نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰، ص. ۱۴-۱

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 1, Spring and Summer 2021, 1-14

مقاله علمی-پژوهشی

اثربخشی سطوح مختلف کودی در کودآبیاری سطحی و قطره‌ای

رضا دلباز[۱]، حامد ابراهیمیان[۲*]، فریبرز عباسی[۳] و آرزو نازی قمشلو[۴]

چکیده

رشد روزافزون جمعیت باعث شده است تا نیاز غذایی روز به روز بیشتر شود. به همین دلیل نیاز است کـه عملکـرد گیاهـان در واحد سطح افزایش یابد. افزایش عملکرد گیاهان زراعی تا حد زیادی مرهون مصرف کودهای شـیمیایی اسـت. همـین امـر باعـث استفاده بی‌رویه کودها توسط کشاورزان شده است. تاکنون مطالعات زیادی تأثیر کودآبیـاری سـطحی (SF) و کودآبیـاری قطـره‌ای (DF) را نسبت به آبیاری سطحی (SC) و قطره‌ای (DC) به همراه کود دهی سنتی در سطوح مختلف کودی برای شاخص عملکرد محصول بررسی کرده‌اند؛ اما هرکدام از این مطالعات در شرایط مختلف انجام شده‌اند. با توجه به پراکندگی نتایج و عدم وجود یـک نتیجه‌گیری کلی از نتایج منتشرشده، انجام فرا تحلیل به‌عنوان یک روش ساختارمند برای رسیدن به یک نتیجه واحد در رابطـه بـا تأثیر سطوح مختلف کودآبیاری بر شاخص‌های ذکرشده الزامی است. در این پـژوهش بـا انجـام فـرا تحلیـل بـر روی ۲۱ مطالعـه انجام‌شده در زمینه کودآبیاری، تأثیر سطوح مختلف کودی بررسی شد. نتـایج هرکـدام از ایـن مطالعـات در زیرگـروه‌هـای سـطوح مختلف کودآبیاری دسته‌بندی شدند که شامل زیرگروه بیش از ۱۰۰ درصد، ۱۰۰ درصد، ۷۰ تا ۱۰۰ درصد و ۵۰ تا ۷۰ درصـد نیـاز کودی گیاه توصیه شده است. بیشترین میزان افزایش عملکرد محصول در سطح کودی ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده به دست آمـد و مقدار اندازه اثر آن برابر ۱/۲۵ شد، اما به لحاظ آمار استنباطی تفاوت معنی‌داری با سطح کـودی ۷۰ تـا ۱۰۰ درصـد نداشـت. بـر اساس این نتایج، زیرگروه ۷۰ تا ۱۰۰ درصد مناسب‌ترین سطح کـودی اسـت. در ایـن زیرگـروه بـدون کـاهش معنـی‌دار عملکـرد محصول می‌توان ۳۰ درصد در مصرف کود صرفه‌جویی کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی، آبیاری قطره‌ای، عملکرد محصول، کود دهی

مقدمه

امنیت غذایی در طول تاریخ چالشی برای جوامع انسانی بوده است؛ این مسئله با افزایش روزافزون جمعیت از اهمیت بیشـتری برخوردار شده است. با توجه به محدودیت سطح زیر کشت مزارع در جهان، راه‌کارهایی ارائه شده است که به‌واسطه آن‌ها می‌تـوان تولید محصـول را در واحـد سـطح مـزارع افـزایش داد. مصـرف کودهـای شـیمیایی باعـث بهبـود ۳۰ تـا ۵۰ درصـدی عملکـرد محصولات شده است (Good et al., 2004). همین امـر باعـث شده است که کشاورزان در دهـه‌هـای اخیـر بـه‌طـور گسـترده از کودهای شیمیایی استفاده کنند. بر اساس گزارش فـائو، در سـال ۲۰۲۰ میزان مصرف کودهای شیمیایی مختلف در جهـان ۲۶۳/۸ میلیون تن بوده است و پیش‌بینی می‌شـود ایـن میـزان در سـال ۲۰۲۲ به ۲۶۹/۵ میلیون تن افـزایش یابـد. مصـرف بـیش‌ازحـد کودهای شیمیایی متأسفانه منجر به عـوارض ناخواسـته‌ای شـده است. به‌عنوان‌مثال، شستشوی ازت نیتراته به همراه آب آبیاری و توسعه آلودگی از راه نفوذ نیتـرات بـه منـابع آب‌هـای آشـامیدنی ازجمله این مشکلات است. بالا بودن غلظت نیترات در آب‌هـای سطحی و زیرزمینی بیانگر تلفات کودهای کشـاورزی اسـت کـه براثر آبشویی باعـث آلـودگی منـابع آبـی شـده‌انـد (رسـتم‌زاده و

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشـد، گـروه مهندسـی آبیـاری و آبـادانی، پـردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
[۲] دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشـاورزی و منـابع طبیعـی، دانشگاه تهران، کرج، ایران (*نویسنده مسئول: ebrahimian@ut.ac.ir)
[۳] استاد مؤسسـه تحقیقـات فنـی و مهندسـی کشـاورزی، سـازمان تحقیقـات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
[۴] استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منـابع طبیعـی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۱
DOR: 20.1001.1.24764531.2021.8.1.1.9

همکاران، ۱۳۹۲). به‌طورکلی مصرف بیش‌ازحد کودهای شیمیایی باعث اتلاف آن‌ها از طریق آبشویی و کاهش راندمان مصرف کود و همچنین آلودگی زیست‌محیطی می‌شود. به همین علت رویکردهای مدیریتی و راهکارهایی ارائه شده است که به‌وسیله آن‌ها می‌توان علاوه بر بهبود شاخص‌های مهم زراعی مانند عملکرد محصول و بهره‌وری آب، در مصرف کود نیز صرفه‌جویی نمود. از مهم‌ترین این راهکارها، عملیات کودآبیاری است.

