فراتحلیل اثربخشی کودآبیاری سطحی و قطره‌ای بر شاخص‌های عملکرد محصول و بهره‌وری آب و کود

رضا دلباز، حامد ابراهیمیان[1]، فریبرز عباسی وآرزو نازی قمشلو

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
reza.delbaz@ut.ac.ir
دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
ebrahimian@ut.ac.ir
استاد، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
fariborzabbasi@ymail.com
استادیار، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
a.ghameshlou@ut.ac.ir

دریافت: بهمن ۱۳۹۹ و پذیرش: شهریور ۱۴۰۰

چکیده

ر شد سریع علم و انت شار نتایج مختلف در یک مو ضوع خاص باعث سردرگمی محققان در حوزه‌های مختلف شده ا ست. امروزه بررسی و جمع‌بندی نتایج مطالعات مختلف در یک حوزه خاص، ضروری به نظر می‌آید. فراتحلیل به عنوان روشی ساختارمند و با استفاده از روش‌های آماری به تجمیع نتایج مطالعات یک موضوع می‌پردازد. در این پژوهش به منظور ارزیابی اثربخ شی کودآبیاری سطحی و قطره‌ای بر شاخص‌های عملکرد مح صول، بهره‌وری کود، و بهره‌وری آب از رهیافت فراتحلیل ا ستفاده شد. به این منظور مقالات هشت پایگاه اطلاعاتی ا ستخراج شد. پس از برر سی آن‌ها، ۲۱ مطالعه شرایط ورود به فراتحلیل را دارا بودند. تلفیق یافته‌ها نشان داد که عملیات کودآبیاری در هر دو روش سطحی و قطره‌ای سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های عملکرد محصول، بهره‌وری کود و آب مورد استفاده شد. اندازه اثرات به د ست آمده از تلفیق نتایج برای عملکرد محصول در روش‌های کودآبیاری سطحی و قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با کوددهی به روش سنتی به ترتیب برابر ۱/۳۲ و ۱/۲۵ شد. در بهره‌وری کود، اندازه اثر به دست آمده برای کودآبیاری سطحی نسبت به آبیاری سطحی با کوددهی به روش سنتی برابر ۲/۱۲ و برای کودآبیاری قطره‌ای برابر ۱/۴۳ و اندازه اثر بهره‌وری آب برای کودآبیاری سطحی و قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با روش کوددهی سنتی برابر ۱/۲۴ و ۱/۷۴ شد. بنابراین، کودآبیاری در هر دو روش سطحی و قطره‌ای سبب ارتقای عملکرد مح صول، بهره‌وری آب، و بهره‌وری کود می شود. با توجه به آن‌که نتایج این مطالعه از داده‌های کمّی مطالعات اولیه استخراج شده است، برای رسیدن به قطعیت بیشتر پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری توسط فراتحلیل مورد بررسی قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: متاآنالیز، مرور ساختارمند، آبیاری، اندازه اثر، کوددهی

---

[1]- آدرس نویسنده مسئول:گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مقدمه

به دلیل افزایش روز افزون جمعیت و نیاز غذایی، استفاده از کود غیر قابل اجتناب شده است. همین امر باعث شده است که مصرف کودهای شیمیایی در دهه‌های اخیر به طرز چشم‌گیری افزایش یابد. توسعه چشم‌گیر مصرف کودهای شیمیایی به نوبه خود مشکلاتی را در برداشته است. افزایش عملکرد گیاهان زراعی تا حد زیادی مرهون مصرف کودهای شیمیایی است به طوری که سهم این کودها در بهبود عملکرد مطالعات مختلف بین ۳۰ تا ۵۰ درصد گزارش شده است (گود[1] و همکاران، ۲۰۰۴). بالا بودن غلظت نیترات در آب‌های سطحی و زیرزمینی، شاهدی از تلفات کودهای ازته و کارائی مصرف پایین آن‌ها است (رستم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی باعث اتلاف آن‌ها از طریق آبشویی و کاهش راندمان مصرف کود و همچنین آلودگی زیست محیطی می‌شود. برای افزایش بهره‌وری و کاهش تلفات کود و مشکلات زیست محیطی کودآبیاری به کشاورزان پیشنهاد می‌شود. به عمل تزریق کود در سامانه‌های آبیاری، کودآبیاری گویند (عباسی، ۱۳۹۶؛ ابراهیمیان، ۱۳۹۸). کودآبیاری از روش‌های نسبتاً جدید مصرف کود به همراه آب آبیاری است که برای افزایش کارایی مصرف کود در سامانه‌های آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد (محسنی و همکاران، ۱۳۹۰). کودآبیاری نه‌تنها یک روش پرهزینه و پیچیده نیست، بلکه یک ضرورت است. در مناطق خشک و نیمه خشک که میزان بارندگی کم است و با کمبود آب مواجه هستیم، افزایش بهره‌وری آب، کود و عملکرد، در اولویت است. استفاده از این روش جذب عناصر غذایی را بهبود بخشیده و راهی است برای حفظ حاصلخیزی خاک، بنابراین افزایش کارایی مصرف آب و کود، سودآوری بیش‌تری را برای کشاورزان به دنبال خواهد داشت (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). مطالعه گرنبری[2] و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که با اجرای روش کودآبیاری می‌توان با مصرف ۲۰ تا ۵۰ درصد کود نسبت به روش‌های رایج کوددهی، عملکرد بیشتری به‌دست آورد. علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) با مقایسه کودآبیاری سطحی با کوددهی سنتی برکارایی مصرف آب، کود، عملکرد، اجزای عملکرد ذرت و تلفات عمقی نیترات به این نتیجه دست یافتند که میزان عملکرد تولید شده در تیمارهای کودآبیاری بالاتر از تیمار کوددهی سنتی بود. شیانگ[3] و همکاران (۲۰۱۵) روش‌های مختلف آبیاری و کوددهی بر عملکرد گیاه ذرت در حوزه رود نیل را مطالعه کردند. سه نوع روش آبیاری (آبیاری قطره‌ای، آبیاری بابلری (آبفشان) و آبیاری جویچه‌ای) و دو نوع کود (کود آلی مایع و کود شیمیایی[4]) در این مطالعه اعمال شد. برای هر سه روش آبیاری، کود آلی مایع در مقایسه با کود شیمیایی، عملکرد ذرت را ۱۸/۶ تا ۲۴/۴ درصد و بهره‌وری مصرف آب را ۱۸/۷ تا ۲۳/۴ درصد افزایش داد. ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی کودآبیاری سطحی، چالش‌ها و نیازهای مربوط به آن پرداختند. ایشان در این تحقیق به این نتیجه دست یافتند که برای رسیدن به یک کودآبیاری مناسب با راندمان بالا و رفع مشکلات آن نیاز به ترکیب روش های تجربی و مدل‌های ریاضی است.

