

Meta-analysis of the impact of soil fertilizers on quantitative and quality yield of medicinal plants: From past to now

Soror Khorramdel^{1*}, Mehdi Nassiri Mahallati², Mahmoud Mokhtari³, Hoda Latifi⁴

¹ Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,

Email: khorrandel@um.ac.ir

² Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,

Email: mnasiri@um.ac.ir

³ Assistant Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University. Ghaenat Branch, Ghaenat, Iran

Email: mmelborn@yahoo.com

⁴ PhD student in Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Email: hlatifi@rocketmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022/05/09
Revised: 2022/07/21
Accepted: 2022/07/29

Keywords:
FAI-BLUP index
Genetic parameters
MGIDI index
REML / BLUP method
SIIG index

ABSTRACT

Background and objectives: The evaluation of variability and heterogeneity in study results is an essential conclusion. Meta-analysis is a comprehensive statistical analysis method for multiple independent experiments under the same subject. The benefits of meta-analysis technique include a consolidated and quantitative review of a large, and often complex, sometimes apparently conflicting, body of literature. In the agricultural research field, the technique is mainly used for the comprehensive study of trials to explore the response characteristics of the main treatments. Due to the dispersions and differences in the results of studies on the effect of fertilizers on the growth and quantitative and qualitative yield of important medicinal species, in this study, meta-analysis method was used.

Materials and methods: We conducted a global meta-analysis to evaluate the effect of various fertilizers on quantitative yield and quality of some medicinal plants including psyllium, fennel, basil, savory, dill, black seed and cumin using data obtained from peer-reviewed publication during past 50-year based on a ROSES protocol. So, 78 studies were selected that they representing 18 studies on psyllium, 8 studies on fennel, 12 studies on basil, 11 studies on savory, 7 studies on dill, 9 studies on black seed and 13 studies on cumin. Hedges effect size, publication bias (by using Begg and Mazumdar correlation) and Kendall's Tau coefficient were computed and funnel graphs were drawn by using Comprehensive Meta-Analysis software, version 2.

Results: Based on the Hedges effect size results, vermicompost ($g=1.106$) had the highest impact on psyllium yield of and the next rank was computed for integrated fertilizers ($g=0.061$). Different fertilizers had not significant effect on yield of fennel and dill. The results revealed that bio-fertilizer ($g=0.553$) had significant effect on yield of black seed. Also, cumin yield was significantly affected by integrated and chemical fertilizers. Effect size values for manure,

vermicompost and integrated fertilizers on mucilage percentage of psyllium were computed significant impact with 0.6, 0.9 and 0.7, respectively. Manure, bio-fertilizer and integrated fertilizers were also significant on essential oil content of fennel, dill, black seed and cumin. The results of Begg and Mazumdar correlation revealed that the impact of chemical fertilizer was heterogeneous on cumin and these fertilizers are not recommended for the medicinal plant species. The effect of chemical fertilizer was calculated as homogeneous on leaf dried weight of basil. In other cases, the application of bio-fertilizer, vermicompost and manure are homogeneous and recommended for these medicinal plants with 95% confidence interval.

Conclusion: Totally, there was high residual heterogeneity in meta-analyses of soil fertilizers on different medicinal plants, suggesting that a large amount of further researches with detailed analysis of soil physical, chemical and biological properties are also required to fully understand the influence of fertilizer treatments on growth, quantitative yield, and quality oil yield. This meta-analysis quantified the growth and yield of medicinal plant affected as different fertilizers based on available scientific evidences, providing a basis for improvement of medicinal plants management.

Keywords: Begg and Mazumdar correlation, Homogeneous and heterogeneous, Residual heterogeneity, ROSES protocol.

Cite this article: Khorramdel, S., Nassiri Mahallati, M., Mokhtari, M., Latifi, H. 2022. Meta-analysis of the impact of soil fertilizers on quantitative and quality yield of medicinal plants: From past to now. *Crop Production Journal*, 15 (4), 183-204.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20086.2502

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



فرا تحلیل اثر حاصلخیز کننده‌های خاک بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی: از دیرباز تا کنون

سرور خرم دل^{۱*}، مهدی نصیری محلاتی^۲، محمود مختاری^۳، هدا لطیفی^۴

^۱ دانشیار، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، رایانامه: khorrarnedel@um.ac.ir

^۲ استاد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، رایانامه: mnasiri@um.ac.ir

^۳ استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قاینات، قاینات، ایران، رایانامه: mmlborn@yahoo.com

^۴ دانشجوی دکتری آگرواکولوژی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، رایانامه: hlatifi@rocketmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: بررسی تنوع و ناهمگونی نتایج مطالعات، نتیجه‌ای ضروری و اساسی است. بدین منظور، فراتحلیل روشی جامع برای تجزیه و تحلیل آماری چندین آزمایش مستقل بوده و در مطالعات کشاورزی، برای تعیین واکنش تیمارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزایای فراتحلیل شامل بررسی تلفیقی و کمی مجموعه‌ای بزرگ، پیچیده و گاهی متناقض از منابع است. به دلیل پراکندگی و تفاوت در نتایج مربوط به تاثیر حاصلخیزکننده‌ها بر رشد و عملکرد کمی و کیفی تعدادی از گونه‌های مهم دارویی، در این مطالعه از روش فراتحلیل استفاده شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۹ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۷	
واژه‌های کلیدی: آزمون همبستگی بگ و مازومدار پروتکل ROSES ناهمگونی باقی مانده همگنی و ناهمگنی	مواد و روش‌ها: این پژوهش با هدف بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های مختلف بر عملکرد کمی و کیفی تعدادی از گونه‌های مهم دارویی شامل اسفرزه، رازیانه، ریحان، مرزه، شوید، سیاه‌دانه و زیره سبز با استفاده از اطلاعات مقالات منتشر شده طی ۵۰ سال گذشته بر اساس پروتکل ROSES انجام شد. از مجموع ۷۸ مقاله انتخاب شده، ۱۸ مقاله مربوط به اسفرزه، ۸ مقاله روی رازیانه، ۱۲ مورد روی ریحان، ۱۱ عنوان روی مرزه، ۷ مورد روی شوید، ۹ عنوان روی سیاه‌دانه و ۱۳ مورد مربوط به زیره سبز بودند. اندازه اثر هجس، خطای انتشار (با استفاده از همبستگی بگ و مازومدار) و ضریب همبستگی تای کندال محاسبه و نمودارهای کیفی با استفاده از نرم-افزار Comprehensive Meta-Analysis, version 2 ترسیم شدند.
	نتایج: بر اساس نتایج اندازه اثر هجس، کاربرد ورمی کمپوست ($g=1/106$) بالاترین تاثیر را بر عملکرد اسفرزه داشت و رتبه بعدی برای تلفیق کودهای شیمیایی و آلی ($g=0/061$) به دست آمد. همچنین، کودهای مختلف اثر معنی داری بر عملکرد رازیانه و شوید نداشتند. اثر کاربرد کود زیستی ($g=0/053$) بر عملکرد سیاه‌دانه و کاربرد ترکیبی کودها و مصرف کود شیمیایی بر عملکرد زیره سبز معنی دار بود. کودهای دامی و ورمی کمپوست و ترکیب کودها با اندازه اثر به ترتیب با ۰/۶، ۰/۹ و ۰/۷ بر درصد موسیلاژ اسفرزه معنی دار بودند. کاربرد کودهای دامی، زیستی و ترکیبی بر اسانس رازیانه و شوید، سیاه‌دانه و زیره سبز اثر معنی داری داشت. بر اساس

نتایج آزمون همبستگی بگ و مازومدار، اثر کودهای شیمیایی بر زیره سبز غیریکنواخت بوده و مصرف این کودها در این گیاه دارویی قابل توصیه نیست؛ ولی اثر کودهای شیمیایی بر وزن خشک برگ ریحان همگن بود. در سایر موارد هم کاربرد کودهای زیستی، ورمی-کمپوست و دامی از یکنواختی و همگنی برخوردار بوده و با اطمینان ۹۵ درصد برای این گونه‌های دارویی قابل توصیه هستند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، ناهمگونی باقی‌مانده بالایی در فراتحلیل اثر حاصلخیزکننده‌های خاک بر گونه‌های دارویی مشاهده شد که نشان می‌دهد برای درک تأثیر تیمارهای کودی بر رشد، عملکرد کمی و کیفی این گونه‌های دارویی، تعیین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک نیز مورد نیاز است. نتایج این مطالعه بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی تحت تأثیر کودهای مختلف را براساس شواهد علمی موجود تأیید نمود که این موضوع زمینه‌ای را برای بهبود مدیریت این گیاهان فراهم می‌نماید.

استناد: خرم دل، س.، نصیری محلاتی، م.، مختاری، م.، لطیفی، ه. (۱۴۰۱). فراتحلیل اثر حاصلخیزکننده‌های خاک بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی: از دیرباز تاکنون. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۵ (۴)، ۲۰۴-۱۸۳.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20086.2502



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

پژوهش‌های زراعی همواره افزایش تولید را به عنوان هدف اصلی دنبال کرده‌اند (۱) و پیچیدگی‌های موجود در سطوح نظام‌های زراعی (از مقیاس تک بوته تا بوم‌نظام) موجب شده تا در طی زمان پژوهش‌های زراعی، گسترش یابد. از طرف دیگر، بروز مسائلی مانند بحران جهانی آب، کاهش بهره‌وری نهاده‌های شیمیایی، پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی، کاهش تنوع زیستی، تغییر اقلیم و نظایر آن اولویت‌های پژوهشی جدیدی را مدنظر پژوهش‌گران قرار داده (۲) که مطالعه آن‌ها مستلزم به‌کارگیری راهکارها و روش‌شناسی نوین پژوهشی برای مدیریت زراعی است (۳، ۴).

