



A Meta-analysis of the Effect of Nitrogen Application in the form of Urea on Sunflower Seed Yield and Oil Content was Performed Using the Fixed-Effect Model in Comprehensive Meta-Analysis (CMA)

Mohaen Rezaei^{1*}, Mohammad-Nabi Iilkaee², Mohammad Asgaripour³, Mohammad Armin⁴

¹ Department of Agronomy, F.C., Islamic Azad University, Fasa, Iran

² Department of Agronomy, K.C., Islamic Azad University, Karaj, Iran

³ Department of Agriculture and Plant Breeding, Zabol Agricultural University, Zabol, Iran

⁴ Department of Agronomy, Sab.C., Islamic Azad University, Sabsevar, Iran

*Corresponding Author's Email: mohagro@gmail.com

(Received: May. 10, 2025 – Accepted: September. 20, 2025)

ABSTRACT

Objective: As a powerful statistical method, meta-analysis is capable of obtaining a more accurate and comprehensive estimate of the true effect size of a factor by quantitatively combining the results of independent and seemingly contradictory studies. By collecting, summarizing, and statistically analyzing research findings, this method can reveal hidden patterns in data and lead to a better understanding of the moderating factors in plant response.

Material and methods: This research involved a meta-analysis study of the effects of urea on seed yield and seed oil percentage traits, based on 36 scientific and research articles published between 1995 and 2022 in Iran and several other countries. The criteria for article selection were based on the research title., location of the experiment., type of experimental design., number and type of experimental treatments., nitrogen source (urea)., and key traits including seed yield and seed oil percentage. All analysis steps were performed using Comprehensive Meta-Analysis (CMA) software version 3.7. Linear regression was plotted using Microsoft Excel.

Results: The pooled results of this meta-analysis showed that the overall effect size of urea fertilizer on seed yield was 0.688., and the overall effect size on seed oil percentage was 0.399. Linear regression results indicated a very weak negative correlation between oil percentage and urea fertilizer ($R^2 = 0.1317$)., and a relatively weak positive correlation with a positive slope between seed yield and urea fertilizer ($R^2 = 0.2915$).

Conclusion: Based on the findings, it can be concluded that while optimal urea application can significantly increase seed yield, its management must be carefully implemented to prevent a reduction in oil percentage and negative environmental consequences. The use of integrated strategies. Such as combining bio-fertilizers with reduced amounts of urea., can be considered an effective approach for simultaneously achieving yield and quality objectives in sunflower cultivation

Keywords: Classification, EfficientNet model, Test accuracy, Transfer learning, Weed

Cite this article: Rezaei, M., Nabi Iilkaee, M., Asgaripour, M., & Armin, M. 2025. A Meta-analysis of the Effect of Nitrogen Application in the form of Urea on Sunflower Seed Yield and Oil Content was Performed Using the Fixed-Effect Model in Comprehensive Meta-Analysis (CMA) software. *Journal of Sustainable Agricultural Science Research*. 5(2). 1-15.

DOI: <https://doi.org/10.71667/sarj.2025.1193151>



© The Author(s).

Publisher: Islamic Azad University of Kerman Branch Press.

DOI: <https://doi.org/10.71667/sarj.2025.1193151>

فرا تحلیل اثر کاربرد نیتروژن به شکل اوره بر عملکرد دانه و درصد روغن آفتابگردان با استفاده از مدل اثرات ثابت در نرم افزار CMA

محسن رضایی^{۱*}، محمد نبی ایلکائی^۲، محمد اصغری پور^۳، محمد آرمین^۴

۱-استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا، فسا

۲-دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، کرج

۳-استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی زابل، زابل

۴-استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، سبزوار

* ایمیل نویسنده مسئول: imanahmadi1358@iau.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۲۹)

چکیده

هدف: فراتحلیل به عنوان یک روش قدرتمند آماری، قادر است با ترکیب کمی نتایج حاصل از مطالعات مستقل و به ظاهر متناقض، به یک برآورد دقیق‌تر و جامع‌تر از اندازه اثر واقعی یک عامل دست یابد. این روش با جمع‌آوری، خلاصه‌سازی و تحلیل آماری یافته‌های پژوهشی، می‌تواند الگوهای پنهان در داده‌ها را آشکار ساخته و به درک بهتری از عوامل اصلاح کننده پاسخ گیاه منجر شود. **مواد و روش‌ها:** در این پژوهش به مطالعه فراتحلیل اثرات اوره بر صفات عملکرد دانه با ۳۶ مطالعه و درصد روغن دانه با ۲۳ مقاله علمی و پژوهشی منتشر شده (۱۹۹۵-۲۰۲۲) در ایران و برخی از کشورهای جهان، پرداخته شد. اساس انتخاب مقالات به واسطه عنوان پژوهش، محل آزمایش، نوع طرح آزمایشی، تعداد و نوع تیمارهای آزمایشی، نوع منبع نیتروژن (اوره) و صفات مهم شامل عملکرد دانه، و درصد روغن دانه بودند. تمامی مراحل تحلیل توسط نرم افزار CMA-V3.7 انجام شدند، رگرسیون خطی در محیط اکسل رسم شد.

یافته‌ها: نتایج انباشت این فراتحلیل نشان داد که اندازه اثر کل اثر کود اوره بر عملکرد دانه (۰/۶۸۸) و اندازه اثر کل درصد روغن دانه (۰/۳۹۹) گزارش شد. نتایج رگرسیون خطی نشان داد که همبستگی درصد روغن به کود اوره با یک همبستگی بسیار کم منفی ($R^2=0.1317$) و همبستگی عملکرد دانه با کود اوره نسبتاً ضعیف و با شیب مثبت ($R^2=0.2915$) گزارش شد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه مصرف بهینه اوره می‌تواند عملکرد دانه را به طور معناداری افزایش دهد، اما مدیریت آن باید با دقت انجام شود تا از کاهش درصد روغن و پیامدهای محیط‌زیستی جلوگیری گردد. استفاده از راهکارهای تلفیقی مانند ترکیب کودهای زیستی با مقادیر کاهش یافته اوره، که می‌تواند به عنوان یک راهبرد موثر برای دستیابی به اهداف عملکردی و کیفی همزمان در کشت آفتابگردان مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، آزمون ایمن از خطا، اندازه اثر، تحلیل حساسیت، نمودار انباشت

استناد:

Rezaei, M., Nabi Iilkaee, M., Asgaripour, M., & Armin, M. 2025. A Meta-analysis of the Effect of Nitrogen Application in the form of Urea on Sunflower Seed Yield and Oil Content was Performed Using the Fixed-Effect Model in Comprehensive Meta-Analysis (CMA) software. Journal of Sustainable Agricultural Science Research. 5(2). 1-15.

DOI: <https://doi.org/10.71667/sarj.2025.1193151>



© The Author(s).

ناشر: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

DOI: <https://doi.org/10.71667/sarj.2025.1193151>

مقدمه

بر اساس تحلیل‌های جامع سازمان فائو در سال ۲۰۲۴، گیاه آفتابگردان با دارا بودن سطح زیر کشت بیش از ۲۸ میلیون هکتار در جهان، به عنوان چهارمین منبع مهم تولید روغن نباتی پس از سویا، نخل روغنی و کلزا شناخته می‌شود. در ایران نیز این محصول با سطح کشتی حدود ۱۵۰ هزار هکتار، سهم قابل توجهی در تامین روغن داخلی دارد. بر اساس گزارش فائو (۲۰۲۴)، رقابت جهانی در بازار روغن‌های نباتی شدید بوده و آفتابگردان به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد از جمله سازگاری با شرایط کم‌آبی، دوره رشد کوتاه و مقاومت به خشکی، از مزیت نسبی در بسیاری از مناطق برخوردار است. از دیدگاه اقتصادی، تولید آفتابگردان نه تنها در کاهش وابستگی به واردات روغن نقش کلیدی ایفا می‌کند، بلکه به دلیل ارزش بالای محصول و امکان کشت در اراضی کم‌بازده، به عنوان یک محرک اقتصادی برای کشاورزان محسوب می‌شود. تحلیل‌های فائو نشان می‌دهد که افزایش بهره‌وری در واحد سطح و بهبود کیفیت روغن از عوامل تعیین‌کننده در رقابت پذیری این محصول با سایر منابع روغنی است.

نیتروژن نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت محصولات روغنی دارد، چرا که جزء اصلی سازنده پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل است (Wang et al.,

2021). مطالعات فراوانی نشان داده‌اند که کاربرد بهینه کود نیتروژن به شکل اوره، از طریق تقویت رشد رویشی و افزایش سطح برگ، منجر به افزایش معنادار عملکرد دانه در گیاهان روغنی مانند آفتابگردان، کلزا و سویا (Smith & Jones, 2022) می‌شود. با این حال، رابطه بین نیتروژن و درصد روغن دانه پیچیده‌تر است. به طور معمول، افزایش نیتروژن قابل دسترس برای گیاه، سنتز پروتئین را بر سنتز لیپیدها ترجیح می‌دهد که این امر می‌تواند منجر به کاهش نسبی درصد روغن دانه شود (Chen et al., 2023). گرچه این کاهش ممکن است از نظر آماری معنادار نباشد، اما در سطوح بسیار بالای نیتروژن اغلب مشهود است. یک فراتحلیل اخیر توسط (Keshavarz et al., 2023) بر روی مطالعات آفتابگردان نشان داد که اگرچه عملکرد دانه به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم مصرف به طور متوسط ۱۵ درصد افزایش یافت، ولی درصد روغن به میزان ۲.۵ درصد کاهش پیدا کرد. این یافته بر اهمیت تعادل در مصرف نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عملکرد اقتصادی بدون تخریب شدید کیفیت دانه تأکید می‌کند. از سوی دیگر، مدیریت یکپارچه تغذیه، که شامل تلفیق کودهای زیستی نظیر Azotobacter با مقادیر کاهش‌یافته کود اوره می‌شود، در مطالعاتی مانند (Amini et al., 2024) نه تنها توانست عملکرد

دانه را حفظ کند، بلکه از کاهش درصد روغن نیز جلوگیری نمود که نشان‌دهنده یک راهکار امیدبخش برای پایداری زیست‌محیطی و اقتصادی است.