فراتحلیل[5] روشی برای مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعات مستقل از هم در خصوص یک موضوع است (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۶). اصطلاح فراتحلیل اولین بار توسط گلاس[6] (۱۹۷۶) مطرح شد. این روش آماری اولین بار در مطالعات روانشناسی و پزشکی مورد استفاده قرار گرفت و سپس با مطالعات هگز[7] و همکاران (۱۹۹۹) در بوم‌شناسی نیز به‌کار گرفته شد اما در علوم کشاورزی روش نسبتاً جدیدی است که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است (روتوندو و وستگیت[8]، ۲۰۰۹؛

1. Good
2. Granberry
3. Xiang
4. Liquid Organic and Chemical Fertilizer
5. Meta-Analysis
6. Glass
7. Hedges
8. Rotundo and Westgate

روزنبرگ[1] و همکاران، ۲۰۰۴). به طور کلی فراتحلیل یک روش کمی و عینی[2] برای ترکیب نتایج مطالعات پیشین در یک موضوع خاص است. فراتحلیل روش مناسبی برای خلاصه نتایج تعداد زیادی از تحقیقات، در مقایسه با داوری ذهنی درباره تحقیقات است. مطالعات فراتحلیل به دلیل شیوه ساختارمند آن‌ها و نتایج قابل اطمینانی که ارائه می‌دهند در دهه‌های اخیر توجه بسیاری از محققین در رشته‌های مختلف را به خود جلب کرده‌اند. والکاما[3] و همکاران (۲۰۰۹) در فنلاند، فراتحلیلی را بر روی تاثیر مصرف مقادیر مختلف کود فسفر بر عملکرد گیاهان زراعی انجام دادند. ایشان با بررسی ۴۰۰ مطالعه انجام شده به این نتیجه دست یافتند که کاربرد کود فسفر در اکثر گیاهان زراعی تا حدود ۱۱ درصد باعث افزایش عملکرد آنها می‌شود. لینکویست[4] و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای اثرات کودهای مختلف نیتروژن با کارایی بالا (EENF[5]) را بر عملکرد و جذب نیتروژن در مزارع غرقابی زیرکشت برنج را بررسی کردند. ایشان تمامی مقالاتISI که قبل از سال ۲۰۱۲ منتشر شده بود را مورد مطالعه قرار دادند. در نهایت ایشان به این نتیجه دست یافتند که کاربرد کودهای EENF منجر به ۵/۷ درصد افزایش عملکرد و هشت درصد افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می شود. لی[6] و همکاران (۲۰۲۱) در یک فراتحلیل ۱۳۰ مطالعه را با موضوع کودآبیاری قطره‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که به طور کلی کودآبیاری قطره‌ای می‌تواند به طور میانگین عملکرد محصول را تا ۱۲ درصد، بهره‌وری آب را تا ۲۶ درصد و بهره‌وری کود را تا ۳۴/۳ درصد نسبت به روش‌های سنتی افزایش دهد. با توجه به پراکندگی مطالعات کودآبیاری سطحی و قطره‌ای دستیابی به یک نتیجه‌گیری نهایی ساختارمند در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین، هدف اصلی این تحقیق بررسی اثربخشی کودآبیاری سطحی و قطره‌ای بر شاخص‌های عملکرد محصول، بهره‌وری کود و آب به کمک فراتحلیل است.

مواد و روش‌ها

جستجو و جمع آوری داده‌ها

برای انجام فراتحلیل و دریافت مقالات کودآبیاری سطحی و قطره‌ای در ۲۰ سال اخیر، استراتژی جستجو بر روی پایگاه‌های اطلاعاتی Scopus، Springer، Wiley، Web of Science و پایگاه های داخلی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، بانک اطلاعات نشریات کشور (مگیران)، پایگاه استنادی علوم جهان اسلام و پایگاه اطلاعات علمی ایران (ایران داک) انجام شد. استراتژی جستجو بر اساس کلمات کلیدی "کودآبیاری (fertigation)"، "آبیاری (irrigation)" (شامل سامانه های آبیاری سطحی و قطره‌ای)، "کوددهی (fertilization)"، "عملکرد (yield)" و "بهره‌وری یا کارآیی (productivity یا efficiency)" طراحی شدند. از این پایگاه های اطلاعاتی در مجموع ۳۴۳۰ مقاله استخراج شد. در نهایت بر اساس پروتکل ROSES[7]، ۲۱ مطالعه شرایط ورود به فراتحلیل را دارا بودند. این پروتکل در سال ۲۰۱۷ توسط هاداوی[8] و همکاران برای مطالعات محیط زیستی و بوم‌شناسی معرفی شد و در حقیقت به وسیله آن مسیر غربالگری مطالعات به صورت ساختارمند و روشن مشخص می‌شود و به طور کلی شامل سه مرحله اساسیِ جستجو، غربالگری و آماده سازی مطالعات برای ورود به فرآیند فراتحلیل است. هر کدام از مطالعات استخراج شده حداقل یکی از پارامترهای هدف یعنی عملکرد محصول، بهره‌وری آب و بهره‌وری کود را شامل می‌شوند. این مطالعات علاوه بر تیمار آزمایش (کودآبیاری)، نتایج تیمار کنترل (کوددهی سنتی) را که برای محاسبه اندازه اثر[9] مورد نیاز است، گزارش کرده‌اند. به طور مشخص در تیمار آزمایش، مدیریت کوددهی به