طی ۳۰ سال گذشته انجام پژوهش‌های مختلف زراعی در ایران گسترش چشم‌گیری یافته و افزایش قابل ملاحظه تعداد مقالات علمی مرتبط با این علوم و انتشار یافته‌های پژوهش‌هایی گواه این پیشرفت است. نتایج پژوهش نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۳) روی بررسی ساختار، خلاءها و اولویت‌های پژوهشی مقالات مرتبط با علوم زراعی طی ۳۰ سال گذشته نشان داده است که تعداد مقالات منتشر شده در کشور پس از یک دوره رکود ده ساله با الگویی سیگموئیدی به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است، به طوری که غلات و گیاهان صنعتی بیش‌ترین محوریت مطالعات را به خود اختصاص داده و گیاهان علوفه‌ای، گیاهان دارویی و حبوبات به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند (۵). آزمایش‌های یک ساله بیش‌ترین فراوانی را داشته و سهم پژوهش‌های بلند مدت اندک است. روش‌های مدیریت زراعی ۳۵ درصد از کل مقالات را به خود اختصاص داده‌اند، در حالی که سهم موضوع‌هایی نظیر پایداری نظام‌های زراعی، هوا و

اقلیم‌شناسی کشاورزی و مدل‌سازی کم‌تر از ۵ درصد گزارش شده است.

عصاره و معرفت (۲۰۰۵) با بررسی سهم مشارکت پژوهش‌گران ایرانی در تولید علم جهانی بیان نمودند که افزایش چاپ مقاله در کشور بسیار مشهود بوده که این موضوع باعث بهبود درصد حضور در دنیای علم شده است (۶). بر اساس گزارش مؤسسات بین‌المللی، ایران در بین ۱۴۶ کشور جهان در سال ۲۰۰۵ میلادی از نظر شاخص پایداری محیطی در رتبه ۱۳۲ قرار داشته و در مقایسه ۲۱ کشور بیابانی و خشک جهان نیز از حیث این شاخص مرتبه ۱۵ را کسب نموده است (۷). پرتی و همکاران (۲۰۱۰) ۱۰۰ سؤال مهم پیش روی کشاورزی جهان در قرن حاضر را مورد بررسی قرار دادند تا الگویی برای سیاست‌گذاران، پژوهش‌گران و مروجین این بخش فراهم سازند (۸). مروری بر این سؤالات نشان می‌دهد که تغییرات جهانی اقلیم، پایداری بوم‌نظام‌های زراعی و تنوع زیستی چالش‌های اصلی کشاورزی محسوب می‌شوند. از سوی دیگر، بر اساس توصیه‌های گروه مشاوره‌ای پژوهش‌های بین‌المللی کشاورزی^۱ (۹)، مطالعات مدیریت و حفاظت از منابع پایه به‌منظور تولید پایدار مواد غذایی بر پژوهش‌های مرتبط با بهبود یا افزایش عملکرد گیاهان اولویت دارد. به اعتقاد برخی پژوهش‌گران، ارائه تکنولوژی‌های جدید بدون توجه به پیامدهای زیست‌محیطی، افزایش تولید محصولات زراعی بدون توجه به پیامدهای تغییر اقلیم و در نظرگرفتن تنوع زیستی، آینده روشنی را تصویر نخواهد کرد (۸، ۱۰) و در واقع، به نوعی بازنگری در ساختار رایج در پژوهش‌های کشاورزی نیاز است (۵). فرا تحلیل^۲ نوعی روش تجزیه و تحلیل آماری جامع برای چندین آزمایش یا مطالعه مستقل است و

1- Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR)

2- Meta-analysis

گونه‌های مهم دارویی شامل گیاهان اسفرزه، رازیانه، ریحان، مرزه، شوید، سیاه‌دانه و زیره سبز انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از پروتکل ROSES^۲ که توسط هاداوی و همکاران (۲۰۱۸) برای مطالعات محیط‌زیستی و بوم‌شناسی تهیه شده است، استفاده گردید (۲۳). این پروتکل شامل سه مرحله جستجو، غربال‌گری و آماده‌سازی مطالعات برای ورود به فرآیند فراتحلیل است (۱۹).

برای شناسایی و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، کلیه مطالعات انجام شده بر روی هفت گونه گیاه دارویی مهم شامل اسفرزه، رازیانه، شوید، سیاه‌دانه، زیره سبز، ریحان و مرزه طی ۵۰ سال گذشته (از سال ۱۳۵۰) با استفاده از پایگاه‌های علمی معتبر نظیر سیولیکا، ایرانداک و مگیران جستجو و جمع‌آوری شدند. جستجو بر اساس واژه‌های کلیدی نام گونه‌های دارویی مورد نظر و انواع حاصلخیزکننده‌های خاک (شامل کود زیستی، ورمی‌کمپوست، کود دامی، کود شیمیایی و تلفیقی از کودها) انجام شد. پس از آن، برای شناسایی و کدگذاری بر اساس روش کوپر و هجس (۱۹۹۴) فرم‌هایی طراحی گردید (۲۴) و اطلاعات و داده‌های مورد نیاز مربوط به برخی صفات مهم شامل عملکرد دانه، وزن خشک برگ، درصد اسانس، عملکرد اسانس و درصد موسیلاژ این گونه‌های گیاهی استخراج شد (۲۴). بر این اساس، برای هر مطالعه، فرم پیش‌نویسی تهیه و اطلاعات آماری مورد نیاز (شامل نوع طرح، تعداد تکرار، درجه آزادی تیمار، میانگین مربعات تیمار، میانگین‌های تیمار و شاهد، مقادیر آزمون‌ها (F, t) و ضرایب رگرسیونی و همبستگی (۲۴)) و اطلاعات شناسنامه‌ای مقالات

در مطالعات کشاورزی استفاده از این روش، عمدتاً برای بررسی واکنش تیمارها و مکانیسم‌های مؤثر بر آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲). آلیسون و همکاران (۲۰۰۱) با اجرای فراتحلیل روی پژوهش‌های کشاورزی طی یک دوره ۴۰ ساله در آمریکا، مقالات منتشر شده را طبقه‌بندی و بازده اقتصادی آن‌ها را تعیین نمودند (۱۱). نتایج این مطالعه نشان داد که بخش عمده پژوهش‌ها در این کشور کاربرد بوده و ۴۶/۸ درصد از مقالات بر افزایش عملکرد محصولات زراعی متمرکز بوده‌اند. طی سال‌های اخیر، فراتحلیل به طور گسترده‌ای برای بررسی اثر روش‌های مختلف مدیریت زراعی چون برگرداندن بقایای گیاهی به خاک (۱۱، ۱۲، ۱۳)، خاک‌ورزی حفاظتی (۱۴، ۱۵)، کم‌آبیاری (۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰) و همچنین، کاربرد حاصلخیزکننده‌ها در تولید برخی گیاهان زراعی (۲) و زعفران (۲۱، ۲۲) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. با این حال و با عنایت به وجود نتایج مختلف در زمینه اثر مدیریت زراعی بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی، اطلاعات جامعی در مورد واکنش شاخص‌های کمی و کیفی این گیاهان تحت تأثیر انواع حاصلخیزکننده‌های خاک وجود ندارد.

بر این اساس، با توجه به جنبه‌های کمی و کیفی اهمیت گیاهان دارویی و از طرفی توسعه کاشت آن‌ها در نظام‌های زراعی، ارزیابی، جمع‌بندی و سامان‌دهی مطالعات انجام شده به منظور مشخص نمودن خلأها و ارائه توصیه‌های لازم برای پژوهش‌ها و مدیریت پایدار این گونه‌های گیاهی بر مبنای مصرف حاصلخیزکننده‌های خاک به عنوان یکی از اصلی‌ترین راهبردهای زراعی مؤثر بر کمیت و کیفیت تولید این گیاهان ضروری به نظر می‌رسد. لذا این مطالعه با هدف فراتحلیل اثر انواع حاصلخیزکننده‌های آلی و شیمیایی خاک بر رشد و عملکرد کمی و کیفی تعدادی از

در این رابطه، d = شاخص تفاوت میانگین های گروهی کوهن، M_1 = میانگین تیمار و M_2 = میانگین شاهد است. در رابطه ۱ صورت کسر، تفاضل میانگین های جامعه در واحدهای اندازه گیری اصلی و مخرج کسر ریشه دوم واریانس ادغام شده دو گروه را نشان می دهد. جهت محاسبه واریانس ادغام شده دو گروه از رابطه ۲ استفاده شدند (۲۳، ۲۵).

$$\delta_{pooled} = \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2}{2}} \quad \text{رابطه ۲:}$$

در این رابطه، δ_{pooled} = واریانس ادغام شده دو گروه، δ_1^2 = واریانس تیمار و δ_2^2 = واریانس شاهد است. برای بررسی شاخص بزرگی اندازه اثر هجس^۷ (Hedge's g) از رابطه ۳ استفاده شد (۲۳، ۲۵).

$$g = \frac{M_1 - M_2}{\delta_{pooled}} \quad \text{رابطه ۳:}$$

در این رابطه، g = شاخص تفاوت میانگین های گروهی هجس، M_1 = میانگین تیمار، M_2 = میانگین شاهد و δ_{pooled} = واریانس ادغام شده دو گروه است. لازم به ذکر است در این پژوهش، تیمارهای کودی به عنوان تیمار و عدم کاربرد کود به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. در ادامه برای حصول اطمینان از اندازه اثر، میانگین و انحراف استاندارد اندازه اثر با استفاده از رابطه های ۴ و ۵ محاسبه شد (۲۳، ۲۵).

$$SE = d_{average} = \frac{\sum di}{n} \quad \text{رابطه ۴:}$$

در این رابطه، SE = متوسط اندازه اثر بر اساس روش کوهن، n = تعداد مطالعه و d_i = شاخص تفاوت

شامل مشخصات پژوهش (نظیر عنوان، نام نویسنده و یا نویسندگان، محل، طول مدت، مکان و سال اجرا و سال و مشخصات چاپ) استخراج شدند. بر اساس این پروتکل، ۷۸ مطالعه شرایط ورود به فراتحلیل را دارا بودند.

