Original Article

Meta-analysis of the effect of biological and organic fertilizers on the yield of black seed (*Nigella sativa* L.) and cumin (*Cuminum cyminum* L.)

Alireza Shahmohammadi,[1*] Abdulmajid Mahdavi Damghani,[1] Mahnaz Salatin,[2] Haniyeh Rashid Rostami[3]

[1] Department of Ecological Agriculture, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[2] Research Department Manager of Agriculture and Animal Husbandry Holding of Etka Organization, Tehran, Iran

[3] Department of Agrometeorology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Introduction: sustainable and organic agriculture is becoming an alternative production approach with an emphasis on ecological processes along with guaranteeing human health and the environment. However, there are concerns about the performance of sustainable and organic agricultural production and meeting the demand of a growing population. The purpose of this research was to analyze the statistical analysis of independent experiments of the studies of medicinal plants with a consolidated and quantitative review of the studies and the effect of different inputs on the seed yield of black seed plants (*Nigella sativa* L.) and cumin (*Cuminum cyminum* L.).

Material and Methods: Meta-analysis examines and analyzes existing research findings in a specific field. This method allows the researcher to make a more detailed comparison and check by using the information obtained from the previous research and gain a deeper understanding about the phenomena. Based on the Roses method and the selection of related studies, a total of 74 articles were selected, of which 42 were related to black seed and 32 were related to cumin. In relation to each group, Hedges effect size, Bias (using Begg and Mazumdar rank correlation) and Kendall's tau coefficient were calculated and funnel plots were drawn using Comprehensive Meta-Analysis software. In order to fit and modify funnel charts, dual and Tudy methods were also used.

Results and Discussion: According to the results, the effect size of hedges had the highest effect on black seed yield for mycorrhiza, vermicompost, animal manure, humic acid and biofertilizers (bacteria base) respectively. On the other hand, for cumin, the size of the Hedges effect had an equal effect on the yield of cumin seeds for the manure, and humic acid groups, respectively, with a slight difference. Also, vermicompost treatment showed a greater effect size than biofertilizer. The results of Begg and Mazumdar's correlation test for all fertilizer treatments were higher than the determined coefficients, which indicates the homogeneity of the meta-analysis studies. Therefore, it is recommended to use these fertilizers in black seed and cumin medicinal plants with 95% confidence. The classic fail-safe N test was also a suitable and

[*] Corresponding Author Email Address: ashahmohammadi.sbu@gmail.com

significant value in all treatments; which showed the high precision and accuracy of the studies and the results obtained in this research. Evaluation and adjustment of publication bias with Duval and Tweedie's Fit method showed that 5 studies are needed in order to eliminate partial bias error in the meta-analysis of biofertilizer groups in black seed plant. Also, 1 study should be added to the study of the effect of humic acid for cumin and 1 study to the study of the effect of humic acid for each of black seed and cumin plants.

Conclusion: The results of this study emphasize the positive effect of biological and animal fertilizer treatments on the growth and performance of black seed and cumin medicinal plants based on available scientific evidence. Therefore, it can be used in organic cultivation systems as permitted materials and also in combination with chemical fertilizers in common systems and good agricultural practice. In general, the results of the research showed that sustainable and organic agricultural ecosystems have adequate production capacity despite the yield gap compared to conventional agricultural ecosystems, and the yield gap between conventional and sustainable systems can be reduced with integrated management.

Keywords: Sustainable agriculture, Organic, Effect size, Biofertilizers, Funnel plot

پیش انتشار

مقاله پژوهشی

فرا تحلیل اثر کودهای زیستی و آلی بر عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز

علیرضا شاه محمدی[1]†، عبدالمجید مهدوی دامغانی[1]، مهناز سلاطین[2]، هانیه رشید رستمی[3]

[1] گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[2] مدیر تحقیقات هلدینگ کشاورزی و دامپروری سازمان اتکا، تهران، ایران

[3] گروه هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

سابقه و هدف: کشاورزی پایدار و ارگانیک در حال تبدیل‌شدن به رویکرد تولیدی جایگزین با تأکید بر فرایندهای اکولوژیکی همراه با تضمین سلامت انسان و محیط‌زیست است. بااین‌حال، نگرانی‌هایی در مورد عملکرد تولید کشاورزی پایدار و ارگانیک و پاسخگویی به تقاضای جمعیت در حال رشد وجود دارد. هدف از این مطالعه تجزیه‌وتحلیل آماری آزمایش‌های مستقل مطالعات گیاهان دارویی با بررسی تلفیقی و کمی مطالعات و تأثیر نهاده‌های مختلف بر عملکرد دانه گیاهان سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در ۲۰ سال گذشته با روش فراتحلیل بود.

مواد و روش‌ها: فراتحلیل به بررسی و تحلیل یافته‌های پژوهشی موجود در یک حوزه خاص می‌پردازد. این روش به پژوهشگر این امکان را می‌دهد که با بهره‌گیری از اطلاعات به‌دست‌آمده از تحقیقات پیشین، مقایسه و بررسی دقیق‌تری انجام دهد و در مورد پدیده‌ها، درک عمیق‌تری پیدا کند. بر اساس روش Roses و انتخاب مطالعات مرتبط مجموعاً ۷۴ مقاله انتخاب شد که ۴۲ مقاله مربوط به سیاهدانه و ۳۲ مقاله مربوط به زیره سبز بود. در رابطه با هر گروه اندازه اثر هجس، خطای انتشار (با استفاده از همبستگی بگ و مازومدار) و ضریب همبستگی تای کندال محاسبه و نمودارهای قیفی با استفاده از نرم‌افزار Comprehensive Meta-Analysis ترسیم شدند. به‌منظور برازش و اصلاح نمودارهای قیفی نیز از روش دوال و تویدی استفاده شد.

نتایج و بحث: بر اساس نتایج، اندازه اثر هجس به ترتیب برای گروه‌های قارچ مایکوریزا، ورمی کمپوست، کود دامی، هیومیک اسید و کودهای زیستی (پایه باکتری) بالاترین تأثیر را بر عملکرد دانه سیاهدانه داشتند. در مقابل برای زیره سبز اندازه اثر هجس به ترتیب برای گروه‌های کود دامی و هیومیک اسید با اختلاف اندکی تاثیر برابری بر عملکرد دانه زیره سبز داشتند. همچنین تیمار ورمی کمپوست مقدار اندازه اثر بیشتری نسبت به کود زیستی نشان داد. نتایج آزمون همبستگی بگ و مازومدار برای تمام تیمارهای کودی بالاتر از ضرایب تعیین‌شده بود که نشان‌دهنده همگن بودن مطالعات فراتحلیل است. بنابراین با اطمینان ۹۵

† Corresponding Author Email Address: ashahmohammadi.sbu@gmail.com

نسخه پیش انتشار

درصد مصرف این کودها در گیاهان دارویی سیاهدانه و زیره سبز توصیه می‌شود. آزمون N ایمن از خطای کلاسیک نیز در تمام تیمارها مقدار مناسب و قابل‌توجهی بود؛ که نشان‌دهنده دقت و صحت بالای مطالعات و نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق بود. ارزیابی و تعدیل سوگیری انتشار با روش برازش دوال و تویدی نشان داد ۵ مطالعه به‌منظور تقارن کامل نمودار قیفی در فراتحلیل گروه‌های کودهای زیستی در گیاه سیاهدانه نیاز است. همچنین برای باید ۱ مطالعه به مطالعات اثر هیومیک اسید برای گیاه زیره سبز و ۱ مطالعه به مطالعات اثر هیومیک اسید برای هر یک از گیاهان سیاهدانه و زیره اضافه گردد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه به تأثیر مثبت تیمارهای کودی زیستی و دامی بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی سیاهدانه و زیره سبز بر اساس شواهد علمی موجود تأکید دارد؛ بنابراین می‌توان در سیستم‌های کشت ارگانیک به‌عنوان مواد مجاز و همچنین به‌صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی در سیستم‌های رایج و عملیات خوب کشاورزی استفاده نمود. به‌طورکلی نتایج تحقیق نشان داد اکوسیستم‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک توان تولید مناسب را علیرغم شکاف عملکردی نسبت به اکوسیستم‌های کشاورزی رایج دارا هستند و می‌توان با مدیریت یکپارچه شکاف عملکرد بین سیستم‌های رایج و پایدار را کاهش داد.

واژه های کلیدی: کشاورزی پایدار، ارگانیک، اندازه‌اثر، کودهای زیستی، نمودار قیفی

مقدمه

روند افزایش جمعیت جهان تا قبل از سال ۱۶۵۰ آهسته بوده و بعدازآن شتاب بیشتری به خود گرفته است. به‌طوری‌که پیش‌بینی‌شده است که در سال ۲۰۵۰ به ۹/۷ میلیارد نفر برسد (Ferreira *et al.*, 2024). با افزایش جمعیت، استفاده از کود و سموم شیمیایی به‌منظور افزایش تولید و رفع نیاز بشر شتاب بیشتری گرفت. به‌طوری‌که در سال ۲۰۲۲ استفاده از کودهای شیمیایی در جهان و ایران معادل ۱۸۵ میلیون تن و ۸۰۲ هزار تن برآورد شد (FAO, 2024; Amirhoseini *et al.*, 2021). اما اثر مصرف نهاده‌های شیمیایی تنها محدود به افزایش تولید نگردید و در دهه‌های اخیر اثرات مخربی بر سلامت انسان و محیط‌زیست وارد کرده است. بر اساس نظر Sharma and Singhvi (2017) جایگزینی روش‌های کشاورزی مرسوم فعلی با کشاورزی ارگانیک و اجتناب از کاربرد مواد شیمیایی یک درمان مناسب برای مسائل انسانی و محیطی است. به‌طوری‌که مدل جدید «کیفیت بهتر و ایمن‌تر» جایگزین مدل موجود «بیشتر و ارزان‌تر» شده است(Khodakivska *et al.*, 2020). همچنین بر اساس نظرسنجی‌های انجام‌شده در سال ۲۰۱۹ توسط موسسه تحقیقات کشاورزی ارگانیک[1] و سازمان جهانی جنبش‌های کشاورزی زیستی[2]، نگرش ارگانیک در سال‌های اخیر به‌طور چشمگیری مورد استقبال قرارگرفته است (Reganold and Wachter, 2016; Seufert *et al.*, 2017). از سویی دیگر مطالعات مرتبط

نسخه پیش انتشار

با کشاورزی ارگانیک و مقایسه آن با کشاورزی معمولی از جنبه ثبات عملکردی، اثرات محیط زیستی، کیفیت محصول و غیره رو به رشد است. به‌طوری‌که برخی محققان آن را الگوی کشاورزی پایدار برای تولید غذا و برخی دیگر ناکارآمد و برخاسته از ایدئولوژی می‌دانند(Mercati, 2016; Connor and Mínguez, 2012; Reganold and Wachter, 2016; Lotter, 2015). شکاف عملکردی که تفاوت ساختاری بین عملکرد سیستم‌های کشاورزی مختلف را ایجاد کرده است؛ نگرانی‌هایی را در مورد پتانسیل کشاورزی ارگانیک به‌عنوان راه‌حلی پایدار برای پاسخگویی به نیازهای بشر ایجاد کرده است(Seufert *et al.,* 2012). بنابراین بررسی و مطالعه ثبات عملکرد و میزان تولید محصول در نظام‌های مختلف کشت مستلزم به‌کارگیری راهکارها و روش‌های تجزیه‌وتحلیل آماری جامع است.

