

مقاله علمی - پژوهشی

فرا تحلیل اثر سامانه‌های آبیاری تحت فشار بر مقدار آب آبیاری، بهره‌روی آب و عملکرد دانه ذرت

داریوش رعنازاده^۱، عبدالمجید لیاقت^{۲*}، فریرز عباسی^۳، آرزو نازی قمشلو^۴

چکیده

افزایش جمعیت در جهان و کمبود منابع آب تهدیدی جدی برای توسعه پایدار کشاورزی است. از این رو روش‌هایی مانند آبیاری تحت فشار به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب پیشنهاد می‌شود. به همین منظور مطالعه فرا تحلیلی از ابتدا تا شهریور ۱۳۹۹ برای بررسی عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌روی آب در روش‌های آبیاری تحت فشار بر روی گیاه ذرت انجام گرفت. پس از جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعات تعداد ۱۷۴۲۴ مطالعه جمع‌آوری گردید و با غربالگری نهایی ۹۳ داده جفت شده به دست آمد. به‌طور کلی عملکرد دانه و مقدار آب آبیاری به ترتیب ۷/۶ درصد افزایش و ۲۹/۸ درصد کاهش معنادار را در روش‌های تحت فشار نسبت به سطحی نشان دادند. همچنین در هنگام استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار بهره‌روی آب افزایش معنادار ۶۲/۹ درصد نسبت به سطحی دارد. در این مطالعه روش آبیاری بارانی بیشترین افزایش عملکرد دانه (۱۰/۴ درصد) و روش آبیاری موضعی بالاترین کاهش مقدار آب آبیاری (۲۴/۶) و افزایش بهره‌روی آب (۷۰/۳ درصد) را نسبت به روش‌های سطحی از خود نشان دادند. نتایج این پژوهش اهمیت استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار همراه با تعیین روش مناسب آبیاری تحت فشار را که باعث افزایش عملکرد دانه و بهره‌روی آب و همچنین کاهش مقدار آب آبیاری گیاه ذرت می‌شود، نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری موضعی، آبیاری بارانی، مطالعه مروری، Meta-Analysis, CMA

مقدمه

می‌رسد. با توجه به ارزش و محدودیت آب در بخش کشاورزی و خشک‌سالی‌های متناوب، راهکارهای توصیه‌شده از سوی اقتصاددانان و سیاست‌گذاران در رابطه با حل معضل آب، پیاده‌سازی نظام بهره‌وری آب در ساختار مدیریت آب کشاورزی کشور و ارزیابی کلی و جامع در این رابطه پیشنهاد می‌شود (احسانی و خالدی، ۱۳۸۱). یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری آب بر اساس نظر پژوهشگران، استفاده از برنامه‌ریزی‌های دقیق و روش‌های آبیاری تحت فشار با بازده بالاتر است که می‌تواند کمبود بهره‌وری و تلفات آب را جبران کرد (Kijne et al., 2003). ذرت، پس از گندم و برنج به‌عنوان سومین محصول راهبردی کشاورزی در جهان حائز اهمیت است (عابدی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین ذرت از گیاهان زراعی خانواده غلات است که سطح زیر کشت آن به علت سازگاری خوب این گیاه با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط جهان رو به افزایش است و به علت دارا بودن عملکرد بالای دانه، مواد قندی و نشاسته‌ای یکی از بهترین گیاهان دانه‌ای جهت تولید

افزایش جمعیت و توجه به امنیت غذایی نتیجه‌ای به‌جز افزایش مصرف آب را در پی نخواهد داشت به طوری که نیاز جوامع به آب هر روز بیشتر می‌شود. از این رو بررسی دقیق مصرف آب در حوزه‌های مختلف بخصوص در بخش کشاورزی الزامی به نظر

^۱ دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده‌گان کشاورزی و

منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۲ استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران (نویسنده مسئول: Aliaghat@ut.ac.ir)

^۳ استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

^۴ استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۴

مطالعه در یک شرایط خاص قابل تحلیل نیست (Gurevitch and Hedges, 1999).

به‌عنوان مثال می‌توان به مطالعه دو و همکاران اشاره کرد که فراتحلیلی بر روی اثر استفاده از روش آبیاری هوادهی شده انجام دادند، این روش آبیاری تحت فشار باعث افزایش عملکرد و بهره‌وری آب به مقدار ۱۹/۳ درصد و ۱۷/۹ درصد در گیاه ذرت می‌شود (Du et al., 2018) در فراتحلیلی دیگر نیز اثرگذاری استفاده از روش‌های آبیاری نسب به بدون آبیاری (دیم) بر روی عملکرد و بهره‌وری آب گیاه ذرت بررسی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد ۳۰/۳ درصد و بهره‌وری آب ۹/۹ درصد در هنگام استفاده از روش‌های آبیاری افزایش می‌یابد (Zheng et al., 2019). در بررسی ۷۴ مطالعه توسط دو و همکاران نیز به اثرگذاری روش آبیاری موضعی بر روی عملکرد گیاهان آفتاب‌گردان، ذرت، پنبه و گوجه‌فرنگی در خاک‌های شور و قلیای پرداخته شد، نتایج نشان داد که استفاده از روش آبیاری موضعی باعث افزایش عملکرد ۳۷/۴ درصد نسبت به روش آبیاری سطحی می‌شود (Du et al., 2023). با توجه به مطالعات مروری انجام گرفته می‌توان دریافت که هنوز پژوهشی به‌صورت جامع، ترکیبی از اثر روش‌های متفاوت آبیاری تحت فشار بر روی عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب گیاه ذرت انجام نداده است و نیاز به مطالعه بیشتر احساس می‌شود. به همین علت پژوهش حاضر به‌گونه‌ای طرح شد تا هدف آن استفاده از ابزار فراتحلیل در بررسی اثربخشی روش‌های آبیاری تحت فشار در مقایسه با روش‌های سطحی بر عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب گیاه ذرت در شرایط آبیاری کامل و تعیین جزئیات روش مناسب آبیاری باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها

برای انجام این پژوهش در ۱۱ پایگاه اطلاعات از ابتدا تا شهریور ۱۳۹۹ عملیات جست‌وجو انجام شد. همچنین برای عدم ایجاد سوگیری علاوه بر مقالات از پایان‌نامه‌ها، کنفرانس‌ها، کتاب‌ها و چند زبان برای جست‌وجو استفاده گردید که در جدول ۱ نشان داده شده است.