تحلیل آماری در مطالعات فراتحلیل از دو بخش معنی داری و محاسبه اندازه اثر^۴ تشکیل می شود. معنی داری آماری نشان می دهد که آیا ارتباط و اختلاف مشاهده شده بین گروه های مطالعه تنها با شانس و تصادف همراه بوده است (فرضیه صفر، H_0) یا خیر (فرضیه مخالف، H_1). میزان این احتمال توسط p -value محاسبه می شود. به بیان دیگر، مشخص می شود که تفاوت یا ارتباط مشاهده شده تا چه میزان بر اساس شانس بوده است (۱۹). از آنجا که آزمون های آماری نمی توانند قدرت یا شدت روابط بین متغیرها را نشان دهند، لذا در این آزمون ها محاسبه اندازه اثر که در حقیقت تفاوت بین شاخص مورد مطالعه در شاهد و آزمایش را نشان می دهد، ضروری به نظر می رسد. برای محاسبه اندازه اثر روش های مختلفی ارائه شده است. مهم ترین شاخص ها گروه d بوده و عمدتاً برای تعیین تفاوت استاندارد بین میانگین ها (تفاوت های گروهی) محاسبه می شوند. برای تعیین اندازه اثر، روش هجس^۵ مورد استفاده قرار گرفت (۲۳، ۲۵).

برای تعیین اندازه اثر، شاخص های مبتنی بر تفاوت های گروهی (d) از روش کوهن^۶ (Cohen's) بر مبنای رابطه ۱ محاسبه شدند (۲۳، ۲۵).

$$d = \frac{M_1 - M_2}{\delta_{pooled}} \quad \text{رابطه ۱:}$$

- 4- Effect size
5- Hedges method
6- Cohen's method Standard deviation

7- Hedges effect size

میانگین‌های گروهی هجس است. انحراف استاندارد (SD)^۸ بین مطالعات از طریق رابطه ۵ محاسبه گردید (۲۳، ۲۵).

$$SD_{se} = \frac{\sum(di - \bar{d})^2}{n} \quad \text{رابطه ۵:}$$

از آنجا که ممکن است نتایج پژوهش‌های دارای معنی‌داری مثبت، بیش از سایر مطالعات مورد توجه قرار گیرد و وجود چنین مطالعاتی در فراتحلیل منجر به برآورد دست بالای اثرات آزمایش می‌شود. از سوی دیگر، ممکن است چنین پژوهش‌هایی چندین بار چاپ شده و پژوهش‌گر را دچار خطا کند که به آن خطای انتشار گفته می‌شود (۲۲، ۲۳، ۲۵)، در این راستا خطای انتشار استفاده و نمودار کیفی ترسیم شد (۲۶، ۲۷). این نمودار بر این حقیقت استوار است که وزن آماری مطالعه با افزایش اندازه نمونه همبستگی مستقیم دارد. بنابراین، مطالعات با اندازه نمونه کوچک، به صورت گسترده در پایین نمودار پراکنده می‌شوند و مطالعات دارای اندازه نمونه بزرگ‌تر معمولاً در قسمت بالای نمودار و نزدیک به میانگین اثر، متمرکز هستند. در صورت عدم وجود خطا، نمودار شبیه به قیف بر عکس می‌شود و در صورت وجود خطا نمودار کیفی به صورت غیرمقارن در می‌آید (۲۷). آزمون آماری در این مطالعه جهت تشخیص خطای انتشار، بر پایه نمودار کیفی بوده و همگنی و ناهمگنی این نمودارها مورد آزمون قرار گرفت. در صورت همگن بودن نمودار کیفی، وجود خطای انتشار را می‌توان رد کرد؛ اما برای قضاوت صریح باید از آزمون آماری استفاده نمود (۲۶، ۲۷).

برای بررسی میزان و چگونگی خطای انتشار (ناشی از انتشار نتایج معنی‌دار مثبت)، از آزمون همبستگی رتبه‌ای بگ و مازومدار^۹ استفاده شد. به بیان

دیگر، این آزمون وابستگی بین اندازه اثر و واریانس نمونه را بررسی می‌کند. آماره آزمون، آماره Z و دارای توزیع نرمال بوده و معمولاً مقادیر معنی‌داری دو طرفه آزمون گزارش می‌شود. سطح معنی‌داری در واقع، مقدار آزمون آماری احتمالی است که سازگاری داده‌های نمونه را با فرض صفر (وجود تقارن در نمودار کیفی) تعیین می‌کند و بر اساس آن، فرض صفر رد یا تایید می‌شود (۲۶، ۲۷).

برای محاسبه اندازه اثر گروه‌های d و x شاخص اندازه اثر هجس و خطای انتشار و ترسیم نمودارهای کیفی از نرم‌افزار Comprehensive Meta-Analysis, version 2 استفاده شد (۲۷، ۲۸).

نتایج و بحث

بر مبنای جستجو و دریافت مقالات در خصوص گیاهان دارویی در ۵۰ سال اخیر (از سال ۱۳۵۰) با استفاده از پایگاه‌های علمی معتبر، ۱۳۵ مقاله و پایان نامه استخراج گردید که ۵۷ مقاله و پایان‌نامه به علت وجود داده‌های مشابه و عدم وجود جدول تجزیه واریانس حذف شدند. بیش‌تر مطالعات با سه تکرار انجام شده بود. در مجموع، بر اساس شاخص‌های مورد نظر، ۷۸ مطالعه در زمینه اثر حاصلخیزکننده‌های خاک بر رشد کمی و کیفی گونه‌های دارویی مختلف انتخاب شدند که از این میان، ۱۸، ۸، ۱۲، ۱۱، ۷، ۹ و ۱۳ مطالعه به ترتیب به اسفرزه، رازیانه، ریحان، مرزه، شوید، سیاه‌دانه و زیره سبز اختصاص داشتند. بر اساس تقسیم‌بندی موضوعی نیز عملکرد دانه، درصد اسانس، درصد موسیلاژ و عملکرد اسانس به ترتیب در ۹۰، ۲۶، ۲۳ و ۱۹ درصد مقالات بررسی شده بودند. بر مبنای نوع حاصلخیزکننده‌ها نیز کودهای دامی، شیمیایی، ترکیب تلفیقی کودها، کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست به ترتیب در ۵۹، ۳۱، ۲۶، ۲۴ و ۱۸ درصد مقالات مورد استفاده قرار گرفته بودند (جدول

8- Standard deviation

9- Begg and Mazumdar rank correlation

فرا تحلیل اثر حاصلخیزکننده‌های خاک بر عملکرد... / سرور خرم دل و همکاران

۱). نتایج اندازه اثر کاربرد انواع حاصلخیزکننده‌های خاک (شامل کودهای زیستی، ورمی کمپوست، دامی، شیمیایی و تلفیقی از کودها) بر عملکرد دانه، درصد

جدول ۱- مقادیر اندازه اثر حاصلخیزکننده‌های مختلف بر عملکرد کمی و کیفی گونه‌های دارویی با فاصله اطمینان ۹۵ درصد.
Table 1- Values of effect size for different fertilizers on quantity and quality yield of medicinal plants with 95% confidence interval.

مدل (تصادفی) Model (randomly)	تعداد مطالعه Numbers of study	تعداد تیمارها Treatment numbers	اندازه اثر هجس Hedges effect size	مقدار P p-value	خطای استاندارد Standard error	حد پایین Lower limit	حد بالا Upper limit
کود شیمیایی بر عملکرد دانه اسفرزه Chemical fertilizer on seed yield of psyllium	7	13	0.025	0.881	0.168	-0.304	0.354
کود زیستی بر عملکرد دانه اسفرزه Bio-fertilizer on seed yield of psyllium	2	6	0.006	0.978	0.227	-0.439	0.452
ورمی کمپوست بر عملکرد دانه اسفرزه Vermicompost on seed yield of psyllium	3	8	1.106	0.000	0.209	0.696	1.515
کود دامی بر عملکرد دانه اسفرزه Manure on seed yield of psyllium	8	13	0.045	0.727	0.127	-0.205	0.294
ترکیب کودها بر عملکرد دانه اسفرزه Integrated fertilizers on seed yield of psyllium	6	21	0.061	0.597	0.115	-0.164	0.286
کود شیمیایی بر عملکرد دانه رازیانه Chemical fertilizer on seed yield of fennel	4	11	0.008	0.947	0.113	-0.214	0.229
ورمی کمپوست بر عملکرد دانه رازیانه Vermicompost on seed yield of fennel	4	10	0.005	0.979	0.189	-0.366	0.375
کود دامی بر عملکرد دانه رازیانه Manure on seed yield of fennel	2	6	0.019	0.928	0.211	-0.394	0.432
کود شیمیایی بر عملکرد دانه شوید Chemical fertilizer on seed yield of dill	4	9	0.172	0.452	0.228	-0.276	0.619
ترکیب کودها بر عملکرد دانه شوید Integrated fertilizers on seed yield of dill	3	8	0.115	0.538	0.186	-0.250	0.479
کود شیمیایی بر عملکرد دانه سیاه‌دانه Chemical fertilizer on seed yield of black seed	4	7	0.095	0.558	0.163	-0.224	0.414
کود زیستی بر عملکرد دانه سیاه‌دانه Bio-fertilizer on seed yield of black seed	3	13	0.553	0.000	0.153	0.253	0.853
کود شیمیایی بر عملکرد دانه زیره سبز Chemical fertilizer on seed yield of cumin	7	11	0.630	0.000	0.097	0.439	0.821
کود زیستی بر عملکرد دانه زیره سبز Bio-fertilizer on seed yield of cumin	4	9	0.335	0.003	0.112	0.116	0.555
کود دامی بر عملکرد دانه زیره سبز Manure on seed yield of cumin	3	4	0.361	0.136	0.242	-0.114	0.836

