مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۵ ، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) با روش فراتحلیل

علیرضا شاه محمدی[1]، عبدالمجید مهدوی دامغانی[2]*، مهناز سلاطین[3]، هانیه رشید رستمی[4]

۱-دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- استاد گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳- مدیر تحقیقات هلدینگ کشاورزی و دامپروری سازمان اتکا، تهران، ایران
۴- دانشجوی دکتری، گروه هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۷

چکیده

مقابله با چالش‌های کمبود مواد غذایی ناشی از افزایش جمعیت، سبب توسعه سیستم‌های کشاورزی وابسته به کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها گردید. از سویی دیگر سیستم‌های جایگزین تولید به‌منظور کاهش خطرات سیستم‌های تولید فشرده و افزایش بازده با به‌کارگیری روش‌های اکولوژیک و استفاده از کودهای زیستی و آلی ظهور کرده‌اند. هدف این فراتحلیل بررسی اثرات مصرف کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد وزن خشک و اسانس نعناع فلفلی و مقایسه اثرات گروه‌های کودی با یکدیگر بود. با استفاده از اطلاعات مقالات منتشرشده طی ۲۰ سال گذشته و بر اساس پروتکل ROSES مجموعاً ۳۴ مطالعه موردبررسی قرار گرفت. بنابراین، اندازه اثر هجس، خطای انتشار، همبستگی بگ و مازومدار و ضریب همبستگی تای کندال با استفاده از نرم‌افزار فراتحلیل محاسبه شد. نتایج نشان داد کودهای زیستی اثر مثبتی بر افزایش عملکرد وزن خشک و اسانس نعناع فلفلی داشتند. مقدار ۸ لیتر نیتروکسین در هکتار با مقدار اندازه اثر معادل (g=۱/۴۱۲) و (g=۱/۲۰۰) با ۹۵ درصد اطمینان مصرف کودهای زیستی سبب افزایش ماده خشک و اسانس نعناع فلفلی شد. اندازه اثر استفاده از کودهای شیمیایی نیز با مقدار و قدرت بیشتری از کودهای زیستی بر عملکرد وزن خشک و اسانس تأثیرگذار بود. نتایج آزمون همبستگی بگ و مازومدار نشان داد که اثر کودهای شیمیایی و کود زیستی بر نعناع فلفلی همگن بود. آزمون N ایمن از خطا نیز نشان داد که دقت و صحت مطالعات انجام‌شده بالا است. بنابراین می توان با اتکا بر کودهای زیستی در توسعه کشاورزی ارگانیک و یا تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی در رهیافت‌های نوظهور مانند کشاورزی سالم اقدام به تولید محصول نعناع فلفلی نمود.

واژهای کلیدی: اندازه اثر هجس، فراتحلیل، کود زیستی، نعناع فلفلی، همبستگی بگ و مازومدار

* نویسنده مسئول (Ashahmohammadi.sbu@gmail.com)

مقدمه

تقاضای جهانی برای محصولات کشاورزی به دلیل رشد جمعیت در حال افزایش است (Batista *et al.*, 2018). با افزایش جمعیت جهان، تقاضا برای غذا نیز افزایش می‌یابد. ازاین‌رو، تغذیه جمعیت گسترده فعلی که مطمئناً با گذشت زمان رشد خواهد کرد، یک کار مهم است (Mahanty *et al.*, 2017). برای مقابله با چالش‌های کمبود مواد غذایی ناشی از افزایش جمعیت، جایگزین‌های مختلف کشاورزی ازجمله استفاده از کودهای شیمیایی یا مصنوعی، آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها برای تولید محصولات با عملکرد بالا در کوتاه‌ترین زمان ممکن و محافظت از آن‌ها در برابر خطرات استفاده شده است (Glick *et al.*, 2014). بااین‌حال، استفاده از کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها نگرانی عمومی زیادی را در مورد پایداری، ایمنی و امنیت عرضه مواد غذایی ایجاد کرده است (Liu *et al.*, 2015). ازاین‌رو، نیاز به جایگزین‌هایی مانند کود زیستی در تضمین ایمنی و امنیت غذایی ضروری است (Egamberdieva *et al.*, 2015). تخمین زده می‌شود که بازار کودهای زیستی با نرخ رشد سالانه ترکیبی ۱۴ درصد از سال ۲۰۱۵ تا سال ۲۰۲۵ به ۱/۸۸ میلیارد دلار برسد (Raja, 2013). برای تغذیه جمعیت رو به رشد با مقدار کمبود مواد مغذی موجود، جهان قطعاً نیاز به تشویق بهره‌وری کشاورزی به روشی پایدار و سازگار با محیط‌زیست دارد. ازاین‌رو، ارزیابی مجدد بسیاری از رویکردهای کشاورزی موجود که شامل استفاده از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها می‌شود، ضروری است (Pretty & Bharucha, 2015). کودهای زیستی مقرون‌به‌صرفه و سازگار با محیط‌زیست هستند و استفاده طولانی‌مدت آن‌ها حاصلخیزی خاک را به‌طور فراوان ای افزایش می‌دهد (Raja, 2013). مشخص‌شده است که استفاده از کودهای زیستی با افزایش پروتئین، اسیدهای آمینه حیاتی و ویتامین‌ها و تثبیت نیتروژن، عملکرد محصول را ۱۰ تا ۴۰ درصد افزایش می‌دهد (Bhardwaj *et al.*, 2014). بررسی سیستماتیک، مربوط به ۷۷

مطالعه نشان داد علیرغم بازده کمتر، سیستم‌های آلی عملکرد محیط‌زیستی بهتری نسبت به سیستم‌های معمولی نشان می‌دهند (Boschiero *et al.*, 2023). امروزه کشت گندم به‌ویژه در کشورهای بسیار توسعه‌یافته بیشتر به‌صورت فشرده (سیستم متعارف) انجام می‌شود که مبتنی بر استفاده گسترده از کودهای معدنی و محصولات شیمیایی حفاظت از گیاهان است (Durham *et al.*, 2021). چنین سیستم تولیدی بازده بالا را تضمین می‌کند (Billsborrow *et al.*, 2013; Mazzoncini *et al.*, 2015). اما با خطرات زیادی به‌خصوص برای محیط‌زیست همراه است. بررسی سیستماتیک یا فراتحلیل به‌ویژه در کمی سازی پتانسیل تیمارهای زیستی و آلی در تولید و عملکرد مؤثر است. افزایش شناخت و دانش در مورد بهترین عملکرد تیمارهای زیستی گیاهان دارویی در پذیرش کودهای زیستی مؤثر خواهد بود. این به‌نوبه خود باعث جایگزینی روش‌های تولید ارگانیک و کاهش خطرات زیست‌محیطی و سلامت می‌شود (Lamichhane *et al.*, 2022). نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) یک گیاه دارویی است که به‌طور گسترده کاربردهای همه‌جانبه در طب سنتی و صنایع کشت می‌شود (Anwar *et al.*, 2019). کشت نعناع فلفلی در ایران با چالش‌های مربوط به نیاز آبی بالا و اثرات محیط‌زیستی کودهای شیمیایی مواجه است (Shadkam *et al.*, 2024). برای رفع این نگرانی‌ها، استفاده از کودهای آلی مانند ورمی کمپوست و کودهای زیستی موردتوجه قرارگرفته است. هدف این مطالعه تعیین تأثیر حاصلخیز کننده‌های زیستی و شیمیایی بر وزن خشک و درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی بود.