دانه محسوب می‌شود. تاکنون مطالعات زیادی بر روی تأثیر روش‌های آبیاری تحت فشار بر عملکرد ذرت و بهره‌وری آب انجام شده است. باغانی (۱۳۸۷) با مقایسه روش آبیاری شیاری و قطره‌ای نواری در زراعت‌های ردیفی، نتیجه گرفت برای محصول ذرت علوفه‌ای ۴۹ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود و بهره‌وری آب ۱۱۶ درصد افزایش می‌یابد. همچنین در مطالعه دیگر که عباسی و همکاران (۱۳۹۷) با مطالعه بر روی روش‌های آبیاری تحت فشار در مقایسه با روش‌های سنتی چندین استان انجام دادند، در نهایت کاهش آب کاربردی و افزایش بهره‌وری آب در گیاه ذرت را گزارش دادند. در مطالعه‌ای دیگر که اخیراً در دشت تجن مازندران انجام گرفت، افزایش معناداری در روش‌های آبیاری تحت فشار نسبت به سطحی بر روی عملکرد (۱۱/۹ درصد) و بهره‌وری آب (۹/۱ درصد) ذرت مشاهده شد (باقری خانقاهی و همکاران، ۱۴۰۱). اما در پژوهش‌های دیگر که در کشورهای پاکستان، هند، چین، آمریکا و ایران انجام گردید نیز نشان داده شد که استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار نسبت به سطحی به ترتیب باعث کاهش ۱۳/۱، ۱۷/۶، ۱۲/۶، ۵۸/۷ و ۳۴/۳ درصدی عملکرد می‌گردد (Anjum et al., 2014; Carter et al., 1990; Ghamarnia et al., 2013; Khan et al., 2015; Wang et al., 2021).

با توجه به مطالب گفته‌شده می‌توان دید که مطالعات فراوانی با شرایط محیطی متفاوت بر روی روش‌های آبیاری تحت فشار نسبت به سطحی انجام گرفته است و نتایج متفاوتی را ارائه داده‌اند. همچنین در مقالات مروری مختلف اثرگذاری روش‌های آبیاری تحت فشار بر عملکرد دانه، آب کاربردی و بهره‌وری آب به‌صورت گسترده بررسی شده است که در هیچ‌کدام، از یک روش آماری مناسب برای ترکیب نتایج این روش‌های آبیاری (تحت فشار) در شرایط متفاوت کم‌آبیاری و محیطی استفاده نشده است. روش آماری فراتحلیل به‌عنوان ابزاری با ثبات برای ترکیب اطلاعات از مطالعات گوناگون که تحت شرایط متفاوت انجام گرفته است استفاده می‌شود. در این روش با محاسبه اندازه اثر که به‌عنوان نسبت گروه تیمار (روش آبیاری تحت فشار) به کنترل (روش آبیاری سطحی) مطرح می‌گردد، می‌توان مسائلی را تحلیل کرد که با یک

جدول ۱- پایگاه‌های اطلاعات مورد استفاده در پژوهش

زبان مطالعات	تعداد مطالعات مستخرج	پایگاه اطلاعات
انگلیسی، چینی، پرتغالی، آلمانی، اسپانیایی، ترکی، عربی	۷۱۵	اسکوپوس
انگلیسی، پرتغالی، اسپانیایی و چک	۵۰۶	وب آف ساینس
انگلیسی و آلمانی	۳۸۹۷	اشپرینگر ^۱
انگلیسی	۳۱۹۳	وایلی
انگلیسی، چینی، پرتغالی، اسپانیایی، فرانسه، آلمان و ایتالیایی	۱۲۵	پروکوئست ^۲
انگلیسی	۶۳۵	ای اس ای بی بی ^۳
انگلیسی، آلمانی، اسپانیایی، فرانسه، ایتالیایی، مجارستانی، ایتالیایی، فارسی، پرتغالی، ترکی، روسی، عربی، چینی، اسلوانی	۷۲۴۹	آگورا
فارسی	۱۲۱	پایگاه داده اطلاعات علمی ایران (گنج) ^۴
فارسی	۴۵۰	پایگاه داده بانک اطلاعات نشریات کشور (مگایران) ^۵
فارسی	۴۲۶	پایگاه داده استنادی علوم جهان اسلام (ای اس سی) ^۶
فارسی	۱۰۷	پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (سید) ^۷
انگلیسی، فارسی، چینی، پرتغالی، آلمانی، اسپانیایی، ترکی، عربی، چک، فرانسه، ایتالیایی، مجارستانی، روسی، اسلوانی	۱۷۴۲۴	مجموع

پروتکل رز^{۱۲} به‌عنوان پروتکل استاندارد برای جداسازی داده‌ها از مطالعات در پژوهش فراتحلیلی حاضر استفاده شده است. این پروتکل از سه مرحله غربالگری (حذف مطالعات تکراری، حذف مطالعات از طریق خوانش عنوان و خلاصه، حذف مطالعات از طریق خوانش متن کامل مقالات) و یک مرحله خلاصه‌سازی مطالعات تشکیل شده است که در ادامه به بررسی هر کدام پرداخته خواهد شد (Haddaway et al., 2017). در مرحله اول به علت همپوشانی پایگاه‌های اطلاعات با یکدیگر نیاز به حذف موارد تکراری است که از کلیه ۱۷۴۲۴ مطالعه، تعداد ۱۲۲۳ تکراری تشخیص داده و حذف گردید و در نهایت ۱۶۲۰۱ مطالعه برای مرحله بعد جداسازی انتخاب شدند (شکل ۱).

تعیین استراتژی جستجو بر اساس اجزا PICO انجام گرفت (Tawfik et al., 2019). این اجزا شامل جمعیت مورد مطالعه^۸ (مطالعات کار شده بر روی گیاه ذرت)، متغیر مستقل یا مداخله^۹ (روش های آبیاری تحت فشار)، گروه کنترل یا مقایسه^{۱۰} (روش‌های آبیاری سطحی) و متغیر وابسته یا نتیجه^{۱۱} (عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب) است. استراتژی جستجو بر اساس کلمات کلیدی "ذرت (Maize)"، "آبیاری تحت فشار (Pressurized Irrigation)"، "آبیاری سطحی (Surface Irrigation)"، "عملکرد دانه (Yield)"، "بهره‌وری آب (Water Productivity)" طراحی شدند.

با توجه به جدول ۱ در مجموع جست‌وجو از کلیه پایگاه‌های اطلاعات، تعداد ۱۷۴۲۴ مقاله، کتاب و پایان‌نامه استخراج گردید.