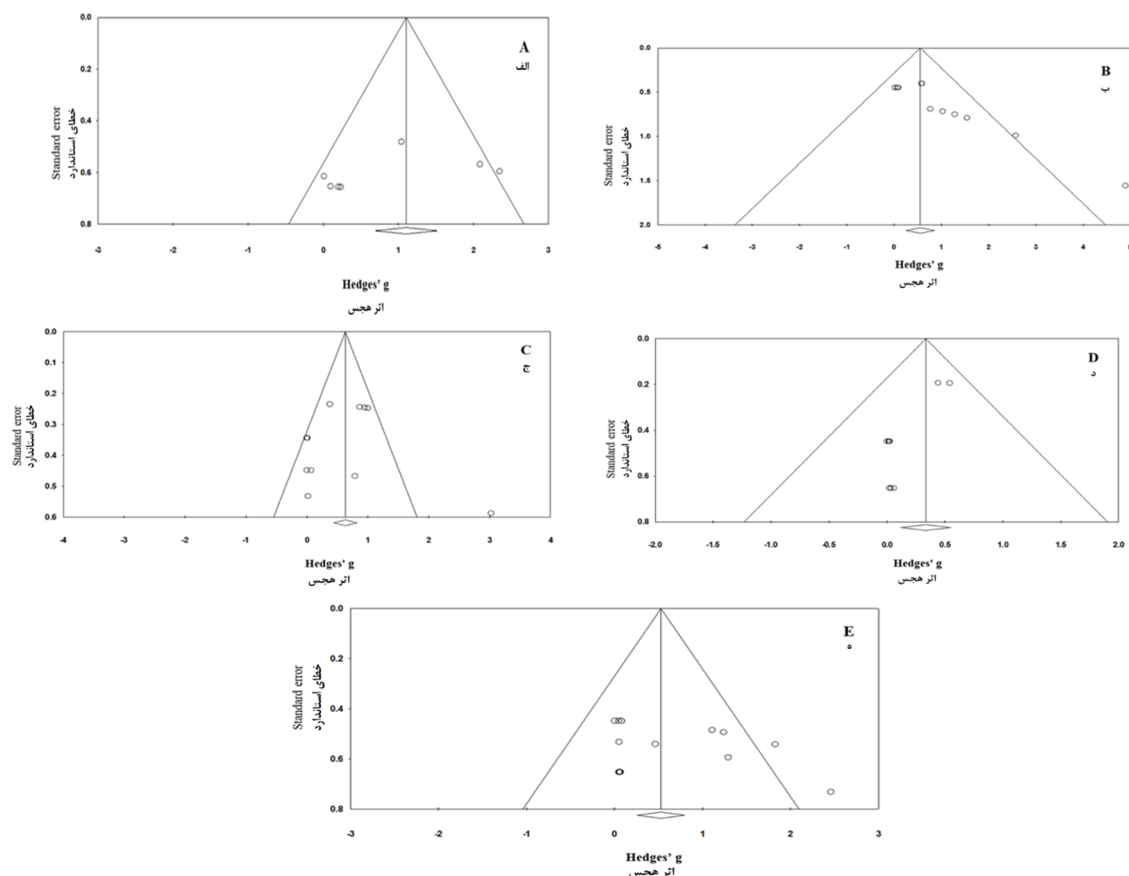
Manure on seed yield of cumin							
ترکیب کودها بر عملکرد دانه زیره سبز							
Integrated fertilizers on seed yield of cumin	6	15	0.529	0.000	0.138	0.258	0.799
کود شیمیایی بر درصد موسیلاژ اسفزه							
Chemical fertilizer on mucilage percentage of psyllium	6	10	0.601	0.006	0.219	0.173	1.030
کود زیستی بر درصد موسیلاژ اسفزه							
Bio-fertilizer on mucilage percentage of psyllium	2	6	0.269	0.243	0.230	-0.183	0.721
ورمی کمپوست بر درصد موسیلاژ اسفزه							
Vermicompost on mucilage percentage of psyllium	2	4	0.929	0.008	0.353	0.238	1.620
کود دامی بر درصد موسیلاژ اسفزه							
Manure on mucilage percentage of psyllium	5	9	0.625	0.002	0.204	0.225	1.026
ترکیب کودها بر درصد موسیلاژ اسفزه							
Integrated fertilizers on mucilage percentage of psyllium	3	11	0.708	0.001	0.208	0.300	1.117
کود شیمیایی بر درصد اسانس رازیانه							
Chemical fertilizer on essential oil percentage of fennel	2	7	-0.449	0.018	0.190	-0.822	-0.076
ورمی کمپوست بر درصد اسانس رازیانه							
Vermicompost on essential oil percentage of fennel	2	5	1.478	0.000	0.424	0.647	2.309
کود دامی بر درصد اسانس رازیانه							
Manure on essential oil percentage of fennel	2	6	1.479	0.000	0.326	0.839	2.119
کود شیمیایی بر درصد اسانس شوید							
Chemical fertilizer on essential oil percentage of dill	4	7	2.019	0.000	0.340	1.354	2.685
کود زیستی بر درصد اسانس شوید							
Bio-fertilizer on essential oil percentage of dill	3	5	6.138	0.000	0.862	4.449	7.828
ترکیب کودها بر درصد اسانس شوید							
Integrated fertilizers on essential oil percentage of dill	2	4	10.020	0.000	1.572	6.939	13.100
کود شیمیایی بر درصد اسانس سیاه‌دانه							
Chemical fertilizer on essential oil percentage of black seed	3	13	2.705	0.000	0.703	1.328	4.083
کود زیستی بر درصد اسانس سیاه‌دانه							
Bio-fertilizer on essential oil percentage of black seed	2	5	2.185	0.000	0.315	1.568	2.802
کود شیمیایی بر عملکرد اسانس زیره سبز							
Chemical fertilizer on essential oil yield of cumin	5	8	3.523	0.000	0.264	3.005	4.041
کود زیستی بر عملکرد اسانس زیره سبز							
Bio-fertilizer on essential oil yield of cumin	3	6	1.986	0.000	0.184	1.625	2.347
ورمی کمپوست بر عملکرد اسانس زیره سبز							
Vermicompost on essential oil yield of cumin	3	6	1.075	0.000	0.273	0.539	1.610
ترکیب کودها بر عملکرد اسانس زیره سبز							
Integrated fertilizers on essential oil yield of cumin	4	10	0.659	0.003	0.220	0.228	1.091

عملکرد دانه را تایید می‌نماید، به طوری که در بین کودهای آلی (کود دامی و ورمی کمپوست)، زیستی (فسفات بارور) و شیمیایی (سوپر فسفات تریپل)، بیش‌ترین تاثیر بر عملکرد دانه مربوط به کاربرد ورمی کمپوست بود (۱۵).

در شکل ۱ نمودارهای کیفی اثر تقارن کاربرد ورمی کمپوست، کود زیستی، کودهای شیمیایی و زیستی و مصرف تلفیقی کودها بر عملکرد دانه گونه‌های دارویی مورد نظر نشان داده شده است.