مطالعات متعدد اخیر به وضوح نقش کلیدی نیتروژن در تعیین کمیت و کیفیت محصولات روغنی را تأیید کرده‌اند. پژوهش (Ebrahimi et al., 2023) روی کلزا نشان داد که مصرف بهینه نیتروژن نه تنها عملکرد دانه را تا ۲۵ درصد افزایش می‌دهد، بلکه با بهبود شاخص برداشت، کارایی مصرف آب را نیز ارتقا می‌بخشد. در سویا (Jones & Smith, 2022) به این نتیجه رسیدند که هرچند نیتروژن بالا باعث کاهش جزئی (حدود ۲-۳ درصد) در درصد روغن می‌شود، اما از طریق افزایش چشمگیر عملکرد کلی در هکتار، محتوای کل روغن در واحد سطح را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. این موضوع اهمیت نگاه جامع به عملکرد کل روغن را به جای تمرکز صرف بر روی درصد روغن نشان می‌دهد. در کنار اینها (Zhang et al., 2024) در فراتحلیلی روی منابع مختلف نیتروژن گزارش کردند که کاربرد تلفیقی کودهای دامی با اوره در مقایسه با کاربرد جداگانه هر کدام، منجر به بهبود همزمان عملکرد دانه و درصد روغن در آفتابگردان شد که این امر بر اهمیت منبع نیتروژن و مدیریت تلفیقی تغذیه ای تأکید می‌کند. علاوه بر این (Davis et al., 2023) نشان دادند که زمان

کاربرد نیتروژن، به ویژه مصرف سرک در مرحله گلدهی، تأثیر مستقیمی بر پر شدن دانه ها و در نتیجه افزایش درصد روغن در بسیاری از دانه های روغنی دارد.

(Amini et al., 2024) نشان داد که کاربرد کودهای زیستی به طور میانگین منجر به افزایش ۱۵.۲ درصدی عملکرد دانه در غلات شد. یک فراتحلیل جهانی توسط (Li et al., 2022) تأثیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه را بر عملکرد محصولات زراعی مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که مدیریت تلفیقی تغذیه می‌تواند تا ۳۰ درصد در مصرف نیتروژن صرفه‌جویی کند بدون آنکه تأثیر منفی بر عملکرد داشته باشد مطالعه (Wang et al., 2021) بر روی گیاهان روغنی نشان داد که تنش خشکی به طور متوسط باعث کاهش ۳۷ درصدی عملکرد روغن می‌شود. فراتحلیل (Ebrahimi et al., 2023) بر روی مطالعات ایرانی حاکی از آن بود که کاربرد عنصر روی به طور میانگین موجب افزایش ۱۱.۵ درصدی عملکرد گندم در خاک‌های آهکی ایران شده است.

(Jones & Smith, 2022) در فراتحلیل خود بر روی کودهای پتاسیم به این نتیجه رسیدند که پاسخ ذرت به این عنصر در خاک‌هایی با محتوای پتاسیم پایین به طور معنی‌داری بیشتر است. مطالعه (Zhang et al., 2024) رابطه بین شاخص‌های کلروفیل و عملکرد نهایی

محصولات را مورد فراتحلیل قرار داد و همبستگی قوی بین این دو پارامتر را گزارش کرد (Hosseini *et al.*, 2022). اثرات تغذیه برنج با سیلسیم را بر کاهش تنش شوری فراتحلیل کردند و دریافتند که سیلسیم می‌تواند اثرات منفی شوری را تا حد قابل توجهی کاهش دهد. یک فراتحلیل جامع توسط (Chen *et al.*, 2023) نشان داد که کشاورزی حفاظتی به طور متوسط منجر به افزایش ۷.۶ درصدی کربن آلی خاک در مقایسه با سیستم‌های مرسوم می‌شود. (Keshavarz & Modhej, 2023) در فراتحلیل اثرات تنش گرما بر روی بقولات گزارش کردند که این تنش به طور میانگین باعث کاهش ۲۱ درصدی در وزن هزار دانه می‌شود. (Davis *et al.*, 2021) به فراتحلیل مطالعات مربوط به تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد کلزا پرداخت و بهترین نتایج برای کشت را برای اقلیم‌های معتدل شناسایی کرد.

نیتروژن به عنوان یکی از پر مصرف‌ترین عناصر غذایی در کشاورزی مدرن، نقش کلیدی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات زراعی ایفا می‌کند. این عنصر جزئی اساسی در ساختار اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، کلروفیل و نوکلئیک اسیدها است و بنابراین بر فرآیندهای حیاتی از جمله فتوسنتز، رشد رویشی و زایشی گیاه تأثیر مستقیم می‌گذارد. در میان منابع مختلف نیتروژن، اوره به دلیل دارا بودن درصد بالای نیتروژن (۴۶ درصد) و قیمت نسبتاً پایین،

به یکی از متداول‌ترین کودهای مورد استفاده در جهان تبدیل شده است. با این حال، کارایی استفاده از نیتروژن در شرایط مزرعه‌ای معمولاً پایین است و بخش قابل توجهی از آن از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند شستشو، تبخیر و دنتریفیکاسیون از دسترس گیاه خارج می‌شود که این امر نه تنها موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد، بلکه آلودگی منابع آب و خاک و انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز در پی دارد. گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در ایران و جهان، به دلیل سازگاری با شرایط مختلف آب و هوایی، مقاومت به خشکی و ارزش اقتصادی بالا، مورد توجه ویژه قرار دارد. عملکرد دانه و درصد روغن دو صفت اصلی تعیین‌کننده بازده اقتصادی این محصول هستند که به شدت تحت تأثیر مدیریت تغذیه، به ویژه مصرف نیتروژن، قرار می‌گیرند. مطالعات متعدد و پراکنده‌ای در ایران و سایر نقاط جهان به بررسی اثرات سطوح مختلف کود اوره بر روی این صفات در آفتابگردان پرداخته‌اند. با این وجود، نتایج این مطالعات در برخی موارد متناقض و غیرقطعی گزارش شده است که این تناقضات می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی از جمله تفاوت در شرایط اقلیمی، خصوصیات خاک، رقم کشت شده، مدیریت آبیاری و تاریخچه کشت باشد. این پراکندگی در نتایج، تصمیم‌گیری برای توصیه یک برنامه تغذیه‌ای بهینه را برای

کشاورزان و کارشناسان با چالش مواجه ساخته است. در چنین شرایطی، فراتحلیل به عنوان یک روش قدرتمند آماری، قادر است با ترکیب کمی نتایج حاصل از مطالعات مستقل و به ظاهر متناقض، به یک برآورد دقیق‌تر و جامع‌تر از اندازه اثر واقعی یک عامل در مورد، کود اوره دست یابد. این روش با جمع‌آوری، خلاصه‌سازی و تحلیل آماری یافته‌های پژوهشی، می‌تواند الگوهای پنهان در داده‌ها را آشکار ساخته و به درک بهتری از عوامل اصلاح کننده پاسخ گیاه منجر شود. بنابراین، با توجه به خلأ وجود یک مطالعه جامع که بتواند تصویر روشنی از اثر کاربرد اوره بر صفات کمی و کیفی آفتابگردان ارائه دهد، این پژوهش با هدف انجام یک فراتحلیل سیستماتیک بر روی مطالعات انجام شده در ایران و برخی کشورهای جهان طراحی گردید. اهداف اصلی این مطالعه عبارتند از: (۱) کمی‌سازی اندازه اثر کلی کاربرد کود اوره بر عملکرد دانه و درصد روغن آفتابگردان، (۲) تعیین میزان ناهمگنی بین مطالعات، و (۳) شناسایی تعدیلگری منابع ناهمگنی از طریق تحلیل زیرگروه و متغیرهای. امید است نتایج این فراتحلیل بتواند مبنای علمی محکمی برای تدوین راهکارهای مدیریتی بهینه در جهت افزایش بهره‌وری و پایداری سیستم‌های تولید آفتابگردان فراهم آورد.

با توجه به اهمیت علم فراتحلیل در دستیابی به نتایج جمع بندی شده مطالعات متعدد در این پژوهش به اثرات شکل های مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه، درصد روغن دانه در آفتابگردان با استفاده از ۳۶ مقاله برای عملکرد دانه و ۲۳ مقاله برای درصد روغن دانه برگزیده شده در ایران و جهان، توسط روش فراتحلیل مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش ها

روش متا-آنالیز

در این تحقیق از مطالعات مختلف زراعی انتشار یافته در مجلات معتبر دانشگاهی، پایگاه های اطلاعاتی و استنادی جهان اسلام، جهاد دانشگاهی و مگ ایران و کنفرانس ها، گزارش های علمی مراکز تحقیقاتی، پایان نامه ها، مجموعه مقالات ارایه شده از سایت Google scholar.Cabi.Scopus پس از جمع آوری مقالات، مقالاتی که قابلیت استفاده در فراتحلیل را داشتند جدا کرده و کد گذاری شدند. از بین ۱۸۱ مقاله جمع آوری شده تعداد ۳۶ مقاله برای عملکرد دانه و ۲۳ مقاله برای درصد روغن دانه، شرایط ورود به فراتحلیل داشتند و در فرایند تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (جدول شماره ۱).

رضایی و همکاران: فراتحلیل اثر کاربرد نیتروژن به شکل اوره بر عملکرد دانه و درصد روغن..... ۵

جدول ۱- مشخصات پایه ای مطالعاتی که در فراتحلیل قرار گرفته اند

نویسنده	مکان آزمایش	نوع طرح آزمایشی	فرم کود نیتروژن	تیمار	معیارهای خطا	تعداد تکرار	تعداد سال های آزمایش
رضایی، ۱۳۸۴	ایران	طرح فاکتوریل	اوره	دور آبیاری + نیتروژن	EMS	۴	۱
نسیم و همکاران، ۲۰۰۹	پاکستان	بلوک های کامل تصادفی	اوره	نیتروژن	LDS	۳	۲
اوذر و همکاران، ۲۰۰۴	ترکیه	بلوک های کامل تصادفی	اوره	دور آبیاری + نیتروژن	LDS	۳	۲
بنی سعیدی، ۱۳۹۱	ایران	کرت های خرد شده	اوره	نیتروژن	EMS	۳	۱
ثقه السلام و همکاران، ۱۳۹۱	ایران	بلوک های کامل تصادفی	اوره	نیتروژن + آبیاری	EMS	۳	۱
رفیعی و همکاران، ۱۳۸۴	ایران	بلوک های کامل تصادفی	اوره	نیتروژن + تنش خشکی	EMS	۳	۱
حمزه ای و همکاران، ۱۳۹۵	ایران	بلوک های کامل تصادفی	اوره	نیتروژن + آبیاری	EMS	۳	۱
قلی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱	ایران	اسپلیت پلات	اوره	تنش خشکی + نیتروژن	EMS	۳	۱
قلی نژاد، ۱۳۹۳	ایران	اسپلیت - اسپلیت پلات	اوره	تنش خشکی + تراکم بوته + نیتروژن	EMS	۳	۲
مجدم، ۱۳۹۵	ایران	بلوک های کامل تصادفی	اوره	تنش خشکی + نیتروژن	EMS	۳	۱
رسول و همکاران، ۲۰۱۳	هندوستان	فاکتوریل بر پایه بلو ک های کامل تصادفی	اوره	نیتروژن + کود دامی	LSD	۳	۲
مجیری و ارزانی، ۱۳۸۲	اصفهان	کرت های خرد شده	اوره	نیتروژن + تراکم بوته	LSD	۳	۱
علی و همکاران، ۲۰۱۲	پاکستان	اسپلیت اسپلیت پلات	اوره	نیتروژن + تراکم بونه	LSD	۳	۱
سینک و همکاران، ۲۰۱۳	ترکیه	اسپلیت پلات	اوره	آبیاری + نیتروژن	LSD	۳	۲
ملاشاهی و همکاران، ۱۳۹۲	ایران	بلوک های کامل تصادفی	اوره	نیتروژن + پتاسیم	EMS	۳	۱
اهویز و همکاران، ۲۰۱۳	پاکستان	بلوک های کامل تصادفی	اوره	تراکم + نیتروژن	LSD	۳	۱