1. Rosenberg
2. Objective
3. Valkama
4. Linquist
5. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers
6. Li
7. RepOrting standards for Systematic Evidence Syntheses
8. Haddaway
9. Effect Size

روش کودآبیاری سطحی و یا قطره‌ای بوده و در تیمار کنترل، کوددهی به روش‌های سنتی انجام شد. جزئیات این مطالعات در جدول ۱ آمده ا ست. در این بین چهار مطالعه مربوط به کشور ایران، سه مطالعه از سوریه، دو مطالعه از چین، شش مطالعه مربوط به هند بود و کشورهای مقدونیه، لهستان، مصر، ترکیه، زیمباوه و استرالیا هرکدام یک مطالعه را داشتند. محصولات مورد مطالعه گندم، ذرت، پنبه، نیشکر، پیاز، کلم، آفتابگردان، سیب‌زمینی، بادام‌زمینی و گوجه‌فرنگی بودند.

جدول ۱- لیست مطالعات ورودی به فراتحلیل

شماره	نام مطالعه	سال انتشار	عملکرد محصول	بهره‌وری آب	بهره‌وری کود	نوع گیاه	تعداد داده استخراج شده	نوع کودآبیاری	کشور
۱	علیزاده و همکاران	۱۳۸۸	✓	✓	✓	ذرت	۳	سطحی	ایران
۲	محسنی و همکاران	۱۳۹۰	✓	✓	✓	ذرت	۳	سطحی	ایران
۳	عباسی و همکاران	۱۳۹۴	✓	✓	✓	نیشکر	۳	سطحی	ایران
۴	جنت و سومی[1]	۲۰۰۱	✓	×	✓	پنبه	۱۲	قطره‌ای	سوریه
۵	هالیتلیگیلح[2] و همکاران	۲۰۰۳	✓	✓	✓	سیب زمینی	۳	قطره‌ای	ترکیه
۶	رامپل[3] و همکاران	۲۰۰۴	✓	×	✓	پیاز	۹	قطره‌ای	لهستان
۷	میسری[4] و همکاران	۲۰۰۵	✓	✓	×	کلم	۱	قطره‌ای	زیمباوه
۸	جنت	۲۰۰۷	✓	×	✓	سیب زمینی	۶	قطره‌ای	سوریه
۹	جنت	۲۰۰۸	✓	×	✓	پنبه	۶	قطره‌ای	سوریه
۱۰	بدر[5] و همکاران	۲۰۱۰	✓	✓	✓	گوجه فرنگی	۶	قطره‌ای	مصر
۱۱	تاناسکویک[6] و همکاران	۲۰۱۱	✓	✓	✓	گوجه فرنگی	۶	قطره‌ای	مقدونیه
۱۲	آنوریت[7] و همکاران	۲۰۱۲	✓	×	✓	پنبه	۳	قطره‌ای	هند
۱۳	آنتیله[8]	۲۰۱۷	✓	×	×	پنبه	۱	سطحی	استرالیا
۱۴	سونی[9] و همکاران	۲۰۱۷	✓	×	×	بادام زمینی	۴	قطره‌ای	هند
۱۵	سینها[10] و همکاران	۲۰۱۷	✓	✓	✓	آفتاب-گردان	۳	قطره‌ای	هند
۱۶	سینگ[11] و همکاران	۲۰۱۸	✓	✓	✓	پنبه	۳	قطره‌ای	هند
۱۷	جین[12] و همکاران	۲۰۱۸	✓	×	✓	بادام زمینی	۳	قطره‌ای	هند
۱۸	سونی و همکاران	۲۰۱۹	✓	✓	✓	بادام زمینی	۴	قطره‌ای	هند
۱۹	محمدی و همکاران	۲۰۱۹	✓	×	×	ذرت	۲	سطحی	ایران
۲۰	وو[13] و همکاران	۲۰۱۹	✓	✓	✓	ذرت	۲	قطره‌ای	چین
۲۱	بای و همکاران	۲۰۲۰	✓	×	✓	گندم	۹	قطره‌ای	چین

1. Mussaddak Janat and George Somi
2. HalitligilH
3. Rumpel
4. Maisiri
5. Badr
6. Tanaskovik
7. Anureet
8. Antille
9. Soni
10. Sinha
11. Singh
12. Jain
13. Wu

تحلیل آماری

تحلیل آماری در فراتحلیل به طور کلی از دو بخش معناداری آماری و محاسبه اندازه اثر تشکیل می‌شود. معنی‌داری آماری نشان می‌دهد که آیا ارتباط و یا اختلاف مشاهده شده بین گروه‌های مطالعه تنها با شانس و تصادف بوده است (فرضیه صفر، H_0) یا خیر (فرضیه مخالف، H_1). برای مثال چنانچه میانگین عملکرد گیاه گندم در کودآبیاری قطره‌ای برابر ۷/۴ و در آبیاری آبیاری سطحی با کوددهی به روش سنتی برابر ۶/۳ تن باشد، این سؤال می‌تواند مطرح شود که آیا مشاهده اختلاف یک تن در هکتار بین عملکرد محصول در کودآبیاری قطره‌ای و در آبیاری سطحی با کوددهی به روش سنتی بر اساس شانس بوده است یا خیر؟ به عبارت دیگر تا چه میزان این اختلاف بر اساس تصادف و شانس در نمونه‌های مورد مطالعه بوده است؟ میزان این احتمال توسط p-value محاسبه شده و معنی آن این است که تفاوت یا ارتباط مشاهده‌شده تا چه میزان بر اثر شانس بوده است. لذا کوچک بودن مقدار p-value نشان‌دهنده اثر کمتر تصادفی بودن است و بیان می‌دارد که ارتباط یا اختلاف بین متغیرها ذاتی و معنادار است. این مقدار برای بیان عدم شانس به طور معمول باید کمتر از ۰/۰۵ باشد.