به عمل تزریق کود در سامانه‌های آبیاری، کودآبیاری گویند. 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، ۱۳۹۱). به‌طورکلی، عمل تزریق مواد شیمیایی کشاورزی همراه با آب آبیاری را شیم‌آبیاری[1] می‌نامند. مواد شیمیایی که در این روش به‌کار می‌روند شامل کودها، علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، نماتدکش‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد و عوامل کنترل زیستی هستند (ابراهیمیان، ۱۳۹۸). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که کودآبیاری می‌تواند مزایای مختلفی مانند افزایش عملکرد محصول، کاهش شستشو و نفوذ عمقی کود و سودآوری بیشتر برای کشاورزان نسبت به شیوه‌های کشاورزی سنتی (پخش سنتی کود) به همراه داشته باشد (Zheng et al., 2019; Si et al., 2020; Lv et al., 2019؛ رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) با مقایسه کودآبیاری با کود دهی سطحی بر کارایی مصرف آب، کود، عملکرد، اجزای عملکرد ذرت و تلفات عمقی نیترات به این نتیجه دست یافتند که میزان عملکرد تولیدشده در تیمارهای کودآبیاری بالاتر از تیمار سنتی بوده که به روش پخش سطحی کودپاشی شده بود. آنتیله در سال ۲۰۱۷ میزان اثربخشی کودآبیاری بر عملکرد گیاه پنبه را در سه سال زراعی با روش‌های آبیاری جویچه‌ای و بارانی بررسی کرد. نتایج مطالعه نشان داد کاربرد کودآبیاری در هر دو روش آبیاری موجب افزایش یکنواختی توزیع کود و عملکرد محصول شد (Antille, 2017). سونی و راجا تأثیر روش کودآبیاری قطره‌ای و بارانی را بر گیاه بادام‌زمینی بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان عملکرد در روش‌های کودآبیاری به مقدار معنی‌داری نسبت به روش آبیاری سطحی با کود دهی سنتی افزایش می‌یابد (Soni and Raja., 2019). بااین‌حال، مطالعات گذشته در مورد مزایای کودآبیاری عمدتاً بر روی یک محل و یا یک محصول خاص تمرکز داشته‌اند. با توجه به تفاوت و پراکندگی نتایج مطالعات این حوزه، یک جمع‌بندی کلی در خصوص تأثیر کودآبیاری بر شاخص‌های مذکور الزامی به نظر می‌رسد.

فراتحلیل یک روش کمی برای ترکیب نتایج مطالعات پیشین در یک موضوع خاص است. یک موضوع خاص ممکن است در شرایط مختلفی چون حجم نمونه گوناگون و انجام در شرایط مختلف تکرار شود. گلاس فراتحلیل را "تحلیلِ تحلیل‌ها" می‌داند و آن را به‌عنوان ترکیب نتایج از مطالعات مستقل به‌منظور مسنجم ساختن یافته‌های آن تعریف می‌کند (Glass, 1976). مطالعات فراتحلیل به دلیل شیوه ساختارمند آن‌ها و نتایج قابل‌اطمینانی که ارائه می‌دهند در دهه‌های اخیر توجه بسیاری از محققین در رشته‌های مختلف را به خود جلب کرده‌اند. این روش آماری اولین بار در مطالعات روان‌شناسی و پزشکی مورداستفاده قرار گرفت و سپس با مطالعات گورویچ و هگز در اکولوژی نیز به‌کار گرفته شد اما در علوم کشاورزی روش نسبتاً جدیدی است که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است (Rotundo et al., 2009; Rosenberg et al., 2000). کوچکی و همکاران (۱۳۹۲) در یک فراتحلیل مصرف کود نیتروژن در تولید غلات در ایران را بررسی کردند. ایشان در این مطالعه از ۴۶ مقاله منتشرشده توسط محققین داخلی در ارتباط با اثر کودهای نیتروژنه بر عملکرد غلات استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد بیولوژیک در شرایط کاربرد کود نیتروژن نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) افزایش داشت. لینکویست و همکاران در مطالعه‌ای اثرات کودهای مختلف نیتروژن با کارایی بالا[2] را بر عملکرد و جذب نیتروژن در مزارع غرقابی زیر کشت برنج را بررسی کردند. ایشان تمامی مقالات ISI را که قبل از سال ۲۰۱۲ منتشر شده بود، موردمطالعه قراردادند. درنهایت، به این نتیجه دست یافتند که کاربرد این کودها منجر به ۵/۷ درصد افزایش

1. Chemigation

2. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers

عملکرد و ۸ درصد افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود (Linquist el al., 2013). ژنگ و همکاران رویکرد فراتحلیل را برای بررسی عملکرد ذرت در شرایط آبیاری و غیرآبیاری انجام دادند. ایشان با بررسی ۱۶۲ مقاله نشان دادند که عملکرد ذرت در شرایط آبیاری ۳۰/۳۵ درصد بیش‌تر از شرایط غیرآبیاری بوده است. همچنین با بررسی ۲۷۰ نشریه به این نتیجه رسیدند که شرایط آبیاری به‌مراتب برای محیط‌زیست مناسب‌تر است (Zheng et al., 2019).

تاکنون پژوهش‌های زیادی در رابطه با اثربخشی سطوح مختلف کودآبیاری بر شاخص عملکرد محصول انجام شده است؛ اما هرکدام از این مطالعات در شرایط مختلف انجام شده‌اند؛ بنابراین لازم است که تحقیق‌های مختلف در یک جمع‌بندی به‌صورت آماری بررسی شوند تا با اطمینان (ازلحاظ آماری) تأثیر سطوح مختلف کودی مشخص شود. همچنین پراکندگی مطالعات می‌تواند باعث سردرگمی محققین شده و به‌نوبه خود مشکلاتی را به وجود آورد. با توجه به پراکندگی نتایج و عدم وجود یک نتیجه‌گیری کلی از نتایج منتشرشده، انجام فراتحلیل به‌عنوان یک روش ساختارمند و به دور از هرگونه سوگیری برای رسیدن به یک نتیجه کلی در رابطه با تأثیر سطوح مختلف کودآبیاری بر شاخص ذکرشده الزامی است. بدین منظور این پژوهش باهدف بررسی اثربخشی سطوح مختلف کودی در کودآبیاری سطحی و قطره‌ای بر عملکرد محصول و جمع‌بندی پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه، انجام شد.