۱	۳	LSD	نیتروزن	اوره	بلوک کامل تصادفی	ترکیه	کیلی، ۲۰۰۴
۱	۴	LDS	نیتروزن	اوره	بلوک های کامل تصادفی	پاکستان	نسیم و همکاران، ۲۰۱۲
۱	۴	EMS	نیتروزن + تراکم بوته	اوره	فاکتوریل	ایران	بابایی اقدم و همکاران، ۱۳۸۸
۱	۳	EMS	نیتروزن	اوره	بلوک های کامل تصادفی	ایران	عادل پور و همکاران، ۱۳۸۹
۱	۳	EMS	نیتروزن	اوره	بلوک های کامل تصادفی	نیجریه	وبکا و همکاران ۲۰۱۵،
۱	۳	EMS	نیتروزن +رقم	اوره	بلوک کامل تصادفی	ایران	پوراحمد، ۲۰۰۹،
						ترکیه	اوشیندا، ۲۰۱۴،
۲	۳	EMS	نیتروزن +آبیاری	اوره	اسپلست پلات	ترکیه	مهمت و همکاران ۲۰۱۳،
۱	۳	EMS	نیتروزن +تراکم	اوره	اسپلست پلات	پاکستان	امجد و همکاران ۲۰۱۲،

سپس صفات مهمی چون درصد روغن دانه و عملکرد دانه به طور جداگانه از مقالات استخراج شده و از داده های جمع آوری شده با استفاده از روش های فراتحلیل به تجزیه داده ها و رسم نمودار ها پرداخته شد. شرح کامل روش محاسبات آماری فراتحلیل توسط (Gurevitch & Hedges, 1999) ارائه شده است. اولین مرحله در اجرای فراتحلیل محاسبه اختلاف استاندارد میانگین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی (تیمار کود اوره) است که به آن اندازه اثر (d) گفته می شود. بنابراین برای هر یک از ۳۵ و ۲۳ آزمایش مستقلی که در این فراتحلیل مورد بررسی قرار گرفته اند، یک مقدار d محاسبه می شود (معادله ۱).

$$d = \frac{\bar{X}_t - \bar{X}_c}{S_p} \times J \quad (1)$$

که در آن $\bar{X}_t$ و $\bar{X}_c$ به ترتیب میانگین تیمارهای شاهد و کود، S_p انحراف معیار تلفیق شده میانگین ها و J ضریب تصحیح برای اریب بودن انحراف معیار میانگین ها می باشند. مقادیر J و S_p به ترتیب از روابط ۲ و ۳ محاسبه شدند:

$$J = 1 - \left[\frac{3}{4(df_c + df_t) - 1} \right] \quad (2)$$

$$S_p = \sqrt{\frac{df_c(S_c^2) + df_t(S_t^2)}{df_c + df_t}} \quad (3)$$

رضایی و همکاران: فراتحلیل اثر کاربرد نیتروژن به شکل اوره بر عملکرد دانه و درصد روغن..... ۷

که در آنها S_c و S_t به ترتیب انحراف معیار میانگین شاهد و تیمار کود اوره، df_c و df_t به ترتیب درجه آزادی شاهد و تیمار کود اوره می باشند. در صورتی که مقادیر انحراف معیار میانگین ها در مقاله ذکر نشده باشد، بایستی مقدار S_p بر اساس واریانس خطای آزمایش (MSE) مطابق جداول تجزیه واریانس مقالات تحت بررسی، توسط معادله ۴ برآورد کرد:

$$S_p = \sqrt{\left(\frac{n_c + n_t - 2}{n_c + n_t}\right) MSE} \quad (4)$$

که در آن n_c و n_t به ترتیب تعداد تکرار های شاهد و تیمار می باشند.

بدون شک تمامی آزمایش های تحت بررسی از دقت یکسانی برخوردار نمی باشند. بنابراین لازم است که برای هر آزمایش متناسب با دقت آن وزنی محاسبه شده و سپس مقدار اندازه اثر هر آزمایش به کمک آن موزون شود. به این منظور ابتدا واریانس اندازه اثر برای هر آزمایش (V_d) محاسبه شدند (معادله ۵):

$$V_d = \left[\frac{n_c + n_t}{n_c \times n_t} \right] + \left[\frac{d^2}{2n(n_c + n_t)} \right] \quad (5)$$

عکس این واریانس وزن مربوط به آن آزمایش می باشد، به این ترتیب هر آزمایشی که واریانس کوچکتری داشته باشد، از وزن بیشتری برخوردار خواهد بود: $w_i = \frac{1}{V_d}$.

در نهایت یک اندازه اثر کل یا تجمعی (d^*) محاسبه می شود که در واقع اختلاف استاندارد شده میان شاهد و تیمارهای کود برای کلیه آزمایشات تحت بررسی می باشد (معادله ۶):

$$d^* = \frac{\sum w_i d_i}{\sum w_i} \quad (6)$$

و انحراف معیار آن (S_{d^*}) نیز از معادله ۷ به دست خواهد آمد:

$$S_{d^*} = \sqrt{\frac{1}{\sum w_i}} \quad (7)$$

آخرین مرحله از فراتحلیل آزمون معنی داری d^* است، محاسبه کرد. چنانچه این فاصله اطمینان با صفر با معلوم بودن S_{d^*} می توان فاصله اطمینان d^* را همپوشانی داشته باشد، اندازه اثر تجمعی موزون شده

(d^*) معنی دار نبوده و با تیمار شاهد تفاوت ندارد و در غیر این صورت تفاوت تیمار نسبت به شاهد به طور معنی داری بیش از صفر می باشد. همچنین تمامی محاسبات و رسم نمودارها با نرم افزار CAM نسخه 3.7 انجام شد. آزمون متا- رگرسیون در محیط اکسل صورت گرفت. مدل انتخابی برای هر دو صفت

فرا تحلیل بر اساس آزمون های هتروژنی و آزمون فرض صفر و آزمون اندازه اثر و حدود اطمینان در سطح ۹۵٪، مدل ثابت انتخاب شد (جدول ۲ و ۳). تحلیل حساسیت و سوگیری مطالعات بارسم نمودار قیفی و آزمون های اصلاح و ترمیم و خطای ایمن انجام گردید.

جدول ۲- تعیین مدل عملکرد دانه با آزمون صفر، آزمون هتروژنی، اندازه اثر و حدود اطمینان در سطح ۹۵٪

مدل	اندازه اثر و حدود اطمینان در سطح ۹۵٪	آزمون فرض صفر	آزمون هتروژنی	فرا تحلیل							
مدل	تعداد مطالعات نقطه تخمین	استاندارد خطا واریانس	حد پایین	حد بالا	Z-value	P-value	Q-value	df(Q)	P-value	L-squared	ثابت
ثابت	36	0.406	0.061	0.004	0.287	0.526	6.658	0.000	0.998	35	0.000
تصادفی	36	0.406	0.061	0.004	0.287	0.526	6.658	0.000			

جدول ۳- تعیین مدل درصد روغن دانه با آزمون صفر، آزمون هتروژنی، اندازه اثر و حدود اطمینان در سطح ۹۵٪

مدل	اندازه اثر و حدود اطمینان در سطح ۹۵٪	آزمون فرض صفر	آزمون هتروژنی	فرا تحلیل							
مدل	تعداد مطالعات نقطه تخمین	خطای استاندارد واریانس	حد پایین	حد بالا	Z-value	P-value	Q-value	df(Q)	P-value	L-squared	ثابت
ثابت	23	0.665	0.080	0.006	0.508	0.821	8.312	0.000	0.996	22	0.000
تصادفی	23	0.665	0.080	0.006	0.508	0.821	8.312	0.000			

مطالعه ی بیشتری دارند اختلاف نشان داده شده معنی دار می باشد (Borenstein et al., 2009). نمودار انباشت عملکرد دانه نشان داد که بین مطالعات هتروژنی وجود دارد. میزان اندازه اثر کل برابر با ۰/۴۰۶ گزارش شد. در مطالعه (Borenstein et al., 2015)، با اندازه اثر ۰/۳۹- و مقدار $p\text{-value}=0/09$ با وزن مطالعه ۲/۲۴ و مطالعه (Wabekwa et al., 2015). با

رسم نمودار انباشت اثر کود اوره بر عملکرد دانه نمودار انباشت هتروژنی بین مطالعات را بررسی می کند مدل انتخابی فرا تحلیل صفت عملکرد دانه بر اساس آزمون های تاو و هتروژنی نشان داد که تجزیه بر اساس مدل ثابت باید انجام شود مطالعاتی که خط عمود را قطع نکرده اند و مقدار پی معنی دار شده است و وزن