فراتحلیل روشی برای مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعات مستقل از هم در خصوص یک موضوع است. در واقع فراتحلیل نوعی پژوهش درباره پژوهش‌های دیگر است و به کمک آن می‌توان پژوهش‌های متعددی را که در مورد یک موضوع خاص انجام‌شده مجدداً موردمطالعه قرار داده و به‌صورت آماری با یکدیگر مقایسه کرد. این روش در بسیاری از مطالعات علوم انسانی، پزشکی و کشاورزی کاربرد دارد. Valkama *et al.* (2009) با بررسی ۴۰۰ مطالعه انجام‌شده طی ۸۰ سال (۱۹۲۷-۲۰۰۷) فراتحلیلی بر روی تأثیر مقادیر مختلف کود فسفر بر عملکرد گیاهان زراعی انجام دادند. نتایج این فراتحلیل حاکی از آن بود که کاربرد کود فسفر در اغلب گیاهان زراعی سبب افزایش عملکرد تا حدود ۱۱ درصد می‌شود. تعیین مداوم میانگین عملکرد به‌دست‌آمده با کودهای آلی در مقایسه با کودهای مصنوعی برای ارزیابی پتانسیل آن‌ها در کشاورزی تجاری و ارگانیک ضروری است (Curadelli *et al.,* 2023). Badgley *et al.* (2007) در یک فراتحلیل نشان دادند که کشاورزی ارگانیک ۳۳ درصد متوسط بازده محصول بیشتری نسبت به کشاورزی معمولی در سطح جهانی دارد؛ اما در کشورهای توسعه‌یافته، عملکرد محصولات ارگانیک ۹ درصد کمتر از عملکرد محصولات معمولی بود. درحالی‌که در کشورهای درحال‌توسعه، عملکردهای ارگانیک باعث افزایش ۷۴ درصدی محصول شد. سه فراتحلیل علمی از مقایسه عملکرد محصولات ارگانیک و معمولی در چند سال گذشته منتشرشده است (de Ponti *et al.,* 2012; Ponisio *et al.,* 2015; Seufert *et al.,* 2012). نتایج این تحلیل‌ها نشان داد در تمام محصولات زراعی، میانگین شکاف عملکرد کشاورزی ارگانیک بین ۱۹-۲۵ درصد است. گیاهان دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) از منظر استفاده از دانه اهمیت ویژه‌ای دارند. حدود ۹۱ درصد زیره جهان از چهار کشور هند، سوریه، ترکیه و امارات متحده عربی تولید می‌شود. هند حدود ۷۰ درصد زیره جهان را تولید می‌کند. در سال ۲۰۱۸، هند حدود ۱۸۷۰۰۰ تن زیره به ارزش خالص ۴۳۸ میلیون دلار آمریکا صادر کرد (Rahman *et al.,* 2020). اندازه بازار روغن سیاهدانه در سال ۲۰۱۸ بیش از ۱۵ میلیون دلار بوده است

نسخه پیش انتشار

(Haque *et al.,* 2022). ایران با ارزش صادرات گیاهان دارویی حدود ۵۷۰ میلیون دلار در سال از جایگاه مناسبی در تجارت جهانی گیاهان دارویی برخوردار نیست (Sefidkon, 2021). بنابراین بررسی سیستماتیک یا فراتحلیل به‌ویژه در کمی‌سازی پتانسیل تیمارهای زیستی و آلی در تولید و عملکرد مؤثر است. افزایش شناخت و دانش در مورد بهترین عملکرد تیمارهای زیستی و آلی گیاهان دارویی در پذیرش کودهای زیستی و آلی مؤثر خواهد بود. به‌طوری‌که پیش‌بینی‌شده است سهم بازار کودهای زیستی در سال ۲۰۱۶ از ۱۱۰۶ میلیون دلار با نرخ ۱۴/۲ درصد تا پایان ۲۰۲۴ به ۳۱۲۴ میلیون دلار برسد(Lamichhane *et al.,* 2020). این به‌نوبه خود باعث توجه و جایگزینی روش‌های تولید ارگانیک و کاهش خطرات زیست‌محیطی و سلامت می‌شود (Lamichhane *et al.,* 2022). بر این اساس، توجه به جنبه‌های کمی و کیفی گیاهان دارویی و تعیین خلأها و مدیریت پایدار بوم نظام‌ها بر مبنای کودهای زیستی و آلی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین راهبردهای زراعی مؤثر بر کمیت و کیفیت تولید گیاهان دارویی ضروری است. بنابراین سؤال این است که بینش‌های متضاد چگونه باهم مقایسه می‌شوند؟ ازاین‌رو با استفاده از رویکرد فراتحلیل به رابطه اثر مصرف کودهای زیستی-آلی و عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، مطالعات انجام‌شده بر روی تأثیر مقادیر مختلف کودهای زیستی و آلی و مقایسه این نوع کودها بر عملکرد دانه گیاهان دارویی سیاهدانه و زیره سبز طی ۲۰ سال گذشته با استفاده از پایگاه‌های علمی معتبر ازجمله Scopus، Web of Science، Wiley، Springer، سیویلیکا، ایرانداک و پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی بر اساس روش Roses[۳] جمع‌آوری شدند. این روش شامل مراحل جستجو، غربالگری و آماده‌سازی مطالعات برای ورود به فرآیند فراتحلیل است. در حقیقت به‌وسیله آن مسیر غربالگری مطالعات به‌صورت ساختارمند و روشن مشخص می‌شود(Delbaz *et al.,* 2021). جستجو بر اساس نام گونه دارویی موردنظر، کودهای زیستی (ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، باسیلیوس)، ورمی کمپوست، کود دامی، مایکوریزا و هیومیک اسید انجام شد. این اطلاعات شامل نوع گیاه دارویی، نوع تیمارهای آزمایشی، نوع و مقادیر کودهای زیستی و آلی، جدول تجزیه واریانس و جدول مقایسه میانگین تیمارها نتایج پژوهش بود که در ادامه جهت اجرای فراتحلیل مورد استفاده قرار گرفت. در مجموع ۷۴ مقاله شرایط ورود به فراتحلیل را دارا بودند. از ۷۴ مورد مطالعه انتخاب‌شده ۴۲ مقاله مربوط به سیاهدانه، ۳۲ مقاله مربوط به زیره سبز بود. پس‌ازآن، مقالات بر اساس روش کوپر و هجس(Hedges and Cooper, 1994) شناسایی و کدگذاری شدند و اطلاعات و داده‌های موردنیاز مربوط به عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز شامل نوع طرح، تعداد تکرار، میانگین مربعات تیمار و شاهد، انحراف معیار تیمار و شاهد استخراج گردید.

