نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار ۹۸
۶۳-۷۸
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2019.14936.2119

فرا تحلیل سطح اثر کودنیتروژن بر عملکرد گیاهان صنعتی

نبی خلیلی اقدم[1]* و هدیه مصنعی[2]

[1]استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، [2]دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: فرا تحلیل روشی برای مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعات مستقل از هم در خصوص یک موضوع است، درواقع فرا تحلیل نوعی پژوهش درباره پژوهش‌های دیگر است و به کمک آن می‌توان پژوهش‌های متعددی را که در مورد یک موضوع خاص انجام‌شده مجدداً موردمطالعه قرار داده و به‌صورت آماری با یکدیگر مقایسه کرد و این رهیافت خود یک پژوهش مستقل محسوب می‌شود. در فرا تحلیل جامعه آماری مجموعه پژوهش‌های قبلی و واحد پژوهش هر یک از پژوهش‌های اولیه و مستقل پیشین است. بنابراین، فرا تحلیل نوعی تحلیل‌هاست. به‌منظور بررسی و انسجام بخشیدن به نتایج حاصل از اثر سطوح مختلف کودنیتروژن بر تولید چند گیاه مهم صنعتی، این تحقیق در قالب فرا تحلیل با دو رویکرد محاسبه اندازه اثر و لگاریتم نسبت پاسخ به اجرا درآمد. لذا در گام اول بسته به دامنه و میزان دسترسی به مقالات داده‌های اثر سطوح مختلف کودنیتروژن با منبع اوره بر عملکرد دانه، غده، درصد قند، روغن و پروتئین برخی از مهم‌ترین گیاهان زراعی صنعتی(کنجد، چغندرقند، گلرنگ،آفتابگردان، سیب‌زمینی، پنبه، سویا) که در آن تیمارهای کودی در مقابل شاهد مقایسه شده باشند، استخراج شدند. سپس اندازه اثر و لگاریتم نسبت پاسخ با رویه هدف محاسبه و در نهایت پس از احتساب مقادیر انحراف استاندارد، معنی‌دار بودن یا نبودن اندازه اثر و نسبت‌های پاسخ مشخص شدند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق از مطالعات مختلف زراعی نشر یافته در مجلات معتبر دانشگاهی، پایگاه‌های اطلاعاتی استنادی جهان اسلام، جهاد دانشگاهی که در آن بسته به دامنه و میزان دسترسی به مقالات در زمینه اثر کود نیتروژن با منبع اوره بر عملکرد دانه، غده، درصد قند، روغن و پروتئین برخی از مهم‌ترین گیاهان زراعی صنعتی (کنجد (۱۶ مقاله)، چغندرقند (۱۲ مقاله)، گلرنگ (۲۰ مقاله)، آفتابگردان (۱۳ مقاله)، سیب‌زمینی (۱۷ مقاله)، پنبه (۲۰ مقاله)، سویا (۱۰ مقاله)) که در آن تیمارهای کودی در مقابل شاهد مقایسه شده باشند، استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج فرا تحلیل اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر گیاهان صنعتی مورد مطالعه نشان داد که اثر کودنیتروژن به استثنای برخی صفات مانند درصد روغن در کنجد، درصد قند چغندرقند (به استثنای سطح ۱۸۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد وش و دانه پنبه (تیمار ۵۰-۷۰ کیلوگرم)، بر عملکرد دانه گلرنگ، آفتابگردان، سویا، دانه و درصد پروتئین کنجد، عملکرد غده سیب‌زمینی، عملکرد ریشه و درصد قند چغندرقند و عملکرد دانه و وش پنبه معنی‌دار بود. بر همین اساس سطح بهینه مصرف کود برای سویا (۲۰۰ کیلوگرم، افزایش ۷۱/۹۰ درصد عملکرد)، سیب‌زمینی (۸۰-۱۰۰ کیلوگرم، افزایش ۶۷/۸۵ درصد عملکرد غده)، گلرنگ (۹۰-۱۰۰ کیلوگرم، افزایش ۴۸/۸۵ درصد عملکرد)، آفتابگردان (۱۵۰ کیلوگرم، افزایش ۴۳/۱۷ درصد عملکرد)، پنبه (۳۰۰ کیلوگرم، افزایش ۲۸/۸۴ و ۳۴/۷۶درصد به ترتیب برای عملکرد دانه و وش)، چغندرقند (۲۰۰-۱۸۰ کیلوگرم، افزایش

*نویسنده مسئول: nkhaliliaqdam@yahoo.com

۳۵/۴۳ درصد عملکرد ریشه) و کنجد (۵۰ کیلوگرم، افزایش ۴۹/۶۳ درصد عملکرد دانه و ۹۰-۱۰۰ کیلوگرم، افزایش ۲۴/۴۷ درصد پروتئین) بود.