H_0: وجود تفاوت بین گروه‌ها (کودآبیاری و آبیاری با کوددهی سنتی) عدم

H_1: وجود تفاوت بین گروه‌ها (کودآبیاری و آبیاری با کوددهی سنتی)

اندازه اثر در حقیقت تفاوت بین شاخص مورد مطالعه در تیمار شاهد و آزمایش را نشان می‌دهد. برای محاسبه اندازه اثر بر اساس نوع مطالعات ورودی روش‌های مختلفی ارائه شده است. از انواع رایج داده‌ها در مطالعات میانگین برآورد شده، اندازه نمونه‌ها و انحراف معیار در گروه های مورد مطالعه می باشد. در حوزه کشاورزی نیز بیشتر داده‌ها بر اساس میانگین گزارش می شوند. به همین دلیل اندازه اثرات محاسبه شده در این پژوهش بر اساس میانگین شاخص‌های گزارش شده در مطالعات است؛ بنابراین برای هر مطالعه یک اندازه اثر بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد (برونستاین[1] و همکاران، ۲۰۱۱).

$$R = \frac{\overline{X_1}}{\overline{X_2}} \qquad (1)$$

که در آن:

$\overline{X_1}$ و $\overline{X_2}$ به ترتیب میانگین در گروه اول و گروه دوم هستند. دامنه اطمینان این دسته از شاخص‌ها متقارن نبوده و توزیع داده ها برای محاسبه دامنه اطمینان نیز نرمال نیستند. در حالت نسبت ساده، اندازه اثر تحت تاثیر بیشتر مخرج بوده که برای رفع این اریبی و نرمال‌سازی داده‌ها باید از لگاریتم طبیعی نسبت‌ها استفاده شود (شکل (۱) و رابطه (۲))؛ برونستاین و همکاران، ۲۰۱۱؛ ایالونگو[2]، ۲۰۱۶.

$$\ln R = \ln\left(\frac{\overline{X_1}}{\overline{X_2}}\right) = \ln \overline{X_1} - \ln \overline{X_2} \qquad (2)$$

حدود اطمینان[3] اندازه اثر بر اساس واریانس مطالعات و توسط رابطه ۳ محاسبه شد.

$$V_{lnR} = S^2_{pooled}\left(\frac{1}{n_1(\overline{X_1})^2} + \frac{1}{n_2(\overline{X_2})^2}\right) \qquad (3)$$

در معادله (۳) $\overline{X_1}$، $\overline{X_2}$، n_1 و n_2 به ترتیب میانگین‌های گروه اول و دوم و حجم نمونه‌های گروه اول و دوم می‌هستند. S_{pooled} نیز انحراف معیار ادغام شده دو گروه است و از رابطه ۴ به‌دست می‌آید که در آن S_1 و S_2 انحراف معیار گروه اول و دوم هستند.

$$S_{pooled} = \sqrt{\frac{\left(n_1-1\right)S_1^2+\left(n_2-1\right)S_2^2}{n_1+n_2-2}} \qquad (4)$$

پس از محاسبه اندازه اثر برای هر مطالعه، میانگین وزن داده شده این اندازه اثرات محاسبه شد. برخی از مطالعات وسیع‌تر بوده و بعضی کوچک‌تر هستند. طبیعی

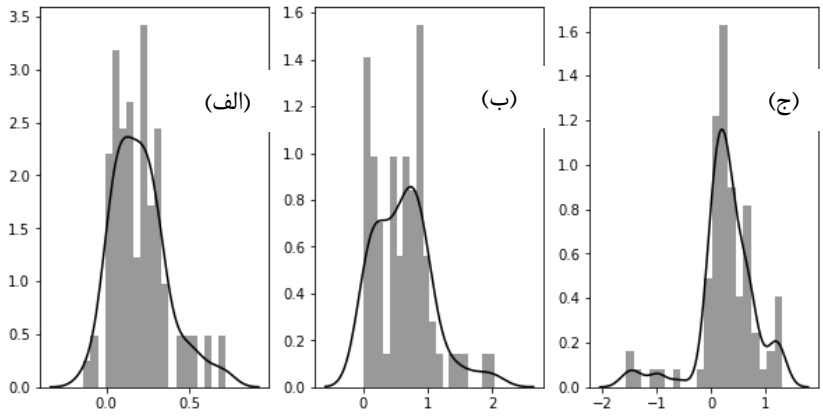
1. Borenstein
2. Ialongo
3. Confidence Interval

ا ست که به نتایج مطالعاتی که از و سعت و دقت بی شتری برخوردار ه ستند، توجه بی شتری شود. میانگین وزن‌دهی شده مطالعات از طریق رابطه (۵) محاسبه شد.

$$W_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \qquad (۵)$$

که در آن:

R_i میزان اثر مشاهده شده در مطالعه i ، W_i وزن آن مطالعه و n تعداد مطالعات می‌باشد. وزن هر مطالعه با واریانس نسبت عکس دارد. آخرین مرحله از فراتحلیل رسم نمودار درختی است که در آن اندازه اثر هر مطالعه با فواصل اطمینان آن‌ها مشخص می‌شود. چنانچه این فواصل اطمینان با عدد یک همپوشانی داشته باشند، اندازه اثر موزون شده بی معنی بوده و شاهد و تیمار تفاوتی ندارند. برای انجام فراتحلیل نرم‌افزار CMA[1] مورد استفاده قرار گرفت. این نرم افزار توسط برونستاین و همکاران در سال ۲۰۰۵ معرفی شد. از قابلیت‌های مهم این نرم افزار می‌توان به محاسبه اندازه اثر کلی، محاسبه اندازه اثر برای هر م طالعه، رسم نمودار های مختلف فراتحلیل، تحلیل زیرگروه‌ها و رابط کاربری قوی اشاره کرد.