⁷ SID

⁸ Population

⁹ Intervention

¹⁰ Comparison

¹¹ OutCome

¹² ROSES Protocol

¹ Springer

² Proquest

³ ASABE

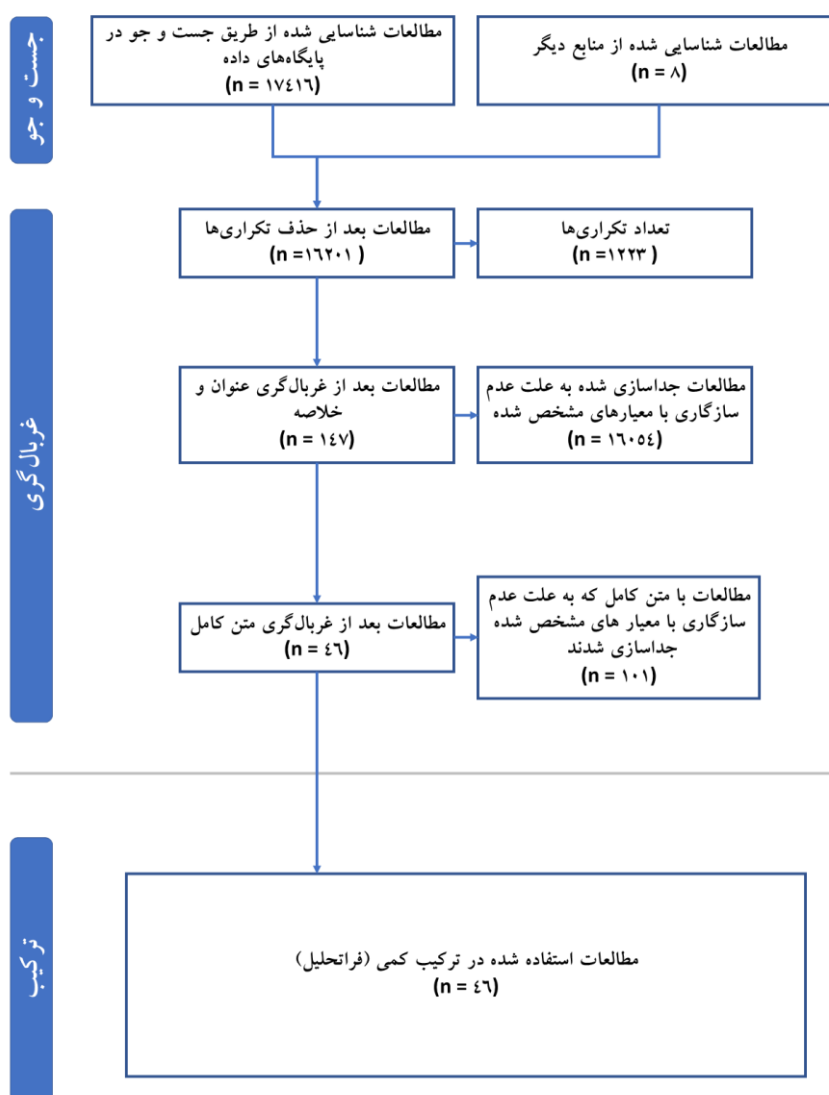
⁴ Ganj

⁵ Magiran

⁶ ISC

مرحله دوم با خوانش عنوان و خلاصه مطالعات بر اساس معیار مشخص شده تعداد ۱۴۷ مطالعه باقی ماندند که در مرحله سوم با خوانش متن کامل مطالعات تعداد ۴۶ مطالعه غربال شده و به فراتحلیل وارد شدند (شکل ۱).

چهار معیار برای غربالگری مورد استفاده قرار گرفت که عبارت‌اند از (۱) گیاه ذرت باشد. (۲) مقایسه روش‌های آبیاری تحت فشار با سطحی به صورت جفتی در مطالعه انجام گرفته باشد. (۳) داده‌های عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب در مطالعه موجود باشند. (۴) مطالعه در مزرعه انجام شده باشد.



شکل ۱- دیاگرام غربالگری از طریق پروتکل رزس نسخه ۱/۰

شیمیایی خاک منطقه و شرایط منطقه انجام مطالعه و مشخصات ذرت کشت شده در هر مطالعه یادداشت شدند. همچنین مطالعات باید به گونه‌ای باشند که بتوان داده‌های مورد نیاز اعم از میانگین،

خلاصه‌سازی مطالعات
با خلاصه‌سازی ۴۶ مطالعه منتخب از مرحله پیش، مشخصات روش آبیاری، مقدار کم‌آبیاری و مشخصات فیزیکی و

میانگین، حجم نمونه و واریانس روش‌های آبیاری (i) تحت فشار (۱) و سطحی (۲) برای پارامترهای وابسته عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب است. پس از محاسبه لگاریتم طبیعی اندازه اثر هر مطالعه می‌توان آن را به عدد واقعی اندازه اثر تبدیل و مقدار درصد تغییر میانگین‌ها را حساب کرد. به منظور نتیجه‌گیری از اندازه اثرها به نسبت عکس واریانس آن‌ها وزن دهی (W_i) انجام گرفت (Luo et al., 2006). در انتها مقدار اندازه اثر کلی (LnR_+) به صورت میانگین وزنی محاسبه گردید (Borenstein et al., 2009b).

$$LnR_+ = \frac{\sum_{i=1}^k W_i LnR_i}{\sum_{i=1}^k W_i} \quad (5)$$

$$W_i = \frac{1}{V_{LnR_i}} \quad (6)$$

$$V_{LnR_+} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k W_i} \quad (7)$$

$$95\% \text{ CI} = LnR_+ \pm 1.96 \sqrt{V_{LnR_+}} \quad (8)$$

R_+ برابر با میانگین وزنی اندازه اثرها، W_i برابر با وزن داده‌شده به هر مطالعه و V_{LnR} برابر با واریانس درون مطالعه هر اندازه اثر و V_{LnR_+} برابر با واریانس میانگین وزنی لگاریتمی اندازه اثرها، k برابر با تعداد مطالعات و نیز CI برابر با حدود اطمینان است. زمانی که حدود اطمینان ۹۵٪ از خط یک نمودار رد نشده باشد، به معنی افزایش یا کاهش معنادار آن متغیر است (< 0.05). P -value). به منظور بررسی ناهمگنی بین مطالعات از آزمون Q استفاده می‌شود که مقدار Q توزیعی شبیه به توزیع مجذور کای دارد. معناداری مقدار Q (P -value < 0.05) نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین اندازه اثر مطالعات است که در این صورت باید از مدل اثرات تصادفی استفاده شود. در غیر این صورت از مدل اثرات ثابت استفاده می‌شود (Borenstein et al., 2009a). محاسبات مقدار Q بر اساس فرمول زیر است.

$$Q_i = \sum_{i=1}^k W_i (LnR_i - LnR_+)^2 = \sum_{i=1}^k W_i (LnR_i)^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k W_i LnR_i)^2}{\sum_{i=1}^k W_i} \quad (9)$$

انحراف معیار و اندازه نمونه را برای هر سه پارامتر عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب به‌عنوان متغیرهای وابسته برای انجام فراتحلیل استخراج کرد. در این پژوهش منظور از عملکرد دانه، وزن دانه بلال (کیلوگرم) با ۱۵ درصد رطوبت (مرحله بالغ شدن) در واحد سطح (هکتار) است. مقدار آب آبیاری ارتفاع آب داده شده (میلی‌متر) بدون در نظر گرفتن بارندگی مؤثر در طول فصل کشت و پارامتر بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب) نیز به مقدار عملکرد دانه نسبت به حجم آب آبیاری اطلاق گردید (Barzegari et al., 2017). در مجموع از ۴۶ مطالعه، ۳۶ مطالعه به بررسی عملکرد دانه، ۴۰ مطالعه به بررسی مقدار آب آبیاری و ۳۱ مطالعه به بررسی بهره‌وری آب پرداخته بودند. مقدار آبیاری در دو روش آبیاری تحت فشار و سطحی، ۱۰۰ درصد فرض شده است. روش‌های آبیاری تحت فشار شامل موضعی سطحی، موضعی زیرسطحی و بارانی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند. منظور از روش‌های آبیاری سطحی در این پژوهش، روش‌های جویچه‌ای، کرتی و نواری به‌طور کلی و هر نوع روش آبیاری غرقابی دیگری به‌جز تحت فشار است. همچنین به دلیل ماهیت داده‌ها تأثیر نوع رقم ذرت در آنالیز در نظر گرفته نشد.