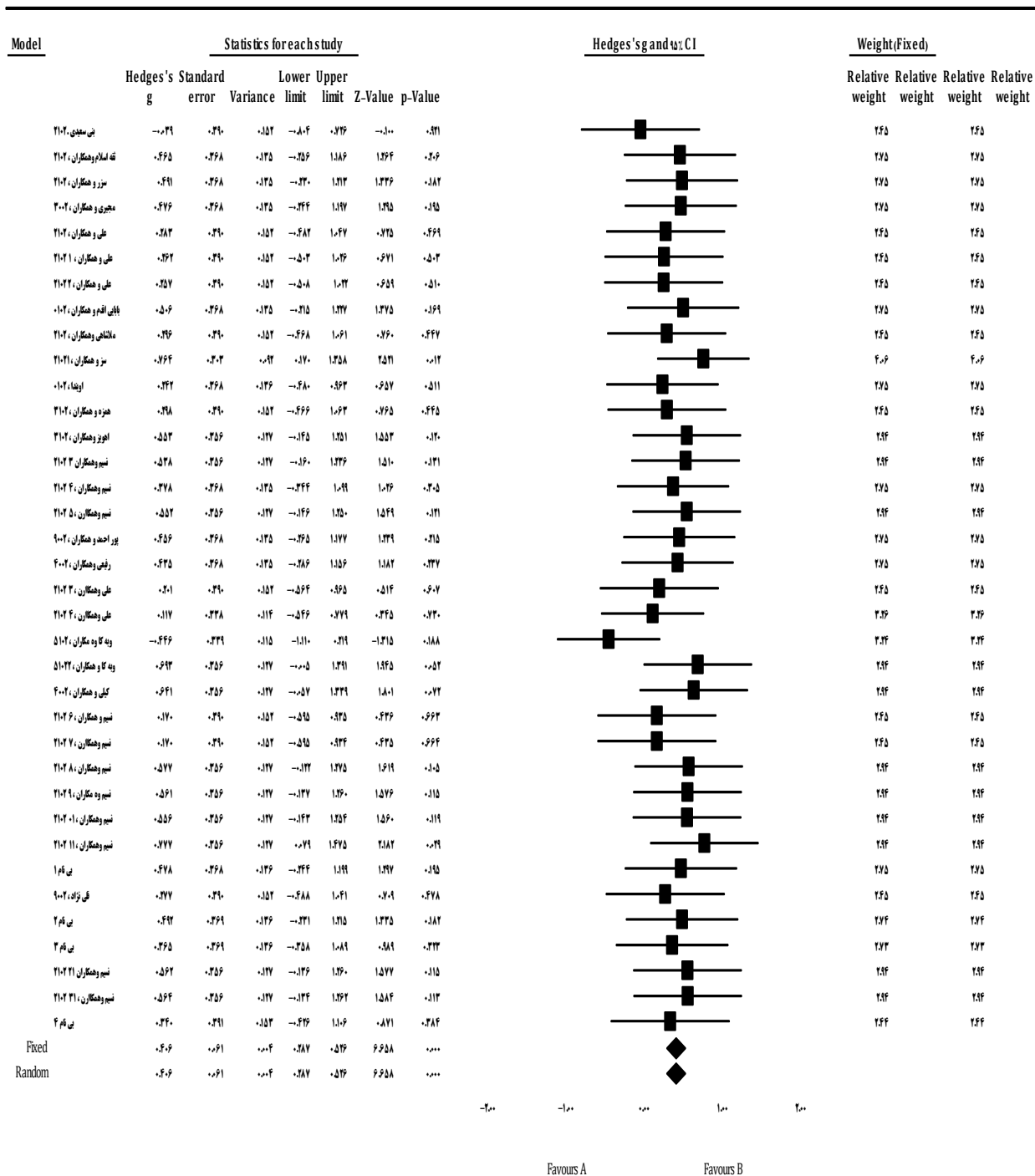
اندازه اثر $0.446 - p\text{-value} = 0.188$ و وزن مطالعه ی $3/24$ خط عمود نمودار انباشت را قطع نکردند و معنی دار شدند.

رسم نمودار انباشت اثر کود اوره بر درصد روغن

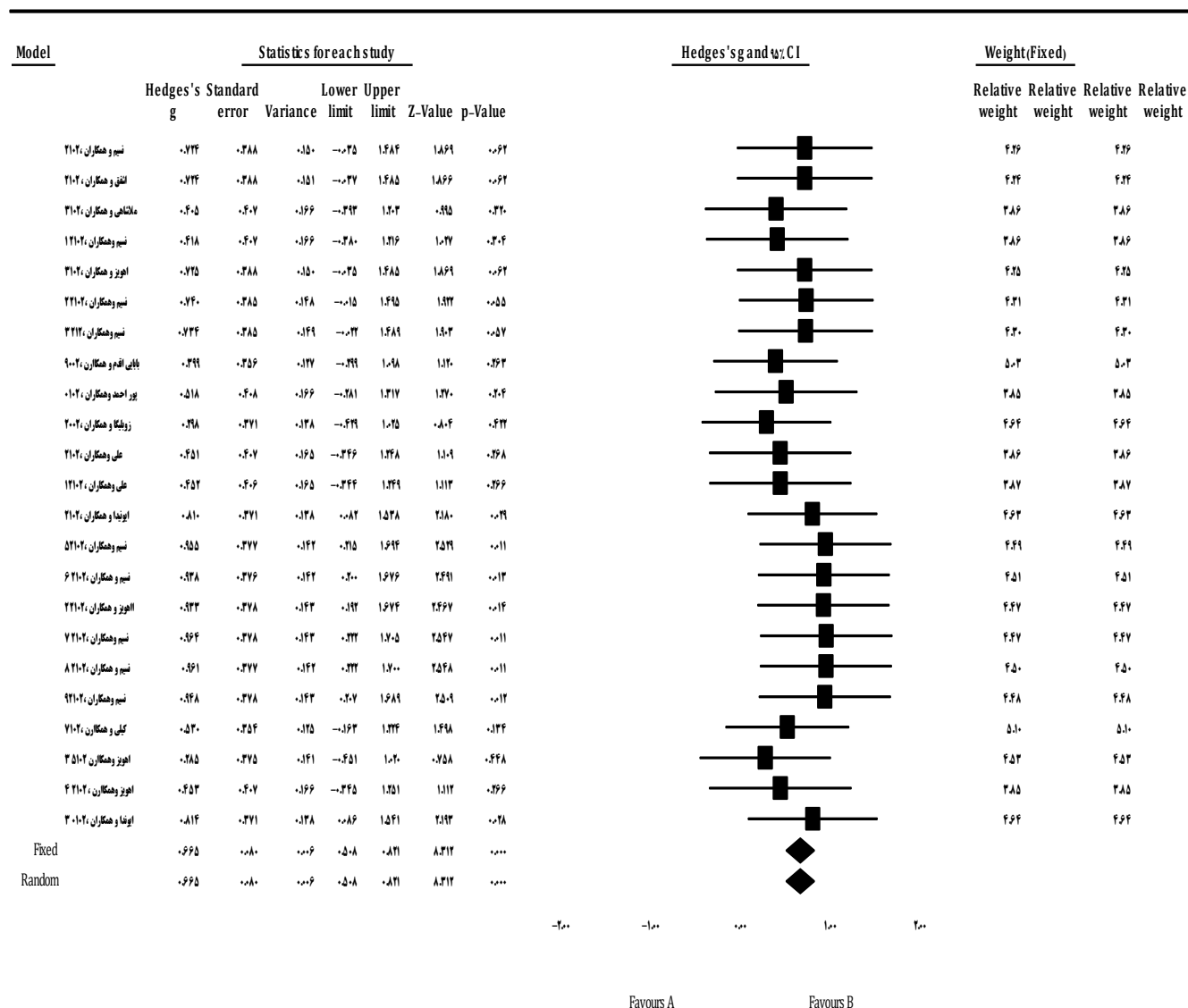
دانه آفتابگردان

نمودار انباشت درصد روغن نشان داد که بین مطالعات هتروژنی وجود دارد. میزان اندازه اثر کل برابر با 0.665 گزارش شد. مطالعاتی که اندازه ی اثر آنها از اندازه اثر

کل کمتر و یا بیشتر گزارش شده و مقدار $p\text{-value}$ در سطح 95% معنی دار و وزن مطالعات آنها بیشتر باشد این مطالعات معنی دار هستند. در نمودار انباشت درصد روغن بیشترین اندازه اثر مربوط به مطالعه (Nasim *et al.*, 2012) با اندازه اثر به ترتیب 0.964 و 0.961 و مقدار $p\text{-value} = 0.01$ و وزن مطالعه ی به ترتیب $4/51$ و $4/47$ بود. و مطالعه ی (Ashfagh *et al.*, 2014)، نیز مقدار $p\text{-value} = 0.062$ و وزن مطالعه به ترتیب $4/26$ و $4/24$ نیز گزارش شد.



شکل ۱- نمودار اثبات تاثیر کود اوره بر عملکرد دانه، اندازه اثر کل و حدود اطمینان (۰/۲۷۹ و ۰/۵۲۰) ۰/۳۹۹



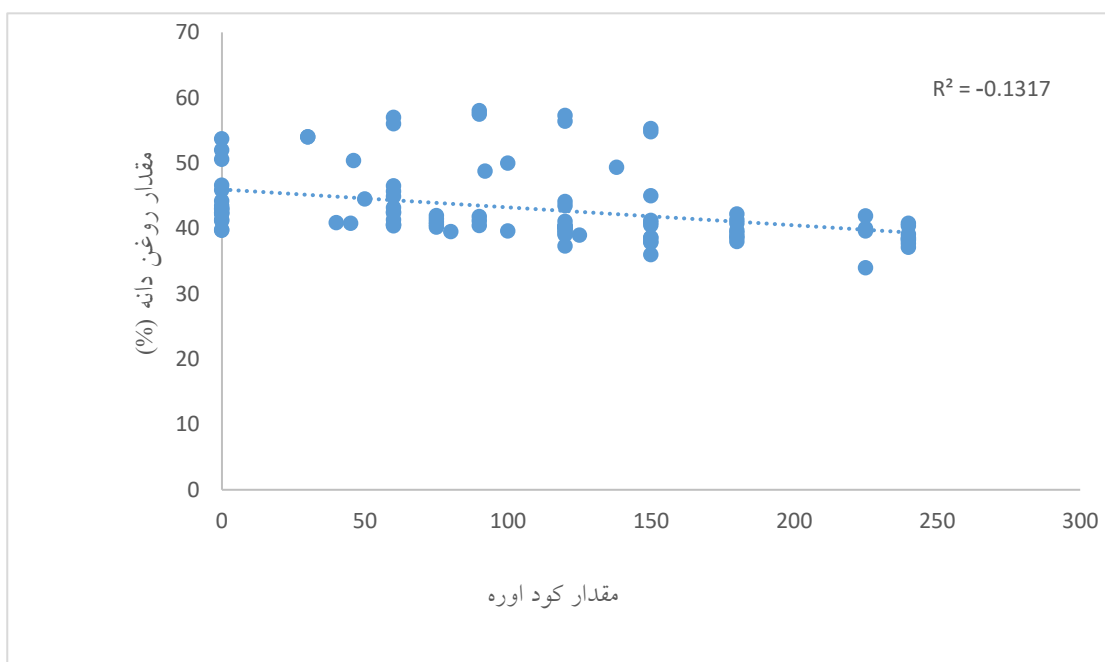
شکل ۲- نمودار انباشت اثر کود اوره بر درصد روغن دانه، اندازه اثر کل و حدود اطمینان (۰/۸۴۷ و ۰/۵۳۰) و ۰/۶۸۸

موجب افزایش عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. به عبارت دیگر افزایش عملکرد دانه با مقادیر مصرف نیتروژن بیش از ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره مشاهده نشد. هر چند بسته به هدف تولید آفتابگردان روغنی، مصرف

متا- رگرسیون تاثیر مقادیر اوره بر عملکرد دانه نتایج رگرسیون خطی عملکرد دانه نشان داد که همبستگی عملکرد دانه با مصرف اوره با ضریب تبیین ضعیفی همراه بوده، با وجود آن با افزایش مقدار اوره تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره

تأثیر منفی داشته است، اما این تأثیر منفی همبستگی زیادی نسبت به اوره نداشته و ممکن است، سایر عوامل دیگر نیز در افزایش عملکرد دانه موثر باشند.