شکل ۱- توزیع فراوانی اندازه اثرات استخراج شده از مطالعات

الف) توزیع اندازه اثرات عملکرد محصول، ب) توزیع اندازه اثرات بهره‌وری آب، ج) توزیع اندازه اثرات بهره‌وری کود

بهره‌روی کود از رابطه (۶) محا سبه می شود. در این رابطه Y و N به ترتیب عملکرد محصول و مقدار کود مصرفی بر حسب کیلوگرم بر هکتار هستند.

$$\mathrm{NUE} = \frac{\mathrm{Y}}{\mathrm{N}} \qquad (۶)$$

بهروه‌وری آب از رابطه ۷ نیز به دست می‌آید که در آن Y عملکرد محصول (کیلوگرم) و V مقدار آب مصرفی (مترمکعب) است.

$$\mathrm{WP} = \frac{\mathrm{Y}}{\mathrm{V}} \qquad (۷)$$

نتایج و بحث

عملکرد محصول

در مجموع ۹۲ اندازه اثر برای عملکرد مح صول از مطالعات وارده شده استخراج شد. با توجه به اینکه روش‌های کودآبیاری در مطالعات متفاوت بودند، زیرگروه هایی بر اساس روش کودآبیاری در نظر گرفته شدند. این زیرگروه‌ها شامل کودآبیاری سطحی (SF) و کودآبیاری قطره‌ای (DF) بوده و تیمارهای کنترل نیز خود از دو گروه آبیاری سطحی (SC) و آبیاری قطره‌ای (DC) به همراه کوددهی سنتی ت شکیل شدند. نتایج عملکرد در همه گروه‌ها در فاصله اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار شد. اندازه اثرات به‌دست آمده نشان داد که روش کودآبیاری سطحی نسبت به آبیاری سطحی با کوددهی سنتی (SF vs SC) به طور میانگین باعث افزایش ۳۲ درصدی، کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با کوددهی سنتی (DF vs SC) باعث افزایش ۲۵ درصدی و کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری قطره‌ای با کوددهی به

1. Comprehensive Meta-Analysis

صورت سنتی (DF vs DC) باعث افزایش ۱۷ در صدی عملکرد محصول می شود (جدول ۲). به طور متوسط در تمامی روش‌های کودآبیاری سطحی و قطره‌ای، عملکرد به میزان ۲۲ درصد افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات عباسی و همکاران (۱۳۹۴) و لی[1] و همکاران (۲۰۲۱) مبنی بر افزایش عملکرد محصول در روش‌های کودآبیاری سطحی و قطره‌ای نسبت به روش‌های سنتی هم‌خوانی دارد.

جدول ۲- اندازه اثرهای عملکرد محصول بر اساس روش‌های مختلف کودآبیاری

روش کودآبیاری	گروه کنترل	اندازه اثر	حد بالا	حدپایین	p-value
سطحی	سطحی	۱/۳۲	۱/۴۵	۱/۲۰	۰/۰۰
قطره‌ای	سطحی	۱/۲۵	۱/۳۲	۱/۱۸	۰/۰۰
قطره‌ای	قطره‌ای	۱/۱۷	۱/۲۳	۱/۱۱	۰/۰۰
	کلی	۱/۲۲	۱/۲۶	۱/۱۸	۰/۰۰

شکل ۲ (الف)، مربوط به نمودار جنگلی اندازه اثرهای فوق بوده و همانطور که مشاهده می‌شود هیچ‌کدام از این اندازه اثرها به همراه فواصل اطمینان آن‌ها محور عدد یک را قطع نمی‌کنند که بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین عملکرد در بین روش‌های کودآبیاری نسبت به روش‌های کوددهی سنتی است.

بهره‌وری کود

برای شاخص بهره‌وری کود در مجموع ۸۱ اندازه اثر از مطالعات وارد شده به فراتحلیل استخراج شد. با توجه به جدول ۳ می‌توان مشاهده کرد که اندازه اثر بهره‌وری کود در کل مطالعات ۱/۴۴ است. این به آن معنا است که ۴۴ درصد افزایش بهره‌وری کود در روش‌های کودآبیاری در مقابل کوددهی به روش سنتی وجود دارد. با توجه به این نتایج بیشترین افزایش بهره‌وری کود مربوط به روش کودآبیاری سطحی است. در این زیرگروه اندازه اثر ۲/۱۲ شد. به عبارتی کودآبیاری سطحی باعث افزایش دو برابری بهره‌وری کود در مقابل آبیاری سطحی با کوددهی سنتی شده است. پس از آن کودآبیاری قطره‌ای در برابر آبیاری سطحی با کوددهی سنتی با اندازه اثر ۱/۴۳ قرار گرفت. به آن معنا که کودآبیاری قطره‌ای باعث افزایش ۴۳ درصدی بهره‌وری کود در مقابل آبیاری سطحی با پخش کود به روش سنتی خواهد شد. در زیرگروه کودآبیاری قطره‌ای در مقابل آبیاری قطره‌ای با روش کوددهی سنتی، اندازه اثر برابر ۱/۱۸ شد. بر اساس نتایج این مطالعات در شاخص بهره‌وری کود، روش کودآبیاری سطحی در اولویت قرار گرفت. نتایج مطالعه لی و همکاران (۲۰۲۱) افزایش ۳۴/۳ درصدی بهره‌وری کود در کودآبیاری قطره‌ای را نشان داد. از لحاظ افزایش بهره‌وری کود در کودآبیاری سطحی نتایج این پژوهش با مطالعات عباسی و همکاران (۱۳۹۴) و محسنی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت داشت.