نسخه پیش انتشار

تحلیل آماری در مطالعات فراتحلیل از دو بخش معنی‌داری و محاسبه اندازه اثر تشکیل می‌شود. معنی‌داری آماری نشان می‌دهد که ارتباط و اختلاف مشاهده‌شده بین گروه‌های مطالعه با شانس و تصادف همراه بوده است (فرضیه صفر، H_0 و فرضیه مخالف، H_1)، که میزان این احتمال توسط P-value محاسبه می‌شود. فرضیه صفر در واقع بیانگر اندازه اثر صفر است و هرگاه فرضیه صفر رد شود یعنی مقدار اندازه اثر در جامعه غیر صفر است. بنابراین، اندازه اثر نشان‌دهنده میزان یا درجه حضور پدیده در جامعه است و هر چه اندازه اثر بزرگ‌تر باشد، درجه حضور پدیده هم بیشتر است (Thompson and Snyder, 1997). بنابراین، از طریق آزمون معنی‌داری می‌توان دریافت که آیا نتایج به علت شانس رخ داده است یا خیر و از طریق محاسبه اندازه اثر درمی‌یابیم که متغیر مستقل تا چه اندازه بر متغیر وابسته اثر گذاشته است (Ghorbanizadeh and Behfar, 2014). ازآنجاکه آزمون‌های آماری نمی‌توانند قدرت یا شدت روابط بین متغیرها را نشان دهند، لذا در این آزمون‌ها محاسبه اندازه اثر که در حقیقت تفاوت بین شاخص موردمطالعه در تیمار شاهد و آزمایشی را نشان می‌دهد، ضروری به نظر می‌رسد. مهم‌ترین شاخص محاسبه اندازه اثر، شاخص گروه d است و عمدتاً برای تعیین تفاوت استاندارد بین میانگین‌ها (تفاوت‌های گروهی) محاسبه می‌شود. این شاخص برای تعیین اندازه اثر هجس[۴] مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از موضوعات موردتوجه در فراتحلیل، ارزیابی سوگیری انتشار است. منظور از سوگیری انتشار این است؛ که یک فراتحلیل شامل تمام مطالعات انجام‌شده در مورد موضوع موردبررسی نیست. به بیانی دیگر ممکن است برخی از مطالعات به دلایل مختلف منتشرنشده باشند یا حداقل در مجلات نمایه‌سازی نشده منتشرشده باشند (Michael and Ghebremichael, 2023). زمانی که سوگیری انتشار وجود دارد، نتایج نهایی فراتحلیل تحت تأثیر قرارگرفته و برآوردهای نهایی حاصل از آن دارای خطا خواهد بود. پس لازم است سوگیری انتشار در گام‌های اولیه فراتحلیل شناسایی و تصحیح شود تا اعتبار نتایج افزایش یابد (Macaskill *et al.,* 2001). برای تشخیص سوگیری انتشار از نمودار قیفی[۵]، روش همبستگی رتبه‌ای بگ و مازومدار[۶] و آزمون N خطای ایمن کلاسیک استفاده شد. از لحاظ تفسیری در نمودارهای قیفی شکل، مطالعاتی که خطای استاندارد پایین دارند دارای سوگیری انتشار نیستند. اما هر چه مطالعات به سمت پایین قیف کشیده می‌شوند، خطای استاندارد آن‌ها بالا می‌رود و سوگیری انتشارشان افزایش می‌یابد (Crowther *et al.,* 2010). بنابراین، در صورت متقارن بودن نمودار قیفی می‌توان خطای انتشار را رد کرد؛ اما برای قضاوت صریح باید از آزمون آماری استفاده نمود (Michael and Ghebremichael, 2023). برای بررسی میزان و چگونگی خطای انتشار (ناشی از انتشار نتایج معنی‌دار مثبت)، از آزمون همبستگی رتبه‌ای بگ و مازومدار استفاده شد. به‌بیان‌دیگر، این آزمون وابستگی بین اندازه اثر و واریانس نمونه را بررسی می‌کند. آماره Z دارای توزیع نرمال است و معمولاً مقادیر معنی‌داری دوطرفه آزمون

نسخه پیش انتشار

گزارش می‌شود. سطح معنی‌داری درواقع، مقدار آزمون آماری احتمالی است که سازگاری داده‌های نمونه را با فرض صفر تعیین می‌کند و بر اساس آن، فرض صفر رد یا تائید می‌شود (Samawi, 2021). همچنین از برازش دوال و تیودی[۷] برای اصلاح نمودارهای قیفی دارای سوگیری جزئی و یا عدم تقارن استفاده شد (Borenstein *et al.,* 2019). برای محاسبه اندازه اثر گروه‌های d و r، شاخص اندازه اثر هجس و خطای انتشار و ترسیم نمودارهای قیفی از نرم‌افزارComprehensive Analysis-Meta استفاده شد.

آنالیز آماری

شرح کامل روش محاسبات آماری فراتحلیل توسط (Hedges *et al.,* 1999) ارائه‌شده است. اولین مرحله در اجرای فراتحلیل محاسبه اختلاف استاندارد میانگین تیمار شاهد و میانگین تیمارهای آزمایشی در هر سطح تغذیه‌ای است که به آن اندازه اثر گفته می‌شود. بنابراین برای هر یک از ۷۴ آزمایشی که در این فراتحلیل موردبررسی قرارگرفته‌اند. شاخص‌های مبتنی بر تفاوت‌های گروهی (d) از رابطه کوهن (Cohen's method standard deviation) محاسبه شد (معادله ۱). در این مطالعه تیمارهای کودی به‌عنوان تیمار و عدم کاربرد کود به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند.

(۱)

$$d = \frac{M_1 - M_2}{\delta_{pooled}}$$

که در آن M_1 و M_2 به ترتیب میانگین تیمارهای شاهد و کودی، δ_{pooled} ریشه دوم واریانس ادغام‌شده دو گروه را نشان می‌دهد. در همین رابطه به‌منظور محاسبه واریانس ادغام‌شده دو گروه از معادله (۲) استفاده شد.

معادله (۲)

$$\delta_{pooled} = \sqrt{\frac{\delta 1^2 + \delta 2^2}{2}}$$

که در آن‌ها $\delta 1^2$و $\delta 2^2$ به ترتیب واریانس تیمار و واریانس شاهد است. برای بررسی شاخص بزرگی اندازه اثر هجس نیز از معادله (۳) استفاده شد.

معادله (۳)

$$g = \frac{M_1 - M_2}{\delta_{pooled}}$$

نسخه پیش انتشار

در این معادله، g شاخص تفاوت میانگین‌های گروهی هجس، M_1 میانگین تیمـــار، M_2 میـــانگین شـــاهد و $\delta pooled$ واریانس ادغام‌شده دو گروه است.

نتایج و بحث

بر اساس مقالات انتخابی و بر اســـاس شاخص‌های موردنظر، ۲۶ مطالعه در زمینه اثر کودهای زیستی، ۱۶ مطالعه در زمینه کود دامی، ۱۰ مطالعه مرتبط با ورمی کمپوســت، ۱۲ مطالعه در رابطه با اســید هیومیک و ۱۰ مطالعه مرتبط با قارچ مایکوریزا بود. از این میان، ۳۲ و ۴۲ مطالعه به ترتیب به زیره سبز و سیاهدانه اختصـــاص داشـــت. نتایج اندازه اثر کاربرد انواع کودهای زیستی بر عملکرد دانـه سیاهدانه و زیره سبز به‌صورت موردی در جدول (۱) ارائه‌شده است.

جدول ۱- اندازه اثر کودهای زیستی بر عملکرد کمی دانه گیاه سیاهدانه و زیره سبز با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

Table 1. The effect size of biofertilizers on the quantitative yield of black seed and cumin with a 95% confidence interval

Biofertilizers کود زیستی	Number of Studies تعداد مطالعه	Hedges Effect Size اندازه اثر هجس	P- Value مقدار P- Value	Standard Error خطای استاندارد
Azotobacter on seed yield of black seed ازتوباکتر بر عملکرد دانه سیاهدانه	9	0.791	0.001	0.238
Azotobacter on seed yield of cumin ازتوباکتر بر عملکرد دانه زیره سبز	3	1.019	0.015	0.420
Azosprillium and Azotobacter on seed yield of black seed آزوسپریلیوم و ازتوباکتر بر عملکرد دانه سیاهدانه	4	1.935	0.000	0.437
Azosprillium and Azotobacter on seed yield of cumin آزوسپریلیوم و ازتوباکتر بر عملکرد دانه زیره سبز	2	0.435	0.437	0.561
Azosprillium on seed yield of black seed آزوسپریلیوم بر عملکرد دانه سیاهدانه	2	0.415	0.375	0.467
Azosprillium on seed yield of cumin آزوسپریلیوم بر عملکرد دانه زیره سبز	2	1.623	0.001	0.458
Barvar 1 on seed yield of black seed بارور ۱ بر عملکرد دانه سیاهدانه	2	1.596	0.005	0.572
Barvar 1 on seed yield of cumin بارور ۱ بر عملکرد دانه زیره سبز	2	2.365	0.012	0.945

