیرسطحی محدود

دانست و عواملی همچون رعایت اصول تغذیه گیاهی، عدم بروز تنش در مراحل مختلف رشد و مبارزه صحیح با آفات در مزرعه مورد بررسی، نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد محصول دارند ولی آنچه که مشخص است، با اجرای سامانه آبیاری زیرسطحی (هنگامی که اصول مدیریت آبیاری در این نوع سامانه‌ها به درستی اعمال شود)، امکان تحویل مستقیم آب و کود به منطقه توسعه ریشه فراهم می‌شود (۸)؛ بنابراین، از آنجاکه آب و مواد غذایی مستقیماً به محیط ریشه وارد می‌شود، گیاه رشد بیشتر و در نهایت کارایی مصرف آب بالاتری در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری خواهد داشت (۹).

زیرسطحی، روش کارآمدی برای ارتقای بهره‌وری آب در کشت محصول یونجه می‌باشد. نکته حایز اهمیت آن است که در کنار همه مزایای این روش آبیاری (قابلیت ارتقای بهره‌وری آب، تسهیل در عملیات داشت و برداشت محصول، مهیا کردن محیط مناسب برای جذب عناصر غذایی، کاهش مشکلات ناشی از سرقت لوله‌ها، رفع محدودیت‌های بهره‌برداری سامانه در شرایط باد خیز و ...) هزینه‌های بالای احداث اولیه سامانه از محدودیت‌های اصلی توسعه سامانه‌های آبیاری زیرسطحی در محصول یونجه می‌باشد، به‌نحوی که به‌طور میانگین و با توجه به نوسانات قیمت ارز، هزینه‌های اجرای سامانه آبیاری زیرسطحی حدود ۸۰٪ تا ۱۲۰٪ بیشتر از روش آبیاری بارانی کلاسیک برآورد شده است (۸)؛ همچنین مشکلات مربوط با تأمین ماشین‌آلات مناسب برای نصب لوله‌های آب‌ده، آبیاری اولیه جهت جوانه‌زنی بذر یونجه، مشکلات مرتبط با گرفتگی لوله آب‌ده توسط ریشه‌ها و خطر تجمع نمک در قسمت بالای لوله‌های آب‌ده نیز به‌عنوان محدودیت‌های برجسته این روش آبیاری محسوب می‌شود که باید بهره‌برداران با علم و آگاهی کامل از همه مزایا و محدودیت‌های این روش آبیاری، اقدام به برنامه‌ریزی نمایند.

در بیشتر مقایسه‌های بین سامانه آبیاری زیرسطحی با سایر روش‌های آبیاری، میزان عملکرد محصول برابر یا بیشتر بوده است (۱۱) و در شرایطی که میزان عملکرد محصول برابر بوده، مقدار قابل توجهی کاهش در میزان آب مصرفی گزارش شده است (۱۲)؛ به‌عبارتی، به‌کارگیری صحیح سامانه آبیاری زیرسطحی در محصول یونجه می‌تواند منجر به ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی شود. نتایج پژوهش‌های انجام شده نیز بیانگر آن است که سامانه آبیاری زیرسطحی یک فناوری آبیاری کارآمد در ارتقای بهره‌وری آب محصول یونجه بوده است (۱۰)؛ به‌طور مثال، در تحقیقی بر روی اثرات سامانه آبیاری زیرسطحی در محصول یونجه ایالت کالیفرنیا نشان داد که عملکرد محصول یونجه با اجرای سامانه آبیاری زیرسطحی در مقایسه با روش آبیاری بارانی، افزایش داشته است؛ به‌طوری که در آبیاری زیرسطحی عملکرد ماده خشک ۲۲٪ نسبت به روش آبیاری بارانی افزایش داشته است (۱۴)؛ همچنین نتایج بررسی عملکرد محصول یونجه در ۱۲ کشت و صنعت در ایالت کالیفرنیا نشان داد که عملکرد محصول تحت سامانه آبیاری زیرسطحی به‌طور متوسط ۷/۹ تن در هکتار در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری افزایش داشته است (۱۵).

در یک رویکرد کلی می‌توان بیان کرد که با توجه به حجم آب مصرفی، گرایش به اجرای سامانه‌های آبیاری

توصیه ترویجی

- ۱- آبیاری زیرسطحی به دلیل انجام آبیاری مستقیم در ناحیه توسعه ریشه، تبخیر از سطح خاک را به حداقل ممکن می‌رساند؛ از این رو در مناطق خشک و نیمه‌خشک بازده بالایی خواهد داشت. با توجه به آنکه یونجه گیاهی چند ساله است، گرایش به سامانه‌های آبیاری زیرسطحی می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی این محصول باشد.
- ۲- یکی از مشکلات قابل پیش‌بینی در روش آبیاری زیرسطحی، احتمال تجمع نمک در خاک است که خطر بالقوه‌ای را برای گیاه به وجود می‌آورد؛ بنابراین ضروری است بهره‌برداران در صورت اجرای سامانه، اقدام به انجام عملیات آب‌شویی نمایند.