جدول ۳- اندازه اثرهای بهره‌وری کود بر اساس روش‌های مختلف کودآبیاری

روش کودآبیاری	گروه کنترل	اندازه اثر	حد بالا	حدپایین	p-value
سطحی	سطحی	۲/۱۲	۲/۶۸	۱/۶۸	۰/۰۰
قطره‌ای	سطحی	۱/۴۳	۱/۵۳	۱/۳۳	۰/۰۰
قطره‌ای	قطره‌ای	۱/۱۸	۱/۲۴	۱/۱۳	۰/۰۰
	کلی	۱/۴۴	۱/۵۳	۱/۳۶	۰/۰۰

نمودار جنگلی این نتایج در شکل ۲ (ب) آورده شده است. با توجه به نمودار جنگلی کاملا مشهود است که هیچ‌کدام از فواصل اطمینان اندازه اثرات با محور عدد یک تلاقی ندارند. به عبارتی اندازه اثرات حاصل شده از لحاظ آماری معنی‌دار هستند. بیشترین فاصله از عدد یک نیز مربوط به زیرگروه کودآبیاری سطحی است.

1- Li

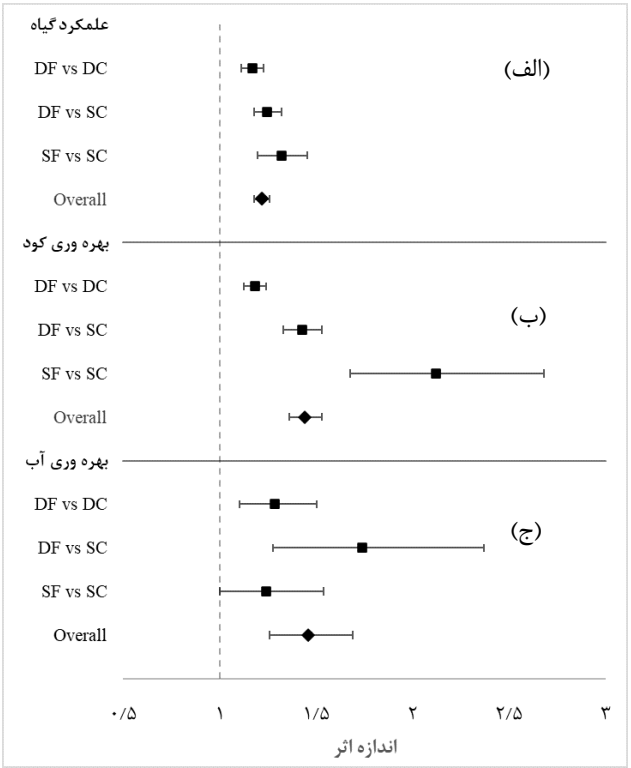
بهره‌وری آب

از مطالعات ذکر شده ۳۰ اندازه اثر برای بهره‌وری آب استخراج شد. نتایج نشان داد که به طور کلی کودآبیاری ۴۶ درصد باعث افزایش بهره‌وری آب شد. کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری قطره‌ای و آبیاری سطحی با کوددهی سنتی به ترتیب بهره‌وری آب را به میزان ۲۹ و ۷۴ درصد افزایش می‌دهد. کودآبیاری سطحی نیز نسبت به آبیاری سطحی با کوددهی سنتی باعث افزایش ۲۴ درصدی بهره‌وری آب خواهد شد (جدول ۴).

جدول ۴- اندازه اثرهای بهره‌وری آب بر اساس روش‌های مختلف کودآبیاری

روش کودآبیاری	گروه کنترل	اندازه اثر	حد بالا	حدپایین	p-value
سطحی	سطحی	۱/۲۴	۱/۵۴	۱/۰۰	۰/۰۵
قطره‌ای	سطحی	۱/۷۴	۲/۳۷	۱/۲۷	۰/۰۰
قطره‌ای	قطره‌ای	۱/۲۹	۱/۵۰	۱/۱۰	۰/۰۰
	کلی	۱/۴۶	۱/۶۹	۱/۲۶	۰/۰۰

نتایج ذکر شده را می‌توان در شکل ۲ (ج) مشاهده کرد. تمامی اندازه اثرات در سطح پنج درصد معنی‌دار شدند و این بدان معنا است که هیچ کدام از حدود اطمینان خط مربوط به عدد یک را قطع نکردند. بیشترین فاصله از خط یک مربوط به اندازه اثر گروه کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با کوددهی سنتی است.