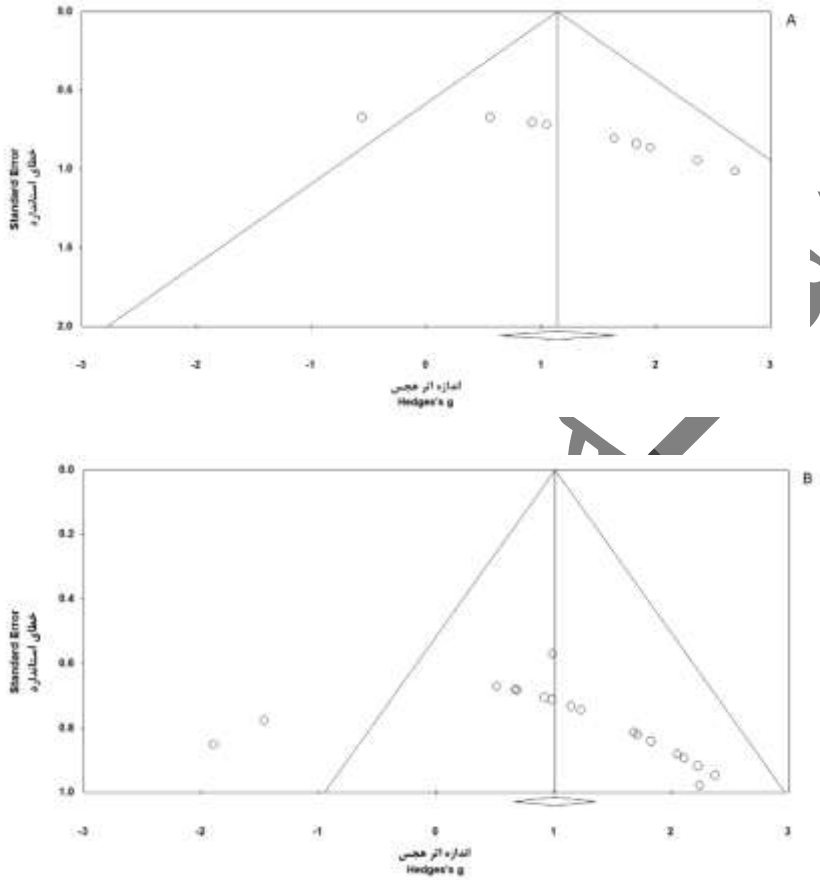
نسخه اولیه

بر اساس نتایج جدول(۱) کـــــاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر در گیاه سیاهدانه با ۹ مطالعه و زیره سبز با ۳ مطالعه با اطمینان ۹۵ درصد سبب افزایش عملکرد دانه شده است. میانگین اندازه اثر به دست آمده بر روی گیاه سیاهدانه و زیره سبز به ترتیب معادل (g=۰/۷۹۱) و (g=۱/۰۱۹) به دست آمد. این امر نشان داد کود زیستی ازتوباکتر تاثیر بیشتری بر عملکرد دانه زیره سبز نسبت به گیاه سیاهدانه دارد. میانگین اندازه اثر کاربرد کودهای زیستی حاوی آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در گیاه ســیاهدانه با ۴ مطالعه و زیره ســبز با ۲ مطالعه به ترتیب معادل (g=۱/۹۳۵) و (g=۰/۴۳۵) به دســت آمد. بنابراین کاربرد تلفیقی کودهای زیستی آزوسپریلیوم و ازتوباکتر اثر بیشتری بر عملکرد دانه سیاهدانه نشان داد. در مقابل میانگین اندازه اثر استفاده از کود زیستی آزوسپریلیوم در گیاه زیره سبز با دو مطالعه معادل (g=۱/۶۲۳) به دست آمد که در مقایسه با گیاه سیاهدانه با میانگین اندازه اثر (g=۰/۴۱۵) تاثیر بیشتری بر عملکرد دانه زیره سبز داشت. میانگین اندازه اثر تیمارهای بارور ۱ در گیاه ســیاهدانه و زیره ســبز نیز به ترتیب معادل (g=۱/۵۹۶)، و (g=۲/۳۶۵) به دست آمد. به‌طورکلی کاربرد کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، و بارور ۱ نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه گیاهان سیاهدانه و زیره سبز دارد. Herrmann *et al.* (2022) با بررسی ۱۸۶ مطالعه بر روی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد نشان داد که کودهای زیستی نه‌تنها عملکرد محصول را تا حدود ۳۰ درصد افزایش می‌دهد، بلکه کیفیت محصول را بهبود می‌بخشد. همچنین نتایج نشان داد کودهای زیستی برای ارتقای کیفیت و افزایش عملکرد گیاهان دارویی و حبوبات مناسب‌تر هستند. سوگیری انتشار یک مشکل جدی در بررسی‌های سیستماتیک و فراتحلیل است؛ که می‌تواند بر اعتبار و تعمیم نتیجه‌گیری تأثیر بگذارد. در حال حاضر، رویکردهای مقابله با سوگیری انتشار را می‌توان به دو دسته مدل‌های انتخابی بر اساس وزن دهی و روش‌های مبتنی بر نمودار قیفی بیان کرد (Lin and Chu, 2018).

نمودار قیفی مطالعه که نشان‌دهنده خطای استاندارد محور عمودی به‌عنوان تابعی از اندازه اثر بر روی محور افقی است. مطالعات بزرگ در بالای نمودار ظاهر می‌شــوند و تمایل دارند نزدیک به میانگین اندازه اثر قرار بگیرند. مطالعات کوچک‌تر در پایین نمودار ظاهر می‌شوند و در طیفی از مقادیر پراکنده خواهند شد. در غیاب سوگیری انتشار، انتظار داریم که مطالعات به‌طور متقارن در مورد اندازه اثر ترکیبی توزیع شوند. در مقابل، در حضور سوگیری، پایین نمودار تمرکز بالاتری از مطالعات را در یک‌طرف میانگین نسبت به‌طرف دیگر نشان دهد. این نشان‌دهنده این واقعیت است که مطالعات کوچک‌تر درصورتی‌که اثرات بزرگ‌تر از میانگین داشته باشند، احتمال بیشتری برای انتشار دارند. بنابراین اثر مصرف کود زیستی بر عملکــرد دانه زیره سبز نســبتاً متقارن بــود؛ اما در گیاه سیاهدانه به دلیل انتشار مطالعات به سمت پایین خطای انتشار جزئی به سمت راست نمودار مشاهده گردید (شکل ۱). اگر نمودار قیف به سمت راست اثر میانگین و تعداد نسبتاً کمی به سمت چپ مشاهده شوند این نگرانی وجود دارد که برخی مطالعات در تحلیل وارد نشده

نسخه پیش انتشار

باشـند. بنابراین در این بخش از مدل برازش دوال و تویدی به‌منظور تعیین مطالعات گمشـده اسـتفاده گردید. با برآورد روش دوال و تویدی مشـخص گردید که باید ۵ مطالعه به مطالعات کود زیسـتی در گیاه سـیاهدانه اضـافه گردد تا تقارن کامل نمودار قیفی شکل بگیرد.



شکل ۱- نمودار قیفی عملکرد دانه زیره سبز (A) و سیاهدانه (B) تحت تأثیر کودهای زیستی

Fig. 1- Funnel plot of yield of cumin (A) and black seed (B) under the influence of biofertilizers ers

بر اساس نتایج جدول (۲) و با اطمینـــان ۹۵ درصـــد کـــاربرد کودهای دامی در گیاهان سیاهدانه و زیره سبز سبب افزایش عملکرد دانه در هر دو گیاه شد. از ۱۶ موردمطالعه اثر کاربرد گود گاوی بر عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز، ۸ مطالعه بر روی گیاه ســیاهدانه با میانگین اندازه اثر (g=۱/۷۶) بود و از ۸ مطالعه مرتبط با زیره ســبز میانگین اندازه اثر (g=۱/۶۷) به دســت آمد. همچنین در ۸ مطالعه مرتبط با زیره ســبز، بیشــترین اندازه اثر در کاربرد ۱۵ و ۲۰ تن کود ترتیب معادل (g=۳/۰۶۵)، و (g=۲/۷۱۳) به دســت آمد. بیشــترین لندازه اثر در مصــرف ۲۰ و ۳۰ تن گود گاوی در مطالعات مرتبط با ســیاهدانه به ترتیب معادل (g=۲/۷۵۴)، و (g=۲/۶۰۸) در هکتار به دســت آمد. به‌عنوان یک نتیجه کلی اســتفاده از ۱۰ تا ۳۰ تن کود گاوی اثرات مثبتی برافزایش عملکرد دانه ســیاهدانه و زیره ســبز داشــت. نتایج

Tonitto *et al.* (2016) نشـان داد بهبود عملکرد در همه سـناریوها (کود نیتروژن، کود فسـفر، تلفیق نیتروژن و فسـفر، کود دامی، اصلاح‌کننده‌های خاک) به‌طور متوسط ۶۶ درصد نسبت به عدم وجود مواد مغذی عملکرد سورگوم را افزایش داد. به‌طور اختصاصی عملکرد تحت تیمار کود شـیمیایی ۴۷-۹۸ درصـد عملکرد را نسـبت به تیمار شـاهد افزایش داد و کود دامی ۴۳-۸۷ درصـد عملکرد را افزایش دادند. بررسـی ۴۷ مطالعه در رابطه اثرات کود دامی بر وزن خشـک زعفران، کود دامی با فاصله اطمینان ۹۵ درصـد بیشـترین تأثیر را بر وزن خشـک زعفران (g=۱/۴۹۳) داشـت. میانگین ۴۰ تا ۵۰ تن در هکتار کود گاوی، ۲۰ تا ۳۰ تن در هکتار کمپوسـت که در ترکیب با کود زیسـتی (نیتروکسـین با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن) بر عملکرد زعفران مؤثر بود (Mokhtari *et al.,* 2018). در همین راستا برخی محققان تأثیر مثبت کودهای دامی بر عملکرد دانه به‌منظور جایگزینی با کودهای شـیمیایی را تأیید نموده‌اند (Fan et *al.,* 2021). بنابراین این امر نشـان می‌دهد اسـتفاده از کودهای حیوانی می‌تواند جایگزین مناسـبی برای کودهای شـیمیایی در سـلامت اکوسیستم و تولید گیاهان دارویی باشد.

جدول ۲- اندازه اثر کود دامی بر عملکرد کمی دانه گیاه سیاهدانه و زیره سبز با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

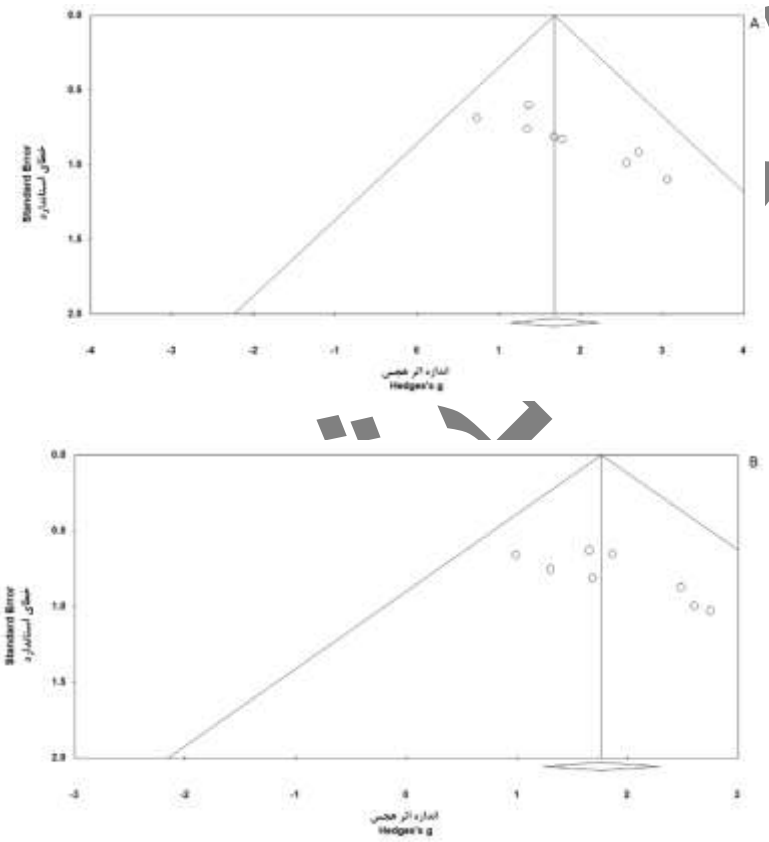
Table 2. The size of the effect of animal manure on the quantitative yield of black seed and cumin with a confidence interval of 95%