مواد و روش‌ها

روش‌های ترکیب شواهد شامل بررسی‌های سیستماتیک و نقشه‌ها در حال تبدیل‌شدن به یک استاندارد برای فهرست‌نویسی، گردآوری و بررسی شواهد مستند شده است (CEE, 2013). فراتحلیل از طریق فرآیندهای شفاف و قابل تکرار، به حداکثر رساندن عینیت و تلاش برای به حداقل رساندن سوگیری و ارزیابی اثربخشی مداخلات مدیریتی یا تأثیر

یک عمل انسانی یا طبیعی استفاده می‌شود (Pullin & Knight, 2009). در حال حاضر ترکیب مطالعات کمی و کیفی در فراتحلیل، یک روش استاندارد است (Morgan *et al.*, 2016). برای انجام این پژوهش از پروتکل ROSES که توسط *et* Haddaway *et al* (2018) توسعه داده‌شده استفاده شد. پروتکل ROSES به استخراج فراداده و جنبه‌های کلیدی آن می‌پردازد. بنابراین به تسهیل مرور و ارزیابی سریع یک فراتحلیل کمک می‌کند. به‌منظور ورود به فرایند فراتحلیل از سه مرحله جستجو، غربالگری و آماده‌سازی استفاده می‌شود (Haddaway *et al.*, 2018). بررسی مطالعات سال‌های اخیر در رابطه با گیاه نعناع فلفلی و تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر وزن خشک نعناع فلفلی و درصد اسانس آن از طریق پایگاه‌های علمی معتبر ازجمله Google Scholar، Civilica و Sid انجام شد. جستجو بر اساس واژه‌های کلیدی شامل نام گیاه موردمطالعه و کودهای زیستی (نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، ازتوباکتر)، هیومیک اسید و کود شیمیایی (اوره) انجام گرفت. بنابراین، نوع تیمارهای آزمایشی، نوع و مقادیر کودها و مقادیر عملکردی وزن خشک و اسانس مورداستفاده قرار گرفت. از میان مطالعات مرتبط با گیاه نعناع فلفلی ۳۴ مطالعه به دلیل شرایط بررسی به‌منظور انجام فراتحلیل انتخاب شدند.

در حال حاضر، یکی از مهم‌ترین مفاهیم در ادبیات فراتحلیل، مفهوم اندازه اثر است. در مفهوم گسترده آماری، اندازه اثر، نسبت آزمون معناداری به حجم مطالعه است. بنابراین، اندازه اثر نشان‌دهنده میزان یا درجه حضور پدیده‌ای در جامعه است و هر چه اندازه اثر بزرگ‌تر باشد، درجه حضور پدیده هم بیشتر است (Thompson & Snyder, 1997). از سویی دیگر آزمون معنی‌داری مشخص می‌کند که علت وقوع یک پدیده تصادفی است یا از الگوی خاصی پیروی می‌کند. بنابراین لازم است همگام با نتیجه آزمون معنی‌داری به مقدار اندازه اثر توجه شود؛ این امر سبب افزایش توان و اعتبار آزمون در شرایط برابر بودن حجم نمونه و سطح معنی‌داری می‌شود.

دسترسی به مقادیر میانگین، واریانس و یا انحراف معیار گروه‌ها محاسبات مرتبط با اندازه اثر حاصل می‌شود، به‌طورکلی رایج‌ترین آماره‌ها در این زمینه r و d هستند. شاخص گروه d عمدتاً برای تعیین تفاوت استاندارد بین میانگین‌ها (تفاوت‌های گروهی) محاسبه می‌شود. این شاخص برای تعیین اندازه اثر هجس[1] مورداستفاده قرار می‌گیرد. همچنین در انجام یک فراتحلیل، ارزیابی سوگیری انتشار اهمیت ویژه‌ای دارد. در یک فراتحلیل امکان بررسی همه مطالعات انجام‌شده به دلایل مخالفی همچون عدم انتشار، سوگیری نتایج و غیره وجود دارد (Michael & Ghebremical, 2023). بنابراین در صورت وجود سوگیری، نتایج نهایی فراتحلیل دچار خطا و شکست خواهد شد. بنابراین، شناسایی و تصحیح سوگیری انتشار ضروری است (Macaskill *et al.*, 2000).

اطلاعات استخراج‌شده از مطالعات نهایی با استفاده از نرم‌افزار جامع فراتحلیل[2] تجزیه‌وتحلیل شد. آزمون‌های آماری استفاده‌شده در فرضیات پس از تبدیل‌شدن به اندازه اثر، مورد تحلیل قرار گرفتند. همچنین برای سنجش سوگیری انتشار از روش نمودار قیفی[3] برای تعیین تعداد تحقیقات گمشده از روش‌های دوال و توئیدی[4] و N ایمن از خطا[5] و برای وجود متغیرهای تعدیل‌کننده از آزمون بگ و مازومدار[6] استفاده شد. در نمودار قیفی، تجمع مطالعات با خطاهای استاندارد بالا در پایین قیف نشان از وجود سوگیری انتشار است. بااین‌حال، همان‌طور که یک مطالعه به سمت بالا حرکت می‌کند، خطاهای استاندارد کاهش می‌یابد. این امر با داشتن رابطه عکس با خطای انتشار نشان از دقت بالای مطالعات دارد (Crowther *et al.*, 2010). آزمون بگ و مازومدار وابستگی بین اندازه اثر و واریانس نمونه را بررسی می‌کند.

تحلیل آماری

اولین مرحله در اجرای فراتحلیل محاسبه اختلاف استاندارد میانگین تیمار شاهد و

[1] - Hedges effect size
[2] - Comprehensive Meta-Analysis
[3]- Funnel Plot
[4]- Duval and Tweedie's Fit
[5]- Classic fail-safe N test
[6]- Begg and Mazumdar Rank Correlation

میانگین تیمارهای آزمایشی در هر سطح تغذیه‌ای است که به آن اندازه اثر گفته می‌شود. بنابراین برای هر یک از ۳۴ آزمایشی که در این فراتحلیل موردبررسی قرارگرفته‌اند. شاخص‌های مبتنی بر تفاوت‌های گروهی (d) از رابطه کوهن[1] محاسبه شد (معادله ۱). در این مطالعه تیمارهای کودی (زیستی و شیمیایی) به‌عنوان تیمارهای کودی و عدم کاربرد کود به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند.

معادله (۱)

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

M_1 و M_2 به ترتیب میانگین تیمارهای شاهد و کودی، δ_p 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)

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

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

معادله (۳)

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

در معادله (۳)، g شاخص تفاوت میانگین‌های گروهی هجس، M1 میانگین تیمار، M2 میانگین شاهد و δpooled واریانس ادغام‌شده دو گروه است.

نتایج و بحث

درمجموع، بر اساس شاخص‌های موردنظر، ۲۲ مطالعه در زمینه اثر کودهای زیستی شامل ۸ مطالعه در رابطه با کود زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) ۶ مطالعه در رابطه با کود سوپر نیترو پلاس (باسیلیوس، پزودوموناس و آزوسپریلیوم)، ۲ مطالعه مرتبط با مصرف ازتوباکتر و ۶ مطالعه در رابطه با اسید هیومیک بود. از طرفی ۱۲ مطالعه به کود شیمیایی اوره بر وزن خشک نعناع فلفلی

[1]- Cohen's Method Standard Deviation

اختصاص داشت. در رابطه با بررسی عملکرد اسانس نیز ۱۰ مطالعه مربوط به کودهای زیستی و کود شیمیایی به‌صورت مجزا بود. نتایج اندازه اثر کاربرد انواع کودهای زیستی بر عملکرد وزن خشک نعناع فلفلی در جدول (۱) ارائه‌شده است.