شکل ۲- اندازه اثرات مبتنی بر روش‌های مختلف کودآبیاری

الف) اندازه اثرات عملکرد محصول، ب) اندازه اثرات بهره‌وری کود، ج) اندازه اثرات بهره‌وری آب

نتیجه‌گیری

بررسی ها نشان می‌دهد که به طور کلی کودآبیاری سطحی و قطره‌ای بر شاخص‌های عملکرد محصول، بهره‌وری کود و بهره‌وری آب تاثیر مثبت دارد. بر اساس نتایج ۲۱ مطالعه وارد شده به فراتحلیل، بالاترین افزایش عملکرد محصول مربوط روش کودآبیاری سطحی نسبت به آبیاری سطحی با کوددهی به روش سنتی بود. به همین ترتیب در بهره‌وری کود، کودآبیاری سطحی نسبت

به کودآبیاری قطره‌ای در اولویت قرار گرفت. بهره‌وری آب نیز در کودآبیاری قطره‌ای نسبت به کودآبیاری سطحی بالاتر بود که علت آن را می‌توان تفاوت در میزان آب مصرفی بین روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای دانست. بر اساس نتایج این تحقیق در مناطقی که با کمبود منابع آبی روبرو نیستند، برای افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری کود، کودآبیاری سطحی روش مناسب‌تری است؛ اما برای مناطقی که با کمبود منابع آبی روبرو هستند، کودآبیاری قطره‌ای با توجه به تاثیر مثبت بیشتر آن بر شاخص بهره‌وری آب پیشنهاد می شود. نتایج این تحقیق بر اساس مطالعات اولیه وارد شده به‌دست آمده است و نیاز است مطالعات بیشتری برای رسیدن به دقت و قطعیت بالاتر در تحقیقات آینده در فراتحلیل اثربخشی کودآبیاری در سامانه‌های مختلف آبیاری در نظر گرفته شوند.

فهرست منابع

۱. ابراهیمیان، ح. ۱۳۹۸. شیمابیاری. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۷۶ صفحه.

۲. رستم‌زاده، ا.، گلچین، ا. و محمدی، ج. ۱۳۹۲. تأثیر منابع و مقادیر مختلف نیتروژن بر راندمان مصرف نیتروژن و عملکرد خیار سبز. مجله دانش آب و خاک، جلد۲۳، شماره ۱، صفحه‌های ۱۵ تا ۲۶.

۳. رضایی، ح. لطفی، پ. یگانه مرکید، ز. ۱۳۸۹. کودآبیاری، مزایا و تأثیر آن درکشاورزی پایدار. اولین همایش کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، اصفهان.

۴. عباسی، ف.، ۱۳۹۶. فیزیک خاک پیشرفته. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ صفحه، چاپ پنجم.

۵. عباسی، ف. شینی دشتگل، ع. سلامتی، ن. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری آب و کارایی مصرف کود در کودآبیاری جویچه ای نیشکر. نشریه آب و خاک، جلد ۲۹، شماره ۴، صفحه‌های ۹۳۳ تا ۹۴۲.

۶. علیزاده، ح. لیاقت، ع. عباسی، ف. ۱۳۸۸. بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. نشریه آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۴، صفحه‌های ۱۳۷ تا ۱۴۷.

۷. کوچکی، ع. نصیری محلاتی، م. بخشائی، س. داوری، آ. ۱۳۹۶. فراتحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات در ایران. بوم شناسی کشاورزی، جلد ۹، شماره ۲، صفحه‌های ۲۹۶ تا ۳۱۳.

۸. محسنی، ا. میرسید حسینی، ح. عباسی، ف. ۱۳۹۰. مقایسه کودآبیاری با کوددهی سطحی بر کارآیی مصرف آب، کود، عملکرد، اجزای عملکرد ذرت و تلفات نیترات. نشریه آب و خاک، جلد ۲۶، ۵، صفحه‌های ۱۱۸۱ تا ۱۱۸۹.

9. Antille, D. L. 2017. Effect of fertigation on crop and soil established to cotton (Gossypium hirsutum L.) under furrow and overhead irrigation. In 2017 ASABE Annual International Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
10. Anureet, K., Sudeep, S., Sekhon, K. S., and Sidhu, B. S. 2012. Response of Bt cotton to nitrogen under drip and check basin method of irrigation under Punjab conditions. Research on Crops, 13(2): 708-710.
11. Badr, M. A., Abou Hussein, S. D., El-Tohamy, W. A., and Gruda, N. 2010. Nutrient uptake and yield of tomato under various methods of fertilizer application and levels of fertigation in arid lands. Gesunde Pflanzen, 62(1): 11-19.
12. Bai, S., Kang, Y., and Wan, S. 2020. Drip fertigation regimes for winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management, 228: 105885.
13. Borenstein, M., Hedges, L., Higgins, J. and Rothstein, H. 2005.Comprehensive Meta-analysis Version 2. Englewood NJ Biostat.
14. Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., and Rothstein, H. R. 2011. Introduction to meta-analysis. John Wiley & Sons.
15. Ebrahimian, H., Keshavarz, M. R., and Playán Jubillar, E. 2014. Surface fertigation: a review, gaps and needs. Spanish Journal of Agricultural Research, 12(3): 820-837.
16. Granberry, D.M.,Harrison,K.A.,and Kelley, W.T. 2000. Drip Irrigation. Cooperative extension service university of Georgia, USA.