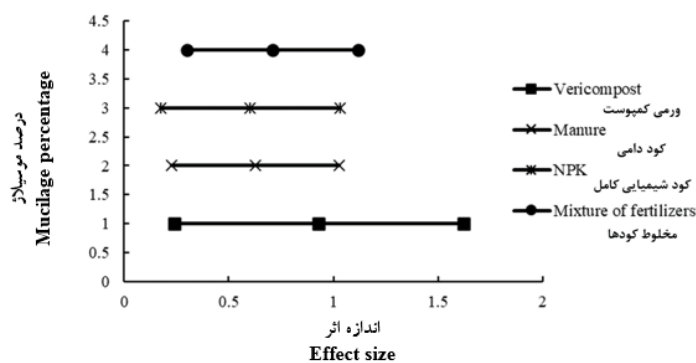
همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، اثر مصرف کود زیستی بر عملکرد دانه سیاه‌دانه نسبتاً متقارن بود و خطای انتشار نداشت، با توجه به پراکندگی نقاط که نزدیک به نوک قیف معکوس قرار دارند، دقت مطالعات بالا بوده و دامنه این اثرها کم و مقادیر اندازه اثر با فاصله اطمینان ۹۵ درصد قابل توصیه است. نتایج نشان‌دهنده خطای انتشار در مطالعات تاثیر تقارن مصرف ورمی کمپوست بر عملکرد دانه اسفرزه، تاثیر تقارن مصرف کود شیمیایی، کود زیستی و تلفیقی از کودها بر عملکرد دانه زیره سبز بود که ممکن است به تمایل پژوهش‌گران برای به‌دست آوردن نتایج از پیش تعیین شده با حجم نمونه کم مربوط باشد (۲۰). البته برخی پژوهش‌گران تأثیر مثبت کودهای آلی و مرغی بر عملکرد دانه به منظور جایگزینی با کودهای شیمیایی را تأیید نموده‌اند (۲). اندازه اثر کاربرد انواع حاصلخیزکننده‌ها بر درصد موسیلاژ اسفرزه در شکل ۲ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج جدول ۱ روی اندازه اثر هجس، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که کاربرد ورمی کمپوست ($g=1/106$) بالاترین تاثیر را بر عملکرد اسفرزه داشته و رتبه بعدی مربوط به کاربرد تلفیقی کودها ($g=0/061$) بوده است. کم‌ترین اندازه اثر نیز برای مصرف کود شیمیایی ($g=0/025$) محاسبه شد (جدول ۱) و مصرف سایر حاصلخیزکننده‌ها روی این گیاه دارویی تاثیر معنی‌داری نداشته است. همچنین، با توجه به مقادیر اندازه اثر هجس در گیاهان رازیانه و شوید، می‌توان چنین نتیجه گرفت که هیچ کدام از کودها اثر معنی‌داری بر عملکرد این گیاهان نداشته‌اند. در گیاه سیاه‌دانه، کاربرد کود زیستی با اندازه اثر برابر با $g=0/053$ و در گیاه زیره سبز نیز کاربرد ترکیبی کودها و کود شیمیایی بر عملکرد معنی‌دار بود. درصد موسیلاژ اسفرزه تحت تاثیر کودهای دامی و ورمی کمپوست و ترکیب کودها با مقادیر اندازه اثر به ترتیب با $0/6$ ، $0/9$ و $0/7$ بر درصد موسیلاژ معنی‌دار بود. کاربرد کودهای دامی زیستی و ترکیبی همگی بر اسانس رازیانه و شوید، سیاه‌دانه و زیره سبز اثر معنی‌داری داشتند. همچنین، بیش‌ترین اندازه اثر برای مصرف کود زیستی و ترکیب کودها برای درصد اسانس شوید و همچنین کاربرد کود شیمیایی بر عملکرد اسانس زیره سبز محاسبه شد (جدول ۱). بیش‌ترین تاثیر حاصلخیزکننده‌های خاک بر عملکرد دانه مربوط به تاثیر ورمی کمپوست بر عملکرد دانه اسفرزه بود (جدول ۱). نتایج مطالعه ریسی (۲۰۱۲) نیز تاثیر مثبت ورمی کمپوست بر



شکل ۱- نمودارهای قیفی عملکرد دانه اسفرزه تحت تأثیر ورمی کمپوست (الف)، عملکرد دانه سیاه‌دانه تحت تأثیر کود زیستی (ب)، عملکرد دانه زیره سبز تحت تأثیر کود شیمیایی (ج)، عملکرد دانه زیره سبز تحت تأثیر کود زیستی (د) و عملکرد دانه زیره سبز تحت تأثیر تلفیقی از کودها (ه).

Figure 1- Funnel graphs for seed yield of psyllium as affected by vermicompost (a), seed yield of blackseed as affected by bio-fertilizer (b), seed yield of cumin as affected by chemical fertilizer (c), seed yield of cumin as affected by bio-fertilizer (d) and seed yield of cumin as affected by integrated fertilizers (e).



شکل ۲- اندازه اثر حاصلخیزکننده‌های مختلف بر درصد موسیلاژ اسفرزه با فاصله اطمینان ۹۵ درصد.

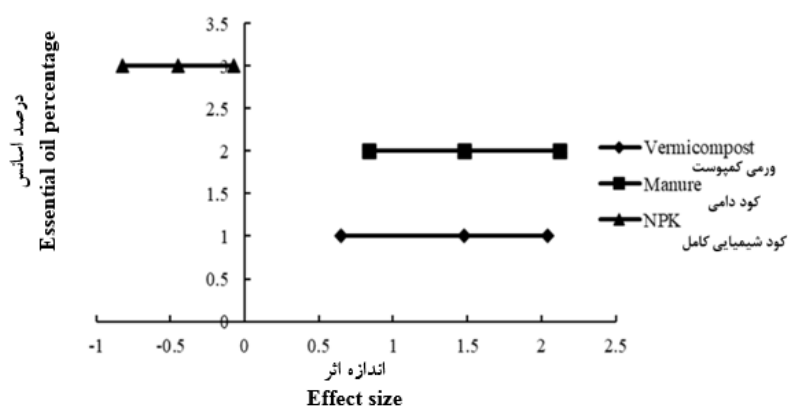
Figure 2- Effect size for different fertilizers on mucilage percentage of psyllium with 95% confidence interval.

مختلف بر درصد موسیلاژ در گیاه اسفرزه به کود شیمیایی ($g=0/025$) اختصاص داشت (شکل ۲). در خصوص تأثیر حاصلخیزکننده‌های خاک بر درصد موسیلاژ اسفرزه، نتایج متفاوتی وجود دارد. وطن-

کاربرد ورمی کمپوست بر درصد موسیلاژ اسفرزه دارای بیش‌ترین اندازه اثر ($g=1/106$) بوده و در رتبه بعدی تیمار کاربرد تلفیقی از کودها ($g=0/061$) قرار گرفت. کم‌ترین اندازه اثر برای کاربرد کودهای

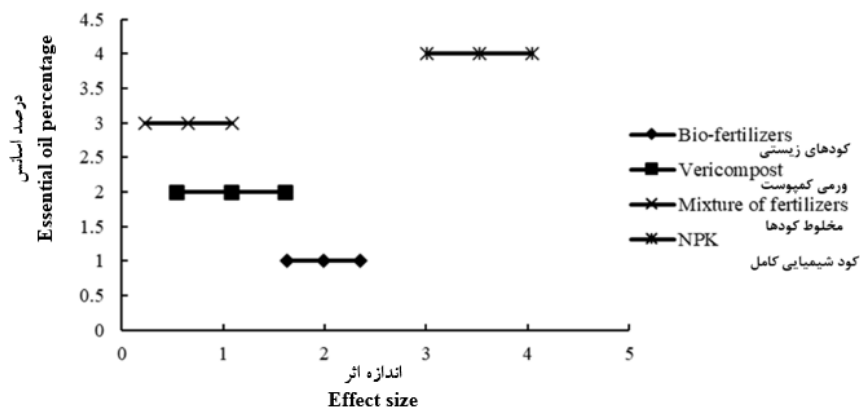
شیمیایی، این نهاده‌ها می‌توانند جایگزین مناسبی برای بهبود رشد و عملکرد گونه‌های دارویی نظیر اسفرزه در نظام‌های کم‌نهاده باشند (۳۰). همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، کاربرد ورمی‌کمپوست بیش‌ترین اندازه اثر ($g=1/479$) را بر درصد اسانس رازیانه داشته و مصرف کودهای شیمیایی ($g=-0/449$) با تاثیر منفی، موجب کاهش درصد اسانس این گیاه دارویی شد.

شناس (۲۰۱۷) در پژوهشی نشان داد که بیش‌ترین درصد موسیلاژ در تیمارهای تلفیقی از کودها (ورمی‌کمپوست + کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست + ازتوباکتر) حاصل شد (۲۹). در مطالعه‌ای دیگر بخشی (۲۰۱۳) نشان داد که بیش‌ترین میزان موسیلاژ اسفرزه از کاربرد کود شیمیایی به‌دست آمد و میزان موسیلاژ تحت تاثیر کود گاوی قرار نگرفت. وی همچنین عنوان نمود با توجه به تاثیر مثبت کودهای آلی بر عملکرد کمی و کیفی اسفرزه در مقایسه با کودهای



شکل ۳- اندازه اثر حاصلخیزکننده‌های مختلف بر درصد اسانس رازیانه با فاصله اطمینان ۹۵ درصد.

Figure 3- Effect size for different fertilizers on essential oil percentage of fennel with 95% confidence interval.



شکل ۴- اندازه اثر مصرف حاصلخیزکننده‌های مختلف بر درصد اسانس زیره سبز با فاصله اطمینان ۹۵ درصد.

Figure 4- Effect size for different fertilizers on essential oil percentage of cummin with 95% confidence interval.

بیش از آن، کاهش یافت (۳۱). فازکاس و همکاران (۱۹۹۱) گزارش نمودند که مصرف کود نیتروژن تاثیری بر درصد اسانس دانه گیاه انیسون و ترکیبات تشکیل دهنده اسانس از جمله آنتول ($C_{10}H_{10}O$)

نتایج مطالعه شافعی نقلبری (۲۰۱۸) در خصوص تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر میزان اسانس رازیانه نشان داد که محتوی اسانس با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن افزایش و با مصرف

محاسبه شد. همچنین، خطای استاندارد کاربرد کود زیستی ($E=0/184$) نسبت به سایر کودها کم تر به دست آمد (شکل ۴). در خصوص تاثیر حاصلخیزکننده های خاک بر درصد اسانس زیره سبز، نتایج متفاوتی وجود دارد. نتایج مطالعه ربیعی (۲۰۱۳) نشان داد که سطوح مختلف کود دامی، شیمیایی و زیستی بر درصد اسانس زیره سبز معنی دار نیست (۳۳). بیننده (۲۰۱۷) در مطالعه ای دریافت که بیشترین درصد اسانس به تیمارهای تلفیق کودهای بیولوژیک و شیمیایی نسبت به مصرف جداگانه هر یک از آنها تعلق دارد (۳۴).