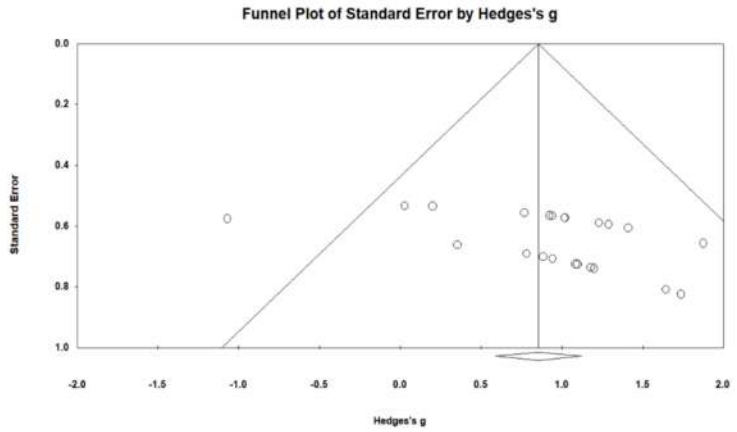
جدول ۱- مقادیر اندازه اثر کودهای زیستی بر وزن خشک نعناع فلفلی با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

کود زیستی	اندازه اثر هجس	مقدارP-value	خطای استاندارد
نیتروکسین ۴ لیتر در هکتار	۰/۹۴۳	۰/۰۹۶	۰/۵۶۷
نیتروکسین ۴ لیتر در هکتار	۰/۷۸۲	۰/۲۵۸	۰/۶۹۱
نیتروکسین ۴ لیتر در هکتار	۱/۰۸۶	۰/۱۳۴	۰/۷۲۵
نیتروکسین ۸ لیتر در هکتار	۱/۴۱۲	۰/۰۲۰	۰/۶۰۶
نیتروکسین ۸ لیتر در هکتار	۱/۲۰۰	۰/۱۳۴	۰/۷۳۹
نیتروکسین ۸ لیتر در هکتار	۰/۹۴۲	۰/۱۸۳	۰/۷۰۸
نیتروکسین ۸ لیتر در هکتار	۰/۲۰۱	۰/۱۸۳	۰/۵۳۵
نیتروکسین ۸ لیتر در هکتار	۰/۰۲۷	۰/۹۵۹	۰/۵۳۳
سوپر نیترو پلاس ۴ کیلوگرم در هکتار	۱/۰۹۸	۰/۱۳۰	۰/۷۲۶
سوپر نیترو پلاس ۴ کیلوگرم در هکتار	۱/۱۸۰	۰/۱۰۹	۰/۷۳۷
سوپر نیترو پلاس ۴ کیلوگرم در هکتار	۰/۳۵۴	۰/۵۹۲	۰/۶۶۱
سوپر نیترو پلاس ۸ کیلوگرم در هکتار	۱/۷۳۸	۰/۰۳۵	۰/۸۲۴
سوپر نیترو پلاس ۸ کیلوگرم در هکتار	۰/۸۸۵	۰/۲۰۷	۰/۷۰۱
سوپر نیترو پلاس ۸ کیلوگرم در هکتار	۱/۲۹۱	۰/۰۳۰	۰/۵۹۵
ازتوباکتر	۰/۹۲۳	۰/۱۰۲	۰/۵۶۵
ازتوباکتر	۱/۰۱۹	۰/۰۷۵	۰/۵۷۲
هیومیک اسید	۰/۷۶۹	۰/۱۶۶	۰/۵۵۶
هیومیک اسید	-۱/۰۶۹	۰/۰۶۳	۰/۵۷۶
هیومیک اسید	۱/۸۷۶	۰/۰۰۴	۰/۶۵۶
هیومیک اسید	۱/۰۱۹	۰/۰۷۵	۰/۵۷۲
هیومیک اسید	۱/۲۳۱	۰/۰۳۷	۰/۵۸۹
هیومیک اسید	۱/۶۴۶	۰/۰۴۲	۰/۸۰۸

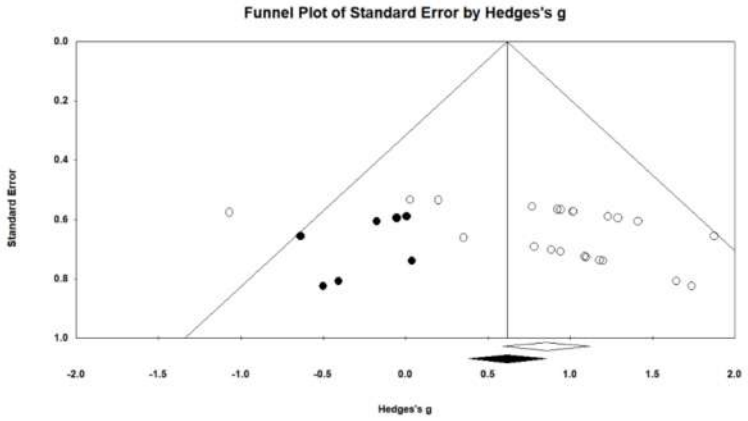
بر اساس نتایج جدول (۱) و با اطمینان ۹۵ درصد کاربرد کودهای زیستی در گیاه نعناع فلفلی سبب افزایش وزن خشک گیاه شده است. مقدار ۸ لیتر نیتروکسین در هکتار با مقدار اندازه اثر معادل (g=۱/۴۱۲) و (g=۱/۲۰۰) نشان داد کود زیستی نیتروکسین اثر مثبتی بر افزایش ماده خشک گیاه نعناع فلفلی دارد. اگرچه به‌طورکلی اندازه اثر کود زیستی نیتروکسین برای نعناع فلفلی مثبت بود اما در مقادیر بالای مصرف اندازه اثرِ قوی‌تری برای این گیاه به دست نیامد. در ارتباط با کود سوپر نیتروپلاس به‌عنوان یک کود دارای باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در مقادیر ۸ کیلوگرم در هکتار اندازه اثر (g=۱/۷۳۸) و (g=۱/۲۹۱) ثبت گردید. همچنین در مقادیر ۴ کیلوگرم نیز مقادیر اندازه اثر معادل (g=۱/۱۸۰) به دست آمد. بنابراین این کود نیز با افزایش وزن خشک نعناع فلفلی در افزایش عملکرد و بهره‌وری اقتصادی نقش مهمی ایفا می‌کند. در ارتباط با دو نوع کود زیستی شامل ازتوباکتر و هیومیک اسید نیز نتایج نشان داد که این دو کود اثرات مثبتی بر افزایش وزن خشک گیاه نعناع فلفلی دارند. شایان‌ذکر است اسید هیومیک در یک اندازه اثر مقادیر منفی (g=-۱/۰۶۹) را از خود نشان داد که نشان‌دهنده اثر منفی این نوع کود بر وزن خشک نعناع فلفلی است. این امر ممکن است ارتباط معنی‌داری با ارقام کشت‌شده و مدیریت زراعی نعناع فلفلی داشته باشد. تحقیقات بسیاری برای شناخت اثرات کودهای زیستی در رابطه با صفات رشدی و فیزیولوژیک گیاهان دارویی در دسترس است. بر اساس نتایج کوچکی و همکاران (۱۳۸۷) کاربرد کودهای زیستی مانند باکتری حل‌کننده فسفات، نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس نقش مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد خصوصیات کیفی، عملکرد اندام هوایی و اسانس گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) دارد. نتایج Abd El-Hadi *et al* (2009) برو روی سه گونه نعناع فلفلی نشان داد کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم اثرات مثبتی بر صفات رشدی نعناع فلفلی دارند. مطالعه پناهیان گیوی و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد حذف

نیمی از کود شیمیایی نیتروژن و جایگزین کردن آن با کود زیستی نیتروکسین، راهکار مناسبی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در کشت مخلوط ریحان و ذرت علوفه‌ای در راستای اهداف کشاورزی پایدار است.