17. Glass, G. V. 1976. Primary, secondary, and meta-analysis of research. Educational researcher, 5(10), 3-8.
18. Good, A.G., Sherawat, A.K., and Muench, D.G. 2004. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? Trends in Plant Science 9: 597-605.
19. Haddaway NR, Macura B, Whaley P, and Pullin AS. 2017. ROSES flow diagram for systematic reviews. Version 1.0.
20. Halitligil, M. B., Onaran, H., Munsuz, N., Kislal, H., Akin, A., Unlenen, A. L. ... and Kutuk, C. 2003. Drip irrigation and Fertigation of Potato under Light-textured soils of Cappadocia Region. In Environmental Protection against Radioactive Pollution. Springer, Dordrecht. 219-224.
21. Hedges, L.V., Gurevitch, J. and Curtis, P.S., 1999. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. Ecology, 80(4) :1150-1156.
22. Ialongo, C. 2016. Understanding the effect size and its measures. Biochemia medica, 26(2): 150-163.
23. Jain, N. K., Meena, H. N., Bhaduri, D., and Yadav, R. S. 2018. Drip fertigation and irrigation interval effects on growth, productivity, nutrient, and water economy in summer peanut. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49(19): 2406-2417.
24. Janat, M., and Somi, G. 2001. Performance of cotton crop grown under surface irrigation and drip fertigation. II. Field water-use efficiency and dry matter distribution. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 32(19-20): 3063-3076.
25. Janat, M. 2007. Efficiency of nitrogen fertilizer for potato under fertigation utilizing a nitrogen tracer technique. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 38(17-18): 2401-2422.
26. Janat, M. 2008. Response of cotton to irrigation methods and nitrogen fertilization: yield components, water-use efficiency, nitrogen uptake, and recovery. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 39(15-16), 2282-2302.
27. Li, H., Mei, X., Wang, J., Huang, F., Hao, W., and Li, B. 2021. Drip fertigation significantly increased crop yield, water productivity and nitrogen use efficiency with respect to traditional irrigation and fertilization practices: A meta-analysis in China. Agricultural Water Management, 244: 106534.
28. Linquist, B. A., Liu, L., van Kessel, C., and van Groenigen, K. J. 2013. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: Meta-analysis of yield and nitrogen uptake. Field Crops Research, 154: 246-254.
29. Maisiri, N., Senzanje, A., Rockstrom, J., and Twomlow, S. J. 2005. On farm evaluation of the effect of low cost drip irrigation on water and crop productivity compared to conventional surface irrigation system. Physics and Chemistry of the Earth, parts A/B/C, 30(11-16): 783-791.
30. Mohammadi, A., Besharat, S., and Abbasi, F. 2019. Effects of irrigation and fertilization management on reducing nitrogen losses and increasing corn yield under furrow irrigation. Agricultural Water Management, 213: 1116-1129.
31. Rosenberg, M.S., Garrett, K.A., Su, Z. and Bowden, R.L. 2004. Meta-analysis in plant pathology: synthesizing research results. Phytopathology, 94(9): 1013-1017.
32. Rotundo, J.L. and Westgate, M.E., 2009. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. Field Crops Research. 110(2): 147-156.
33. Rumpel, J., Kaniszewski, S., and Dyśko, J. 2004. Effect of drip irrigation and fertilization timing and rate on yield of onion. Journal of vegetable crop production, 9(2): 65-73.
34. Singh, K., Brar, A. S., and Singh, H. P. 2018. Drip fertigation improves water and nitrogen use efficiency of Bt cotton. Journal of Soil and Water Conservation, 73(5): 549-557.
35. Sinha, I., Buttar, G. S., and Brar, A. S. 2017. Drip irrigation and fertigation improve economics, water and energy productivity of spring sunflower (Helianthus annuus L.) in Indian Punjab. Agricultural Water Management, 185: 58-64.
36. Soni, J. K., and Raja, N. A. 2017. Performance of groundnut (Arachis hypogaea L) under drip and micro sprinkler fertigation system. Vegetos, 30(2): 43-48.

37. Soni, J. K., Raja, N. A., and Kumar, V. 2019. Improving productivity of groundnut (Arachis hypogaea L.) under drip and micro sprinkler fertigation system. Legume Research, 42(1): 90-95.
38. Tanaskovik, V., Cukaliev, O., Romić, D., and Ondrašek, G. 2011. The influence of drip fertigation on water use efficiency in tomato crop production. Agriculturae Conspectus Scientificus, 76(1): 57-63.
39. Valkama, E., Uusitalo, R., Ylivainio, K., Virkajärvi, P., and Turtola, E. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. Agriculture, Ecosystems and Environment. 130(3-4):75-85.
40. Wu, D., Xu, X., Chen, Y., Shao, H., Sokolowski, E., and Mi, G. 2019. Effect of different drip fertigation methods on maize yield, nutrient and water productivity in two-soils in Northeast China. Agricultural Water Management, 213: 200-211.
41. Xiang Y, Zhang F, Rashad M. 2015. Effects of different irrigation and fertilization strategies on yield and water use efficiency of maize in Nile delta. Trans. Chin. Soc. Agric. Mach 46:116-26.

Meta-Analysis of Surface and Drip Fertigation Effectiveness on Crop Yield, Fertilizer, and Water Productivity

R. Delbaz, H. Ebrahimian[1], F. Abbasi, and A. Nazi Ghameshlou

MSc graduate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
reza.delbaz@ut.ac.ir

Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
ebrahimian@ut.ac.ir

Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
fariborzabbasi@ymail.com

Assistant Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
a.ghameshlou@ut.ac.ir

Received: February 2021, and Accepted: September 2021

Abstract

The explosive growth of science and the dissemination of various results have confused researchers in various fields. Simple surveys and reviews of results collected in a specific area seem necessary. Meta-analysis as a structured method and using statistical methods aggregate the results of studies on a subject. In this study, in order to assess the surface and drip fertigation based on crop yield and water and fertilizer productivity, a meta-analysis approach was used. For this purpose, studies of eight databases were recruited, and, after reviewing them, 21 studies had the conditions to enter the meta-analysis. Combined results showed that both surface and drip fertigation methods significantly increased the indicators of crop yield and water and fertilizer productivity. Measuring the effect size of the results for crop yield in surface and drip fertigation methods compared to surface irrigation with traditional fertilization method was equal to 1.32 and 1.25, respectively. The effect size of water productivity for surface and drip fertigation compared to surface irrigation with traditional fertilization methods was 1.24 and 1.74. These values were 2.12 and 1.43, respectively, in terms of fertilizer productivity. Therefore, both surface and drip fertigation methods increase crop yield and water and fertilizer productivity. The results of this study are derived from the quantitative data of preliminary studies, to achieve higher accuracy, it is suggested that further studies be examined by meta-analysis.

Keywords: Systematic review, Irrigation, Effect size, Fertilizer application

[1] - Corresponding author: Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.