ندارد (۳۲). با توجه به اینکه مهم ترین ماده تشکیل دهنده اسانس رازیانه نیز آنتول است، کاهش میزان اسانس این گیاه با افزایش مصرف نیتروژن قابل توجیه می باشد (۳۱). اندازه اثر کاربرد کودهای زیستی، ورمی کمپوست، شیمیایی و تلفیقی از کودها بر درصد اسانس زیره سبز در شکل ۴ نشان داده شده است. کاربرد کود شیمیایی دارای بیشترین اندازه اثر ($g=2/705$) بر درصد اسانس زیره سبز بود و کمترین اندازه اثر ($g=0/569$) برای مصرف کود زیستی

جدول ۲- اندازه اثر حاصلخیزکننده های مختلف بر وزن خشک برگ و درصد اسانس ریحان و مرزه با فاصله اطمینان ۹۵ درصد.

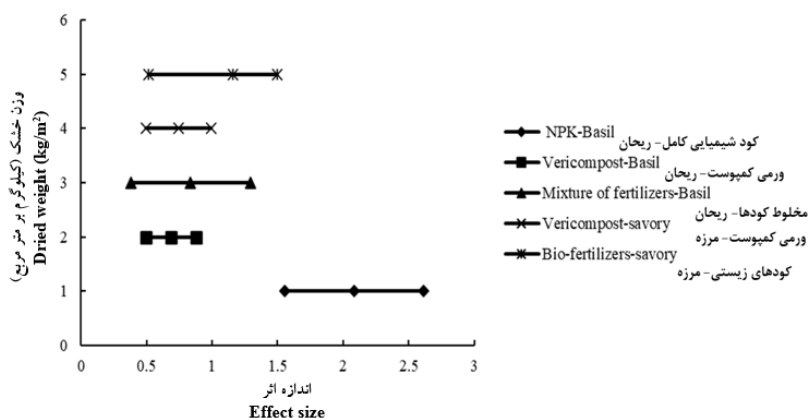
Table 2- Effect size for different fertilizers on dried weight of leaves and essential oil percentage of basil and savory with 95% confidence interval.

مدل (ثابت) Model (fixed)	تعداد مطالعه Study numbers	تعداد تیمارها Treatment numbers	اندازه اثر Hedges effect size	مقدار P p-value	خطای استاندارد Standard error	حد پایین Lower limit	حد بالا Upper limit
کود شیمیایی بر وزن خشک برگ ریحان Chemical fertilizer on leaf dried weight of basil	4	7	2.084	0.000	0.269	1.557	2.612
ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ ریحان Vermicompost on leaf dried weight of basil	6	54	0.689	0.000	0.097	0.498	0.879
ترکیب کودها بر وزن خشک برگ ریحان Integrated fertilizers on leaf dried weight of basil	3	6	0.835	0.000	0.232	0.379	1.290
ورمی کمپوست بر وزن خشک مرزه Vermicompost on dried weight of savory	5	25	0.744	0.000	0.127	0.496	0.993
کود زیستی بر وزن خشک مرزه Bio-fertilizer on dried weight of savory	4	20	1.496	0.000	0.213	0.512	1.158
ورمی کمپوست بر درصد اسانس ریحان Vermicompost on essential oil percentage of basil	2	5	8.054	0.000	1.227	1.079	1.914
ترکیب کودها بر درصد اسانس ریحان Integrated fertilizers on essential oil percentage of basil	2	10	0.994	0.128	0.654	-0.287	2.276
کود شیمیایی بر عملکرد اسانس مرزه Chemical fertilizer on essential oil yield of savory	5	8	0.225	0.125	0.147	-0.063	0.512
کود زیستی بر عملکرد اسانس مرزه Bio-fertilizer on essential oil yield of savory	3	12	0.268	0.127	0.176	-0.076	0.613
ترکیب کودها بر عملکرد اسانس مرزه Integrated fertilizers on essential oil yield of savory	2	7	0.791	0.000	0.213	0.374	1.209

تلفیقی از کودها بر عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۲).

همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده است، کاربرد کود شیمیایی بیش‌ترین اندازه اثر ($g=2/074$) را بر وزن خشک ریحان داشت و کود زیستی بر وزن خشک مرزه ($g=1/496$) در رتبه بعدی قرار گرفت. مصرف ورمی‌کمپوست بر ریحان، کم‌ترین اندازه اثر ($g=0/054$) را داشت.

نتایج بررسی‌ها در مورد گیاه ریحان نشان می‌دهد که تاثیر مصرف انواع حاصلخیزکننده‌های خاک به ویژه کودهای شیمیایی ($g=2/084$) بر وزن خشک برگ و درصد اسانس بجز تاثیر تلفیقی از کودها ($g=0/994$) و با ارزش $p=0/128$ بر درصد اسانس معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مطالعات روی گیاه مرزه نیز مشخص شد که فقط تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و کود زیستی بر وزن خشک برگ و همچنین، تاثیر



شکل ۵- اندازه اثر مصرف حاصلخیزکننده‌های مختلف بر وزن خشک مرزه و ریحان با فاصله اطمینان ۹۵ درصد.

Figure 5- Effect size for different fertilizers on dried weight of savory and basil with 95% confidence interval.

می‌گردد (۳۷). یکی از کاربردهای کود زیستی افزایش نیتروژن و هورمون‌های گیاهی و محیط مناسب رشد ریشه بوده که این موضوع باعث افزایش دوام سطح برگ، بهبود فتوسنتز و به تبع آن باعث افزایش ماده خشک برگ می‌شود (۱۵، ۲۸، ۳۳، ۳۷، ۳۸).

نتایج بررسی میزان و چگونگی خطای انتشار (ناشی از نتایج معنی‌دار مثبت) روی اثر حاصلخیزکننده‌ها بر برخی صفات کمی و کیفی گیاهان دارویی مورد بررسی با استفاده از آزمون همبستگی رتبه‌ای بگ و مازومدار در جدول ۳ نشان داده شده است.

شارما و همکاران (۲۰۲۰) نیز تاثیر مثبت کودهای نیتروژن روی رشد گونه‌های مختلف دارویی از جمله رازیانه و سرخارگل را تایید نمودند (۳۵). آذریونند (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای در خصوص تاثیر کود شیمیایی نیتروژن بر وزن خشک برگ ریحان دریافت که با مصرف کود شیمیایی، وزن خشک برگ افزایش یافته که احتمالاً با بهبود جذب نیتروژن به عنوان عنصری مؤثر در ساختار کلروفیل و در نتیجه شاخص سبزیگی برگ را به دنبال داشته است (۳۶). نتایج مطالعه کاظمی حصار (۲۰۱۴) نشان داد که مصرف کود زیستی باعث افزایش وزن خشک برگ مرزه

جدول ۳- آزمون خطای انتشار فراتحلیل اثر کودهای مختلف بر عملکرد دانه و ویژگی‌های کیفی تعدادی از گیاهان دارویی با استفاده از آزمون همبستگی بگ و مازومدار.

Table 2- Test of publication bias in meta-analysis for different fertilizers on seed yield and quality criteria of medicinal plants by using Begg and Mazumdar correlation.

نوع الگو Type of pattern	آماره آزمون (Z) Symbol of test (z)	مقدار p P- value	ضریب تائ کندانال Kendall's Tau coefficient	نتیجه آزمون Test result
ورمی کمپوست- عملکرد دانه اسفرزه Vermicompost-seed yield of psyllium	0.618	0.268	-0.18	ناهمگن Heterogeneous
کود شیمیایی- درصد موسیلاژ اسفرزه Chemical fertilizer-mucilage percentage of psyllium	2.683	0.003	0.68	همگن Homogeneous
ورمی کمپوست - درصد موسیلاژ اسفرزه Vermicompost-mucilage percentage of psyllium	2.038	0.020	1	همگن Homogeneous
کود دامی- درصد موسیلاژ اسفرزه Manure-mucilage percentage of psyllium	3.753	0.000	1	همگن Homogeneous
ترکیب کودها- درصد موسیلاژ اسفرزه Integrated fertilizers-mucilage percentage of psyllium	2.724	0.003	0.63	همگن Homogeneous
کود شیمیایی- درصد اسانس رازیانه Chemical fertilizer-essential oil percentage of fennel	1.051	0.146	-0.33	ناهمگن Heterogeneous
ورمی کمپوست - درصد اسانس رازیانه Vermicompost-essential oil percentage of fennel	2.204	0.013	0.90	همگن Homogeneous
کود دامی- درصد اسانس رازیانه Manure-essential oil percentage of fennel	1.690	0.045	0.60	همگن Homogeneous
کود شیمیایی- درصد اسانس شوید Chemical fertilizer-essential oil percentage of dill	3.153	0.000	1	همگن Homogeneous
کود زیستی- درصد اسانس شوید Bio-fertilizer-essential oil percentage of dill	2.204	0.013	1	همگن Homogeneous
ترکیب کودها- درصد اسانس شوید Integrated fertilizers-essential oil percentage of dill	2.038	0.020	1	همگن Homogeneous
کود شیمیایی- عملکرد دانه زیره سبز Chemical fertilizer-seed yield of cumin	0.700	0.241	0.16	ناهمگن Heterogeneous
کود زیستی - عملکرد دانه زیره سبز Bio-fertilizer-seed yield of cumin	0.834	0.202	0.22	ناهمگن Heterogeneous
ترکیب کودها - عملکرد دانه زیره سبز Integrated fertilizers-seed yield of cumin	2.622	0.004	0.50	همگن Homogeneous
کود شیمیایی- عملکرد اسانس زیره سبز Chemical fertilizer-essential oil yield of cumin	1.360	0.086	0.40	ناهمگن Heterogeneous
کود زیستی- عملکرد اسانس زیره سبز Bio-fertilizer-essential oil yield of cumin	1.315	0.094	0.46	ناهمگن Heterogeneous
ورمی کمپوست - عملکرد اسانس زیره سبز Vermicompost-essential oil yield of cumin	2.442	0.007	1	همگن Homogeneous
ترکیب کودها- عملکرد اسانس زیره سبز Integrated fertilizers-essential oil yield of cumin	1.375	0.000	1	همگن Homogeneous