سوگیری انتشار یک مشکل جدی در فراتحلیل است که می‌تواند بر اعتبار و تعمیم نتیجه‌گیری تأثیر بگذارد. رویکردهای مقابله با سوگیری انتشار را می‌توان از طریق نمودار قیفی بیان نمود (Lin & Chu, 2018). نمودار قیفی مطالعه که نشان‌دهنده خطای استاندارد محور عمودی به‌عنوان تابعی از اندازه اثر بر روی محور افقی است. در غیاب سوگیری، مطالعات به‌طور متقارن در مورد اندازه اثر ترکیبی توزیع می‌شوند. درصورتی‌که پایین نمودار تعداد بالاتری از مطالعات را در یک‌طرف میانگین نسبت به‌طرف دیگر نشان دهد. این نشان‌دهنده این واقعیت است که مطالعات کوچک‌تر با اثرات بزرگ‌تر از میانگین احتمال بیشتری برای انتشار دارند. نتایج نمودار قیفی اثر مصرف کودهای زیستی بر وزن خشک نعناع فلفلی نسبتاً متقارن و در میانه نمودار قیفی بود. به دلیل گرایش برخی مطالعات به سمت راست نمودار این نگرانی وجود داشت که برخی مطالعات در تحلیل وارد نشده باشند؛ بنابراین در این بخش از برازش دوال و توئیدی به‌منظور ارزیابی و تعدیل سوگیری انتشار استفاده شد. پیدایش مطالعات مفقود در یک سمت از خط میانگین اثر به کوچک بودن مطالعات دلالت دارد. با برآورد روش دوال و توئیدی مشخص گردید که باید ۷ مطالعه به مطالعات کود زیستی اضافه گردد تا تقارن کامل نمودار قیفی شکل بگیرد.



شکل ۱- نمودار قیفی وزن خشک نعناع فلفلی تحت تأثیر کودهای زیستی



شکل ۲- نمودار قیفی وزن خشک نعناع فلفلی تحت تأثیر کودهای زیستی در حالت برازش دوال و توئیدی

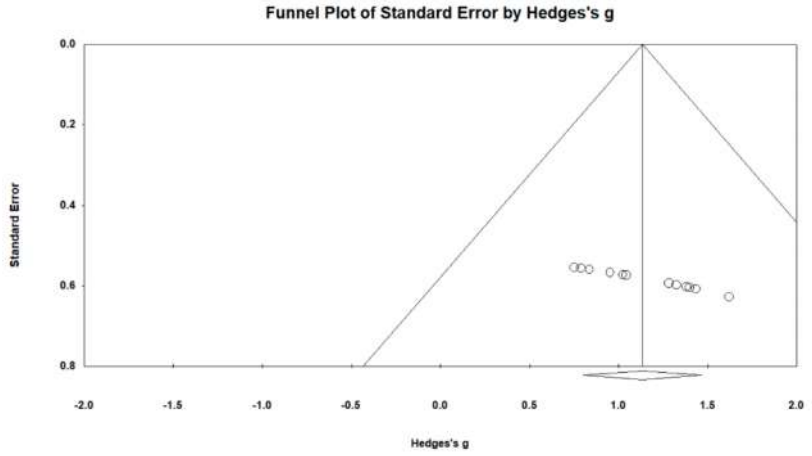
بر اساس نتایج جدول (۲) و با اطمینان ۹۵ درصد کاربرد کودهای شیمیایی در افزایش وزن خشک گیاه نعناع فلفلی سبب اثر مثبتی دارد. از ۱۲ موردمطالعه اثر کاربرد کود اوره بر عملکرد وزن خشک نعناع فلفلی، ۴ مطالعه مرتبط با مصرف ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار بود که از این شش مطالعه بیشترین اندازه اثر معادل (g=۱/۴۳۴) به دست آمد. از ۸ مطالعه مرتبط با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره بیشترین اندازه اثر معادل (g=۱/۶۲۱) به دست

آمد. مقادیر بالاتر از ۱۰۰ کیلوگرم نیز اندازه اثرات مثبتی از خود نان دادند اما قدرت و مقدار کمتری از دو مقدار ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم داشتند. این نشان می‌دهد اوره موردنیاز نعناع فلفلی برای بازدهی مناسب در بازه ۷۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است. نتایج Kumar *et al* (2015) نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیکی با کاربرد کود NPK حاصل شد. بالا بودن عملکرد ماده خشک در تیمار کود شیمیایی به احتمال زیاد می‌تواند به دلیل بهبود شرایط جذب عناصر غذایی در خاک و تأثیر نیتروژن بر رشد رویشی گیاه باشد. نتایج Tonitto *et al* (2016) نشان داد بهبود عملکرد در همه سناریوها (کود نیتروژن، کود فسفر، تلفیق نیتروژن و فسفر، کود دامی، اصلاح‌کننده‌های خاک) به‌طور متوسط ۶۶ درصد نسبت به عدم وجود مواد مغذی عملکرد سورگوم را افزایش داد. همچنین عملکرد تحت تیمار کود شیمیایی ۴۷-۹۸ درصد عملکرد را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و کود دامی ۴۳-۸۷ درصد عملکرد را افزایش دادند.

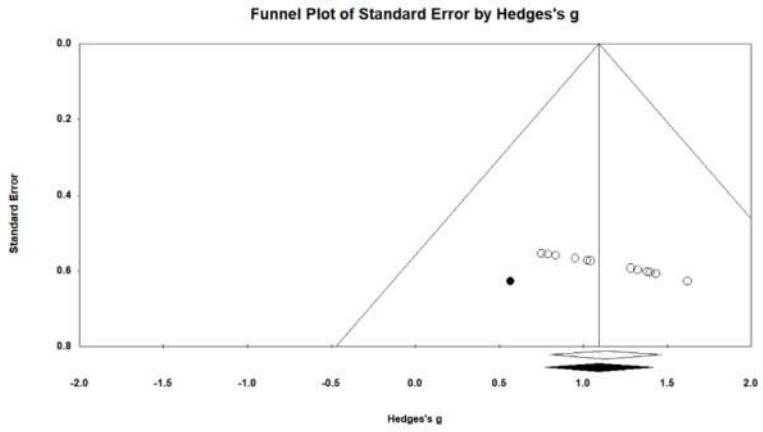
جدول ۲- مقادیر اندازه اثر کود شیمایی بر وزن خشک نعناع فلفلی با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

کود اوره	اندازه اثر هجس	مقدار-P value	خطای استاندارد
کود اوره ۷۵ کیلوگرم	۱/۰۴۴	۰/۰۶۹	۰/۵۷۴
کود اوره ۷۵ کیلوگرم	۰/۹۵۴	۰/۰۹۳	۰/۵۶۷
کود اوره ۷۵ کیلوگرم	۱/۳۸۲	۰/۰۲۲	۰/۶۰۳
کود اوره ۷۵ کیلوگرم	۱/۴۳۴	۰/۰۱۸	۰/۶۰۸
کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم	۱/۲۶۱	۰/۰۱۰	۰/۶۲۷
کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم	۱/۲۸۴	۰/۰۳۱	۰/۵۹۴
کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم	۱/۳۲۵	۰/۰۲۷	۰/۵۹۸
کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم	۰/۷۵۲	۰/۱۷۵	۰/۵۵۵
کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم	۱/۴۰۰	۰/۰۲۱	۰/۶۰۵
کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم	۱/۰۲۵	۰/۰۷۳	۰/۵۷۳
کود اوره ۱۵۰ کیلوگرم	۰/۷۹۰	۰/۱۵۶	۰/۵۵۷
کود اوره ۱۵۰ کیلوگرم	۰/۸۳۶	۰/۱۳۵	۰/۵۶۰

در مطالعه‌ای بر روی تأثیر کود دهی نیتروژن بر وزن خشک برگ‌های ریحان مشخص شد که کاربرد کودهای شیمیایی باعث افزایش وزن خشک برگ‌ها می‌شود که ممکن است درنتیجه بهبود جذب نیتروژن به‌عنوان یک عنصر مؤثر در ساختار کلروفیل باشد (آذرپیوند و همکاران، ۱۳۹۲). Stella *et al* (2024) با مطالعه بر روی نعناع ژاپنی نشان دادند با افزودن آزوسپیریلیوم یا ازتوباکتر و کاهش ۲۵ درصدی کود شیمایی عملکرد بهینه گیاهی و اسانس در نعناع ژاپنی حاصل گردید. 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 میانه نمودار نشان‌دهنده مناسب بودن دقت مطالعات است (شکل ۳). برازش دوال و توئیدی بر روی داده‌های مطالعات نشان داد تنها ۱ مطالعه دیگر باید به مطالعات اضافه گردد تا مطالعات کامل و خطای انتشار به‌طورکلی رد شود.