Cow Manure کود دامی (گاوی)	Number of Studies تعداد مطالعه	Hedges Effect Size اندازه اثر هجس	P- Value مقدار-P Value	Standard Error خطای استاندارد
Cow manure on seed yield of black seed کود گاوی بر عملکرد دانه سیاهدانه	8	1.76	0.000	0.271
Cow manure on seed yield of cumin کود گاوی بر عملکرد دانه زیره سبز	8	1.67	0.000	0.282

Khorramdel *et al.* (2022) با بررسی ۷ مطالعه در رابطه با اثر کود شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس سیاهدانه و ۵ مطالعه در رابطه با اثر کود زیسـتی بر عملکرد و درصـد اسـانس سـیاهدانه نشـان دادند اندازه اثر کود شـیمیایی و کود زیستی بر افزایش عملکرد دانه و اسانس گیاه سیاهدانه معنی‌دار و مثبت است. بیشترین اندازه اثر مرتبط با گروه کودی شـیمیایی مشـخص گردید. در همین رابطه نتایج ۷ مطالعه در رابطه با اثر کود شـیمیایی، ۴ مطالعه در رابطه با کودهای زیسـتی و ۳ مطالعه در رابطه با کود دامی در گیاه سـیاهدانه نشـان داد بیشـترین اندازه اثر به ترتیب مربوط به کودهای

نسخه پیش انتشار

شیمیایی، کودهای دامی و زیستی است. در مطالعه Fan *et al.* (2023) بر روی ۱۲۴ مطالعه، کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی عملکرد گوجه‌فرنگی را ۳/۴۸ درصد افزایش دادند. از طرفی دیگر کودهای زیستی عملکرد گوجه‌فرنگی را تا ۱۵ درصد افزایش دادند. تقارن نسبتاً مناسب نقاط در نمودار قیفی و آزمون خطای N کلاسیک نشان‌دهنده اطمینان از عدم سوگیری در داده‌های موردمطالعه است. پراکندگی نسبی نقاط نزدیک در بالای نمودار نشان‌دهنده بالا بودن دقت مطالعات است (شکل ۲).



شکل ۲- نمودارهای قیفی عملکرد دانه زیره سبز(A) و سیاهدانه (B) تحت تأثیر کودهای دامی

Fig. 3- Funnel plot of cumin (A) and black seed (B) yield under the influence of animal fertilizers

جدول ۳- اندازه اثر ورمی کمپوست بر عملکرد کمی دانه گیاه سیاهدانه و زیره سبز با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

Table 3. The size of effect of vermicompost on the quantitative yield of black seed and cumin with a 95% confidence interval

Vermicompost ورمی کمپوست	Number of Studies تعداد مطالعه	Hedges Effect Size	P- Value مقدارP-Value	Standard Error

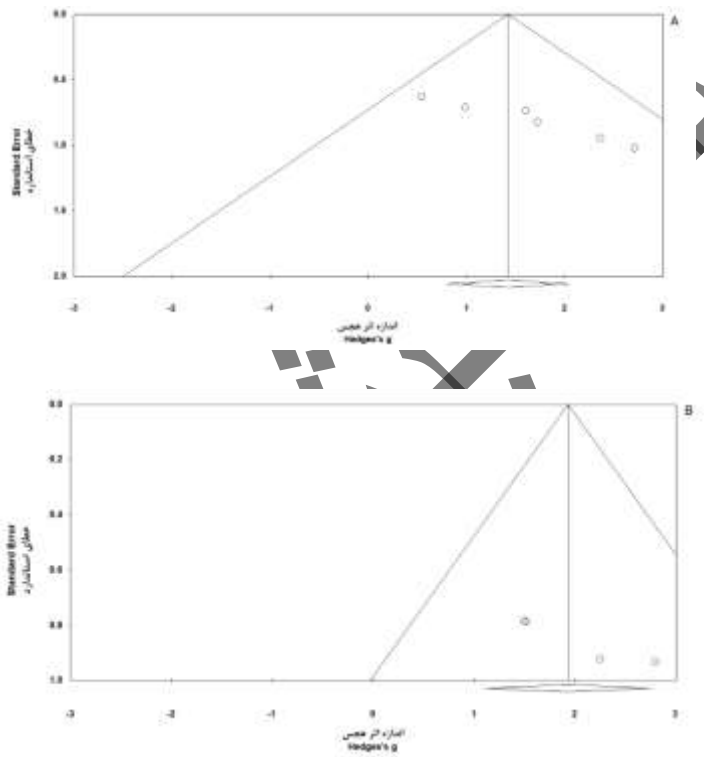
		اندازه اثر هجس		خطای استاندارد
Vermicompost on seed yield of black seed ورمی کمپوست بر عملکرد دانه سیاهدانه	4	1.93	0.000	0.424
Vermicompost on seed yield of cumin ورمی کمپوست بر عملکرد دانه زیره سبز	6	1.42	0.000	0.318

بر اساس نتایج جدول (۳) و با اطمینان ۹۵ درصد کاربرد ورمی کمپوست در گیاهان سیاهدانه و زیره سبز با اطمینان بالایی سبب افزایش عملکرد دانه شد. از ۱۰ موردمطالعه اثر کاربرد کود گاوی بر عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز، ۴ مطالعه بر روی گیاه سیاهدانه بود که میانگین اندازه اثر (g=۱/۹۳) به دست آمد. همچنین میانگین اندازه اثر عملکرد دانه زیره سبز معادل (g=۱/۴۲) برای ۶ مطالعه به دست آمد. بنابراین اثر کاربرد ورمی کمپوست در گیاه سیاهدانه تاثیر بیشتری بر عملکرد دانه دارد. بر اساس نتایج مطالعات مرتبط با هر دو گیاه کاربرد۱۰ تا ۲۰ تن کود گاوی اثرات مثبتی بر افزایش عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز داشت. پراکندگی داده‌های مطالعه به‌صورت مساوی در دو طرف نمودار نشان‌دهنده اطمینان بالا و کاهش خطای انتشار در گیاه زیره سبز بود. به دلیل وجود مطالعات محدود مرتبط با گیاه سیاهدانه نمودار قیفی گیاه سیاهدانه به سمت پایین نمودار کشیده شد. برازش دوال و تیودی بر روی مطالعات گیاه سیاهدانه هیچ‌گونه مطالعه اضافه‌ای را مبتنی تقارن کامل نمودار نشان نداد. این بدان معنی است که نمودار قیفی سیاهدانه از تقارن خوبی برخوردار است اما به دلیل خطای استاندارد بالا، مطالعات در پایین قیف ظاهرشده است(شکل ۳).

Curadelli *et al.* (2023) با مطالعه ۳۵ مقاله داده‌های عملکردی محصولات با کود دهی کمپوست چای، تیمارهای شاهد و کود مصنوعی نشان دادند که کود دهی با کمپوست ۸۰ درصد بیشتر از شاهد عملکرد بیشتری داشته است. عملکرد ازنظر آماری مشابه با آن‌هایی بود که با تیمارهای معمولی با کود شیمیایی به‌دست‌آمده بود و به‌طور متوسط تنها ۲ درصد کمتر از تیمار معمولی بودند. نتایج تحقیق Ma *et al.* (2022) نشان داد که ورمی کمپوست به‌طور قابل‌توجهی محتوای مواد مغذی محیط رشد به‌ویژه میزان نیتروژن و فسفر موجود را به ترتیب ۱۳۳/۸ و ۲۵۶/۷ درصد افزایش داد. علاوه بر این ورمی کمپوست سرعت جوانه‌زنی بذر، شاخص گیاهچه، زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده ریشه و زیست‌توده کل را به ترتیب ۳۰/۴، ۵۷/۸، ۵۲/۶، ۵۸/۳ و ۵۴/۴ درصد افزایش داد. Khorramdel *et al.* (2022) با بررسی ۶ مطالعه در رابطه با اثر ورمی کمپوست، ۶ مطالعه در رابطه با کودهای زیستی و ۸ مطالعه در رابطه با کودهای شیمیایی بر درصد اسانس زیره سبز نشان داد اندازه اثر هر سه گروه کودی در افزایش اسانس زیره سبز مثبت

نسخه پیش انتشار

است اما اثر کودهای شیمیایی و زیستی از ورمی کمپوست بزرگ‌تر بود. نتایج Alidadi *et al.* (2014) نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست با کود گاوی به میزان ۵۰۰ گرم در مترمربع می‌تواند عملکرد گوجه‌فرنگی را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد. فراتحلیل Blouin *et al.* (2019) نشان داد ورمی کمپوست باعث افزایش متوسط ۲۶ درصدی در عملکرد تجاری، ۱۳ درصدی در زیست‌توده کل، ۷۸ درصدی در زیست‌توده اندام هوایی و ۵۷ درصدی در زیست‌توده ریشه شد. اثر مثبت ورمی کمپوست بر رشد گیاه زمانی به حداکثر رسید که ورمی کمپوست ۳۰ تا ۵۰ درصد حجم خاک را تشکیل دهد.