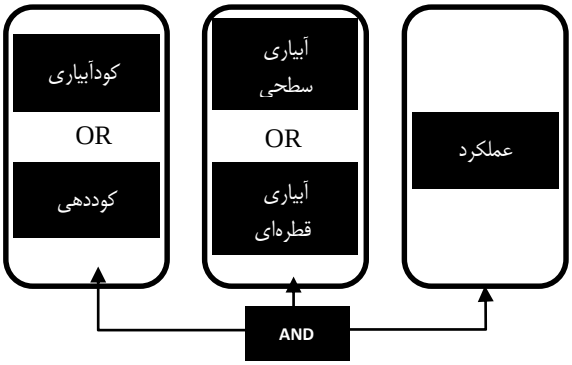
مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده

پس از انتخاب موضوع، اولین مرحله فراتحلیل تعیین استراتژی جستجو بر اساس اجزا PICO است (حقدوست و همکاران، ۱۳۹۸). این اجزا شامل جمعیت موردمطالعه[1] (که در این پژوهش شامل مطالعاتی می‌شود که در زمینه کودآبیاری تحقیق کردند)، متغیر مستقل یا مداخله[2] (متغیر مستقل کود شیمیایی و سطوح مختلف آن است)، گروه کنترل یا مقایسه[3] (روش‌های سنتی کود دهی به‌عنوان گروه کنترل در نظر گرفته شد) و متغیر وابسته یا نتیجه[4] (متغیر وابسته عملکرد محصول) است. استراتژی جستجو بر اساس کلمات کلیدی کلمات کلیدی " کودآبیاری[5]"، "آبیاری[6]" (شامل سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای)، "کود دهی[7]"، "عملکرد[8]" طراحی شدند. در یک ساختار نگارشی جستجو باید اسامی مترادف، مخفف و شکل‌های مختلف نوشتاری کلمات در جستجو وارد شوند. برای این منظور در پایگاه‌های اطلاعاتی از عملگرهای منطقی[9] استفاده می‌شود. این عملگرها شامل AND، OR و NOT می‌باشند که نقش قابل‌توجه‌ای در طراحی یک استراتژی جستجوی مناسب برای بازیابی تمامی مطالعات مرتبط با سؤال پژوهش ایفا می‌کنند. عمدتاً عملگر AND برای تفکیک کلمات با موضوعات مختلف و عملگر OR برای کلمات مترادف استفاده می‌شود (شکل ۱). البته شکل استفاده یا نمادهای این عملگرها می‌تواند در هر پایگاه متفاوت باشد که به‌طورمعمول در قسمت راهنمای آن پایگاه توضیحات مربوطه ارائه شده است. برای استخراج مطالعات بر اساس استراتژی جستجو از هشت پایگاه اطلاعاتی استفاده شد. پایگاه‌ها اطلاعاتی مورد استفاده شامل پایگاه‌های جهانی Scopus، Springer، Wiley، Web of Science و پایگاه‌های داخلی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، بانک اطلاعات نشریات کشور (مگیران)، پایگاه استنادی علوم جهان اسلام و پایگاه اطلاعات علمی ایران (ایران‌داک) بودند. در جستجوی اولیه ۳۴۳۰ مقاله که در ۲۰ سال اخیر در راستای موضوع این پژوهش منتشر شده بودند از پایگاه‌های فوق دریافت شد. درنهایت این مطالعات بر اساس پروتکل ROSES[10] که در سال ۲۰۱۷ توسط هادوی و همکاران برای مطالعات محیط زیستی و بوم‌شناسی

1. Population
2. Intervention
3. Comparison
4. OutCome
5. Fertigation
6. Irrigation
7. Fertilization
8. Yield
9. Boolean
10. RepOrting standards for Systematic Evidence Syntheses

معرفی شد، بررسی شدند (Haddaway et al., 2017). این پروتکل شامل سه مرحله اساسیِ جستجو، غربال‌گری و آماده-سازی مطالعات برای ورود به فرآیند فراتحلیل است. در هرکدام از این مراحل بر اساس دستورالعمل از پیش تعیین‌شده، مطالعات غربال‌گری شدند که از بین آن‌ها ۲۱ مقاله شرایط ورود به فراتحلیل را دارا داشتند. هرکدام از مطالعات استخراج‌شده شامل پارامتر هدف یعنی عملکرد محصول در هر دو گروه آزمایش و کنترل به همراه حداقل یک سطح کودی مشخص گزارش کرده بودند. 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 موردمطالعه گندم، ذرت، پنبه، نیشکر، پیاز، کلم، آفتابگردان، سیب‌زمینی، بادام‌زمینی و گوجه‌فرنگی بودند.



شکل ۱- شمای کلی استراتژی جستجو تحلیل داده‌ها

هدف از خلاصه کردن داده‌های مطالعات اولیه محاسبه اندازه اثر[1] بر اساس داده‌های گزارش‌شده هر مطالعه است. زمانی اصطلاح اندازه اثر مورداستفاده قرار می‌گیرد که کمیت رابطه بین دو متغیر و یا تفاوت بین دو گروه مدنظر باشد (نوغانی دخت بهمنی و میرمحمدتبار، ۱۳۹۶). در این پژوهش اندازه اثر برای دو گروه کودآبیاری قطره‌ای و سطحی (تیمار) و گروه آبیاری سطحی و قطره‌ای با کود دهی سنتی (کنترل) بررسی شدند. برای محاسبه اندازه اثر بر اساس نوع مطالعات ورودی روش‌های مختلفی ارائه‌شده است. هر اندازه اثر بر اساس متغیرهای موردمطالعه محاسبه می‌شود. بدین معنا که برای متغیرهای اولیه مختلف، اندازه اثرهای متفاوت تعریف می‌شود (Borenstein et al., 2007). این متغیرها معمولاً یا به شکل متغیرهای دوحالته و یا پیوسته گزارش می‌شوند. در پژوهش‌های انجام‌شده در بخش کشاورزی پژوهشگران علاقه‌مند هستند که میانگین پارامترهای موردمطالعه که از نوع متغیرهای پیوسته هستند را برآورد نمایند. با توجه به آن‌که در این حوزه تحقیقاتی، داده‌های مطالعات در مقیاس فیزیکی (مانند وزن محصول، میزان آب و کود و غیره) هستند و بعید به نظر می‌رسد که برابر صفر شوند، برای محاسبه اندازه اثر از رابطه نسبت میانگین‌ها[2] استفاده شد (رابطه ۱).

$$R = \frac{\overline{X_1}}{\overline{X_2}} \qquad (۱)$$

که در آن $\overline{X_1}$ و $\overline{X_2}$ به ترتیب میانگین داده‌ها در گروه اول و گروه دوم است. دامنه اطمینان این دسته از شاخص‌ها متقارن نبوده و توزیع داده‌ها برای محاسبه دامنه اطمینان نیز نرمال نیستند. در حالت نسبت ساده، اندازه اثر تحت تأثیر بیشتر مخرج بوده که برای رفع این اریبی و نرمال‌سازی داده‌ها باید از لگاریتم طبیعی نسبت‌ها استفاده شود (Borenstein et al., 2011; Ialongo., 2016).

$$ln\, R = ln\left(\frac{\overline{X_1}}{\overline{X_2}}\right) = ln\,\overline{X_1} - ln\,\overline{X_2} \qquad (۲)$$

واریانس نسبت میانگین‌ها برای محاسبه حدود اطمینان و وزن مطالعات از رابطه (۳) به‌دست می‌آید.

$$V_R = S^1_{pooled}\left(\frac{1}{n_1(\overline{X_1})^2} + \frac{1}{n_2(\overline{X_2})^2}\right) \qquad (۳)$$

که در آن $\overline{X_1}$، $\overline{X_2}$، n_1 و n_2 به ترتیب میانگین و حجم نمونه‌های گروه‌های اول و دوم است و S_{pooled} نیز انحراف معیار ادغام‌شده دو گروه است.