شکل ۳- نمودار قیفی وزن خشک نعناع فلفلی تحت تأثیر کود شیمیایی



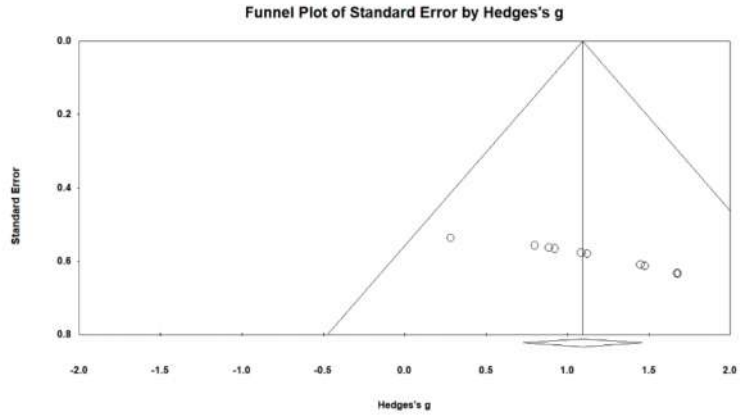
شکل ۴- نمودار قیفی وزن خشک نعناع فلفلی تحت تأثیر کود شیمیایی در حالت برازش دوال و توئیدی

جدول ۳- مقادیر اندازه اثر کود شیمایی بر اسانس نعناع فلفلی با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

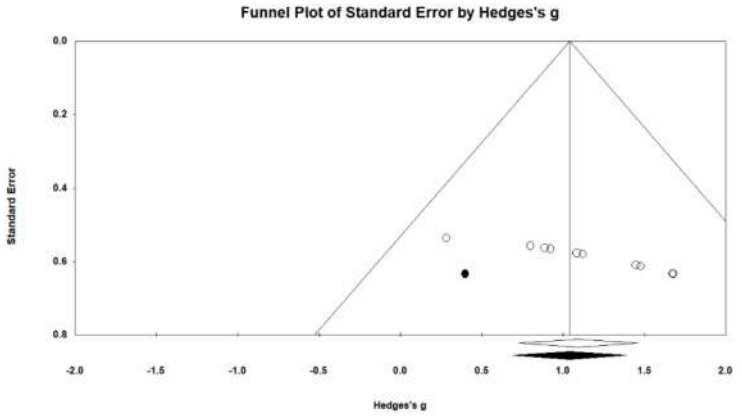
گروه	اندازه اثر هجس	مقدارP-value	خطای استاندارد
کود اوره (۷۵ کیلوگرم)	۰/۸۸۷	۰/۱۱۵	۰/۵۶۳
کود اوره (۷۵ کیلوگرم)	۱/۶۸۰	۰/۰۰۸	۰/۶۳۴
کود اوره (۷۵ کیلوگرم)	۱/۴۴۹	۰/۰۱۷	۰/۶۱۰
کود اوره (۷۵ کیلوگرم)	۱/۱۲۱	۰/۰۵۳	۰/۵۸۰
کود اوره (۷۵ کیلوگرم)	۰/۹۲۳	۰/۱۰۲	۰/۵۶۵
کود اوره (۷۵ کیلوگرم)	۰/۲۸۳	۰/۵۹۷	۰/۵۳۶
کود اوره (۱۰۰ کیلوگرم)	۰/۸۰۰	۰/۱۵۱	۰/۵۵۷
کود اوره (۱۰۰ کیلوگرم)	۱/۰۸۶	۰/۰۶۰	۰/۵۷۷
کود اوره (۱۰۰ کیلوگرم)	۱/۶۷۱	۰/۰۰۸	۰/۶۳۳
کود اوره (۱۰۰ کیلوگرم)	۱/۴۷۷	۰/۰۱۶	۰/۶۱۲

بر اساس نتایج جدول (۳) و با اطمینان ۹۵ درصد کاربرد شیمیایی اوره در نعناع فلفلی با اطمینان بالایی سبب افزایش اسانس خواهد. از ۱۰ موردمطالعه اثر کاربرد کود اوره بر عملکرد اسانس نعناع فلفلی، تمام مطالعات اثرات مثبت را نشان دادند. بیشترین و کمترین اندازه اثر (g=۱/۶۷۱) و (g=۰/۲۸۳) برای مقادیر ۷۵ کیلوگرم کود اوره ثبت شد. مقادیر اندازه اثر ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره نیز اثرات مثبتی بر اسانس نعناع فلفلی داشت. این

امر نشان می‌دهد محدوده ۷۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره برای تولید اسانس نعناع فلفلی مناسب است. پراکندگی مناسب داده‌های مطالعه در دو طرف نمودار نتایج برازش دوال و توئیدی را تنها یک مطالعه در سمت چپ نمودار نشان داد تا به‌طور کامل سوگیری انتشار برطرف گردد. کم بودن خطای استاندارد هم در نمودار نشان‌دهنده دقت مناسب مطالعات انجام‌گرفته است (شکل ۵-۶).



شکل ۵- نمودار قیفی عملکرد اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر کود شیمیایی



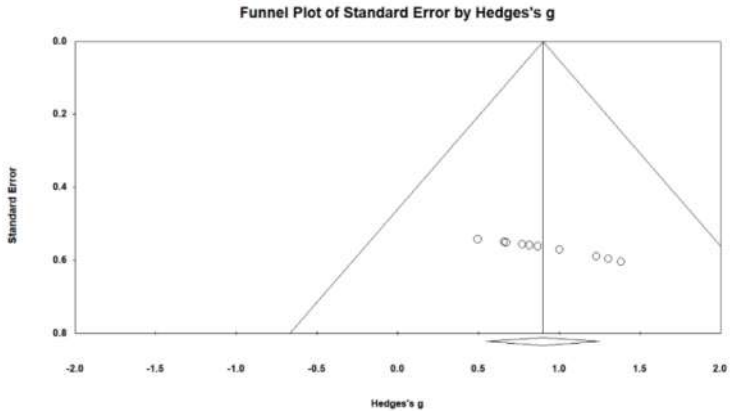
شکل ۶- نمودار قیفی عملکرد اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر کود شیمیایی در حالت برازش دوال و توئیدی

جدول ۴- مقادیر اندازه اثر کود زیستی بر اسانس نعناع فلفلی با فاصله اطمینان ۹۵ درصد

گروه	اندازه اثر هجس	مقدار P-value	خطای استاندارد
کود زیستی	۰/۴۹۶	۰/۳۶۰	۰/۵۴۲
کود زیستی	۰/۸۱۵	۰/۱۴۴	۰/۵۵۸
کود زیستی	۱/۲۳۱	۰/۰۳۷	۰/۵۸۹
کود زیستی	۱/۰۰۳	۰/۰۷۹	۰/۵۷۱
کود زیستی	۰/۸۶۷	۰/۱۲۲	۰/۵۶۲
کود زیستی	۱/۳۸۵	۰/۰۲۲	۰/۶۰۳
کود زیستی	۱/۳۰۵	۰/۰۲۸	۰/۵۹۶
کود زیستی	۰/۶۷۵	۰/۲۲۲	۰/۵۵۰
کود زیستی	۰/۶۵۹	۰/۲۳۱	۰/۵۵۱
کود زیستی	۰/۷۷۱	۰/۱۶۵	۰/۵۵۶