تحلیل داده‌ها

در هر فراتحلیل پس از خلاصه کردن داده‌ها اندازه اثر هر مطالعه باید محاسبه شود. اندازه اثر در حقیقت اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر روی سه پارامتر عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب نسبت به روش‌های سطحی را نشان می‌دهد (Hedges et al., 1999).

$$R = \frac{\bar{X}_1}{\bar{X}_2} \quad (1)$$

$$\ln R = \ln \left(\frac{\bar{X}_1}{\bar{X}_2} \right) = \ln \bar{X}_1 - \ln \bar{X}_2 \quad (2)$$

$$V_{\ln R} = \left(\frac{S_1^2}{n_1 (\bar{X}_1)^2} + \frac{S_2^2}{n_2 (\bar{X}_2)^2} \right) \quad (3)$$

$$SE_{\ln R} = \sqrt{V_{\ln R}} \quad (4)$$

$SE_{\ln R}$ و $V_{\ln R}$ به ترتیب اندازه اثر، واریانس و خطای استاندارد اندازه اثر لگاریتمی هر مطالعه و \bar{X}_1 ، n_1 و S_1 به ترتیب

تحلیل کلی

در این فراتحلیل ۱۷۴۲۴ مطالعه جمع‌آوری گردید که پس از بررسی دقیق بر اساس پروتکل رز، تعداد ۴۶ مطالعه از ۱۰ کشور مختلف در نهایت تحلیل شدند که حاصل آن ۷۸، ۶۶ و ۶۶ داده جفت شده به ترتیب برای عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب به دست آمد. از آنجایی که چندین زبان و کشور برای جست‌وجو و استخراج مطالعات استفاده شده است، نیاز به بررسی پراکندگی کشورها در مطالعات منتخب بود. با توجه به شکل ۲ فراوانی مطالعات در کشور استرالیا ۲/۸، چین ۲۵، اتیوپی ۲/۸، فرانسه ۲/۸، هند ۱۱/۱، ایران ۳۶/۱، موزامبیک ۵/۶، پاکستان ۵/۶، اسپانیا ۲/۸ و ایالات متحده آمریکا ۵/۶ درصد است. توزیع فراوانی اندازه اثرهای عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب با توجه به نتیجه آزمون کولموگروف اسمیرنوف (به ترتیب ۰/۵۷۵، ۰/۴۳۷، ۰/۱۱۱) از توزیع نرمال پیروی می‌کنند (شکل ۳ الف، ب و ج)

با توجه به نتایج به دست آمده از ۷۸، ۶۶ و ۶۶ جفت داده مربوط به عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب گیاه ذرت می‌توان بیان کرد که استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار به صورت کلی به ترتیب باعث افزایش معنادار ۷/۶ و ۶۲/۹ درصدی در عملکرد دانه و بهره‌وری آب و کاهش معنادار ۲۹/۸ درصدی در مقدار آب آبیاری نسبت به روش‌های آبیاری سطحی می‌شود (شکل ۴) علت آن را می‌توان این‌طور بیان کرد که استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار به علت راندمان بالاتر و تأمین نیاز آبی گیاه به صورت دقیق‌تر باعث افزایش عملکرد دانه شده (Hanson and May, 2006). از طرفی مصرف و تلفات کمتر آب در این روش‌ها نسبت به روش آبیاری سطحی افزایش بهره‌وری آب را به دنبال دارد (Al-Jamal et al., 2001). روند مشابهی در مطالعات دیگر برای روش‌های آبیاری تحت فشار نسبت به سطحی گزارش شده است (Cheng et al., 2021; Y. Du et al., 2023; Tong et al., 2022; Yu et al., 2020).

در فرمول ۹ W_i برابر با وزن داده شده به هر مطالعه، R_i اندازه اثر هر مطالعه، R_+ برابر با میانگین وزنی اندازه اثرها و k برابر با تعداد مطالعات است. در این فراتحلیل به دلیل ناهمگنی بین مطالعه‌ای معنادار برای هر سه متغیر

- عملکرد دانه ($Q=3097/1, P\text{-value} < 0/05$)
- مقدار آب آبیاری ($Q=2631,297, P\text{-value} < 0/05$)
- بهره‌وری آب ($Q=26479/9, P\text{-value} < 0/05$)

از مدل اثرات تصادفی برای ترکیب نتایج استفاده شد (Duffy et al., 2017). در این پژوهش از نرم‌افزار CMA نسخه ۲ به منظور انجام محاسبات استفاده شد (Borenstein et al., 2009c). همچنین از اکسل و GetData Graph Digitizer 2.26 به منظور رسم نمودارها و به دست آوردن داده از نمودارها استفاده گردید. برای تعیین توزیع نرمال داده‌ها آزمون کولموگروف اسمیرنوف^۱ انجام گرفت که بدین منظور از نرم‌افزار پایتون^۲ نسخه ۳ استفاده شد.

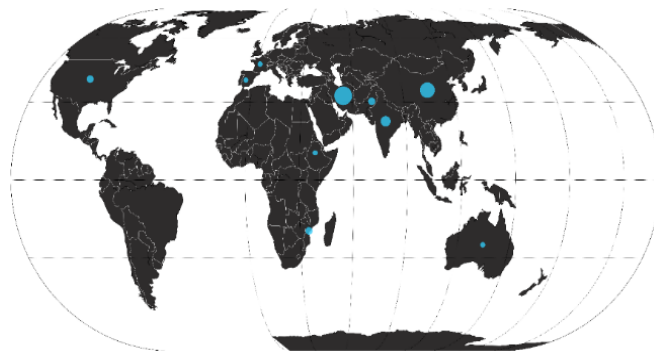
سوگیری انتشار

از هر دو روش نمودار کیفی و اعداد ایمن از خطای رزنتال (Nf) به منظور تعیین سوگیری انتشار استفاده شد (Light and Pillemer, 1984; Orwin, 1983). نمودار کیفی برای هر سه متغیر عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب نامتقارن بود که با استفاده از آزمون دوال و توئیدی به ترتیب تعداد ۲۲، ۱۵ و ۱۴ مطالعه گم‌شده در سمت راست میانگین اندازه اثر پیدا شدند، به منظور بررسی بیشتر از آزمون اعداد ایمن از خطای رزنتال ($(Nf-10)/\Delta m > 1$)، تعداد داده‌های جفت شده است) استفاده شد. مقادیر این آزمون برای عملکرد دانه $m=78, Nf=4528$ ، مقدار آب آبیاری $m=66, Nf=62848$ و بهره‌وری آب $m=66, Nf=62189$ ، به دست آمد که نتیجه آن برای هر سه متغیر مقداری بزرگ‌تر از ۱ است پس می‌توان عدم سوگیری انتشار در این سه پارامتر را نشان داد.