زیاد نیتروژن به دلیل تأثیر منفی بر روغن توصیه نشده، لذا مقادیری که بالاتر از ۲۴۰ کیلوگرم مصرف اوره مشاهده نشد. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش میزان مصرف نیتروژن بر میزان درصد روغن دانه آفتابگردان



شکل ۳- رگرسیون خطی تأثیر مقدار کود اوره بر درصد روغن دانه

رضایی و همکاران: فراتحلیل اثر کاربرد نیتروژن به شکل اوره بر عملکرد دانه و درصد روغن..... ۱۳



شکل ۴- رگرسیون خطی تاثیر مقدار کود اوره بر عملکرد دانه

سوگیری صفات عملکرد و درصد روغن دانه

تحلیل حساسیت برای اعتبارسنجی مطالعاتی که در نمودار انباشت تناقض نشان دادند، رسم می شود. رسم نمودار کیفی با نسبت اندازه اثر مطالعات و استاندارد خطای آنها، انجام می گیرد. نمودارهای کیفی متقارن نشان دهنده این می باشد که سوگیری در مطالعات وجود ندارد، اما نمودارهای کیفی نامتقارن نشان از سوگیری مطالعات می باشد. خطوط مجانب حدود اطمینان هر مطالعه را نمایش می دهد. مطالعاتی که از قیف خارج می گردند مطالعاتی هستند که

از اعتبار مناسبی برخوردار نیستند (Borenstein *et al.*, 2009) نتایج آزمون کیفی عملکرد دانه و درصد روغن نشان داد، نمودار درصد روغن و عملکرد دانه متقارن نیست.

با توجه به نامتقارن بودن نمودار کیفی برای تشخیص مطالعاتی که تناقض با سایر مطالعات دارند آزمون اصلاح و ترمیم در مورد درصد روغن دانه نشان داد که اندازه اثر کل مطالعات (۰/۶۶۵۳) و نقطه تخمین (۰/۶۶۵۳) و حدود اطمینان در سطح ۹۵٪ حد بالا (۰/۸۲۱۱۲) و حد پایین (۰/۵۰۷۸۳) گزارش شد (جدول شماره ۶)

. لذا در بین مطالعات مشاهده شد در نمودار کیفی دو مطالعه ی سمت چپ در حال خارج شدن از قیف دیده می شود نتایج این دو مطالعه از اعتبار زیادی برخوردار نیستند، به عبارتی کود اوره به تنهایی در این مطالعات باعث افزایش درصد روغن نبوده است همچنین دو مطالعه ی با اندازه اثر ۰/۹۶۴ و ۰/۹۶۱ نیز با توجه به قرار نگرفتن در محدوده نقطه تخمین و اندازه اثر کل، از اعتبار کمتری برخوردار هستند (نمودار شماره ۶).

با توجه به نامتقارن بودن نمودار کیفی برای تشخیص مطالعاتی که تناقض با سایر مطالعات دارند آزمون اصلاح و ترمیم در مورد عملکرد دانه نشان داد که اندازه اثر کل مطالعات (۰/۴۰۶۳۷) و نقطه تخمین (۰/۳۲۵۷۱) و حدود اطمینان در سطح ۹۵٪ حد بالا برای مطالعات (۰/۵۲۶۰ و حد پایین ۰/۲۸۶۷۵) و برای مطالعات وارد شده (۰/۲۲۰۳۴ و ۰/۴۳۴۶۷) گزارش شد (جدول شماره ۵)

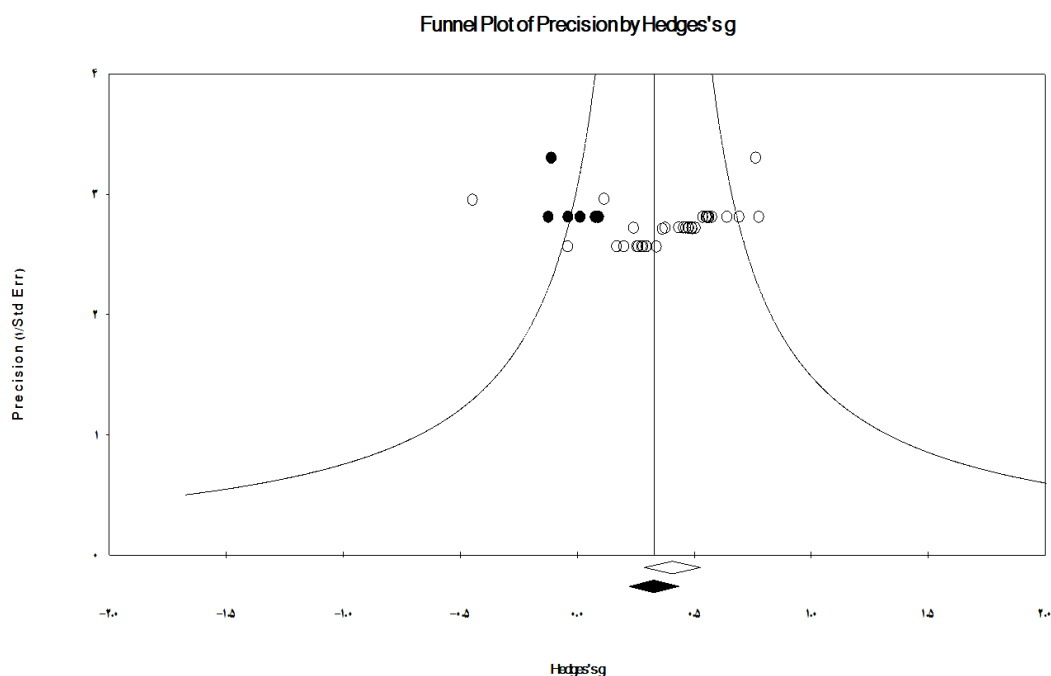
نتایج آزمون ایمن از خطا عملکرد دانه نشان مقدار p -value معنی دار نشد با توجه به اندازه اثر مطالعات (۰/۴۰۶۳۷) و اندازه اثر مطالعات در حال خارج شدن (۰/۳۲۵۷۱) تعداد مطالعاتی که باید به فراتحلیل وارد شود تا مقدار p -value از ۵ درصد بالاتر رود ۳۸۸ مطالعه می باشد (جدول شماره ۷). نتایج آزمون ایمن از

خطا درصد روغن نشان مقدار p -value معنی دار نشد با توجه به اندازه اثر مطالعات (۰/۶۶۴۵۳) و اندازه اثر مطالعات در حال خارج شدن (۰/۶۶۴۵۳) و حدود اطمینان در سطح ۹۵٪ (۰/۵۰۷۸۳ و ۰/۸۲۱۲۲) برای مطالعات مشاهده شده و مطالعاتی که وارد شده اند گزارش شد همچنین تعداد مطالعاتی که باید به فراتحلیل وارد شود تا مقدار p -value از ۵ درصد بالاتر رود ۳۷۰ مطالعه می باشد (جدول شماره ۷). هر چه قدر تعداد مطالعات وارد شده بیشتر باشد نشان از این است که دقت فراتحلیل زیادتر می باشد در آزمون ایمن از خطا برابر تعداد مطالعاتی که هتروژنی نشان داده اند و اندازه ی اثر آنها در محدوده ی نقطه تخمین و اندازه اثر کل نیستند مطالعاتی در طرف مقابل قیف به طرف چپ و یا راست در مدل های ثابت و تصادفی وارد می کنند تا در صورت پایداری مدل از معنی داری آنها اطمینان پیدا شود در صفت عملکرد دانه تعداد ۸ مطالعه در سمت راست نمودار کیفی از این محدوده بیشتر دیده می شود و دو مطالعه در سمت چپ که محدوده ی قیف خارج شده است مطالعات (Bani Saidi, 2018)؛ Webekwa *et al.*, 2015) اندازه اثر به ترتیب ۰/۳۹- و ۰/۴۴۶- لذا این مطالعات از اعتبار برخوردار نبوده و ی ممکن است اثر منفی کود اوره بر عملکرد دانه

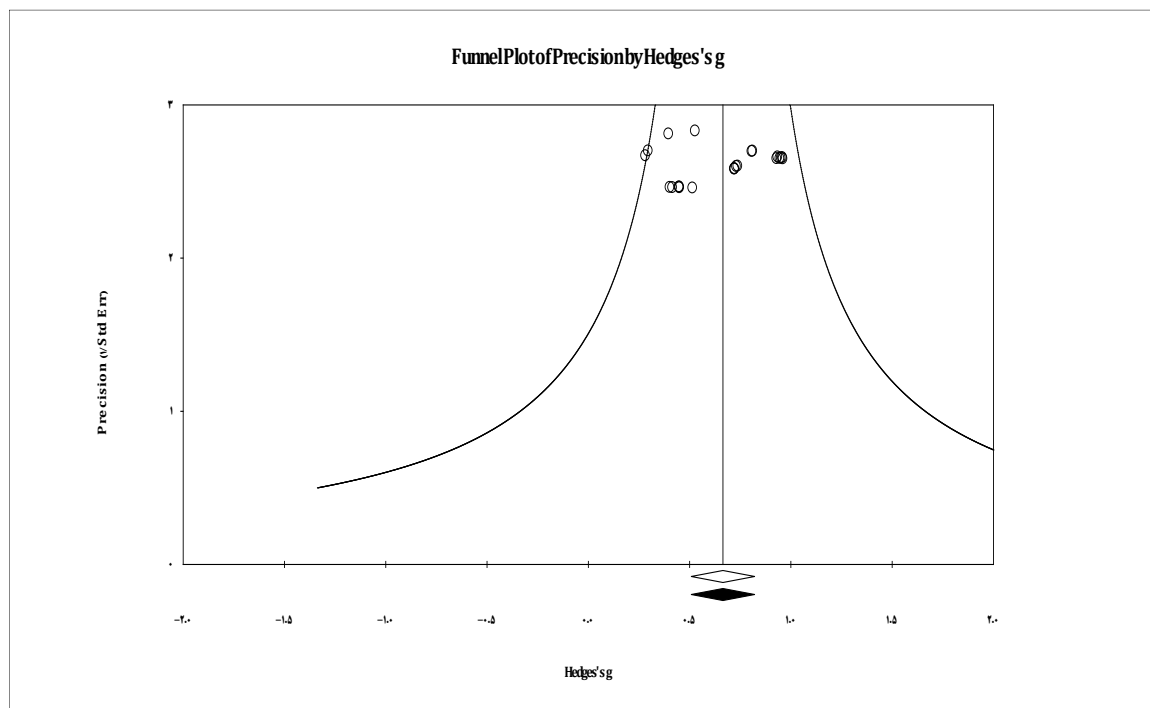
رضایی و همکاران: فراتحلیل اثر کاربرد نیتروژن به شکل اوره بر عملکرد دانه و درصد روغن..... ۱۵