فرا تحلیل اثر حاصلخیز کننده های خاک بر عملکرد... / سرور خرم دل و همکاران

نوع الگو Type of pattern	آماره آزمون (z) Symbol of test (z)	مقدار p P- value	ضریب تائ کندانال Kendall's Tau coefficient	نتیجه آزمون Test result
کود شیمیایی-درصد اسانس سیاه دانه Chemical fertilizer-essential oil percentage of black seed	4.758	0.000	1	همگن Homogeneous
کود زیستی-درصد اسانس سیاه دانه Bio-fertilizer-essential oil percentage of black seed	2.449	0.007	1	همگن Homogeneous
کود زیستی-عملکرد دانه سیاه دانه Bio-fertilizer-seed yield of black seed	3.721	0.094	0.79	همگن Homogeneous
کود شیمیایی-وزن خشک برگ ریحان Chemical fertilizer-leaf dried weight of basil	2.553	0.005	0.80	همگن Homogeneous
ورمی کمپوست-وزن خشک برگ ریحان Vermicompost-leaf dried weight of basil	8.189	0.000	0.91	همگن Homogeneous
ترکیب کودها-وزن خشک برگ ریحان Integrated fertilizers-leaf dried weight of basil	2.818	0.002	1	همگن Homogeneous
ورمی کمپوست-درصد اسانس ریحان Vermicompost-essential oil percentage of basil	2.449	0.007	1	همگن Homogeneous
ورمی کمپوست-وزن خشک برگ مرزه Vermicompost-leaf dried weight of savory	4.904	0.000	0.70	همگن Homogeneous
کود زیستی-وزن خشک برگ مرزه Bio-fertilizer-leaf dried weight of savory	6.131	0.000	1	همگن Homogeneous
ترکیب کودها-عملکرد اسانس مرزه Integrated fertilizers-essential oil yield of savory	2.252	0.012	0.71	همگن Homogeneous

و ترکیب کودها بر عملکرد اسانس زیره سبز، مصرف کود شیمیایی و زیستی بر درصد اسانس سیاه دانه و کاربرد کود زیستی بر عملکرد دانه سیاه دانه، مصرف کلیه کودها بر وزن خشک برگ ریحان، کاربرد ورمی کمپوست بر درصد اسانس ریحان و مصرف کود زیستی و ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ مرزه و کاربرد ترکیب کودها بر عملکرد اسانس مرزه از همگنی و عدم خطای انتشار برخوردار بوده و نتایج اندازه اثر آنها با ۹۵ درصد اطمینان قابل توصیه است (جدول ۳). همچنین، نتایج مصرف اثر کودهای دامی و ورمی کمپوست بر درصد موسیلاژ اسفرزه، همگن و قابل توصیه بوده و برای درصد اسانس شوید کاربرد کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب کودها همگن

بر اساس تحقیقات، مطالعاتی که ضریب همبستگی تائ کندانال بین ۰/۵ و ۰/۷۵ محاسبه می شود ($0/05 < \text{Tau} < 0/75$)، همگن هستند؛ ولی به منظور افزایش دقت پیشنهاد می شود که مطالعات تکمیلی نیز انجام شود. در مقابل، مطالعاتی که ضریب همبستگی تائ کندانال بیش از ۰/۷۵ تعیین می شود، خطای انتشار ندارند و می توان نتایج فرا تحلیل را با اطمینان ۹۵ درصد صحیح و قابل توصیه دانست ($\text{Tau} > 0/75$) (جدول ۳).

مطالعات دارای کمترین خطای انتشار شامل کاربرد ورمی کمپوست و کود دامی بر درصد موسیلاژ اسفرزه، مصرف کودهای شیمیایی و زیستی و ترکیب کودها بر درصد اسانس شوید، کاربرد ورمی کمپوست

بلندمدت نیاز دارد که به جای تولید بر منابع و به جای تکنولوژی بر انسان تمرکز داشته باشد (۶).

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج این مطالعه روی فراتحلیل اثر حاصلخیزکننده‌های خاک روی رشد و ویژگی‌های کمی و کیفی تعدادی از گونه‌های مهم دارویی مشخص شد که آزمون همگنی و خطای انتشار، غیر از مطالعات مربوط به مصرف کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد اسانس زیره سبز، کود شیمیایی بر عملکرد دانه زیره سبز، کود شیمیایی بر درصد اسانس رازیانه (که تاثیر منفی داشته است) و ورمی‌کمپوست بر عملکرد دانه اسفرزه، همگن بوده و مطالعات دارای اندازه اثر بزرگ‌تر از یک، به صورت کاربردی و قابل توصیه به کشاورزان هستند. بیش‌ترین اندازه اثر برای کودهای ورمی‌کمپوست، زیستی و دامی محاسبه شد. البته در مورد زیره سبز و ریحان، مصرف کودهای شیمیایی بیش‌ترین اندازه اثر را داشته که دلیل آن احتمالاً مربوط به قدمت طولانی‌تر استفاده از کودهای شیمیایی در مزارع این گیاهان دارویی در مقایسه با سایر گونه‌ها است.

بر اساس نتایج آزمون همگنی بگ و مازومدار مشخص شد که اثر کودهای شیمیایی بر زیره سبز دارای غیریکنواختی بوده و مصرف این کودها قابل توصیه نیستند؛ ولی نتایج کاربرد کود شیمیایی بر وزن خشک برگ ریحان همگن بوده و در سایر موارد هم مصرف کودهای زیستی، ورمی‌کمپوست و دامی از یکنواختی و همگنی برخوردار بوده و با اطمینان ۹۵ درصد قابل توصیه است. لذا به عنوان نتیجه نهایی استفاده از کودهای زیستی، دامی و ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی توصیه شده و در صورت نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی بهتر است این کودها بصورت ترکیبی با کودهای آلی مورد استفاده

هستند. برای درصد اسانس زیره سبز کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست و ترکیب کودها نیز همگن است. برای سیاه‌دانه، کاربرد کودهای زیستی شیمیایی و ترکیب کودها بر عملکرد و درصد اسانس دارای همگنی و یکنواختی هستند. برای درصد اسانس و وزن خشک ریحان نیز کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست و ترکیب کودها همگن بوده و برای مرزه نیز مصرف کودهای زیستی و سپس ورمی‌کمپوست و ترکیب کودها از همگنی برخوردار هستند (جدول ۳). ابراهیم و همکاران (۲۰۱۳) نیز نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای دامی از نوع مرغی موجب افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه و فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی در گیاه دارویی *Labisia pumila* Benth. شد (۳۹). احمدی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های خاک در گیاه سرخارگل نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای دارای آزادسازی آهسته نیتروژن، علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاهان دارویی بدلیل ساختار پلیمری می‌تواند به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی در تولید پایدار این گیاه دارویی مدنظر قرار گیرد (۴۰).

به‌طور کلی، بر اساس فراتحلیل مقالات چاپ شده در زمینه گیاهان دارویی مشخص است که ساختار پژوهشی رایج در زمینه پژوهش‌های گونه‌های مهم دارویی در کشور بر پایه نوعی تفکر مبتنی بر «انقلاب سبز» استوار است (۴۱) و این رویکرد یک‌جانبه همراه با تشدید فشار جمعیت، به شدت محیط زیست، منابع طبیعی و تنوع زیستی را در معرض نابودی قرار داده است (۱۰، ۲۶). بر این اساس، سازمان‌ها و مؤسسات بین‌المللی پژوهش‌های حفاظت و مدیریت منابع پایه، انجام پژوهش‌های مختلف در زمینه تولید پایدار را بجای نگاه یک‌جانبه و افزایش تولید مقدم می‌دانند. بنابراین، تلاش برای افزایش تولید پایدار و در عین حال، حفظ انسجام محیط به انواعی از پژوهش‌های

می‌رسد که موفقیت و کارایی پژوهش‌ها در زمینه گیاهان دارویی در صورتی تضمین خواهد شد که این پژوهش‌های از جهت‌گیری‌های علمی دقیق برخوردار بوده و در طی زمان قادر باشند تا علاوه بر ارائه راه‌حل‌های کاربردی در جهت رفع موانع تولید و افزایش عملکرد کمی و کیفی، پایداری نظام‌های تولید این گیاهان را در بلندمدت نیز مورد توجه قرار داده و در عین حال، دانش موجود را نیز ارتقا دهند.

سیاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهشی شماره ۶۷۸۲ مورخ ۱۳۹۷/۰۳/۲۳ معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

قرار گیرند، زیرا مصرف این کودها به تنهایی بر ویژگی‌های کیفی برخی گیاهان دارویی از جمله رازیانه اثر منفی به همراه داشته است.