بر اساس نتایج جدول (۴) و با اطمینان ۹۵ درصد کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد اسانس گیاه نعناع فلفلی می‌شود. به‌طوری‌که بیشترین انداز اثر برای عملکرد اسانس نعناع فلفلی معادل (g=۱/۳۸۵) و کمترین اندازه اثر معادل (g=۰/۴۹۶) به دست آمد. بنابراین کودهای زیستی می‌توانند در برنامه‌های کشت گیاهان دارویی به‌عنوان یک کود سالم سبب افزایش عملکرد اقتصادی شوند. Al-Amri *et al* (2021) بیان داشتند ترکیب کودهای آلی و زیستی باعث افزایش قابل‌توجه تولید اسانس برگ نعناع نسبت به تیمار شاهد و سایر کودها شد. نتایج مطالعه Elmas *et al* (2024) نشان داد که کاربرد کودهای زیستی می‌تواند در ترکیب با نرخ‌های مناسب کودهای شیمیایی برای به دست آوردن حداکثر سود در مورد عملکرد گیاه، فعالیت بیولوژیکی و جزء اسانس ریحان مورداستفاده قرار بگیرد. در بسیاری از تحقیقات مصرف کودهای زیستی آزوسپیریلیوم و نیتروژنوباکتر، اثرات مثبتی بر مقدار و عملکرد اسانس گونه‌های نعناع (Abd El-Hadi Nadia *et al.*, 2012) و آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) داشت

(Sharafzadeh *et al.*, 2012). بر اساس مطالعات کریمی و همکاران (۱۴۰۱) استفاده از کودهای زیستی، به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی در تمام کاربردهای کود ازتِ، باعث افزایش عملکرد علوفه در ذرت علوفه‌ای شد؛ اما اثر ترکیبی کودهای زیستی با کود شیمیایی بیشترین تأثیر را نشان داد. پراکنش داده‌های مطالعه در میانه نمودار قیفی و تقارن مناسب داده‌ها در دو طرف میانگین نشان‌دهنده عدم سوگیری در نتایج مرتبط با اثر کودهای زیستی بر اسانس گیاه نعناع فلفلی دارد. به‌طوری‌که برآورد روش دوال و توئیدی نیاز به هیچ مطالعه‌ای اضافه‌ای به‌منظور ایجاد تقارن رفع خطای انتشار نبود.



شکل ۷- نمودار قیفی عملکرد اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر کود زیستی

آزمون N ایمن از خطا

اگر تعداد مطالعات غیر معنی‌دار برای رسیدن به سطح معنی‌داری موردنیاز باشد، نتایج به‌دست‌آمده احتمالاً از اعتبار کافی برخوردار نیستند (Vegas *et al.*, 2005). بنابراین به پیشنهاد رابرت روزنتال بهتر است تعداد مطالعاتی که برای خنثی کردن این تأثیر لازم است، محاسبه شود. اگر عدد محاسبه‌شده نسبتاً کم باشد، نشان‌دهنده عدم اطمینان نتایج است. اما اگر این عدد زیاد باشد، می‌توان به اعتبار بالای نتایج اطمینان داشت. آزمون N به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی تعداد مطالعات گمشده‌ای که می‌توانند اثر به‌دست‌آمده از مطالعات را تحت تأثیر قرار دهند، به کار می‌رود (صفری اوجقاز و رنگریز، ۱۳۹۹). بر اساس داده‌های جدول (۵) باید تعداد ۲۲۷

مطالعه دیگر به مطالعات تیمار کود زیستی اضافه و بررسی شود تا مقدار P دو دامنه از ۰/۰۵ تجاوز نکند و در نتایج نهایی محاسبات و تحلیل‌ها خطایی رخ دهد. این نتیجه دقت و صحت بالای مطالعات و نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش را نشان می‌دهد. همچنین باید تعداد ۱۳۲، ۵۸ و ۸۵ مطالعه دیگر به مطالعات اضافه و بررسی شود تا مقدار P دو دامنه از ۰/۰۵ به ترتیب برای تیمارهای کود شیمیایی (عملکرد وزن خشک) و کود زیستی و شیمیایی (عملکرد اسانس) تجاوز نکند. به‌طورکلی نتایج این بخش نشان می‌دهد که دقت و صحت مطالعات انجام‌شده بالا بوده و کشاورزان و تولیدکنندگان می‌توانند با رویکرد استفاده از تیمارهای موردبررسی افزایش عملکرد وزن برگ و اسانس نعناع را انتظار داشته باشند.

جدول ۵- محاسبات N ایمن از خطا برای تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی بر عملکرد وزن خشک و اسانس نعناع فلفلی

عملکرد	گروه	مقدارZ برای مطالعات مشاهده‌شده	مقدار P برای مطالعات مشاهده‌شده	آلفا	باقیمانده	برای آلفا	تعداد مطالعات مشاهده‌شده	تعداد مطالعات گمشده‌ای که مقدار P را به آلفا می‌رساند.
وزن	کود زیستی	۶/۵۸	۰/۰۰۰	۰/۰۵	۲	۱/۹۵	۲۲	۲۲۷
خشک	کود اوره	۶/۷۸	۰/۰۰۰	۰/۰۵	۲	۱/۹۵	۱۲	۱۳۲
اسانس	کود زیستی	۵/۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۵	۲	۱/۹۵	۱۰	۵۸
	کود اوره	۶/۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۵	۲	۱/۹۵	۱۰	۸۵

تحلیل آماری گروه‌های کودی

اگر نمودار قیفی همگن باشد، می‌توان وجود خطای انتشار را نادیده گرفت؛ اما برای قضاوت دقیق‌تر، لازم است از آزمون‌های آماری بهره گرفت. به منظور بررسی میزان و نوع خطای انتشار از آزمون همبستگی رتبه‌بندی بگ و

مازومدار استفاده گردید. آزمون Z دارای توزیع نرمال است و معمولاً مقادیر معنی‌داری دوطرفه آزمون ارائه می‌شود. سطح معنی‌داری در واقع، مقدار آزمون آماری احتمالی است که سازگاری داده‌های نمونه را با فرض صفر (وجود تقارن در نمودار قیفی) مشخص می‌کند و بر اساس آن، فرض صفر رد یا تأیید می‌شود (Rothstein *et al.*, 2005). بر اساس تحقیقات، مطالعاتی که ضریب همبستگی تای کندال بین ۰/۵ و ۰/۷۵ همگن هستند. در مقابل، مطالعاتی که ضریب همبستگی تای کندال 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 تای کندال[1] کودهای زیستی کمترین ضریب تای کندال را به خود اختصاص داد. با توجه به مقدار ضریب که بین بازه مشخص‌شده (0/5<Tau<0/75) است. خطای انتشاری در فراتحلیل وجود ندارد (جدول ۶).

[1]- Kendall's tau coefficient

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

عملکرد	گروه	اندازه اثر هجس	خطای استاندارد	مقدار P	مقدارZ	ضریب تای کندال	نتیجه آزمون
وزن	کود زیستی	۰/۹۵۶	۰/۱۵۱	۰/۰۰۰	۶/۲۷۵	۰/۵۳	همگن
خشک	کود اوره	۱/۲۲۷	۰/۱۸۳	۰/۰۰۰	۶/۷۲۲	۰/۹۸	همگن
اسانس	کود زیستی	۰/۹۰۱	۰	۰/۰۰۰	0	۰/۹۷	همگن
	کود اوره	۱/۱۸۴	۰/۲۰۰	۰/۰۰۰	۵/۹۱۹	۰/۹۷	همگن