مربوط به کود اوره نبوده است و عوامل دیگری موثر بوده است هر چند در مقایسه ی این دو مطالعه ، مطالعه وبه کا و همکاران با توجه به غیر معنی دار بودن مقدار $p\text{-value} = .۱۸۸$ و

وزن مطالعه ی بیشتر ۳/۲۴ نشان از صحت بی اثر بودن تاثیر کود اوره در کاهش عملکرد دانه می باشد



شکل ۵- نمودار کیفی اثر کود اوره بر عملکرد دانه نقطه تخمین ۰/۳۲۷۵۱ و اندازه اثر کل مطالعات ۰/۴۶۳۷



شکل ۶- نمودار کیفی اثر کود اوره بر درصد روغن دانه نقطه تخمین ۰/۶۶۴۵۳ و اندازه اثر کل مطالعات ۰/۶۶۴۵۳

جدول ۵- آزمون اصلاح و ترمیم مطالعات عملکرد دانه

مشخصات در مقدار عملکرد دانه در نقطه تخمین		
مشخصات مشاهده شده در مطالعات		
نقطه تخمین	-	۰/۳۲۷۵۱
اندازه اثر کل مطالعات	۰/۴۰۶۳۷	-
تعداد مطالعات که برای ترمیم وارد شده اند	-	۸
حد بالا در سطح ۹۵٪	۰/۵۲۶۰	۰/۴۳۴۶۷
حد پایین در سطح ۹۵٪	۰/۲۸۶۷۵	۰/۲۲۰۳۴
نوع مدل تحلیل	ثابت	ثابت

رضایی و همکاران: فراتحلیل اثر کاربرد نیتروژن به شکل اوره بر عملکرد دانه و درصد روغن..... ۱۷

جدول ۶- آزمون اصلاح و ترمیم مطالعات درصد روغن

مشخصات در مقدار درصد روغن	در نقطه	مشخصات در مقدار درصد روغن دانه مشاهده شده در مطالعات
تخمین		
نقطه تخمین	۰/۶۶۵۴۳	۰/۶۶۵۴۳
اندازه اثر کل مطالعات	۰/۶۶۵۴۳	۰/۶۶۵۴۳
تعداد مطالعات که برای ترمیم تحلیل می شوند	.	.
حد بالا در سطح ۹۵٪	۰/۸۲۱۲۲	۰/۸۲۱۲۲
حد پایین در سطح ۹۵٪	۰/۵۰۷۸۳	۰/۵۰۷۸۳
نوع مدل تحلیل	ثابت	ثابت

جدول ۷- آزمون ایمن از خطا عملکرد دانه

مشخصات	درصد روغن	عملکرد دانه
مقدار Z مطالعات	۶/۵۷۴۲۹	۸/۲۷۸۰۹
مقدار p-value مطالعات	۰/۰۰	۰/۰۰
مقدار p-value	۰/۰۵	۰/۰۵
تعداد مطالعات	۲۳	۳۶
تعداد دنباله (گروه شاهد + گروه تیمار کود اوره)	۲	۲
مقدار Z برای alpha	۱/۹۵۹۹۶	۱/۹۵۹۹۶
اندازه اثر مطالعات مشاهده شده	۰/۴۰۶۳۷	۰/۶۶۴۵۳
اندازه اثر مطالعاتی که در حال خارج شدن از نمودار قیفی می باشند که با دایره سیاه مشخص شده اند	۰/۰۰	۰/۰۰
تعداد مطالعاتی که باید وارد شوند تا مقدار p-value بیشتر از ۰/۵ شود	۳۷۰	۳۸۸

بحث و نتیجه‌گیری

(Hasanzadeh ghort tapeh, 2002) بیان کرد، که بیشترین درصد روغن دانه آفتابگردان در تیمار های که کود نیتروژنه کمتری (۴۰ کیلوگرم در هکتار) به همراه کود های ارگانیک مصرف شده حاصل می شود. (Sharifi & Abbasi, 2014) بیان کرد، که درصد روغن با افزایش میزان کود نیتروژنه کاهش یافت.

(Nasim et al, 2012) در مطالعه دو ساله خود در منطقه فیصل آباد پاکستان دریافتند که اثر سطوح مختلف نیتروژن صفر تا ۲۴۰ کیلوگرم با بیشترین درصد روغن دانه (۴۱/۹٪) و در تیمار شاهد (۳۸/۴٪) با کمترین درصد روغن دانه برای رقم سان- ۳۸ آفتابگردان همراه بود. در این تحقیق بالاترین مقدار عملکرد دانه تولید شده در رقم سان- ۳۸ آفتابگردان به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. (Ozer et al., 2004) نشان دادند که تمامی پارامتر های رشدی گیاه در مقادیر مختلف نیتروژن صفر تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار با اثرات مثبت و خطی معنی داری همراه بود.

نتایج این فراتحلیل که بر پایه تجزیه و تحلیل ۳۶ مطالعه برای عملکرد دانه و ۲۳ مطالعه برای درصد روغن استوار است، به وضوح نشان داد که کاربرد کود اوره تأثیر دوگانه‌ای بر صفات کمی و کیفی آفتابگردان دارد. به طوری که اندازه اثر کل مثبت و معنادار برای عملکرد دانه (۰.۶۸۸) و اندازه اثر کل مثبت اما همراه با کاهش برای درصد روغن (۰.۳۹۹) مشاهده

شد. این یافته‌ها به خوبی با پژوهش‌های پیشین که نشان می‌دهند نیتروژن علی‌رغم نقش کلیدی در افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه، می‌تواند با تحریک سنتز پروتئین و کاهش تخصیص کربن به سنتز لیپیدها، درصد روغن دانه را تحت تأثیر منفی قرار دهد، همخوانی دارد (Wang et al., 2021)؛ (Chen et al., 2023). بر اساس تحلیل‌های جدید فائو (۲۰۲۴)، این چالش به ویژه در سیستم‌های کشاورزی ناپایدار که مصرف نیتروژن اغبال بیش از حد نیاز گیاه است، شدت می‌یابد و علاوه بر مسائل اقتصادی، پیامدهای محیط‌زیستی قابل توجهی را نیز به دنبال دارد. نتایج رگرسیون خطی در این مطالعه نیز مؤید همین موضوع بود؛ به نحوی که همبستگی مثبت ولی ضعیف بین مصرف اوره و عملکرد دانه $R^2 = 0.2915$ و همبستگی منفی و ضعیف‌تر بین اوره و درصد روغن $R^2 = -0.1317$ مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد اگرچه نیتروژن عامل تعیین‌کننده‌ای در عملکرد است، اما عوامل دیگری همچون شرایط اقلیمی، مدیریت آبیاری، ویژگی‌های خاک و ژنوتیپ گیاه نیز سهم بسزایی در تعیین پاسخ نهایی محصول دارند (Keshavarz et al., 2023; Zhang et al., 2024). همان‌طور که (Smith & Jones, 2022) نیز در فراتحلیل خود روی سویا گزارش کردند، افزایش عملکرد کلی در هکتار ناشی از مصرف نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی کاهش درصد روغن را جبران نموده و در نهایت محتوای کل روغن در واحد سطح را افزایش دهد. این نگاه

جامع به «عملکرد کل روغن» به جای تمرکز صرف بر «درصد روغن» می‌تواند راهگشای مدیریت بهینه تغذیه در مزارع آفتابگردان باشد. یکی از یافته‌های کلیدی این تحقیق، وجود ناهمگنی قابل توجه بین مطالعات بود که لزوم انجام تحلیل‌های تعدیل گر را بیش از پیش آشکار می‌کند. به عنوان مثال (Amini et al., 2024)، نشان دادند که در سیستم‌های تلفیقی که از کودهای زیستی مانند (*Azotobacter*) در کنار مقادیر کاهش یافته اوره استفاده می‌شود، می‌توان تا حد زیادی از کاهش درصد روغن جلوگیری کرد و حتی عملکرد را نیز حفظ نمود. این موضوع اهمیت منبع نیتروژن و مدیریت یکپارچه تغذیه (INM) را نشان می‌دهد. همچنین، زمان بندی مصرف نیتروژن، به ویژه مصرف سرک در مرحله گلدهی، که توسط (Davis et al., 2023) بر آن تأکید شده است، می‌تواند تأثیر مستقیمی بر پر شدن دانه‌ها و در نتیجه افزایش درصد روغن داشته باشد. نتایج آزمون‌های ایمن از خطا و نمودار قیفی در این مطالعه نشان داد که برای قوی‌تر شدن نتیجه‌گیری‌ها، نیاز به افزودن مطالعات بیشتر ۳۸۸ مطالعه برای عملکرد دانه و ۳۷۰ مطالعه برای درصد روغن به مجموعه داده‌ها وجود دارد تا از پایداری مدل اطمینان حاصل شود. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه کود اوره یک ابزار قدرتمند برای دستیابی به عملکرد بالا در آفتابگردان است، اما برای جلوگیری از تأثیرات منفی بر کیفیت دانه و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی، باید به سمت مدیریت دقیق و مبتنی بر اصول

کشاورزی پایدار حرکت کرد. توصیه می‌شود در مطالعات آتی، اثر متقابل نیتروژن با عوامل دیگری همچون ریزجانداران خاک، عناصر ریزمغذی و تنش‌های غیرزیستی به عنوان تعدیل گرمورد بررسی قرار گیرد تا بتوان توصیه‌های کودی منطقه‌ای و دقیق‌تری ارائه نمود.