1. Effect size

2. Response Ratio

پس از محاسبه اندازه اثر برای هر مطالعه، نیاز است که یک اندازه اثر کلی برای هر شاخص موردمطالعه محاسبه شود. برای محاسبه اندازه اثر کلی از میانگین وزنی استفاده می‌شود که وزن هر مطالعه بر اساس وسعت و دقت آن به دست می‌آید. طبیعی است که به نتایج مطالعاتی که از وسعت و دقت بیشتری برخوردار هستند، توجه بیشتری شود. به همین دلیل به‌جای میانگین ساده، باید از میانگین وزنی استفاده شود. این وزن می‌تواند بر اساس حجم نمونه در هر مطالعه، واریانس، انحراف معیار یا استاندارد خطای[1] میانگین محاسبه شود (Borenstein et al., 2011). با توجه به آن‌که در اکثر مطالعات واردشده به فراتحلیل، دارای حجم نمونه برابر بودن، از عکس واریانس برای وزن‌دهی مطالعات استفاده شد (رابطه ۴).

$$W_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \qquad (۴)$$

که در آن R_i اثر مشاهده‌شده در مطالعه i ام، w_i وزن هر مطالعه و n تعداد مطالعات است. همچنین نتایج مطالعات به لحاظ معنی‌داری آماری در فراتحلیل بررسی می‌شوند. معنی‌داری آماری نشان می‌دهد که آیا ارتباط و یا اختلاف مشاهده‌شده بین گروه‌های مطالعه تنها با شانس و تصادف بوده است (فرضیه صفر، H_0) یا خیر (فرضیه مخالف، H_1). احتمال تصادفی بودن نتایج بر اساس p-value بررسی می‌شود. کوچک بودن مقدار p-value نشان می‌دهد که نتایج حاصل‌شده بر اساس شانس و تصادف نبوده و ارتباط یا اختلاف بین متغیرها ذاتی و معنی‌دار است. این مقدار برای بیان عدم شانس باید کمتر از ۰/۰۵ باشد.

H.: وجود تفاوت بین گروه‌ها (سطوح مختلف کودآبیاری و آبیاری با کود دهی سنتی) عدم

H_1 :وجود تفاوت بین گروه‌ها (سطوح مختلف کودآبیاری و آبیاری با کود دهی سنتی)

درنهایت برای انجام فراتحلیل از مدل اثرات تصادفی و نرم‌افزار CMA[2] مورداستفاده قرار گرفت. این نرم‌افزار توسط برونستاین و همکاران در سال ۲۰۱۱ توسعه یافت و علت استفاده از آن، قابلیت‌های گسترده‌ای بود که نسبت به سایر نرم‌افزارها در بخش فراتحلیل در اختیار پژوهش‌گر قرار می‌داد. این قابلیت‌ها شامل محاسبه اندازه اثر کلی، محاسبه اندازه اثر برای هر مطالعه، محاسبه مدل‌های فراتحلیل، رسم نمودارهای مختلف فراتحلیل، تحلیل زیرگروه‌ها و رابط کاربری قوی است (Borenstein et al., 2011). معیار انتخاب مدل آزمون‌های ناهمگونی است. ناهمگونی آماری زمانی وجود دارد که اندازه اثرات واقعی بین مطالعات متفاوت ارزیابی شوند و بین نتایج تحقیقات و فرآیندهای انجام آن گوناگونی وجود داشته باشد. به‌عبارت‌دیگر علاوه بر واریانس درون مطالعات، بین مطالعات نیز واریانس وجود دارد. هیگینز و تامپسون، شاخص I^2 را برای بررسی ناهمگونی مطالعات پیشنهاد دادند که از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$I^2 = \frac{Q-(k-1)}{Q} \times 100 \qquad (۵)$$

در رابطه فوق، Q از طریق رابطه ۶ محاسبه می‌شود و k به تعداد مطالعات اشاره دارد.

$$Q = \sum_{i=1}^{n} W_i R_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} W_i R_i^2)^2}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \qquad (۶)$$

صفر بودن شاخص I^2 به این معنا است که همه ناهمگونی مشاهده‌شده در اندازه اثرات به دلیل خطای نمونه‌گیری است. هر چقدر این شاخص به سمت عدد یک میل کند، واریانس بین مطالعات نیز افزایش می‌یابد. مقدار شاخص I^2 برابر ۷۸/۵۸ درصد شد که بیان‌گر ناهمگونی زیاد در بین مطالعات است به همین دلیل برای انجام فراتحلیل از مدل اثرات تصادفی استفاده شد (Higgins and Thompson., 2002).

نتایج و بحث

به‌طورکلی ۹۲ اندازه اثر از مطالعات وارده شده به فراتحلیل استخراج شد. لیست این مطالعات به همراه موارد استخراج‌شده در جدول (۱) ارائه شده است. این اندازه اثرات در گروه‌های کودآبیاری سطحی (SF)، کودآبیاری قطره‌ای (DF)، آبیاری

1. Standard Error
2. Comprehensive Meta-Analysis

سطحی (SC) و آبیاری قطره‌ای (DC) به همراه کود دهی سنتی دسته‌بندی شدند. هرکدام از این گروه‌ها به زیرگروه‌های سطوح کودی مختلف شامل سطح کود بیش از ۱۰۰، ۱۰۰، ۷۰ تا ۱۰۰ و ۵۰ تا ۷۰ درصد نیاز کودی توصیه‌شده تقسیم شدند. در هرکدام از این زیرگروه‌ها اندازه اثر محاسبه شد. در تمامی این زیرگروه‌ها سطح کودی در گروه کنترل برابر ۱۰۰ درصد است.