شکل ۳- نمودار قیفی عملکرد دانه زیره سبز (A) و سیاهدانه (B) تحت تأثیر ورمی کمپوست

Fig. 5- Funnel plot of yield of cumin (A) and black seed (B) under the influence of vermicompost

جدول ۴- اندازه اثر کود هیومیک اسید بر عملکرد کمی دانه گیاه سیاهدانه و زیره سبز با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

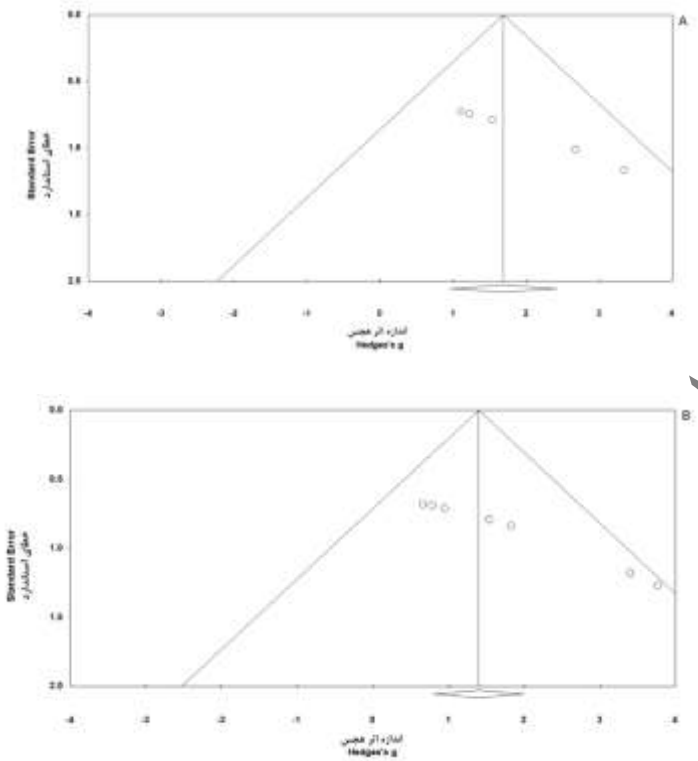
Table 4. The size of effect of Humic acid on the quantitative yield of black seed and cumin with a 95% confidence interval

Humic Acid هیومیک اسید	Number of Studies تعداد مطالعه	Hedges Effect Size اندازه اثر هجس	P- Value مقدار P-Value	Standard Error خطای استاندارد
Humic Acid on seed yield of black seed هیومیک اسید بر عملکرد دانه سیاهدانه	7	1.39	0.000	0.307
Humic Acid on seed yield of cumin هیومیک اسید بر عملکرد دانه زیره سبز	5	1.69	0.000	0.377

بر اساس نتایج جدول (۴) و با اطمینان ۹۵ درصد کاربرد کود هیومیک اسید در گیاهان سیاهدانه و زیره سبز با اطمینان بالایی سبب افزایش عملکرد دانه شد. از مجموع ۱۲ موردمطالعه اثر هیومیک اسید بر گیاه سیاهدانه و زیره سبز، ۷ مطالعه مرتبط با سیاهدانه بود. نتایج نشان داد میانگین اندازه اثر اسید هیومیک بر روی عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز به ترتیب معادل (g=۱/۳۹) و (g=۱/۶۹) به دست آمد. به بیانی دیگر کاربرد اسید هیومیک اثر مثبت و معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز نشان داد. به‌طوری‌که در گیاه زیره سبز کاربرد اسید هیومیک اثرات مثبت‌تری بر عملکرد دانه دارد. بنابراین کود اسید هیومیک می‌تواند در برنامه‌های کشت گیاهان دارویی به‌عنوان یک کود سالم سبب افزایش عملکرد اقتصادی، حفاظت از محیط‌زیست و میکروارگانیسم‌های خاکی شود. انتشار نتایج مطالعات انجام‌گرفته به سمت راست نمودار و بزرگ شدن اندازه اثر برخی از مطالعات نشان داد که سوگیری جزئی در داده‌های موردمطالعه وجود دارد(شکل ۴). این نشان می‌دهد افزایش عملکرد دانه زیره سبز و سیاهدانه نسبت به تیمار شاهد در برخی مطالعات مقدار قابل‌توجهی از خود نشان داده است. بنابراین با برآورد روش دوال و تویدی مشخص گردید که باید ۱ مطالعه به مطالعات اثر هیومیک اسید برای هر یک از گیاهان سیاهدانه و زیره سبز اضافه گردد تا تقارن کامل نمودار قیفی شکل بگیرد و خطای انتشار برطرف گردد. Rose *et al.* (2014) در یک فراتحلیل نشان داد وزن خشک اندام هوایی (۴ ± ۲۲ درصد) و وزن خشک‌ریشه (۶ ± ۲۱ درصد) در پاسخ به کاربرد هیومیک اسید افزایش یافت. بااین‌وجود، پاسخ‌های واقعی به‌طور قابل‌توجهی متفاوت و عمدتاً تحت تأثیر منبع هیومیک اسید است. از سویی دیگر افزودن اسید هیومیک به کود می‌تولند به‌طور قلبل‌توجهی عملکرد محصول را افزایش دهد، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشد، ظرفیت جذب خاک برای NH_4^+ را افزایش دهد، فعالیت میکروبی را تقویت کند،

نسخه پیش انتشار

محتوای کربن آلی خاک را افزایش دهد و نیتروژن معدنی را به نیتروژن آلی تثبیت کند (Purwanto *et al.,* 2021; Xiao *et al.,* 2021).



شکل ۴- نمودار قیفی عملکرد دانه زیره سبز (A) و سیاهدانه (B) تحت تأثیر هیومیک اسید

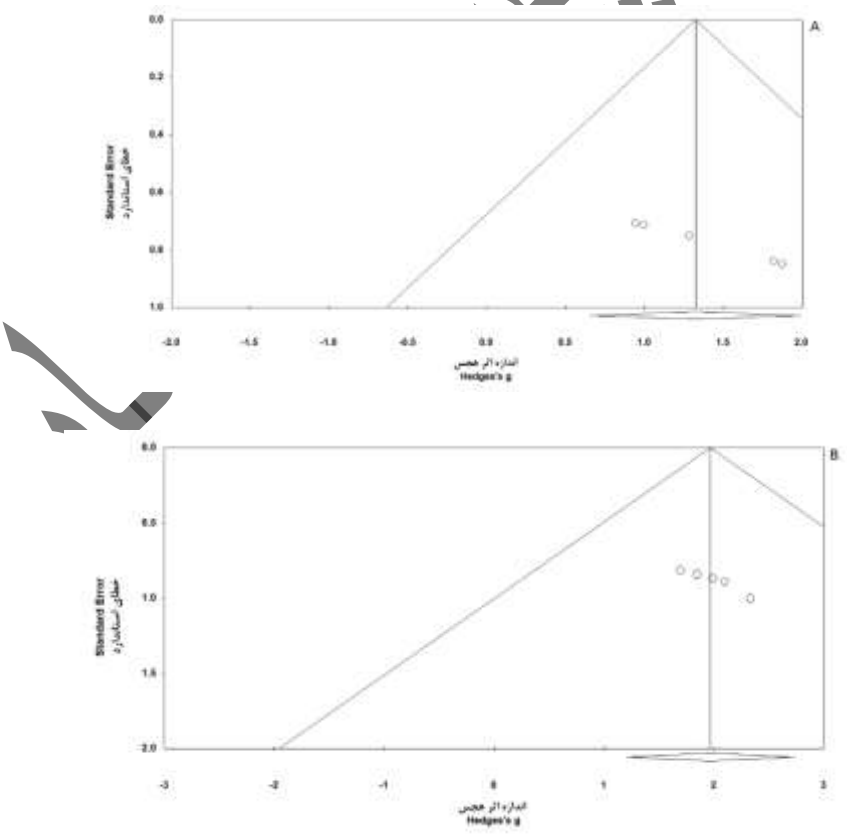
Fig. 7- Funnel plot of cumin (A) and black seed (B) yield under the influence of humic acid

جدول ۵- مقادیر اندازه اثر قارچ مایکوریزا بر عملکرد کمی دانه گیاه سیاهدانه و زیره سبز با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

Table 5. Values of the effect size of mycorrhizal on the quantitative yield of black seed and cumin with a 95% confidence interval

Vermicompost ورمی کمپوست	Number of Studies تعداد مطالعه	Hedges Effect Size اندازه اثر هجس	P- Value مقدار-P Value	Standard Error خطای استاندارد
Mycorrhiza on seed yield of black seed مایکوریزا بر عملکرد دانه سیاهدانه	5	1.97	0.000	0.339
Mycorrhiza on seed yield of cumin مایکوریزا بر عملکرد دانه زیره سبز	5	1.32	0.000	0.428

بر اساس نتایج جدول (۵) و با اطمینـــــان ۹۵ درصـــــد کـــــاربرد قارچ مایکوریزا در گیاهان سیاهدانه و زیره سبز با اطمینان بالایی سبب افزایش عملکرد دانه شده است. از ۵ موردمطالعه قارچ مایکوریزا در گیاه سیاهدانه میانگین اندازه اثر معادل (g=۱/۹۷) به دســـت آمد. مقدار میانگین اندازه اثر در گیاه زیره ســـبز نیز معادل (g=۱/۳۲) به دســـت آمد. بنابراین اســتفاده از قارچ مایکوریزا در گیاه ســیاهدانه تاثیر بیشــتری در افزایش عملکرد دانه داشــت. Beltrame *et al.* (2019) برای تجزیه‌وتحلیل اثرات تلقیح قارچ‌های مایکوریزا آربسـکولار یک فراتحلیل با اسـتفاده از ۱۸۳ داده از گیاهان نعناعیان و ۶۸ داده از گیاهان فرفیونیان انجام دادند. نتایج نشـان داد که میانگین تولید گیاهان تلقیح شـده با قارچ‌های مایکوریزا با افزایش ۹۶ درصد و ۹۷ درصد توده خشک اندام هوایی در نعناعیان و فرفیونیان به ترتیب افزایش‌یافته است. بنابراین قارچ مایکوریزا می‌تواند در برنامه‌های کشـــت گیاهان دارویی به‌عنوان یک کود ســـالم ســـبب افزایش عملکرد اقتصادی و همچنین حفاظت از محیط‌زیست و میکروارگانیسم‌های خاک شود. قرارگیری داده‌ها در بالای نمودار قیفی استفاده از قارچ مایکوریزا در گیاه سیاهدانه نشان داد که سوگیری کمتری در داده‌های موردمطالعه وجود دارد. با برازش دوال و تویدی مشخص شد که باید ۱ مطالعه به مطالعات اثر هیومیک اسید برای گیاه زیره سبز اضافه گردد تا تقارن کامل نمودار قیفی شکل بگیرد.