همچنین نتایج این فراتحلیل نشان داد که کاربرد کود اوره تأثیر معناداری بر صفات کمی و کیفی آفتابگردان دارد. به طوری که اندازه اثر کل مثبت و معنادار برای عملکرد دانه (۰.۶۸۸) و اندازه اثر کل مثبت اما همراه با کاهش برای درصد روغن (۰.۳۹۹) مشاهده شد. این یافته‌ها با نتایج (Keshavarz et al., 2023)؛ (Chen et al., 2023) که به ترتیب کاهش ۲.۵ درصدی روغن و تبادل ذاتی بین عملکرد و درصد روغن را گزارش کرده‌اند، همسو است. نتایج رگرسیون خطی نیز همبستگی مثبت ولی ضعیف بین مصرف اوره و عملکرد دانه $R^2 = 0.2915$ و همبستگی منفی و ضعیف‌تر بین اوره و درصد روغن $R^2 = -0.1317$ را نشان داد که بر پیچیدگی رابطه نیتروژن با این صفات تأکید دارد. تحلیل حساسیت و آزمون ایمن از خطا وجود ناهمگنی قابل توجهی را بین مطالعات آشکار کرد، به نحوی که برای دستیابی به نتایج پایدار، افزودن ۳۸۸ مطالعه برای عملکرد دانه و ۳۷۰ مطالعه برای درصد روغن ضروری تشخیص داده شد. این ناهمگنی می‌تواند ناشی از عوامل تعدیل گر همچون شرایط اقلیمی، مدیریت آبیاری و ویژگی‌های خاک باشد که در مطالعاتی نظیر

- (Zhang et al., 2024) و (Amini et al., 2024) بر آن تأکید شده است. بر اساس یافته‌ها، به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه مصرف بهینه اوره می‌تواند عملکرد دانه را به‌طور معناداری افزایش دهد، اما مدیریت آن باید با دقت انجام شود تا از کاهش درصد روغن و پیامدهای محیط‌زیستی جلوگیری گردد. استفاده از راهکارهای تلفیقی مانند ترکیب کودهای زیستی با مقادیر کاهش‌یافته اوره، که توسط (Amini et al., 2024) پیشنهاد شده است، می‌تواند به عنوان یک راهبرد موثر برای دستیابی به اهداف عملکردی و کیفی همزمان در کشت آفتابگردان مد نظر قرار گیرد. نتایج این فراتحلیل همچنین، نشان‌دهنده تأثیرات دوگانه و گاه متناقض کود نیتروژن بر صفات آفتابگردان است. از یک سو، مطالعاتی همچون (Nasim et al., 2012)؛ (Ozer et al., 2004) به وضوح گزارش کرده‌اند که کاربرد نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود که این امر عمدتاً ناشی از تقویت رشد رویشی و بهبود اجزای عملکرد است. از سوی دیگر، یافته‌های (Sharifi & Abbasi, 2014)؛ (Bani Saidi, 2018) حاکی از آن است که افزایش مصرف نیتروژن می‌تواند با کاهش درصد روغن دانه همراه باشد، پدیده‌ای که به دلیل هدایت سوخت و ساز به سمت سنتز پروتئین به جای لیپیدها توجیه می‌شود. این تناقض ظاهری در نتایج، می‌تواند ناشی از عوامل تعدیل‌گری همچون ژنوتیپ گیاه (Adelpour et al., 2013)، شرایط اقلیمی (Gholinezhad, 2014)، مدیریت آبیاری (Rafiei et al., 2013) و خصوصیات خاک (Hasanzade ghort tapeh., 2002) باشد. برای مثال، (Amini et al., 2024) نشان داد که در سیستم‌های تلفیقی با استفاده از کودهای زیستی، می‌توان تا حد زیادی از کاهش درصد روغن جلوگیری کرد. بنابراین، به نظر می‌رسد که پاسخ آفتابگردان به نیتروژن یک پدیده چندعاملی است و دستیابی به حداکثر عملکرد همراه با حفظ کیفیت دانه، مستلزم مدیریت بهینه و مبتنی بر شرایط خاص هر منطقه است. نتایج این فراتحلیل نشان داد که پاسخ آفتابگردان به کود نیتروژن تحت تأثیر متقابل عوامل پیچیده‌ای قرار دارد. به عنوان مثال، مطالعات (Mehmet et al., 2013)؛ (Sincik et al., 2013) نشان دادند که اثرات متقابل بین آبیاری و نیتروژن می‌تواند اثرات قابل توجهی بر عملکرد داشته باشد. از سوی دیگر، (Zubillaga et al., 2002) به نقش مهم تعادل بین نیتروژن و فسفر در تعیین پاسخ گیاه اشاره کرده‌اند. همچنین نتایج (Thavaprakash et al., 2003) حاکی از آن است که نسبت‌های مختلف نیتروژن به فسفر می‌تواند بر ویژگی‌های فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه تأثیر بگذارد. به نظر می‌رسد که مدیریت بهینه نیتروژن نیازمند در نظرگیری همزمان عوامل مدیریتی و محیطی است (Fernando et al., 2017). بر اهمیت انجام تحقیقات منطقه‌ای برای دستیابی به توصیه‌های کودی دقیق تأکید کرده‌اند. همچنین (Rezaee et al., 2021) در فراتحلیل خود به ناهمگنی قابل توجه بین مطالعات اشاره کرده که لزوم توجه

به شرایط خاص هر منطقه را نشان می‌دهد. این یافته‌ها اهمیت رویکرد مدیریت یکپارچه تغذیه را برای دستیابی به حداکثر عملکرد همراه با حفظ کیفیت دانه و پایداری محیطی نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که این تناقضات عمدتاً ناشی از عوامل تعدیل‌گری همچون شرایط اقلیمی، مدیریت آبیاری، ویژگی‌های خاک و ژنوتیپ گیاه است. بر این اساس، توصیه می‌شود مصرف کود نیتروژن به شکل اوره در شرایط مشابه مطالعات (Nasim *et al.*, 2012)؛ (Ozer *et al.*, 2004) در محدوده ۱۸۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار بوده و مصرف سرک در مرحله گلدهی (Davis *et al.*, 2023) و تلفیق با کودهای آلی و زیستی (Amini *et al.*, 2024) برای دستیابی همزمان به عملکرد مطلوب و حفظ کیفیت روغن مد نظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

کم بودن میزان مواد آلی خاک در اکثر موارد، نیاز سالیانه گیاهان به نیتروژن به عنوان کود اصلی، رابطه‌ی مستقیم مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد در گیاهان مختلف هرچند عوامل دیگر به جز کود می‌تواند در کاهش، سریع‌الجذب بودن این کود و آسان بودن روش‌های مصرف آن در مزرعه، باعث مصرف رایج کود اوره در تمام نقاط دنیا شده است لیکن مصرف کودهای نیتروژن در گیاهان روغنی با توجه به تاثیرات منفی آنها بر میزان روغن از موضوعات مهم تحقیقات می‌باشد از طرفی نیاز روزافزون جوامع به خصوص کشور ایران به روغن، مصرف

متناسب کودهای نیتروژن نه تنها در افزایش عملکرد بلکه در تولید روغن نیز موثر است همچنین زیادتی مصرف این کود باعث مخاطرات زیست محیطی می‌شود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تغییرات و افزایش عملکرد با نتایج فراتحلیل در ۳۶ مطالعه عملکرد دانه نشان داد که مطالعاتی که در محدوده اندازه اثر (۰/۴۰۶۳۷) و نقطه تخمین (۰/۳۲۷۵۱) بودند نتایج آنها دارای اعتبار می‌باشد همچنین فراتحلیل ۲۳ مطالعه‌ی در مورد درصد روغن نشان داد که مطالعاتی در محدوده اندازه اثر کل و نقطه تخمین (۰/۶۶۴۵۳) می‌باشند از اعتبار برخوردار می‌باشند افزایش مصرف کود همراه بود در حالی که در صفت درصد روغن که از صفات مهم دیگر این پژوهش نیز بود کاهش یافت. در این مقاله سعی بر بررسی اثر مصرف مقادیر مختلف اوره بر عملکرد دانه و درصد روغن با استفاده از روش متا-آنالیز بوده است، عملکرد و همچنین میزان روغن در آفتابگردان دخیل باشد. رسم نمودارهای انباشت نشان داد که اختلاف درصد روغن با مصرف کود اوره نسبت به اثر کود اوره بر عملکرد بیشتر است نتایج رگرسیون خطی نیز نشان داد که مصرف کود اوره در عملکرد دانه یک ارتباط نسبتاً ضعیف با ضریب تبیین وجود دارد اما در رگرسیون درصد روغن مشخص شد بین مصرف کود اوره با درصد روغن وابستگی منفی در عین حال مقدار ضریب تبیین بسیار ضعیف بود. با توجه مطالعات با اندازه اثر

متفاوت در این فراتحلیل ضرورت وارد شدن
مطالعات بیشتری نیاز می باشد.

REFERENCES

- Ahmad., Q., Rana., M., A., and Siddiqui. S.U.H., 1991. Sunflower seed yield as influences by some agronomic and seed characters. *Euphotic*. 56: 137-142.
- Ali. A., Akhtar.Kh., 2012. Planting density nitrogen rate optimization for growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus L*). *The Journal of Animal and Plant Sciences*., 22(4):1070-1075.
- Adelpour., A. Tawhidi., M. and Siadat., S., A., 2013. The effect of nitrogen level on the yield and yield of components in three sunflower cultivars in Dezful. *Journal of Crop Improvement*., 2(6): 54-66. (In Farsi)
- Amjed –Ali. Sami. U., 2012. Effect of nitrogen of achene protein., oil., fatty acid profile and yield of sunflower hybrids. *Chilean journal of agricultural research*., 72(4). (In Farsi)
- Amini., S., Ghorbani., M., and Rejali., F. (2024). Integrated nitrogen management in sunflower: Effects on yield., oil quality., and nitrogen use efficiency. *Journal of Agricultural Science and Technology*., 26(1)., 45-58. (In Farsi)
- Ashfaq –Ali. A., Ahmad. Tasneem., K., Afzal. M., Iqbal. Zafar ,and Rafi. Qamar., 2014. Plant Population and Nitrogen Effects on Achene Yield and Quality of Sunflower (*Helianthus Annuus L*.) Hybrids *International Conference on Agricultural, Environmental and Biological Sciences (AEBS-2014) April 24-25*., Phuket Thailand
- Awais.M., Wajid., A., Ahmad., A and Bakhsh., A., 2013. Narrow planting spacing and nitrogen application enhances sunflower (*Helianthus annuus. L*) .*Agriculture Science*., 50(4)., 689-697.
- Awais.M., Aftab. W., Ashfaq. A., Farrukh Saleem. M., Usman Bashir. M., Saeed. U. Hussain., J., and Habib-ur-Rahman. M., 2015. Nitrogen fertilization and narrow plant spasticity stimulates sunflower productivity. *Turkish Journal Field Crops*., 20(1)., 99-108
- Bani Saidi., A. 2018. The effect of nitrogen on yield., yield components and nitrogen consumption efficiency of sunflower cultivars in Khuzestan conditions. *Plant Physiology*., 15(4): 71-86. (In Farsi)
- Babaeiaghdam. J., seyfzadeh. S., and khiayi.M., 2009. Effect of rate nitrogen and density on component yield and yield sunflower (azar gol hybrid) in takeStan of Iran agroecology journal. 5(1)., 1-12. (In Farsi)
- Borenstein., M., Hedges., L., V., Higgins., J., P., T. and Rothstein., H. R. 2009. Introduction to Meta-analysis. *John Wiley & Sons., Ltd.*, Pp:486
- Chen., L., Liu., L., Qin., S., Yang., G., and Fang., Y. (2023). The trade-off between seed yield and oil concentration in response to nitrogen fertilization in oilseed crops: *A meta-analysis*. *Field Crops Research*., 291., 108765.
- Davis., A. S., Hill., J. D., and Johanns., A. M. (2023). Timing of nitrogen application influences oil accumulation and fatty acid composition in oilseed crops. *European*