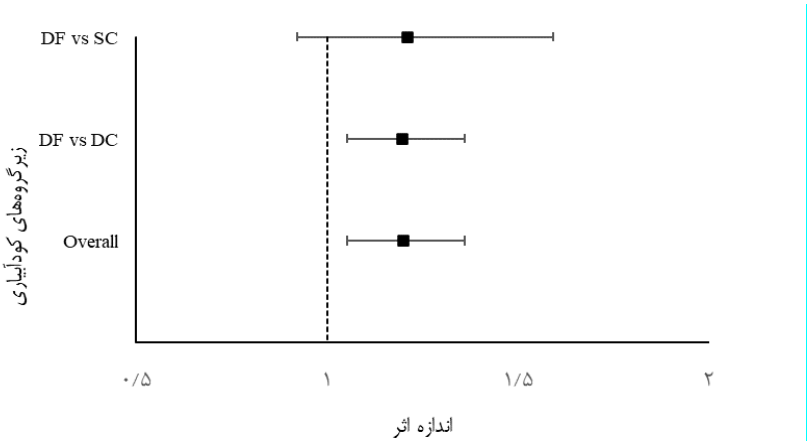
جدول ۱- لیست مطالعات ورودی به فراتحلیل

شماره	نام مطالعه	سال انتشار	نوع گیاه	سطح کودی گزارش‌شده (درصد)	تعداد داده استخراج‌شده	نوع کودآبیاری	کشور
۱	علیزاده و همکاران	۱۳۸۸	ذرت	۱۰۰، ۸۰، ۶۰	۳	سطحی	ایران
۲	محسنی و همکاران	۱۳۹۱	ذرت	۱۰۰، ۸۰، ۶۰	۳	سطحی	ایران
۳	عباسی و همکاران	۱۳۹۴	نیشکر	۱۰۰، ۸۰، ۶۰	۳	سطحی	ایران
۴	Janat and Somi	۲۰۰۱	پنبه	۱۳۰، ۱۰۰، ۶۰	۱۲	قطره‌ای	سوریه
۵	Halitligilh et al	۲۰۰۳	سیب‌زمینی	۱۵۰، ۱۰۰، ۵۰	۳	قطره‌ای	ترکیه
۶	Rumpel et al	۲۰۰۴	پیاز	۵۰۰، ۳۰۰، ۱۰۰	۹	قطره‌ای	لهستان
۷	Maisiri et al	۲۰۰۵	کلم	۱۰۰	۱	قطره‌ای	زیمباوه
۸	Janat	۲۰۰۷	سیب‌زمینی	۱۰۰، ۷۵، ۵۰	۶	قطره‌ای	سوریه
۹	Janat	۲۰۰۸	پنبه	۱۰۰، ۸۰، ۶۰	۶	قطره‌ای	سوریه
۱۰	Badr et al	۲۰۱۰	گوجه‌فرنگی	۱۰۰، ۷۵، ۵۰	۶	قطره‌ای	مصر
۱۱	Tanaskovik et al	۲۰۱۱	گوجه‌فرنگی	۱۰۰	۶	قطره‌ای	مقدونیه
۱۲	Anureet et al	۲۰۱۲	پنبه	۱۰۰، ۷۵، ۵۰	۳	قطره‌ای	هند
۱۳	Antille	۲۰۱۷	پنبه	۱۰۰	۱	سطحی	استرالیا
۱۴	Soni et al	۲۰۱۷	بادام‌زمینی	۱۰۰، ۷۵	۴	قطره‌ای	هند
۱۵	Sinha et al	۲۰۱۷	آفتاب‌گردان	۱۰۰، ۸۰، ۶۰	۳	قطره‌ای	هند
۱۶	Singh et al	۲۰۱۸	پنبه	۱۰۰، ۷۵، ۵۰	۳	قطره‌ای	هند
۱۷	Jain et al	۲۰۱۸	بادام‌زمینی	۱۰۰، ۷۵، ۵۰	۳	قطره‌ای	هند
۱۸	Soni et al	۲۰۱۹	بادام‌زمینی	۱۰۰، ۷۵	۴	قطره‌ای	هند
۱۹	Mohammadi et al	۲۰۱۹	ذرت	۱۰۰	۲	سطحی	ایران
۲۰	Wu et al	۲۰۱۹	ذرت	۱۰۰	۲	قطره‌ای	چین
۲۱	Bai et al	۲۰۲۰	گندم	۱۲۰، ۹۵، ۷۰	۹	قطره‌ای	چین

سطح کودی بیش از ۱۰۰ درصد

در مطالعات ورودی به این فراتحلیل مطالعه‌ای که در آن کودآبیاری سطحی با سطح کودی بیش از ۱۰۰ درصد انجام شده باشد، وجود نداشت. لذا با توجه به آن‌که برای انجام فراتحلیل حداقل دو مطالعه نیاز است، از انجام فراتحلیل برای گروه کودآبیاری سطحی در این سطح کودی صرف‌نظر شد و در این زیرگروه تنها کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با کود دهی سنتی و کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری قطره‌ای با پخش سطحی مقایسه شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح کودی بیش از ۱۰۰ درصد تأثیر معنی‌داری در گروه کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با کود دهی سنتی ندارد اما در گروه کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری قطره‌ای به همراه پخش سنتی کود می‌تواند افزایش عملکرد به میزان ۲۰ درصد را به همراه داشته باشد (جدول ۲). علت این افزایش را می‌توان به در اختیار داشتن مقدار کافی مواد غذایی محلول و سهولت دریافت آن توسط گیاه در طول فصل رشد نسبت داد اما به علت آن‌که در این سطح کودی احتمالاً گیاه با تنش اسمزی روبرو می‌شود، عملکرد محصول نسبت به دو زیرگروه ۱۰۰ و ۷۰ تا ۱۰۰ درصد پایین‌تر است. نمودار جنگلی این زیرگروه در شکل (۲) آورده شده است، همان‌گونه که مشاهده می‌شود حدود

اطمینان گروه کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با روش کود دهی سنتی محور عدد یک را قطع می‌کند که نشان از غیر معنی‌دار شدن نتایج حاصل شده است. نتایج بای و همکاران نشان داد که کودآبیاری قطره‌ای باعث افزایش ۱۷ درصدی عملکرد محصول در مقابل آبیاری سطحی با پخش کود به روش سنتی می‌شود اما این مقدار به لحاظ آماری با نتایج فراتحلیل مغایرت داشت که علت آن را می‌توان تفاوت در روش‌ها و آزمون‌های آماری بیان کرد (Bai et al., 2020).