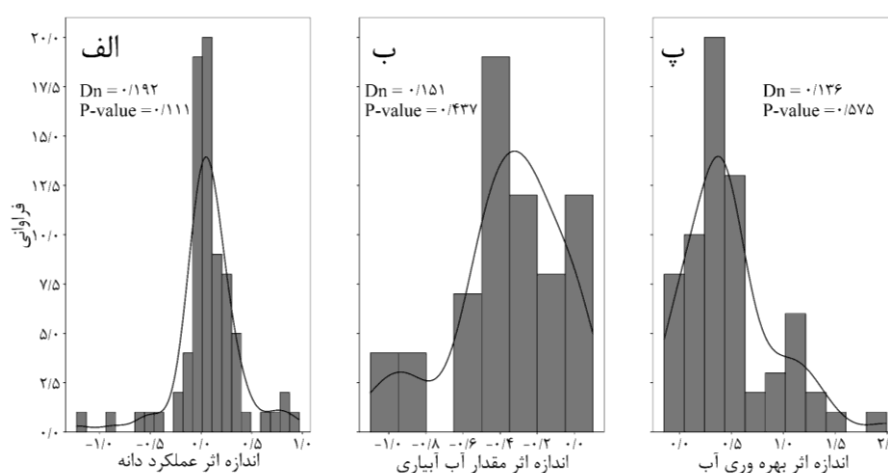
نتایج و بحث

² Python

¹ Kolmogorov-Smirnov test



شکل ۲- نقشه پراکنندگی داده‌ها بر اساس کشورهای مورد مطالعه. نقاط نشان داده شده بر اساس تعداد مطالعات در آن کشور وزن دهی شده است.

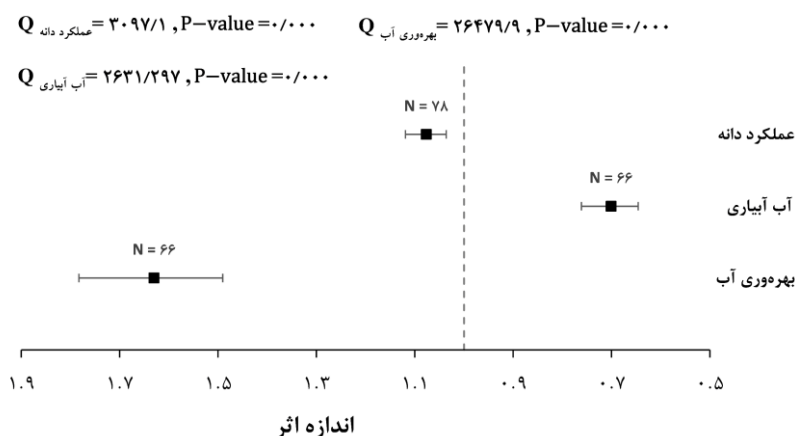


شکل ۳- نمودار توزیع فراوانی اندازه اثر (الف) عملکرد دانه، (ب) مقدار آب آبیاری و (پ) بهره‌وری آب. منحنی توزیع نرمال (گاسین) بر روی نمودار برازش داده شده است. K_s و P -value مقدار عددی و سطح معناداری آزمون کولموگروف اسمیرنوف است.

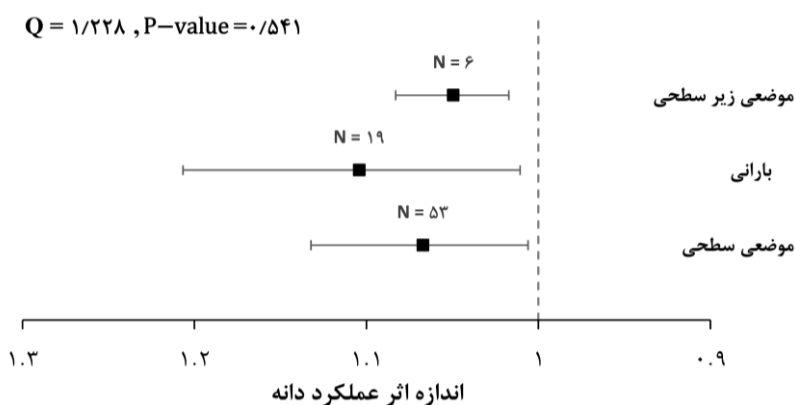
اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر عملکرد دانه

نوع روش آبیاری به‌عنوان یک راه‌حل بهبود مدیریت آبیاری در عملکرد دانه گیاه ذرت مؤثر است. با توجه به شکل ۵ بیشترین افزایش عملکرد دانه (۱۰/۴ درصد) نسبت به آبیاری سطحی را می‌توان در آبیاری بارانی مشاهده کرد. کمترین افزایش معنادار عملکرد دانه (۴/۹ درصد) در روش آبیاری موضعی زیرسطحی به دست آمد. روش‌های آبیاری موضعی سطحی باعث افزایش معنادار ۶/۷ درصدی در عملکرد دانه نسبت به روش سطحی می‌شود؛ اما به علت عدم معناداری شاخص Q (P -value = ۰/۵۴۱) نمی‌توان اختلاف معناداری بین اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر عملکرد دانه ذرت قائل شد.

اما از طرفی سازمان فائو با کمک بیش از ۱۵۰ متخصص به بررسی اثربخشی روش‌های آبیاری تحت فشار در ۱۲ کشور جهان پرداخت که نتایج آن با این پژوهش هم‌راستا نبود و علت آن را می‌توان به بررسی فائو در مقیاس حوضه و استفاده از روش مرور روایتی برای روش‌های تحت فشار دانست که با ماهیت این پژوهش که بررسی این روش‌ها در مقیاس مزرعه و با روش‌های آماری است تفاوت دارد (Perry et al., 2017). همچنین نوع روش آبیاری به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار، اثر معناداری بر عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب می‌گذارد. به همین دلیل اثربخشی هر یک از انواع روش‌های آبیاری تحت فشار نسبت به سطحی بر عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب نیز بررسی شد.