ناهمگونی باقی‌مانده بالایی در فراتحلیل اثر نوع تیمار کودی بر گونه‌های دارویی مورد مطالعه محاسبه شد که نشان می‌دهد برای درک کامل تأثیر تیمارهای کودی بر رشد، عملکرد کمی و کیفی تعیین ویژگی‌های خاک نیز مورد نیاز است. همچنین، از آنجا که در مطالعات فراتحلیل تعداد مطالعات و اندازه اثر همبستگی مستقیم و مثبت با نتایج و درصد اطمینان دارد، توصیه می‌شود مطالعات غیرهمگن تکرار شوند تا بتوان نتایج قابل اطمینان و کاربردی را در زمینه بهبود رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی برای کشاورزان توصیه نمود. در نهایت، به نظر

References

1. García-Mier, L., Guevara-González, R.G., Mondragón-Olguín, V.M., del Rocío Verduzco-Cuellar, B. and Irineo Torres-Pacheco, I. 2013. Agriculture and Bio actives: Achieving both crop yield and phytochemicals. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 2. 4203-4222.
2. Fan, X., Chen, Z., Niu, Z., Zeng, R., Ou, J., Liu, X. and Wang, X. 2021. Replacing synthetic nitrogen fertilizer with different types of organic materials improves grain yield in China: A meta-analysis. *Agronomy.* 11: 12. 2429.
3. Davis, G.S., Oram, J.S. and Ryan, J.G. 1999. Assessment of agricultural research priorities: An international perspective. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
4. Lale, U., Pretty, J., Terry, E. and Trigo, E. 2010. Transforming agricultural research for development. Global Conference on Agricultural Research for Development, Montpellier, France, March 2010.
5. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Ghorbani, R. and Khorramdel, S. 2013. 30 Years of agronomic research in Iran: I. Evaluation of trends, gaps and setting priorities. *J. Agroecol.* 5: 4. 383-394. (In Persian)
6. Osareh, F. and Marefat, R. 2005. Iranian researchers to participate in the production of global science in MEDLINE (Interdisciplinary field between Science and Medicine). *Rahyaf J.* (35): 39-44. (In Persian)
7. Environmental Sustainability Index (ESI), 2005. 2005 environmental sustainability index: Benchmarking national environmental stewardship. Yale Center for Environmental Low and Policy. Yale University.
8. Pretty, J., Sutherland, W.J., Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., Bell, M., Bentley, J., Bickersteth, S., Brown, K., Burke, J., Campbell, H., Chen, K., Crowley, E., Crute, I., Dobbelaere, D., Jones, G.E., Monzote, F.F., Godfray, C.J., Griffon, M., Gyipmantisiri, P., Hddad, L., Halavatau, S., Herren, H., Holderness, M., Izac, A.M., Jones, M., Koocheki, P., Lal, R., Lang, T., McNeely, J., Mueller, A., Nishett, N., Noble, A., Pingall, P., Pinto, Y., Robbinge, R., Ravinderanath, N.H., Rala, A., Rolling, N., Sage, C., Settle, W., Sha, J.W., Shiming, L., Simons, T., Smith, P., Sterzepeck, K., Swine, H., Terry, E., Tonich, T.P.,

- Toulmin, C., Trigo, E., Twonlow, S., Vis, J.K., Wilson, J. and Pligrim, S. 2010. The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *Int. J. Agric. Sustain.* 8: 4. 220-238.
9. TAC/CGIAR. 2008. Sustainable agricultural production: Implications for international agricultural research. FAO Research and Technology Paper, TAC/CGIAR, Rome.
 10. Mannion, A.M. 2005. Agriculture and environmental change: Temporal and spatial dimensions. John Wiley and Sons, England.
 11. Alison, J.M., Chan-Kang, C., Marra, M.C., Pardey, P.G. and Wyatt, T.J. 2001. A meta-analysis on rate of return for agricultural R&D. IFPRI Research Report 113, Washington DC.
 12. Yang, J.H., Luo, Y.L., Chen, J., Jin, M., Wang, Z.L. and Li, Y. 2020. Effects of main food yield under straw return in China: A meta-analysis. *Sci. Agric. Sin.* 21: 4415-4429.
 13. Zhang, R., Zhao, X., Pu, C., Liu, S.L., Xue, J.F., Zhang, X.Q., Chen, F. and Zhang, H.L. 2015. Meta-analysis on effects of residue retention on soil N₂O emissions and influence factors in China. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 31: 22. 1-6.
 14. Chen, H., Dai, Z., Veach, A.M., Zheng, J., Xu, J. and Schadt, C.W. 2020. Global meta-analyses show that conservation tillage practices promote soil fungal and bacterial biomass. *Agric. Ecosyst. Environ.* 293: 1. 106841.
 15. Raissi, A.S. 2012. Effect of organic manure, biological and chemical fertilizers on seed capabilities, qualitative and quantitative properties of Isabgol. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Zabol. Iran. (In Persian)
 16. Adu, M.O., Yawson, D.O., Abano, E.E., Asare, P.A., Armah, F.A. and Opoku, E.K. 2019. Does water-saving irrigation improve the quality of fruits and vegetables? Evidence from meta-analysis. *Irrig. Sci.* 37: 6. 669-690.
 17. Cheng, M., Wang, H., Fan, J., Zhang, S., Wang, Y., Li, Y., Sun, X., Yang, L. and Zhang, F. 2021. Water productivity and seed cotton yield in response to deficit irrigation: A global meta-analysis. *Agric. Water Manag.* 255: c. 107027.
 18. Sadras, V.O. 2008. Does partial root-zone drying improve irrigation water productivity in the field? A meta-analysis. *Irrig. Sci.* 27: 3. 183-190.
 19. 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. *J. Water Res. Agric.* 35: 2. 139-150. (In Persian)
 20. Razaji, A., Panknejad, F., Moarefi, M., Mahdavi Damghani, A. and Nabi Ilkaee, M. 2020. Meta-analytical study of the effect of drought stress on cotton's performance and its components in Iran. *J. Crop Ecophysiol.* 14: 1. 157-172. (In Persian)
 21. Khorramdel, S., Mokhtari, M. and Latifi, H. 2022. The impact of various soil fertilizers on yield and growth criteria of saffron: A meta-analysis of field studies. *Saffron Agron. Technol.* In Press. (In Persian)
 22. Mokhtari, M., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 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 Agron. Technol.* 5: 4. 311-327. (In Persian)
 23. 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. *Environ. Evid.* 7: 1. 1-8.
 24. Cooper, H.M. and Hedges, L.V. 1994. *The Hand Book of Research Synthesis*. Russell Sage Foundation. New York.
 25. Ghazi-Tabatabaei, M. and Vedadhir, A.A. 2010. *Meta-Analysis in Social and Behavioral Research*. Press Jameashnasan, Tehran, Iran. 296p. (In Persian)
 26. Light, R. and Pillemer, D. 1984. *Summing up. The science of reviewing research*. Harvard University Press, Cambridge.

27. Rothstein, H.R., Sutton, A.J. and Borenstein, M. 2005. Publication Bias in Meta-analysis: Prevention, Assessment and Adjustment. 2005, Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
28. Borenstein, M., Hedges, L., Higgins, J.P.T. and Rothstein, H.R. 2009. Introduction meta-analysis. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, Cornwall, UK.
29. Vatan Shenas, M. 2017. Effects of organic, bio and chemical fertilizers on morphological and physiological characteristics of medicinal plant *Plantago psyllium*. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Iran. (In Persian)
30. Bakhshi, S. 2013. Effect of chemical, organic and biological fertilizers on quantity and quality criteria of isabgol (*plantago ovata*) on low-input system. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Zabol. Iran. (In Persian)
31. Shafeei Noghlebari, S. 2018. Effect of nitrogen and manure application on seed yield and essential oil content of fennel. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Guilan. Iran. (In Persian)
32. Fazecas, I., Borccan, I., Lazar, V., Samaila, M. and Nistoran, I. 1991. Studies on the effects of fertilizers and sowing date on the yield and essential oil content in (*Pimpinella anisum* L.) in the years 1978-1980. Lucrari Scientific. Institute Agronomic Timisoara, Agronomic. 18: 84-91.
33. Rabii, A. 2013. Effect of manure, chemical and biological fertilizers on seed yield and essence content of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Vali-E-Asr University of Rafsanjan. Iran. (In Persian)
34. Binandeh, M. 2017. Effect of biochemical fertilizer and their combination on qualitative and quantitative characteristics in cumin accessions. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Shahed University. Iran. (In Persian)
35. Sharma, T., Kaur, A., Supreet Saajan, S. and Thakur, R. 2020. Effect of nitrogen on growth and yield of medicinal plants: A review paper. Eur. J. Mol. Clin. Med. 7: 7. 2771-2776.
36. Azarpeyvand, H. 2012. Effect of biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of basil. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Birjand. Iran. (In Persian)
37. Kazemi Hessar, Z. 2014. The effect of biofertilizers on growth parameters, and quantitative and qualitative characteristics in three plant accession of savory (*Satureja hortensis* L.) the two cultures. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Iran. (In Persian)
38. Moradi, R., Rezvani, Moghaddam, P., Nassiri, Mahallati, M. and Lakzian, A. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Iran. J. Field Crop Res. 7: 2. 625-635. (In Persian)
39. Ibrahim, M.H., Jaafar, H.Z.E., Karimi, E. and Ghasemzadeh, A. 2013. Impact of organic and inorganic fertilizers application on the phytochemical and antioxidant activity of Kacip Fatimah (*Labisia pumila* Benth). Molecules. 18: 9. 10973-10988.
40. Ahmadi, F., Samadi, A. and Rahimi, A. 2020. Improving growth properties and phytochemical compounds of *Echinacea purpurea* L. medicinal plant using novel nitrogen slow-release fertilizer under greenhouse conditions. Sci. Rep. 10: 1. 13842.
41. Khosh, G.S. 1999. Green revolution: preparing for the 21th century. Genome. 42: 646-655.