- Journal of Agronomy.*, 142.-Ebrahimi., M., Malakouti., M. J., and Fallah., S. (2023). Optimizing nitrogen management for enhancing yield and water use efficiency in winter canola. *Agricultural Water Management.*, 276. (In Farsi)
- El-Sayed. K. A., Ross. S. A., El-Sonly. M. A., Khalafall. M. M., Abdel Halim.O. B., and Ikegami. F.,2000. Effect of different fertilizers on the amino acid., fatty acid and essential oil composition of *Nigella sativa* seeds. *Saudi Pharmaceutical Journal.*, 8(4)., 175-182.
- Esendal. E., Aytac. S. 1996. Influences of nitrogenous fertilizer forms and amounts on yield and some traits of sunflower. *In Proceedings of the 14th International Sunflower Conference., Beijing/Shenyang., China.* 12-20 June 1996. Pp: 383-388.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). *World Oil Crops Outlook: Trends., Challenges and Opportunities.* Rome: *FAO Statistical Yearbook*
- Gholinezhad. E., Aynaband. A., Hassanzadeh ghort tapeh. A., and Gorban noormohammadi. I.,2009. Study of the Effect of Drought Stress on Yield., Yield Components. *Botical Horticulture Agroboticaljournal* .,37 (2)., 85-94. (In Farsi)
- Gholinezhad. E., 2014.Effect of Drought Stress., Plant Density and Nitrogen Rates on Morph physiological and Quality Traits of Sunflower in Urmia Climate Conditions. *Research in Crop Ecosystems.*, 1 (3). (In Farsi)
- Gurevitch., J., and Hedges., L.V.,1999. *Statistical issues in ecological Meta-Analysis.* *Ecology.*, 80., 1142–1149.
- Hasanzade ghort tapeh. A., 2002. The effect of different amounts of Nitrogen fertilizer on yield and yield component and grain oil of sunflower in Uremia. *Agriculture Science Research.*, 2(1). 25-33. (In Farsi)
- Hafiz. S. I.,Yakout. Khaliland. G., Abo-Eweisha. M. M., 2014. Response of Sunflower to Nitrogen Fertilization and Plant Density in Sandy Soils. *Journal of Plant Production Sciences.*, 2(1):1-9
- Hamzehi..J., Nejafi. H., and Babaei. M.,2017. Effect of Irrigation and Nitrogen on Agronomic Parameters., Yield., Grain Quality and Agronomic Nitrogen Use Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Iranian journal of field crops research.* 14(4.,686-698. (In Farsi)
- Hosseini., S. S., Saadat., S., and Nemati., S. H. (2023). Mitigating effects of silicon nutrition on salt stress in rice: A meta-analysis. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.*, 23(1)., 123-135. (In Farsi)
- Ozer. H., Polat. T., and Ozturk. E., 2004. Response of irrigated sunflower (*Helianthus annuus L.*) hybrids to nitrogen fertilization: growth., yield and yield components. *Plant Soil Environmenal.*, 50 (5)., 205–211.
- Rafiei., F. Kashani., A. Mamqani., R. and Golchin., A. 2013. The effect of irrigation and nitrogen application on yield and some morphological characteristics of Golshid sunflower hybrid. *Iranian Journal of Agricultural Sciences.*, 7 (1): 44-54. (In Farsi)
- Keshavarz., H., and Modhej., A. (2023). A meta-analysis of nitrogen fertilizer effects on sunflower (*Helianthus annuus L.*) productivity: Yield components and oil quality. *Journal of Oilseed Research.*, 40(2)., 89-101. (In Farsi)
- Killi., F. 2004. Influence of Different Nitrogen Levels on Productivity of Oilseed and Confection Sunflowers (*Helianthus annuus L.*) Under Varying Plant Populations.

- International Journal Agriculture and Biology*. 6(4):594-598.-Lawler. DW., 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield mechanisms are key to understanding production systems. *Journal of Experimentatl.Botany*.,53., 773-787.
- Li., Y., Zhang., W., Ma., L., Huang., G., Oenema., O., Zhang., F., and Dou., Z. (2023). Enhancing nitrogen use efficiency and reducing environmental losses in agricultural systems. *Nature Food*., 4(2)., 150-159.
- Khajapour., M.R. and Sidi., F. 2000. Effect of planting date on yield components and yield components of sunflower seeds and oil. *Agricultural sciences and techniques and natural resources*. (2) 4: 117-127.(In Farsi)
- Mehmet., S., Abdurrahim Tanju., G., and Dogan., R., 2013.Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to irrigation and nitrogen fertilization rates. *Zemdirbyste-Agriculture*., 100(2)., 151-158.
- Mojadam., 2015. The effect of drought stress on the physiological characteristics and yield of sunflower seeds at different levels of nitrogen. *Journal of Crop Production*., (4) 9: 121-136. (In Farsi)
- Mollashahi. M., Ganjali. H., and Fanaei. H.,2013. Effect of different levels of nitrogen and potassium on yield., yield components and oil content of sunflower .*Journal Farm and Alli Science*.,2 (5)., 1237-1240.(In Farsi)
- Mojiri., A. Arzani., A. 2013. The effect of nitrogen content and plant density on sunflower yield and yield components. *Journal of Agricultural Innovation and Natural Resources*., 2: 115-125.(In Farsi)
- Nasim.W., Ahmad. A., Mohkum hamed .H. H., Chaudhary. Javed., Farooq. And Hussain. M. 2012. Effect of nitrogen on growth and yield of sunflower under semi-arid conditions of Pakistan. *Pakistan Journal Botanical*., 44(2)., 639-648.
- Oshundiya. F.O., Olowe. V.I.O., Sowemimo. F.A., and Odedina.J.N.2014.Seed Yield and Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) as Influenced by Staggered Sowing and Organic Fertilizer Application in the Humid Tropics *Hella*; 37(61)., 237-255
- Oyinlola. E.Y., Ogunwole. J.O., and Amapu. I.Y. 2010. Response of sunflower to nitrogen application in a savanna *Hella*., 33(52)., 115-126.
- Rasool. F. u., Hassa. N. B., and Jahangir. A., 2013.Growth yield of sunflower as influenced by nitrogen Sulphur and farmyard manure under temperature conditions saarc. *Journal Agriculture*., 11(1)., 81-89.
- Rezaee .,M .,Ilkaee., M., N. Souphizadeh., S Aghayari., F. and Mahdavi Damghani., A .2021. A meta-analysis survey of the effects of nitrogen fertilizer on the yield and some morphological traits of oil sunflower in Iran and the world. *International Journal of Pharmaceutical Research* . 13 (3):5905-5925. (In Farsi)
- Rezaei., M. 2016. Investigating irrigation cycle and different levels of nitrogen on the yield and yield components of sunflower., *the second applied scientific seminar on oilseeds and vegetable oils in Iran. Tehran Oilseeds Congress*. August 22: 16-176.(In Farsi)
- Sechatoleslami. M. J., Bradaran. R. Ansarinia., E. and Mousavy., S. Gh., 2012.Effect of Irrigation and Nitrogen Level on Yield., Yield Components and some Morphological traits of sunflower. *Pakistan Journal Botanical*., 44(5)., 1551-1555. (In Farsi)
- Sharifi. S. R., Abassi. H.,2014 Study of various levels of nitrogen fertilizer and plant density

- on grain yield., rate and effective grain filling period sunflower (*Helianthus annuus L.*) cultivars in Ardabil region. *journal of plant research.*, 27(2)., 228-242.
- Sincik., M., Goksoy., A., T. and Dogan., R., 2013. Responses of sunflower (*Helianthus annuus L.*) to irrigation and nitrogen fertilization rates. *Zemdirbyste-Agriculture.* 100(2): 151–158.
- Smith., J. P., and Jones., R. L. (2022). Optimizing nitrogen application for maximizing seed yield in modern oilseed cultivars: A global perspective. *Agronomy Journal.*, 114(3)., 1450-1465.
- Ritchie., J., T. and Smith., D. S. 1991. Temperature and crop development. *Agronomy Journal.*, 31: 5-29.
- Steer. B., T., Coaltrake. P., Pearson. J. and Canty., CP. 1986. Effect of nitrogen supply and population density on plant development and yield components of irrigation sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Field crops Research.* 13(2)., 99-115.
- Süzer. S., 2010. Effect of nitrogen and plant density on dwarf sunflower hybrids. *Hella.*, 33(53)., 207-214.
- Thavaprakash. N., G. Senthilkumar., Siva Kumar., S. D., M., and M., Raju., 2003. Photosynthetic attributes and seed yield of sunflower as influenced by different levels and ratios of nitrogen and phosphorous fertilizers. *Acta. Agronomy Hungarica.*, 51., 149-155.
- Wabekwa. J., Kamai., and W. N. L. D., 2015. Nitrogen Application Studies as it Influences the Yield of Sunflower (*Helianthus Chama annuus L.*) in Southern Borno., *Nigeria Journal of Agricultural Economics.*, Environment and Social Sciences 1(1):56–60.
- Wang., X., Zhao., C., Müller., C., Wang., Y., and Huang., W. (2021). The physiological basis of nitrogen-induced increase in photosynthetic capacity and biomass production in oilseed rape. *Plant Physiology and Biochemistry.*, 167., 279-289.
- Zhang., Y., Li., H., Wang., X., and Liu., L. (2024). Integrated manure and urea application improves sunflower productivity and oil quality: A meta-analysis. *Journal of Plant Nutrition.*, 47(4)., 512-525.
- Zubillaga. M. M., Aristi. J. P., and Lavado. R. S., 2002. Effect of Phosphorus and Nitrogen Fertilization on Sunflower (*Helianthus annuus L.*) Nitrogen Uptake and Yield. *Journal Agronomy and Crop Science.*, 188., 267-274.