شکل ۴- اندازه اثر کلی. مقادیر میانگین اندازه اثر و حدود اطمینان ۹۵٪ نشان داده شده است. حجم نمونه (N) نیز در کنار هر نمودار نوشته شده است.



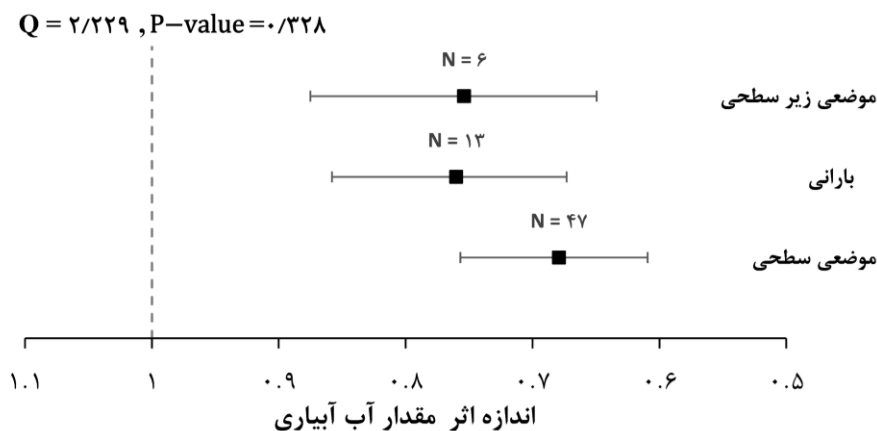
شکل ۵- اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر عملکرد دانه نسبت به آبیاری سطحی مقادیر میانگین اندازه اثر و حدود اطمینان ۹۵٪ نشان داده شده است. حجم نمونه (N) نیز در کنار هر نمودار نوشته شده است.

اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر مقدار آب آبیاری

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان دریافت که روش آبیاری موضعی سطحی بیشترین صرفه‌جویی در آب آبیاری (۳۲/۰ درصد) و روش آبیاری بارانی کمترین صرفه‌جویی در آب آبیاری (۲۴ درصد) را نسبت به روش‌های سطحی در ذرت دارد (شکل ۶) همچنین نتایج این فراتحلیل نشان داد که در هنگام استفاده از روش آبیاری موضعی زیرسطحی در گیاه ذرت، کاهش مقدار آب

آبیاری ۲۴/۶ درصدی نسبت به روش‌های سطحی وجود دارد (شکل ۶). بنابراین در روش آبیاری موضعی سطحی صرفه‌جویی آب بیشتری نسبت به روش آبیاری موضعی زیرسطحی اتفاق می‌افتد؛ اما به علت عدم معناداری شاخص Q (P-value = ۰/۳۲۸) نمی‌توان اختلاف معناداری بین اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر مقدار آب آبیاری ذرت قائل شد. کوهی چله‌کران و همکاران (۱۳۹۴) نیز دلیل صرفه‌جویی بیشتر آب در روش آبیاری موضعی

سطحی را تراکم ۶۰ درصدی ریشه در عمق‌های ابتدایی خاک (۲۰ سانتی‌متر) بیان کردند که با نتایج این مطالعه هم‌راستا است.



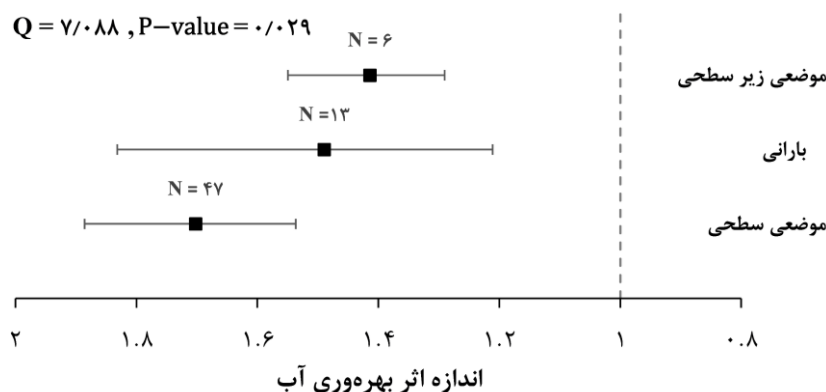
شکل ۶- اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر مقدار آب آبیاری نسبت به آبیاری سطحی

مقادیر میانگین اندازه اثر و حدود اطمینان ۹۵٪ نشان داده شده است. حجم نمونه (N) نیز در کنار هر نمودار نوشته شده است.

در هنگام استفاده از روش آبیاری موضعی زیرسطحی (۴۱/۴ درصد) نسبت به روش‌های آبیاری سطحی اتفاق می‌افتد (شکل). با توجه به معنادار شدن شاخص $Q = 0/029$ ($P = 0/029$) می‌توان اختلاف معناداری بین اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر بهره‌وری آب ذرت متصور شد.

اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر بهره‌وری آب

بر اساس نتایج شکل ۷ در هنگام استفاده از روش‌های آبیاری بارانی و موضعی سطحی به ترتیب افزایش ۴۸/۹ و ۷۰/۲ درصدی در بهره‌وری آب نسبت به روش‌های آبیاری سطحی وجود دارد که آبیاری موضعی سطحی بیشترین مقدار افزایش را به خود اختصاص می‌دهد؛ اما کمترین افزایش بهره‌وری آب در گیاه ذرت



شکل ۷- اثر روش‌های آبیاری تحت فشار بر بهره‌وری آب نسبت به آبیاری سطحی

مقادیر میانگین اندازه اثر و حدود اطمینان ۹۵٪ نشان داده شده است. حجم نمونه (N) نیز در کنار هر نمودار نوشته شده است.

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین روش آبیاری تحت فشار برای بهبود عملکرد دانه، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب گیاه ذرت با

تعیین روش مناسب آبیاری تحت فشار

نتیجه گیری

استفاده از روش های آبیاری تحت فشار باعث افزایش معنادار عملکرد دانه (۷/۶ درصد) و بهره‌وری آب (۶۲/۹ درصد) و کاهش معنادار مقدار آب آبیاری (۲۹/۸ درصد) گیاه ذرت می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر انواع روش های آبیاری تحت فشار بر عملکرد دانه ذرت باید بیان کرد که آبیاری بارانی بیشترین افزایش معنادار (۱۰/۴ درصد) و موضعی زیرسطحی کمترین افزایش معنادار (۴/۹ درصد) را نسبت به روش آبیاری سطحی دارد اما در کل اختلاف معناداری بین تأثیر این روش ها بر عملکرد دانه ذرت وجود ندارد. در ارتباط با مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب ذرت نیز باید بیان کرد که روش آبیاری موضعی سطحی (به ترتیب با کاهش ۳۲/۰ درصد آب آبیاری و افزایش ۷۰/۲ درصد بهره‌وری آب) به‌عنوان بهترین روش شناخته شد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از سطوح آبیاری و کودی به‌عنوان زیرگروه‌های پیوسته به‌منظور تعیین مقدار اندازه اثر در فراگرسیون استفاده شود. نوع کود و خاک‌ورزی نیز از عوامل تأثیرگذار هستند اما به علت محدودیت در جمع‌آوری داده جفت شده به‌صورت مشابه از مطالعات، آنالیز دشوار خواهد شد. همچنین از عواملی مانند جرم مخصوص، بافت و pH خاک به‌عنوان عوامل خاکی و دور آبیاری و مشخصات کیفیت آب آبیاری به‌عنوان عوامل آبی و بارندگی و دما به‌عنوان عوامل هواشناسی در تعیین متغیرهای عملکرد، مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب می‌تواند استفاده شود.