شکل ۵- نمودار قیفی عملکرد دانه زیره سبز (A) و سیاهدانه (B) تحت تأثیر مایکوریزا

Fig. 9- Funnel plot of cumin (A) and black seed (B) yield under the influence of mycorrhiza

آزمون N ایمن از خطای کلاسیک

آزمون N ایمن از خطای کلاسیک[8] تعداد مطالعات گم‌شده را محاسبه می‌کند تا عدم معنی‌داری آماری اثر کلی به دست آید (Safari Ojgaz et *al.,* 2020). به‌طور واضح اگر تعداد مطالعات غیر معنی‌دار برای کاهش یک نتیجه به سطح معنی‌داری موردنیاز باشد، نتایج به‌دست‌آمده احتمالاً فاقد اطمینان است (Vegas *et al.,* 2005). رابرت روزنتال پیشنهاد کرد که به‌جای حدس و گمان صرفاً در مورد تأثیر مطالعات ازدست‌رفته، تعداد مطالعاتی را که برای از بین بردن این تأثیر لازم است محاسبه شود. اگر عدد محاسبه‌شده نسبتاً کم باشد، نتایج از اطمینان کافی برخوردار نیست. با توجه به نتایج باید تعداد ۴۵ و ۱۴۰ مطالعه به ترتیب به مطالعات تیمار کود زیستی برای گیاه زیره سبز و سیاهدانه اضافه گردد تا اعتبار فراتحلیل از بین برود. همچنین ۷۶ و ۷۴ مطالعه برای تیمار کود دامی به ترتیب برای سیاهدانه و زیره سبز، ۴۰ و ۲۵ مطالعه برای تیمار هیومیک اسید به ترتیب برای سیاهدانه و زیره سبز، ۲۸و ۱۶مطالعه برای تیمار مایکوریزا و ۳۰ و ۱۹مطالعه برای تیمار ورمی کمپوست برای زیره سبز و سیاهدانه نیاز است؛ تا مقدار P دو دامنه از ۰/۰۵ برای تیمارهای اشاره شده تجاوز نکند.

مقایسه آماری تیمارهای کودی

در صورت متقارن بودن نمودار قیفی، وجود خطای انتشار را می‌توان رد کرد؛ اما برای قضاوت صریح باید از آزمون آماری استفاده نمود. برای بررسی میزان و چگونگی خطای انتشار (ناشی از انتشار نتایج معنی‌دار مثبت)، از آزمون همبستگی رتبه‌بندی بگ و مازومدار استفاده شد. آماره آزمون Z دارای توزیع نرمال بوده و معمولاً مقادیر معنی‌داری دوطرفه آزمون گزارش می‌شود. سطح معنی‌داری در واقع، مقدار آزمون آماری احتمالی است که سازگاری داده‌های نمونه را با فرض صفر (وجود تقارن در نمودار قیفی) تعیین می‌کند و بر اساس آن، فرض صفر رد یا تائید می‌شود(Duval *et al.,* 2005). بر اساس تحقیقات، مطالعاتی که ضریب همبستگی تای‌کندال[9] بین ۰/۵ و ۰/۷۵ همگن هستند. در مقابل، مطالعاتی که ضریب همبستگی تای‌کندال بیش از ۰/۷۵ تعیین می‌شود، خطای انتشار ندارند و می‌توان نتایج فراتحلیل را با اطمینان ۹۵ درصد صحیح و قابل توصیه دانست. بنابراین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از ضریب تای‌کندال کودهای زیستی کمترین ضریب تای‌کندال را به خود اختصاص داد اگرچه این مقدار بین بازه مشخص‌شده (0/5<Tau<0/75) است و از نظر خطای انتشار وضعیت مطلوبی دارد.

نسخه پیش انتشار

مطالعات مرتبط با کود دامی، ورمی کمپوســت، هیومیک اســید و قارچ مایکوریزا دارای همگنی و خطای انتشــار کمی بودند(جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه اندازه اثرهای گروه‌های تیماری موردبررسی و آزمون خطای انتشار همبستگی بگ و مازومدار

Table 7. Comparing the size of the effects of the investigated groups and test of publication bias by Begg and Mazumdar correlation

Group گروه	Number of studies تعداد مطالعه	Hedges effect size اندازه اثر هجس	standard error خطای استاندارد	P - Value مقدار P-Value	Z - value مقدار Z	Kendall's tau coefficient ضریب تای کندال	Test result نتیجه آزمون
Biofertilizer (black seed) کود زیستی(سیاهدانه)	18	1.01	0.181	0.000	5.591	0.65	Homogeneous همگن
Biofertilizer (cumin) کود زیستی (زیره سبز)	8	1.14	0.260	0.000	4.398	0.97	Homogeneous همگن
Animal manure (black seed) کود دامی (سیاهدانه)	8	1.76	0.271	0.000	6.523	0.68	Homogeneous همگن
Animal manure (cumin) کود دامی (زیره سبز)	8	1.67	0.282	0.000	5.965	0.82	Homogeneous همگن
Vermicompost (cumin) ورمی کمپوست (زیره سبز)	6	1.42	0.318	0.000	4.482	0.92	Homogeneous همگن
Vermicompost (black seed) ورمی کمپوست (سیاهدانه)	4	1.93	0.424	0.000	4.564	0.83	Homogeneous همگن
Humic acid (black seed) هیومیک اسید(سیاهدانه)	7	1.39	0.307	0.000	4.547	0.95	Homogeneous همگن
Humic acid (cumin) هیومیک اسید (زیره سبز)	5	1.69	0.377	0.000	4.476	0.90	Homogeneous همگن
Mycorrhiza (black seed) مایکوریزا (سیاهدانه)	5	1.97	0.339	0.000	5.002	0.90	Homogeneous همگن
Mycorrhiza (cumin) مایکوریزا (زیره سبز)	5	1.32	0.428	0.000	3.873	0.90	Homogeneous همگن

نسخه پیش انتشار

نتیجه‌گیری

مطالعات فردی متعددی در رابطه با تفاوت‌های عملکردی سیستم‌های ارگانیک و معمولی انجام‌گرفته است. طبق مطالعات شده، میانگین عملکرد در سیستم‌های ارگانیک ۸ تا ۲۵ درصد نسبت به سیستم کشت معمولی کمتر است. بااین‌حال، در محصولات خاص، شرایط رشد و شیوه‌های مدیریتی، سیستم‌های ارگانیک از نظر عملکرد به سیستم‌های معمولی نزدیک‌تر می‌شوند (Reganold *et al.,* 2016). یک فراتحلیل از ۳۲ آزمایش طولانی‌مدت در چین، استفاده ترکیبی از نهاده‌های آلی و کودها را فقط با ورودی‌های آلی یا فقط با کودها مقایسه کرد (Wei *et al.* 2016). میانگین افزایش عملکرد ترکیب کود زیستی و کود آلی در گندم، ذرت و برنج در مقایسه با استفاده از کود آلی تنها ۸ درصد بود. در یک مورد دیگر، هیچ بهبودی در روند عملکرد دانه با استفاده از کود یا کاه در سیستم‌های فشرده برنج مشاهده نشد (Dawe *et al.,* 2003). از دیدگاهی دیگر Smith et *al.* (2019) تولید مزارع ارگانیک را یک برد-برد برای پایداری محیطی اعلام کردند، درحالی‌که مزارع معمولی وضعیت برد-برد را برای تولید با ارتقای عملکرد محصول بالا با تنوع کم فراهم می‌کند. بر اساس نتایج مطالعه فراتحلیل در این پژوهش اثر کودهای زیستی و آلی بر عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز مشخص گردید که آزمون همگنی و خطای انتشار تمام کودهای مصرفی موردمطالعه بر عملکرد دانه زیره سبز و سیاهدانه همگن است. مطالعات دارای اندازه اثرهای بزرگ‌تر از یک می‌توانند به‌صورت وسیع و قابل‌اطمینان مورداستفاده کشاورزان و تولیدکنندگان کشاورزی رایج و ارگانیک قرار بگیرد. این امر سبب سلامت اکوسیستم‌های کشاورزی و اطمینان از سطح تولید مناسب در رابطه با گیاهان دارویی را در پی خواهد داشت. از طرفی بیشترین اندازه اثر برای سیاهدانه به ترتیب شامل مایکوریزا، ورمی کمپوست و کود دامی، هیومیک اسید و کود زیستی بود. برای گیاه زیره سبز اندازه اثرهای مجموع مطالعات نشان داد تیمارهای کود دامی و هیومیک اسید نسبت به سایر تیمارها تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه زیره سبز داشتند. بر اساس نتایج آزمون همگنی بگ و مازومدار مشخص شد که اثر گروه‌های کودی (زیستی و آلی) در دو گیاه سیاهدانه و زیره سبز دارای همگنی و عدم خطای انتشار است. همچنین آزمون N ایمن از خطای کلاسیک برای هر گروه از تیمارها نشان‌دهنده دقت و صحت فراتحلیل بود. همچنین اصلاح و برازش دوال و تویدی نیز به‌عنوان آزمونی که به کاهش خطا و سوگیری انتشار کمک می‌کند نیز در این تحقیق بررسی گردید. بنابراین به‌عنوان نتیجه نهایی استفاده از کودهای زیستی، دامی و ورمی کمپوست برای افزایش عملکرد دانه سیاهدانه و زیره سبز توصیه می‌شود. توجه به این نکته اهمیت دارد که تأثیر کودهای شیمیایی سبب افزایش عملکرد و برخی صفات گیاهان دارویی شده است. بنابراین لازم است در سیستم‌های صرفاً ارگانیک کودهای دامی، ورمی کمپوست، قارچ مایکوریزا، هیومیک اسید و کودهای زیستی با توجه به شرایط خاک و رشدی گیاه اعمال شود. همچنین

نسخه پیش انتشار

می‌توان در سیستم عملیات خوب کشاورزی[10] با تلفیق کودهای شیمایی و تیمارهای کودی بررسی‌شده عملکرد دانه را افزایش داد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Research Institute of Organic Agriculture
[2] International Federation of Organic Agriculture Movements
[3] Reporting standards for systematic evidence syntheses
[4] Hedges effect size
[5] Funnel Plot
[6] Begg and Mazumdar Rank Correlation
[7] Duval and Tweedie's Fit
[8] Classic fail-safe N test
[9] Kendall's tau coefficient
[10] Good Agricultural Practice

منابع

References

Alidadi, H., Saffari, A.R., Ketabi, D., Peiravi, R. and Hosseinzadeh, A., 2014. Comparison of vermicompost and cow manure efficiency on the growth and yield of tomato plant. Health scope. 3(4), 1-5.