شکل ۲- عملکرد محصول بر اساس روش کودآبیاری در سطح کودی بیش از ۱۰۰ درصد

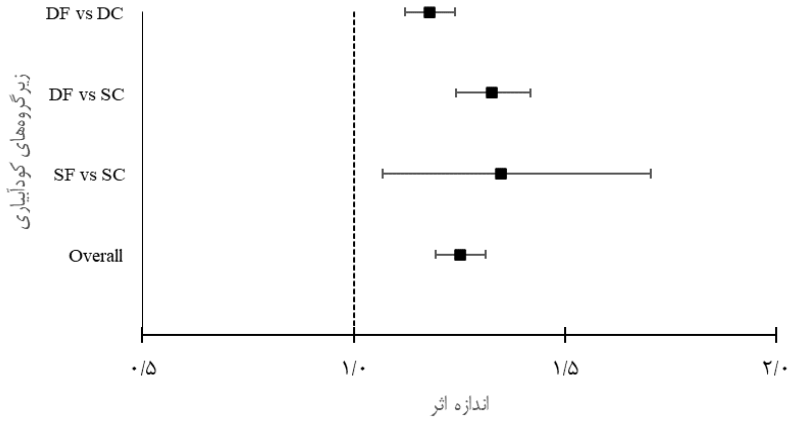
سطح کودی ۱۰۰ درصد

در زیرگروه سطح کودی ۱۰۰ درصد، افزایش عملکرد محصول در کودآبیاری سطحی نسبت به آبیاری سطحی با کود دهی سنتی ۳۵ درصد، در کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با کود دهی سنتی ۳۳ درصد، کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری قطره‌ای به همراه کود دهی سنتی ۱۸ درصد وجود داشت. به‌طور متوسط کودآبیاری با سطح کودی ۱۰۰ درصد باعث افزایش ۲۵ درصد عملکرد می‌شود (جدول ۲). بیشترین افزایش عملکرد در سطح کودی صددرصدی نیز مربوط به روش کودآبیاری سطحی بود (شکل ۳). علت افزایش عملکرد محصول در کودآبیاری سطحی نسبت به کودآبیاری قطره‌ای را می‌توان در توزیع بهتر و بیشتر کود در عمق توسعه ریشه دانست. هیچ‌کدام از این اندازه اثرها محور عدد یک را قطع نکردند و تمامی آن‌ها در سمت مثبت یک هستند که بیانگر افزایش عملکرد تمامی روش‌های کودآبیاری با سطح کودی صد درصد است. مطالعه سینگ و همکاران افزایش عملکرد محصول به میزان ۲۶ درصد در روش کودآبیاری قطره‌ای را نشان داد که ازنظر افزایش عملکرد با نتایج این پژوهش مطابقت داشت (Singh et al., 2018). محسنی و همکاران (۱۳۹۱) نیز افزایش دو برابری عملکرد محصول را در کودآبیاری سطحی با سطح کودی ۱۰۰ درصد گزارش کردند. علت اختلاف نتایج را می‌توان تفاوت بین نتایج مطالعات اولیه و فراتحلیل بیان کرد.

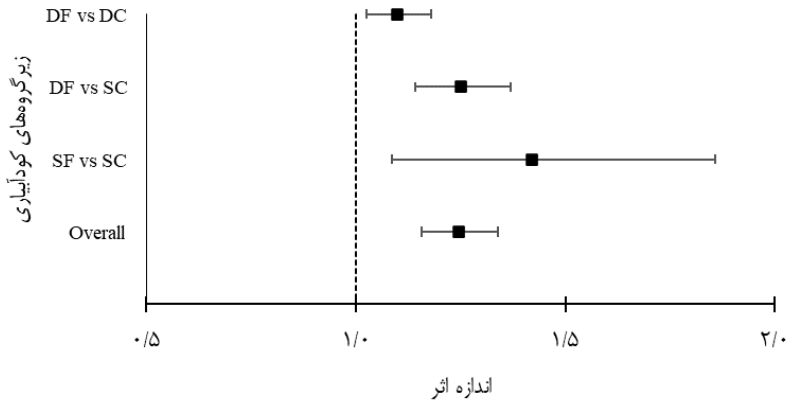
سطح کودی ۷۰ تا ۱۰۰ درصد

در بازه ۷۰ تا ۱۰۰ سطح کودی، عملکرد محصول در کودآبیاری سطحی نسبت به آبیاری سطحی با کود دهی سنتی ۴۲ درصد، کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی با کود دهی سنتی ۲۵ درصد و کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری قطره‌ای به همراه پخش کود به روش سنتی ۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ۲). به‌طور متوسط در تمامی گروه‌های موردبررسی در سطح کودی ۷۰ تا ۱۰۰ درصد، عملکرد در روش‌های کودآبیاری ۲۴ درصد افزایش یافت که علت آن را می‌توان به دسترسی گیاه به مقدار کافی کود محلول در زمان مناسب نسبت داد. شکل (۴) نمودار جنگلی این گروه را نشان می‌دهد که اختلاف بین تمامی تیمارهای کودآبیاری با روش‌های کود

دهی سنتی معنی‌دار است. این یافته‌ها با نتایج علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) همخوانی داشت. در این مطالعه افزایش ۶۵ درصدی عملکرد ذرت در روش کودآبیاری سطحی در سطح کودی ۷۰ تا ۱۰۰ درصد گزارش شد. نتایج جین و همکاران عدم تفاوت معنی‌دار بین کودآبیاری قطره‌ای در سطح کودی ۷۰ تا ۱۰۰ درصد و آبیاری سطحی با پخش کودی به‌صورت سنتی نشان داد که علت اختلاف را می‌توان شرایط محیطی و تفاوت در اجرا آزمایش دانست (Jain et al., 2018).