نتیجه‌گیری

هدف این مقاله بررسی اثرات کودهای زیستی و شیمیایی بر وزن خشک و عملکرد اسانس گیاه نعناع فلفلی به‌عنوان یک گیاه دارویی مهم بود. با توجه به جداول ۵ و ۶ و یافته‌های فراتحلیلی پژوهش حاضر، تأثیرگذاری کودهای زیستی و کود شیمایی ببر صفات موردبررسی مثبت ارزیابی شد. به‌طور دقیق اندازه اثر گروهی گودهای شیمایی بر عملکرد وزن خشک و اسانس بیشتر از کودهای زیستی بود. این نشان می‌دهد کود شیمیایی اوره با اندازه اثرهای (g=۱/۲۲۷) و (g=۱/۱۸۴) به ترتیب برای وزن خشک و اسانس تأثیر قوی‌تری بر این صفات دارد؛ بنابراین، نیتروژن به‌عنوان یک عنصر ضروری برای رشد گیاه و تأثیرگذاری بر محتوای روغن در گیاهان دارویی و معطر اهمیت دارد (Sharma *et al.*, 2020). از سوی دیگر کودهای زیستی نیز با اندازه اثرهای مثبت می‌توانند جایگزین و یا مکمل مناسبی برای افزایش اهداف تولیدی در گیاهان دارویی باشد. با توجه به اهمیت نیتروژن برای عملکرد محصول و امنیت غذایی، افزایش آگاهی کشاورزان در مورد اهمیت کودهای زیستی به‌عنوان تثبیت کنند نیتروژن و ترویج استفاده از جایگزین‌های تجدید پذیر و ارگانیک در کشاورزی پایدار ضروری است (Boliko *et al.*, 2019). با توجه به نیاز به کاهش اثرات مضر کشاورزی بر

محیط‌زیست، در حال حاضر استفاده از روش‌های تولید با شدت کمتر یکی از اولویت‌های سیاست کشاورزی اتحادیه اروپا است که استفاده پایدار از کودهای معدنی و گیاهی را در تولید کشاورزی (سیستم تلفیقی) یا استفاده از روش‌های طبیعی (سیستم ارگانیک) توصیه می‌کند. یکی از اهداف اصلی این استراتژی افزایش سطح کشاورزی ارگانیک به ۲۵ درصد از کل سطح کشاورزی اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۳۰ است (Wrzaszcz *et al.*, 2020; Laba *et al.*, 2022).

Billsborrow *et al* (2013) پتانسیل عملکرد کمتری از گندم را در سیستم ارگانیک نسبت به سیستم کشاورزی تلفیقی نشان دادند؛ که ناشی از تحت تأثیر بودن عملکرد گندم از کود دهی شیمیایی و مواد حفاظت گیاهی بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که برای هر یک از ارقام گندم مورد آزمایش، بهینه‌ترین روش ازنظر دستیابی به عملکرد دانه بالا، کشت در سیستم کشاورزی تلفیقی است که نسبت به سیستم رایج با نهاده بالا، هزینه کمتر و سازگاری بالا با محیط‌زیست دارد. نتایج مطالعه فرا تحلیل اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر وزن خشک و عملکرد اسانس مشخص گردید آزمون همگنی و خطای انتشار تمام کودهای مصرفی موردمطالعه بر صفات اندازه گیری شده نعناع فلفلی همگن است. مطالعات دارای اندازه اثرهای بزرگ‌تر از یک می‌توانند به‌صورت وسیع و قابل‌اطمینان مورداستفاده کشاورزان و تولیدکنندگان کشاورزی تلفیقی و ارگانیک قرار بگیرد. این امر سبب سلامت اکوسیستم‌های کشاورزی و اطمینان از سطح تولید مناسب در رابطه با گیاهان دارویی خواهد داشت. بر اساس نتایج آزمون همگنی بگ و مازومدار مشخص شد که اثر گروه‌های کودی زیستی و شیمیایی دارای خطای انتشار پایینی است. همچنین آزمون N ایمن از خطای کلاسیک برای هر گروه از تیمارها نشان داد تعداد مطالعات با نتایج صفر که باید برای کاهش احتمال خطای نوع اول به سطح معنی‌داری از پیش تعیین‌شده وجود داشته باشد معادل ۲۲۷، ۱۳۲، ۵۸، ۸۵ به دست آمد که نشان‌دهنده دقت و صحت بالای مطالعات و

نتـایج بـه‌دسـت‌آمـده در ایـن تحقیـق اسـت. همچنین اصلاح و برازش دوال و توئیـدی نیـز به‌عنوان آزمونی که به کاهش خطا و سـوگیری انتشار کمک می‌کند نیز در این تحقیق بررسی گردید که به‌جز اثر کودهای زیستی بر اسـانس نعناع فلفلی گروه‌های کودی نیاز ترتیب بـرای وزن خشـک و عملکـرد اسـانس بـه ۷، ۱ و ۱ مطالعه نیاز دارد. به‌عنوان یک برنامـه تولیـدی می‌توان با ایجاد یک بستر مناسـب بـه سـمت کشاورزی تلفیقی حرکت نمود. استفاده توأم از کودهـای شـیمایی و کـاهش آن‌هـا در طـول برنامه و افزایش استفاده از کودهـای زیسـتی و آلی و برخی قارچ‌ها مانند مـایکوریزا بـه‌عنـوان تضمین تولید محصول و غذای کافی برای بشر اهمیت دارد. درنهایت می‌توان با کاهش برنامـه محور مصرف کودهـای شـیمیایی بـه سیسـتم تولید ارگانیک و متکی بـر نهـاده‌هـای داخلـی دست‌یافت.

منابع

آذرپیوند، ح.ا.، م.ع. بهدانی، م.ح. سـیاری زهان، و ک. خـاوازی. ۱۳۹۲. تـأثیر سـطوح کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر رشد و غلظت عناصر غذایی در گیاه دارویی ریحان. فصـلنامه علوم محیطی، ۱۱(۳).

کریمی، م.، س. سیف زاده، ع. پـازکی، ح. ذاکرین، و ا. حدیدی ماسوله. ۱۴۰۱. بررسی اثر کودهای زیستی و سطوح نیتروژن بر صفات زراعی و شاخص‌های کارایی نیتـروژن در ذرت علوفـه ای. دانـش کشـاورزی وتولیـد پایـدار، ۳۲(۳)، ۱۶-۱.

کـوچکی، ع.، ل. تبریـزی، و ر. قربـانی. ۱۳۸۷. ارزیـابی اثـر کودهـای بیولـوژیکی بـر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفـی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*). پژوهش‌های زراعی ایران، ۶ (۱)، ۱۳۸-۱۲۷.

صـفری اوجقـاز، ف. و ح. رنگریـز. ۱۳۹۹. مطالعه‌ای در زمینـه فراتحلیـل رابطـه سـرمایه فکـری بـا بهـره‌وری منـابع انسـانی .مـدیریت بهره‌وری، (۵۵)۱۴: ۵۰-۷۱ .

پناهیان گیوی، م.، کردی، س. داور پنـاه، س.ج. ۲۰۱۹. اثـر منبـع کـود نیتـروژن بـر

عملکـــرد و اســـانس ریحـــان (*Ocimum basilicum* L.) و عملکـــرد ذرت علوفـــه‌ای (*Zea mays* L.) در کشـــت مخلـــوط. نشـــریه علوم زراعی ایران، ۲۱(۳): ۳۱۰-۲۸۷.

Kumar, R., S.S. Meena, R.K. Kakani, R.S. Mehta, and N.K. Meena. 2015. Response of crop geometry, fertilizer levels and genotypes on productivity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). International Journal of Seed Spices, 5(1): 63-67.

Al-Amri, S.M. 2021. Response of growth, essential oil composition, endogenous hormones and microbial activity of Mentha piperita to some organic and biofertilizers agents. Saudi Journal of Biological Sciences, 28(10): 5435-5441.

Elmas, M., G. Yaldiz, and M. Camlica. 2024. Impact of Bio-Fertilizers and Bio-Fertilizers with Reduced Rates of Chemical Fertilization on Growth, Yield, Antioxidant Activity, Essential Oil Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Plant. Russian Journal of Plant Physiology, 71(1): 4.