منابع

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۱. شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به‌منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۶۷۴ - ۶۵۶

باغانی، ج. ۱۳۸۷. مقایسه اثرات تغییر روش آبیاری شیاری به قطره‌ای بر میزان و کارایی مصرف آب و عملکرد محصول در زراعت‌های ردیفی. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۲ (۲): ۱۱-۱۸.

توجه به شکل‌های ۵، ۶ و ۷ می‌توان بیان کرد که در کل، استفاده از روش های آبیاری تحت فشار باعث افزایش عملکرد دانه ذرت می‌شود که در میان این روش‌ها، آبیاری بارانی با ۱۰/۴ درصد بیشترین افزایش و روش موضعی زیرسطحی با ۴/۹ درصد کمترین افزایش را به خود اختصاص داده است. علت آن را احتمالاً می‌توان به گرفتگی قطره‌چکان‌ها ناشی از عواملی مانند حرکت ریشه به سمت خروجی‌های آب، غلظت نسبتاً بالای مواد معلق، مواد معدنی محلول، ارگانیک‌ها و جوامع میکروبی در روش آبیاری موضعی زیرسطحی دانست (Liu et al., 2022).

از طرف دیگر در روش آبیاری بارانی با مصرف انرژی کم، آب با تلفات کمتری به گیاه رسیده که نتیجه آن بهبود عملکرد دانه است. (Guan et al., 2016; Mo et al., 2017; Wang et al., 2021). این نتایج را می‌توان در توافق با یافته‌های مطالعه دهقانیان و افضل‌نیا (۱۳۹۷) دانست که دریافتند علت کمتر شدن عملکرد دانه ذرت در آبیاری موضعی سطحی نسبت به بارانی، خیس نشدن و افزایش تجمعی بقایای تجزیه نشده موجود در ردیف‌های کشت است.

با توجه به شکل‌های ۶ و ۷ می‌توان بیان کرد که روش آبیاری موضعی سطحی بیشترین تأثیر را به ترتیب در افزایش بهره‌وری آب (۷۰/۲ درصد) و کاهش مقدار آب آبیاری (۳۲/۰ درصد) نسبت به روش‌های سطحی دارد. علت آن را می‌توان به این صورت بیان کرد که در روش آبیاری موضعی سطحی آبیاری با دور کم و مرطوب‌سازی قسمت کوچکی از خاک اطراف ریشه انجام می‌گیرد که باعث نگهداری رطوبت اطراف ریشه به‌صورت مداوم در محدوده ظرفیت زراعی و بهبود زهکشی خاک می‌شود پس می‌توان علت اصلی بیشترین افزایش بهره‌وری آب در این روش آبیاری را تأثیر صرفه‌جویی آب دانست (Bonachela et al., 2004; Kang et al., 2001) که با مطالعه رسول و همکاران و معیری و همکاران (۱۳۹۰) هم‌راستا است.

- irrigated olive orchards. *Irrigation Science*, 20(2): 65–71.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. and Rothstein, H. R. 2009a. Identifying and Quantifying Heterogeneity. In *Introduction to Meta-Analysis*, 107–125.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. and Rothstein, H. R. 2009b. Random-Effects Model. In *Introduction to Meta-Analysis*, 69–75.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. and Rothstein, H. R. 2009c. Software. In *Introduction to Meta-Analysis*, 391–403.
- Carter, C. E., Halverson, B., Rogers, J. S. and Musgrave, M. 1990. Effects of excess soil water on sweet corn yield. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 33(4): 1203–1207.
- Cheng, M., Wang, H., Fan, J., Zhang, S., Wang, Y., Li, Y., Sun, X., Yang, L. and Zhang, F., 2021. Water productivity and seed cotton yield in response to deficit irrigation: A global meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 255: 107027.
- Du, Y. D., Niu, W. Q., Gu, X. B., Zhang, Q., Cui, B. J. and Zhao, Y. 2018. Crop yield and water use efficiency under aerated irrigation: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 210(26): 158–164.
- Du, Y., Liu, X., Zhang, L. and Zhou, W. 2023. Drip irrigation in agricultural saline-alkali land controls soil salinity and improves crop yield: Evidence from a global meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 880: 163226.
- Duffy, J. E., Godwin, C. M. and Cardinale, B. J. 2017. Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity. *Nature*, 549(7671): 261–264.
- Ghamarnia, H., Parandyn, M. A., Arji, I. and Rezvani, V. 2013. An evaluation and comparison of drip and conventional furrow irrigation methods on maize. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(5): 733–751.
- Guan, X., Yang, M., Bai, T., Han, J., Huang, J., Wang, J. and Wang, T., 2016. Suitable deep sowing increasing emergence rate and promoting summer maize growth in seeding stage under subsurface drip irrigation. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 32(13): 75–80.
- Gurevitch, J. and Hedges, L. V. 1999. Statistical Issues In Ecological Meta-Analyses. *Ecology*, 80(4): 1142–1149.
- Haddaway, N. R., Macura, B., Whaley, P. and Pullin, A. S. 2017. ROSES for Systematic Review Protocols. Version 1.0. Version 1.0.
- باقری خانقاهی، م.، میرهاشمی، س. ح. و پناهی، م. ۱۴۰۱. ارزیابی و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب محصولات زراعی به روش آبیاری سنتی و تحت فشار (مطالعه‌ی موردی: دشت تجن مازندران). *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*، ۴(۱): ۴۹–۵۹.
- دهقانیان، س. ا. و افضلی نیا، ص. ۱۳۹۷. بهره‌وری آب و عملکرد ذرت در تناوب با گندم در روش‌های مختلف آبیاری و خاک‌ورزی. *پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۲(۱): ۱۵–۲۷.
- عابدی، س.، پیکانی، غ. و حسینی، س. ص. ۱۳۸۷. بررسی مزیت نسبی ذرت دانه‌ای در الگوی بهینه کشت در استان خوزستان. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران (علوم کشاورزی ایران)*، ۳۹(۱): ۸۵–۹۷.
- عباسی، ف.، ناصری، ا.، نخجوانی مقدم، م.، سلامتی، ن.، جلیلی، م.، خرمیان، م.، دهقانیان، س. ا.، گمرکچی، ا. ی.، اسلامی، ع.، اخوان، ک.، فرزاد نیا، م.، باغانی، ج. و اکبری، م. ۱۳۹۷. مقایسه برخی شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید ذرت علوفه‌ای در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی. *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، ۱۹(۷۳).
- کوهی چله‌کران، ن.، علیزاده، ا.، و داوری، ک. ۱۳۹۴. اثر مقادیر مختلف آبیاری روی تراکم طول ریشه و عملکرد ذرت دانه‌ای در روش آبیاری قطره‌ای. *پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۹(۳): ۳۳۱–۳۴۰.
- معیری، م.، پذیرا، ا.، سیادت، ح.، عباسی، ف. و کاوه، ف. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر مدیریت‌های زراعی و آبیاری در بهبود کارایی مصرف آب ذرت (مطالعه موردی شبکه آبیاری دز). *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، ۱۲(۴): ۳۵–۵۰.
- Al-Jamal, M. S., Ball, S. and Sammis, T. W. 2001. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. *Agricultural Water Management*, 46(3): 253–266.
- Anjum, L., Ahmad, N., Arshad, M. and Ahmad, R. 2014. Effect of different irrigation and management practices on corn growth parameters. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 12(2): 106–113.
- Barzegari, M., Sepaskhah, A. R. and Ahmadi, S. H. 2017. Irrigation and nitrogen managements affect nitrogen leaching and root yield of sugar beet. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108(2): 211–230.
- Bonachela, S., Orgaz, F., Villalobos, F. J. and Fereres, E. 2001. Soil evaporation from drip-