شکل ۳- عملکرد محصول بر اساس روش کودآبیاری در سطح کودی ۱۰۰ درصد

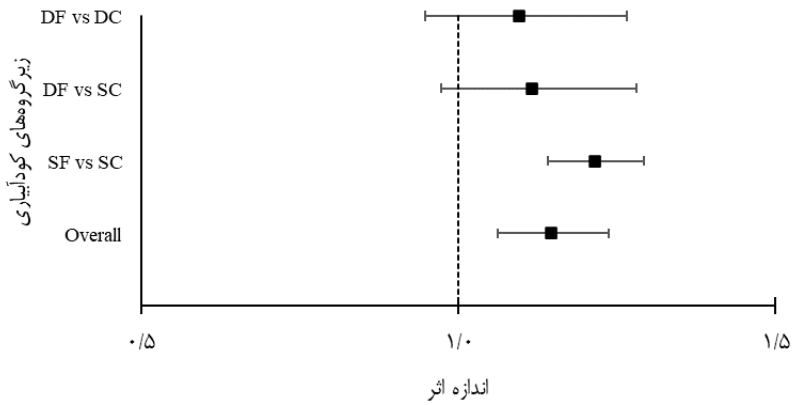


شکل ٤- عملکرد محصول بر اساس روش کودآبیاری در سطح کودی ۷۰ تا ۱۰۰ درصد

سطح کودی ۵۰ تا ۷۰ درصد

در سطح کودی ۵۰ تا ۷۰ درصد، تفاوت در دو گروه کودآبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی و آبیاری قطره‌ای با پخش سنتی کود معنی‌دار نشد؛ اما در کودآبیاری سطحی عملکرد ۲۱ درصد افزایش یافت. در این سطح کودی، کودآبیاری سطحی عملکرد محصول را ۲۲ درصد نسبت به آبیاری سطحی با کود دهی سنتی افزایش می‌دهد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که در سطح کودی ۵۰ تا ۷۰ درصد روش‌های کودآبیاری در مقابل روش‌های سنتی باعث افزایش ۱۵ درصدی عملکرد شدند (جدول ۲). در این زیرگروه به آن علت که کود کمتری نسبت به زیرگروه‌های کودی دیگر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، عملکرد بالطبع کاهش پیدا می‌کند. با توجه به شکل (۵) حدود اندازه اثرات مربوط به دو گروه ذکرشده خط مربوط به عدد یک را قطع می‌کنند که نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار با گروه کنترل

است. نتایج عباسی و همکاران (۱۳۹۴) افزایش عملکرد محصول در کودآبیاری سطحی در سطح کودی ۵۰ تا ۷۰ درصد را نسبت به روش سنتی مورداستفاده در مزارع گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.



شکل ۵- عملکرد محصول بر اساس روش کودآبیاری در سطح کودی ۵۰ تا ۷۰ درصد

جدول ۲- اندازه اثر عملکرد محصول در سطوح مختلف کودی

سطح کودی	روش کودآبیاری	گروه کنترل	اندازه اثر	حد بالا	حدپایین	p-value
بیش از ۱۰۰ درصد	قطره‌ای	سطحی	۱/۲۱	۱/۵۹	۰/۹۲	۰/۱۷^{ns}
	قطره‌ای	قطره‌ای	۱/۲۰	۱/۳۶	۱/۰۵	۰/۰۰**
		کلی	۱/۲۰	۱/۳۵	۱/۰۶	۰/۰۰**
۱۰۰ درصد	سطحی	سطحی	۱/۳۵	۱/۷	۱/۰۶	۰/۰۱**
	قطره‌ای	سطحی	۱/۳۳	۱/۴۲	۱/۲۴	۰/۰۰**
	قطره‌ای	قطره‌ای	۱/۱۸	۱/۲۴	۱/۱۲	۰/۰۰**
		کلی	۱/۲۵	۱/۳۱	۱/۱۹	۰/۰۰**
۷۰ تا ۱۰۰ درصد	سطحی	سطحی	۱/۴۲	۱/۸۶	۱/۰۹	۰/۰۰**
	قطره‌ای	سطحی	۱/۲۵	۱/۳۷	۱/۱۴	۰/۰۰**
	قطره‌ای	قطره‌ای	۱/۱۰	۱/۱۸	۱/۰۲	۰/۰۰**
		کلی	۱/۲۴	۱/۳۴	۱/۱۶	۰/۰۰**
۵۰ تا ۷۰ درصد	سطحی	سطحی	۱/۲۲	۱/۲۹	۱/۱۴	۰/۰۰**
	قطره‌ای	سطحی	۱/۱۲	۱/۲۸	۰/۹۷	۰/۱۲^{ns}
	قطره‌ای	قطره‌ای	۱/۱۰	۱/۲۷	۰/۹۵	۰/۲۲^{ns}
		کلی	۱/۱۵	۱/۲۴	۱/۰۶	۰/۰۰**

علامت ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که شاخص عملکرد محصول در سطوح مختلف کودهای شیمیایی رفتار متفاوتی دارد. با توجه به وجود مطالعات فراوان در رابطه با تأثیر سطوح مختلف کود بر عملکرد محصولات، نتایج حاصل پراکنده و متنوع هستند و یک نتیجه‌گیری دقیق و کلی به‌منظور تعیین میزان بهینه کودهای شیمیایی وجود ندارد. در این تحقیق از فراتحلیل به‌عنوان یک روش قدرتمند آماری برای تلفیق نتایج مطالعات مختلف استفاده شد. نتایج نشان داد که کودآبیاری در تمامی سطوح مختلف کودی می‌تواند عملکرد محصول را نسبت به روش‌های سنتی

افزایش دهد. همچنین با استفاده از این روش مناسب‌ترین سطح کودی برای شاخص عملکرد محصول در عملیات کودآبیاری سطحی و قطره‌ای تعیین شد. بر اساس نتایج این مطالعه، مناسب‌ترین سطح کودی بین ۷۰ تا ۱۰۰ درصد مقدار توصیه کودی است چرا که بدون کاهش معنی‌دار عملکرد محصول می‌توان ۳۰ درصد در مصرف کود صرفه‌جویی کرد. این میزان کاهش می‌تواند به لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی حائز اهمیت است. پیشنهاد می‌شود تأثیر نوع و تقسیط‌های مختلف کود و محیط‌های کشت دیگر نیز در کودآبیاری بررسی شوند.

منابع

ابراهیمیان، ح. ۱۳۹۸. شیم‌آبیاری. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۷۶ صفحه.

حقدوست، ع.ا.، برادران عطارمقدم، ح.، پورالعجل، ج.، شهروان، آ.، صادقی‌راد، ب.، عیب‌پوش، س.، کبیری، پ.، کبیر، ع.، کرمی، م.، مسگرپور، ب.، نجفی، ف.، ۱۳۹۸. مرور ساختارمند و متاآنالیز (مفاهیم، کاربردها و محاسبات). انتشارات گپ. ۲۸۰ صفحه.

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.

عباسی، ف.، شینی دشتگل, ع.، سلامتی، ن. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری آب و کارایی مصرف کود در کودآبیاری جویچه ای نیشکر. نشریه آب و خاک، (۴)۲۹: ۹۳۳-۹۴۲.