Amirhoseini, K., Haghani, Z. and Motesharezadeh, B., 2021. A comparative analysis of the consumption of chemical fertilizers in Iran and some other countries in the East and North Africa. In Proceedings 17th Congress of Soil Sciences of Iran and the 4th National Conference on Water Management in the Farm of Wise Soil Regeneration and Wise Water Governance.14th November, Karaj, Iran. p.4178.

Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Aviles-Vazquez, K. and Perfecto, I., 2007. Organic agriculture and the global food supply. Renewable agriculture and food systems. 22(2), 86-108.

Beltrame, S.R., da Cruz, R.M.S., Lourenço, E.L.B. and Alberton, O., 2019. Meta-analysis of' Lamiaceae and Euphorbiaceae medicinal plants inoculated with Arbuscular mycorrhizal fungi. Australian Journal of Crop Science. 13(4), 588-598.

Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S. and Mathieu, J., 2019. Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development. 39, 1-15.

Borenstein, M. and Hedges, L., 2019. Effect sizes for meta-analysis. The handbook of research synthesis and meta-analysis. 3, 207-243.

Connor, D.J. and Mínguez, M.I., 2012. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. Global Food Security. 1(2),106–13.

Cooper, H.M. and Hedges, L.V., 1994. The Hand Book of Research Synthesis. Russell Sage Foundation. New York.

Crowther, M., Lim, W. and Crowther, M.A., 2010. Systematic review and meta-analysis methodology. Blood, The Journal of the American Society of Hematology. 116(17), 3140-3146.

Curadelli, F., Alberto, M., Uliarte, E.M., Combina, M. and Funes-Pinter, I., 2023. Meta-analysis of yields of crops fertilized with compost tea and anaerobic digestate. Sustainability. 15(2), 1357.

Dawe, D., Dobermann, A., Ladha, J.K., Yadav, R.L., Bao, L., Gupta, R. K. and Zhen, Q.X., 2003. Do organic amendments improve yield trends and profitability in intensive rice systems? Field Crops Research. 83(2), 191-213.

de Ponti, T., Rijk, B. and van Ittersum, M.K., 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. Agricultural systems. 108,1–9.

Delbaz, R., Ebrahimian, H., Abbasi, F. and Nazi Ghameshlou, A., 2021. Meta-analysis of surface and drip fertigation effectiveness on crop yield, fertilizer, and water productivity. Journal of Water Research in Agriculture. 35 (2), 139-150. (In Persian with English abstract).

Fan, H., Zhang, Y., Li, J., Jiang, J., Waheed, A., Wang, S. and Zhang, R., 2023. Effects of organic fertilizer supply on soil properties, tomato yield, and fruit quality, A global meta-analysis. Sustainability. 15(3), 2556.

FAO., 2024. Inorganic fertilizers – 2002–2022. FAOSTAT Analytical Briefs. Rome. No. 90.

Ferreira, A.C., Cruz, R.C., Rosa, C.Q., de Fátima, Â. And Modolo, L.V., 2024. Reaching food security: harnessing urease inhibitors to meet the challenges of growing global population. In: Ligabue-Braun, R., Carlini, C.R. (Eds.), In Foundations and Frontiers in Enzymology. Ureases, Academic Press. pp. 359-373.

Ghorbanizadeh, V. and Behfar, S., 2014. Meta-analysis of organizations e-readiness researches in Iran. Smart business management studies. 2(6), 1-22. (In Persian with English abstract).

Haque, M., Singh, R., Nadeem, A., Rasool, S., Wani, J. A., Khan, A. and Zehra, U., 2022. Nigella sativa, A promise for industrial and agricultural economic growth. In: Andleeb, K. and Muneeb, R. (Eds.), Black seed (Nigella sativa), Pharmacological and therapeutic applications in endocrine dysfunction. Elsevier, pp. 439-460.

Hedges, L.V., Gurevitch, J. and Curtis, P.S., 1999. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. Ecology. 80(4), 1150-1156.

Herrmann, M.N., Wang, Y., Hartung, J., Hartmann, T., Zhang, W., Nkebiwe, P.M. and Yang, H., 2022. A global network meta-analysis of the promotion of crop growth, yield, and quality by bioeffectors. Frontiers in Plant Science. 13, 1-15.

Khodakivska, O.P.M., Hermaniuk, N., Mohylnyi, O. and Tomashuk, O., 2020. The organic agriculture: world trends and opportunities. International Journal of Advanced Science and Technology. 9, 5308-5317.

Khorramdel, S., Nassiri Mahallati, M., Mokhtari, M. and Latifi, H., 2022. Meta-Analysis of the Impact of Soil Fertilizers on Quantitative and Quality Yield of Medicinal Plants, From Past to Now. Journal of Crop Production. 15(4), 183-204. (In Persian with English abstract).

Lamichhane, J.R., Corrales, D.C. and Soltani, E., 2022. Biological seed treatments promote crop establishment and yield, a global meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development. 42(3), 1-24.

Lin, L. and Chu, H., 2018. Quantifying publication bias in meta-analysis. Biometrics. 74(3), 785-794.

Lotter, D., 2015. Facing food insecurity in Africa, why, after 30 years of work in organic agriculture, I am promoting the use of synthetic fertilizers and herbicides in small-scale staple crop production. Agriculture and Human Values, 32,111–18.

Ma, H., Zhao, S., Hou, J., Feyissa, T., Duan, Z., Pan, Z. and Zhang, W., 2022. Vermicompost improves physicochemical properties of growing medium and promotes plant growth, A meta-analysis. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 22(3), 3745-3755.

Macaskill, P., Walter, S.D. and Irwig, L., 2001. A comparison of methods to detect publication bias in meta-analysis. Statistics in medicine. 20(4), 641-654.

Mercati, V., 2016. Organic agriculture as a paradigm of sustainability, Italian food and its progression in the global market. Agriculture and agricultural science Procedia. 8,798–802.

Michael, H. and Ghebremichael, M., 2023. A correction to Begg's test for publication bias. Communications in Statistics-Theory and Methods. 53(21),7678-7698.

Mokhtari, M., Koocheki, A. and Mahallati, M.N., 2018. Meta-analysis of saffron (Crocus sativus L.) agronomical researches, with an emphasis on the consumption of organic fertilizers and agronomical practices in Iran. Saffron Agronomy and Technology. 5(4),311-327. (In Persian with English abstract).

Ponisio, L.C., M'Gonigle, L.K., Mace, K.C., Palomino, J., De Valpine, P. and Kremen, C., 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 282(1799), 1-7.

Purwanto, B.H., Wulandari, P., Sulistyaningsih, E., Utami, S.N. and Handayani, S., 2021. Improved corn yields when humic acid extracted from composted manure is applied to acid soils with phosphorus fertilizer. Applied and Environmental Soil Science. (1), 1-12.

Rahman, A., Akbar, D., Bhattarai, S., Thomson, M., Trotter, T. and Timilsina, S., 2020. Market analysis of cumin seed. Online, Central Queensland University.

Reganold, J.P. and Wachter, J.M., 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. Nature plants. 2(2),1-8.

Rose, M.T., Patti, A.F., Little, K.R., Brown, A.L., Jackson, W.R. and Cavagnaro, T.R., 2014. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances, practical implications for agriculture. Advances in agronomy. 124, 37-89.

Duval, S., 2005. The 'trim and fill' method. In: Rothstein, H.R., Sutton, A.J., Borenstein, M. (Eds.), Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment, and adjustments. West Sussex, England: John Wiley & Sons. pp. 127–144.

Safari Ojgaz, F. and Rangriz, H., 2020. The relationship between intellectual capital and human resource productivity, A meta-analysis study. The Journal of Productivity Management. 14(4), 50-71.

Samawi, H., 2021. Publication Bias in Meta-Analysis. In: Chen, D.G. and Peace, K.E. Applied Meta-Analysis with R and Stata (Eds.), Chapman and Hall/CRC. New York, pp. 237-252.

Sefidkon, F., 2021. Increasing Iran's share of world trade in medicinal plants by using the comparative advantage of native and exclusive plants and their processing. Iran Nature. 6(5), 103-103.

Seufert, V., Ramankutty, N. and Foley, J.A., 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature. 485,229–32.

Seufert, V., Ramankutty, N. and Mayerhofer, T., 2017. What is this thing called organic? How organic farming is codified in regulations. Food Policy. 68,10–20.

Smith, O.M., Cohen, A.L., Rieser, C.J., Davis, A.G., Taylor, J.M., Adesanya, A.W. and Crowder, D.W., 2019. Organic farming provides reliable environmental benefits but increases variability in crop yields, A global meta-analysis. Frontiers in Sustainable Food Systems. 3, 82.

Thompson, B. and Snyder, P.A., 1997. Statistical significance testing practices. Journal of Experimental Education. 66, 75-83.

Tonitto, C. and Ricker-Gilbert, J.E., 2016. Nutrient management in African sorghum cropping systems, applying meta-analysis to assess yield and profitability. Agronomy for Sustainable Development. 36, 1-19.

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 & environment. 130(3-4), 75-85.

Vegas, K., 2005. The Effectiveness of Functional Behavior Assessment - Based behavioral Interventions for Reducing Problem Behaviors, A Meta-analysis. Ph.D. thesis. Department of Educational Psychology, University of Utah.

Wei, W., Yan, Y., Cao, J., Christie, P., Zhang, F. and Fan, M., 2016. Effects of combined application of organic amendments and fertilizers on crop yield and soil organic matter, An integrated analysis of long-term experiments. Agriculture, Ecosystems & Environment. 225, 86-92.

Xiao, Q.L., Zhu, J., Peng, H., Li, S.N. and Ji, X.H., 2021. Ammonia volatilization loss and emission reduction measures in paddy fields. Journal of Agro-Environment Science. 40(1), 16

نسخه پیش انتشار

نسخه پیش انتشار