- Perry, C., Steduto, P. and Karajeh, F. 2017. Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence, Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, Cairo. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.35540.81280>.
- Rasool, G., Guo, X., Wang, Z., Ullah, I. and Chen, S. 2020. Effect of two types of irrigation on growth, yield and water productivity of maize under different irrigation treatments in an arid environment. *Irrigation and Drainage*, 69(4), 732–742.
- Tawfik, G.M., Dila, K.A.S., Mohamed, M.Y.F., Tam, D.N.H., Kien, N.D., Ahmed, A.M. and Huy, N.T. 2019. A step by step guide for conducting a systematic review and meta-analysis with simulation data. *Tropical medicine and health*, 47(1), 1-9.
- Tong, X., Wu, P., Liu, X., Zhang, L., Zhou, W. and Wang, Z. 2022. A global meta-analysis of fruit tree yield and water use efficiency under deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 260(22): 107321.
- Wang, D., Li, G., Mo, Y., Zhang, D., Xu, X., Wilkerson, C. J. and Hoogenboom, G. 2021. Evaluation of subsurface, mulched and non-mulched surface drip irrigation for maize production and economic benefits in northeast China. *Irrigation Science*, 39(2): 159–171.
- Yu, L., Zhao, X., Gao, X. and Siddique, K. H. M. M. 2020. Improving/maintaining water-use efficiency and yield of wheat by deficit irrigation: A global meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 228.
- Zheng, H., Ying, H., Yin, Y., Wang, Y., He, G., Bian, Q., Cui, Z. and Yang, Q. 2019. Irrigation leads to greater maize yield at higher water productivity and lower environmental costs: A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273: 62-69. .
- Hanson, B. R. and May, D. M. 2006. Crop coefficients for drip-irrigated processing tomato. *Agricultural Water Management*, 81(3): 381–399.
- Hedges, L. V., Gurevitch, J. and Curtis, P. S. 1999. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. *Ecology*, 80(4): 1150–1156.
- Kang, Y., Wang, F. X., Liu, H. J. and Yuan, B. Z. 2004. Potato evapotranspiration and yield under different drip irrigation regimes. *Irrigation Science*, 23(3): 133–143.
- Khan, A. G., Iqbal, M. and Ullah, E., 2015. Assessing the performance of different irrigation techniques to enhance the water use efficiency and yield of maize under deficit water supply. *Soil & Environment*, 34(2): 166–179.
- Kijne, J. W., Tuong, T. P., Bennett, J., Bouman, B. and Oweis, T. 2003. Ensuring food security via improvement in crop water productivity. Challenge Program on water and Food Background Paper 1, 20-26
- Light, R. J. and Pillemer, D. B. 1984. Summing up: The Science of Reviewing Research. *Journal of Policy Analysis and Management*, 5(1): 164.
- Liu, X., Zhang, L. and He, X. 2022. Emitter clogging characteristics under reclaimed wastewater drip irrigation: a meta-analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(10): 4171–4181.
- Luo, Y., Hui, D. and Zhang, D. 2006. Elevated Co₂ Stimulates Net Accumulations of Carbon and Nitrogen in Land Ecosystems: a Meta-Analysis. *Ecology*, 87(1): 53–63.
- Mo, Y., Li, G. and Wang, D. 2017. A sowing method for subsurface drip irrigation that increases the emergence rate, yield, and water use efficiency in spring corn. *Agricultural Water Management*, 179: 288–295.
- Orwin, R. G. 1983. A Fail-Safe N for Effect Size in Meta-Analysis. *Journal of Educational Statistics*, 8(2): 157–159.

Meta Analysis of The Effect of Pressurized Irrigation Systems on Irrigation Water Amount, Water Productivity, and Maize Grain Yield

D. Ranazadeh¹, A. M. Liaghat^{1*}, F. Abbasi² and A. N. Ghameshlou⁴

Abstract

The increasing population of the world and the shortage of water resources, is a serious threat to sustainable development of agriculture. Therefore, methods such as pressurized irrigation are proposed to save water consumption. For this purpose, a meta-analysis study from the beginning until September 2020, was performed to investigate grain yield, irrigation water amount and water productivity in pressurized irrigation methods on maize plants. After searching databases, 17424 studies were collected and 93 paired data were obtained by final screening. Overall, grain yield and irrigation water amount showed a significant increase of 7.65% and a significant decrease of 29.89%, respectively, in pressure methods compared to surface methods. Also, when using pressurized irrigation methods, water productivity increased significantly by 62.98% compared to the surface irrigations. In this study, sprinkler irrigation showed the highest increase in grain yield (10.42%), and drip tape irrigation showed the highest decrease in irrigation water amount (24.61%) and the highest increase in water productivity (70.22%), compared to surface irrigation. The results of this study showed the importance of using pressurized irrigation methods along with determining the appropriate method of pressurized irrigation that increases grain yield, water productivity and decreases the amount of irrigation water for maize plants.

Keywords: Drip Irrigation, Sprinkler Irrigation, Systematic Review, CMA, Meta Analysis

¹ Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

² Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. (*Corresponding Author, Aliaghat@ut.ac.ir)

³ Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 26 Sep 2023

Accepted: 25 Dec 2023