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، ۲۳(۴): ۱۳۷-۱۴۷.

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، بخشائی، س.، داوری، آ. ۱۳۹۲. فراتحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات در ایران. بوم شناسی کشاورزی، ۹(۲): ۲۶۹-۳۱۳.

محسنی، ا.، میرسید حسینی، ح.، عباسی، ف. ۱۳۹۰. مقایسه کودآبیاری با کود دهی سطحی بر کارآیی مصرف آب، کود، عملکرد، اجزای عملکرد ذرت و تلفات نیترات. نشریه آب و خاک، ۲۶(۵): ۱۱۸۱-۱۱۸۹.

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، ۲۳ (۱): ۱۵-۲۶.

نوغانی، م و میرمحمدتبار، س. ا. ۱۳۹۶. فراتحلیل (مبانی و کاربردها). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۶۰ صفحه.

Antille, D.L., 2017. Effect of fertigation on crop and soil established to cotton (Gossypium hirsutum L.) under furrow and overhead irrigation. ASABE Annual International Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Washington.

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.

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.

Bai, S., Kang, Y. and Wan, S. 2020. Drip fertigation regimes for winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management. 228:105885.

Borenstein, M., Hedges, L. and Rothstein, H. 2007. Meta-analysis: Fixed effect vs. random effects. Englewood.162pp.

Borenstein, M., Hedges, L.V., Higgins, J.P. and Rothstein, H.R. 2011. Introduction to meta-analysis. 1st edition. John Wiley & Sons. 421pp.

FAO. 2019. World Fertilizer Trends and Outlook to 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 40pp.

Glass, G.V. 1976. Primary, secondary, and meta-analysis of research. Educational researcher. 5(10):3-8.

Good, A.G., Sherawat, A.K., and Muench, D.G. 2004. Can less yield more? Is reducing nutrient

2302.

Koricheva, J., Gurevitch, J. and Mengersen, K. eds. 2013. Handbook of meta-analysis in ecology and evolution. Princeton University Press. 520pp.

Linquist, B. Liu, Lvan Kessel, C. van Groenigen, K.J. 2013. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: Meta-analysis of yield and nitrogen uptake. Field Crops Research. 203: 173-180.

Lv, H.F., Lin, S., Wang, Y.F., Lian, X.J., Zhao, Y.M., Li, Y.J., Du, J.Y., Wang, Z.X., Wang, J. G., Butterbach-Bahl, K. 2019. Drip fertigation significantly reduces nitrogen leaching in solar greenhouse vegetable production system. Environmental Pollution, 245: 694–701.

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. 30(11-16): 783-791.

Mohammadi A., Besharat, S., 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.

Rosenberg, M.S. Adams, D. C., and Gurevitch, J. 2000.MetaWin: statistical software for meta-analysis. Sinauer Associates, Incorporated.

Rotundo, J.L., and Westgate, M.E. 2009. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. Field Crops Research. 110(2): 147-156.

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.

Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y. and Duan, A. 2020. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management. 231: 106002.

Singh, K., Brar, A.S. and Singh, H.P. 2018. Drip fertigation improves water and nitrogen use input into the environment compatible with maintaining crop production? Trends in Plant Science 9: 597-605.

Haddaway, N.R., Macura, B., Whaley, P. and Pullin, A.S., 2018. ROSES RepOrting standards for Systematic Evidence Syntheses: pro forma, flow-diagram and descriptive summary of the plan and conduct of environmental systematic reviews and systematic maps. Environmental Evidence, 7(1): 1-8.

Halitligil, M.B., Onaran, H., Munsuz, N., Kislal, H., Akin, A., Unlenen, A.L., Cayci, G. and Kutuk, C. 2003. Drip irrigation and Fertigation of Potato under Light-textured soils of Cappadocia Region. In Environmental Protection Against Radioactive Pollution (pp. 219-224). Springer, Dordrecht.

Hedges, L.V., 1981. Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. journal of Educational Statistics. 6(2):107-128.

Higgins, J.P. and Thompson, S.G. 2002. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. Statistics in medicine. 21(11):1539-1558.

Ialongo, C. 2016. Understanding the effect size and its measures. Biochemia medica: Biochemia medica. 26(2): 150-163.

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.

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.

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.

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-

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.

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.

Zheng, H., Ying, H., Yin, Y. Wang, Y. He, G. Bian, Q. 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.

efficiency of Bt cotton. Journal of Soil and Water Conservation. 73(5): 549-557.

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.

Soni, J.K. and Asoka, R.N.. 2017. Performance of groundnut (Arachis hypogaea L.) under drip and micro sprinkler fertigation system. VEGETOS: An International Journal of Plant Research. 30(2): 137-51.

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-An International Journal. 42(1): 90-95.

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 1, Spring and Summer 2021, 1-14

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰، ص. ۱۴-۱

Effectiveness of Different Fertilizer Levels in Surface and Drip Fertigation

R. Delbaz[1], H. Ebrahimian[2]*, F. Abbasi [3] and A. N. Ghameshlou[4]

Abstract

The growing population has increased the need for food day by day. Therefore, it is necessary to improve the yield of plants per unit area. The increase in crop yield is largely due to the use of chemical fertilizers. This has led to the improper use of fertilizers by farmers. So far, many studies have examined the effect of surface (SF) and drip fertigation (DF) on surface (SC) and drip (DC) irrigation along with traditional fertilization at different levels of fertilizer for crop yield index. But each of these studies has been done under different circumstances. Due to the dispersion of results and the lack of a general conclusion from the published results, meta-analysis is required as a structured method to achieve a single result in relation to the impact of different levels of fertigation on the mentioned indicators. In this study, by performing meta-analysis on 21 studies in the field of fertigation, the effect of different levels of fertilizer was investigated. The results of each of these studies were classified into subgroups of different levels of fertilizer, which include subgroups of more than 100%, 100%, 70 to 100% and 50 to 70% of the recommended plant fertilizer requirements. The highest increase in crop yield was obtained at 100% of the recommended dose and the effect size was 1.25, but there was no significant difference between the fertilizer levels of 100% and 70% to 100%. Based on these results, the most suitable fertilizer level is 70 to 100%. In this subgroup, 30% of fertilizer consumption can be reduced without a significant reduction in crop yield.

Keywords: Crop yield, Drip irrigation, Fertilization, Surface irrigation

[1] M.Sc. graduate student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[2] Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran (* Corresponding Author Email: ebrahimian@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: 1 May 2021
Accepted: 4 April 2021