- ۳- وجود ماشین‌آلات مناسب جهت نصب یکنواخت لوله‌های آب‌ده، یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت و یا شکست یک سامانه آبیاری زیرسطحی است.
- ۴- در آبیاری زیرسطحی تنها بخش اندکی از سطح خاک مرطوب می‌شود، درحالی‌که برای جوانه‌زدن بذرها باید تمام سطح مزرعه مرطوب شود که با افزایش زمان آبیاری اولیه می‌توان این مشکل را برطرف نمود. اما این روش در بسیاری از موارد به‌ویژه در خاک‌های سبک و شنی امکان‌پذیر نبوده و باید در این مزارع از آبیاری بارانی و یا سطحی استفاده شود.
- ۵- به دلیل قرارگیری لوله‌های آب‌ده در زیر سطح خاک، اجرای سامانه‌های آبیاری زیرسطحی، همواره با خطر حمله و آسیب جوندگان روبرو است، از این رو مبارزه و کنترل جوندگان در سطح مزرعه ضروری است.

فهرست منابع:

۱. اکبری، م.، کوهی چله کران، ن.، گودرزی، م.، ریاحی مدوار، ح.، علیمحمدی نافچی، ر.، ذوالفقاران، ا.، فرزام نیا، م.، یوسف گمرکچی، ا.، بهراملو، ر.، حقایقی مقدم، ا.، اسلامی، ا.، احمدآلی، ج.، ناصری، ا. و عباسی، م. ۱۳۹۹. تعیین آب مصرفی یونجه در کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۹۴ صفحه.
۲. اوجاقلو، ح.، اوجاقلو، ف.، جعفری، م.، میثاقی، ف.، نظری، ب.، و کرمی دهکردی، ا. ۱۴۰۱. اثر مدیریت آبیاری بر شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب محصول یونجه. آب و خاک. ۱-۲۱.
۳. بهنام‌فر، ک.، سیاست، س.ع.، بخشنده، ع.م.، کاشفی‌پور، س.م.، عالمی سعید، خ. و جعفری، ع.ا. ۱۳۹۳. بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد علوفه و کارایی مصرف آب در چهار رقم یونجه در شرایط آب و هوایی خوزستان- اهواز. علوم و مهندسی آبیاری، ۳۷ (۳): ۶۳-۷۲.
۴. کشاورز، ع. و دهقانی‌سانج، ح. ۱۳۹۱. شاخص بهره‌وری آب و راهکار آتیه کشاورزی کشور. فصلنامه راهبرد اقتصادی، ۱(۱): ۱۹۹-۲۳۳.
۵. گودرزی، م.، اکبری، م. و هدایتی‌پور، ا. ۱۴۰۰. کارایی مصرف آب در تولید علوفه یونجه، در شرایط کشاورزان استان مرکزی. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام، ۲ (۱): ۸۷-۹۵.
۶. معاونت آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۴۰۱. آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۰. جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۰۰ صفحه.
۷. ناصری، ا. ۱۳۹۵. قابلیت‌ها و کاربردهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. معاونت ترویج سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
۸. یوسف گمرکچی، ا. ۱۳۹۷. قابلیت‌ها و محدودیت‌های سامانه‌های آبیاری زیرسطحی در یک مزرعه یونجه. مدیریت آب در کشاورزی، ۵ (۱): ۱-۱۰.
۹. یوسف گمرکچی، ا. ۱۴۰۱. ملاحظات در بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در محصولات زراعی. نشریه فنی شماره ۶۱۷ موسسه تحقیقات خاک و آب. ۴۹ صفحه.
10. Alam, M., Troien, T. P., Dumler, T. J., & Rogers, D. H. (2002). Using subsurface drip irrigation for alfalfa 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 38(6), 1715-1721.
11. Ayars, J. E., Phene, C. J., Hutmacher, R. B., Davis, K. R., Schoneman, R. A., Vail, S. S., & Mead, R. M. (1999). Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural water management*, 42(1), 1-27.
12. Cao, X., Feng, Y., Li, H., Zheng, H., Wang, J., & Tong, C. (2021). Effects of subsurface drip irrigation on water consumption and yields of alfalfa under different water and fertilizer conditions. *Journal of Sensors*, 2021, 1-12.
13. Carter, C. M., y Garcia, A. G., Islam, M. A., & Hansen, K. (2013). Effect of deficit irrigation on water use and water use efficiency of alfalfa. In *2013 Kansas City, Missouri, July 21-July 24, 2013* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
14. Godoy-Avila, C., Perez-Gutierrez, A., Torres, C. A., Hermosillo, L. J., & Reyes, I. (2003). Water use, forage production and water relations in alfalfa with subsurface drip irrigation. *Agrociencia*, 37(2), 107-115.
15. Montazar, A., Zaccaria, D., Bali, K., & 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.
16. Rogers, M.E., A. Lawson, R. and Kelly, K.B. 2016. Lucerne yield, water productivity and persistence under variable and restricted irrigation strategies. *Crop and Pasture Science*, 67(5): 563-573.
17. Zhang, J., Wang, Q., Pang, X. P., Xu, H. P., Wang, J., Zhang, W. N., & Guo, Z. G. (2021). Effect of partial root-zone drying irrigation (PRDI) on the biomass, water productivity and carbon, nitrogen and phosphorus allocations in different organs of alfalfa. *Agricultural water management*, 243, 106525.