Stella, K., J. Cheena, A.k. Kumar, K. Venkatlaxmi, B. Madhavi, and S.B. Kumar. 2024. Effect of Inorganic Fertilizers and Biofertilizers on Growth, Herb Yield and Quality of Japanese Mint (Mentha arvensis L.) var. Kosi. Journal of Advances in Biology & Biotechnology, 27(9): 433-450.

Abd El-Hadi Nadia, I.M., H.K. Abo El-Ala, and W.M. Abd El-Azim. 2012. Response of Some Mentha Species to Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) Isolated From Soil Rhizosphere. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): 4437-4448.

Sharafzadeh, S., K. Ordookhani, and S. Naseri. 2012. Influence of Different Strains of Azotobacter on Essential Oil Components of Garden Thyme. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 2 (9): 301-304.

Sharma, T.A., Kaur, S. Saajan, and R. Thakur. 2020. Effect of nitrogen on growth and yield of medicinal plants. A review paper. European Journal of Molecular & Clinical Medicine, 7: 2771-2776.

Boliko, M.C. 2019. Fao and the situation of food security and nutrition

Liu, Y., X. Pan, and J. Li. 2015. Current agricultural practices threaten future global food production. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 28: 203–216.

Egamberdieva, D., S. Shrivastava, and A. Varma. 2015. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.

Raja,N. 2013. Biopesticides and biofertilizers: Ecofriendly sources for sustainable agriculture. Journal of Biofertilizers & Biopesticides, 4: 1–2.

Pretty, J. and Z.P. Bharucha. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. Insects, 6: 152–182.

Bhardwaj, D., M.W. Ansari, R.K. Sahoo, and N. Tuteja. 2014. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. Microbial cell factories, 13: 66.

Boschiero, M., V. De Laurentiis, C. Caldeira, and S. Sala. 2023. Comparison of organic and conventional cropping systems: A systematic review of life cycle assessment studies. Environmental in the world. Journal of nutritional science and vitaminology, 65: S4-S8.

Batista, B.D. P.T. Lacava, A. Ferrari, N.S. Teixeira-Silva, M.L. Bonatelli, S. Tsui, M. Mondin, E.W. Kitajima, J.O. Pereira, and J.L. Azevedo. 2018. Screening of tropically derived, multi-trait plant growth-promoting rhizobacteria and evaluation of corn and soybean colonization ability. Microbiological Research, 206: 33–42.

Kumar, S., C. Reddy, M. Phogat, and S. Korav. 2018. Role of bio-fertilizers towards sustainable agricultural development: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7: 1915–1921.

Glick, B.R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. Microbiological Research, 169, 30–39.

Mahanty, T., S. Bhattacharjee, M. Goswami, P. Bhattacharyya, B. Das, A. Ghosh, and P. Tribedi. 2017. Biofertilizers: A potential approach for sustainable agriculture development. Environ. Environmental Science and Pollution Research, 24: 3315–3335.

Food Security and Environmental Impact. Agriculture, 12: 665.

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

Váňová, M., K. Klem, P. Míša, P. Matušinsky, J. Hajšlová, and K. Lancová. 2008. The content of Fusarium mycotoxins, grain yield and quality of winter wheat cultivars under organic and conventional cropping systems. Plant Soil Environ, 54: 395–402.

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

CEE (Collaboration for Environmental Evidence). 2013. Guidelines for Systematic Review and Evidence Synthesis in Environmental Management. Version 4.2.

Impact Assessment Review, 102: 107187.

Durham, T.C. and T. Mizik. 2021. Comparative Economics of Conventional, Organic, and Alternative Agricultural Production Systems. Economies, 9: 64.

Billsborrow, B., C. Tétard-Jones, D. Średnicka-Tober, and J. Cooper. 2013. The effect of organic and conventional management on the yield and quality of wheat grown in a long-term field trial. European Journal of Agronomy, 51:71–80.

Mazzoncini, M., D. Antichi, N. Silvestri, G. Ciantelli, and C. Sgherri. 2015. Organically vs conventionally grown winter wheat: Effects on grain yield, technological quality, and on phenolic composition and antioxidant properties of bran and refined flour. Food Chem, 175: 445–451.

Wrzaszcz, W. and K. Prandecki. 2020. Agriculture and the European Green Deal. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej/Problems of Agricultural Economics, 4: 156–179.

Łaba, S., G. Cacak-Pietrzak, R. Łaba, A.Sułek, and K. Szczepański. 2022. Food Losses in Consumer Cereal Production in Poland in the Context of

Habibi. 2024. The effect of foliar application of different nano fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.) under water stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences.

Abd El-Hadi, N.I., M. Abo El-Ala, and W.M. Abd El-Azim. 2009.Response of some Mentha species to plant growth promoting bacteria (PGPB) isolated from soil rhizosphere. Australian J. Basic and applied Sci, 3 (4): 4437 – 48.

Rothstein, H.R., A.J. Sutton, and M. Borenstein. 2005. Publication Bias in Meta-analysis, Prevention, Assessment and Adjustment. Chichester, UK, John Wiley & Sons, Ltd. 356p.

Pullin A.S. and T.M. Knight. 2009. Doing more good than harm—building an evidence-base for conservation and environmental management. Biological conservation, 142: 931–4.

Morgan, R.L., K.A. Thayer, L. Bero, N. Bruce, Y. Falck-Ytter, and D. Ghersi. 2016. Assessing the quality of evidence in environmental and occupational health. Environ Int, 92–93: 611–6.

Anwar, F., A. Abbas, T. Mehmood, A.H. Gilani, and N.U. Rehman. 2019. Mentha: A genus rich in vital nutra-pharmaceuticals—A review. Phytotherapy Research, 33(10): 2548-2570.

Shadkam, S., S. Sharafi, S. Yazdan Seta, T. Mir Mahmoodi, and F.

The effect of biological and chemical fertilizers on yield and essential oil of Peppermint (*Mentha piperita* L.) by meta-analysis method

A. Shahmohammadi[1*], A. Mahdavi Damghani[2], M. Salatin[3], H. Rashid Rostami[4]

1- Ph. D Student in Agroecology, Ecological Agriculture Department, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2- Professor of Ecological Agriculture Department, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3- Research Department Manager of Agriculture and Animal Husbandry Holding of Etka Organization, Tehran, Iran.
4- Ph. D student of Agrometeorology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

Abstract

Dealing with the challenges of food shortages caused by population growth led to the development of agricultural systems dependent on chemical fertilizers, pesticides and insecticides. On the other hand, alternative production systems have emerged in order to reduce the risks of intensive production systems and increase efficiency by applying ecological methods and using biological and organic fertilizers. The purpose of this meta-analysis was to investigate the effects of using biological and chemical fertilizers on the yield of dry weight and essential oil of peppermint and to compare the effects of fertilizer groups with each other. Using the information of articles published in the past 20 years and based on the ROSES protocol, a total of 34 studies were examined. Therefore, Hedges effect size, diffusion error, Begg and Mazumdar's correlation and Kendall's tau coefficient were calculated using meta-analysis software. The results showed that biofertilizers had a positive effect on increasing the yield of dry weight and peppermint essential oil. The amount of 8 liters of nitroxin per hectare with an effect size equal to (g=1.412) and (g=1.200) with 95% certainty of using biofertilizers increased the dry matter and essential oil of peppermint. The size of the effect of using chemical fertilizers was also more effective than biological fertilizers on the yield of dry weight and essential oil. The results of Begg and Mazumdar's correlation test showed that the effects of chemical fertilizers and biofertilizers on peppermint were homogeneous. The Classic fail-safe N test also showed that the accuracy and precision of the conducted studies is high. Therefore, it is possible to produce peppermint by relying on biological fertilizers in the development of organic agriculture or by combining biological and chemical fertilizers in emerging approaches such as healthy agriculture.

Keywords: Begg and Mazumdar correlation, Biofertilizer, Hedges effect size, Meta-analysis, Peppermint

[*] Corresponding author (Ashahmohammadi.sbu@gmail.com)