نتیجه‌گیری: از نتایج این تحقیق چنین برمی‌آید که سطوح بهینه استخراجی کودنیتروژن برای گیاهان تا همان حدود تخمین زده سبب افزایش تولید خواهد شد. بنابراین استفاده از سطوح کودنیتروژن به تفکیک برای هر گیاه ضمن دستیابی به بالاترین درصد عملکرد، کمترین میزان نهاده ورودی به مزرعه، کاهش هزینه‌های زارع و از همه مهم‌تر کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی با توجه به آبشویی بالای کودهای ازته را در پی دارد.

واژه‌های کلیدی: اندازه اثر، سطح بهینه، عملکرد، کود، نسبت پاسخ.

مقدمه

گیاهان صنعتی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی هستند و از روغن دانه‌های آن‌ها در مصارف غذایی انسان‌ها و از کنجاله آن‌ها برای غذای دام، داروسازی، صابون‌سازی و سوخت استفاده می‌شود (۱۸). کشت و زراعت گیاهان صنعتی در ایران علی‌رغم پتانسیل بالای تولید آن‌ها در خاک‌های نسبتاً فقیر صورت می‌گیرد که این امر موجب کاهش تولید آن‌ها شده و کشاورزان را ناگزیر به افزایش مصرف کودهای شیمیایی نموده است(۱۹). تحقیقات نشان داد که بیش از ۵۰ درصد افزایش تولیدات محصولات زراعی به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی است. در این میان سهم کود نیتروژن بیش از سایر کودهاست (۳) و کنترل مصرف کودهای شیمیایی از نظر مشکلات زیست محیطی و صرفه‌جویی در مصرف و کاهش قیمت محصولات تولیدی در گیاهان صنعتی ضروری می‌باشد (۲۱).

فرا تحلیل روشی برای مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعات مستقل از هم در خصوص یک موضوع است (۱۲). در واقع فرا تحلیل نوعی پژوهش درباره پژوهش‌های دیگر است و به کمک آن می‌توان پژوهش‌های متعددی را که در مورد یک موضوع خاص انجام‌شده را به‌صورت آماری با یکدیگر مقایسه کرد (۱۳). هدف فرا تحلیل به دست آوردن اطلاعات بیشتر از اطلاعات موجود است که با روی‌هم ریختن نتایج مطالعه‌های کوچک‌تر و با یک یا چند آنالیز آماری حاصل می‌شود. به‌این‌ترتیب نتایجی که ممکن است در مطالعه‌های کوچک‌تر کشف نشود، با استفاده از فرا تحلیل ده‌ها مطالعه کوچک قابل حصول خواهد بود (۲، ۹ و ۱۶). درواقع فرا تحلیل، تحلیل آماری یک مجموعه بزرگ از نتایج آماری مربوط به مطالعات مختلف به‌منظور یکپارچه‌سازی یافته‌های آن است (۱۰).

امروزه رویکردهای کمی و کیفی برای انجام فرا تحلیل ارائه شده که بر اساس آن روش‌های آماری متفاوتی ازجمله جمع لگاریتم‌ها، جمع احتمالات، جمع t ها، جمع z ها و روش بلوک‌بندی نیز تعریف شده‌اند و معروف‌ترین آن‌ها رویکرد فرا تحلیل هرگز است. در این روش نه‌تنها به اختلاف میان مطالعات توجه می‌شود، بلکه واریانس اندازه اثر مطالعات نیز محاسبه می‌شود (۹). در فرا تحلیل، جامعه آماری، مجموعه پژوهش‌های قبلی بوده و واحد پژوهش هر یک از پژوهش‌های اولیه و مستقل پیشین است و لذا فرا تحلیل نوعی تحلیل‌هاست (۵).

این روش آماری اولین بار در مطالعات روانشناسی و پزشکی مورد استفاده قرار گرفت و سپس با شروع مطالعات گورویچ و همکاران (۱۹۹۲) در بوم‌شناسی

نیز بکار گرفته شد، اما در علوم کشاورزی روش نسبتاً جدیدی محسوب می‌شود که در سال‌های اخیر مورد توجه محققین قرارگرفته است (۶ و ۲۳). والکاما و همکاران (۲۰۰۹) در فرا تحلیلی به بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود فسفر بر عملکرد گیاهان زراعی پرداختند. نتایج این فرا تحلیل حاکی از آن بود که کاربرد کود فسفر در اغلب گیاهان زراعی سبب افزایش عملکرد تا حدود ۱۱ درصد شده است (۲۱). نتایج متاآنالیز دیگری در خصوص اثر بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون و اوره آز، روی تولید محصول و کارآیی استفاده از نیتروژن نشان داد که استفاده از بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون و اوره به‌ترتیب باعث افزایش ۷/۵ و ۱۲/۹ درصدی عملکرد و کارایی استفاده از نیتروژن در خاک‌های با بافت کوارتز، سیستم‌های تحت سیستم آبیاری مکانیزه و اراضی با مصرف بالای نیتروژن در آن‌ها شد (۱). لو و همکاران (۲۰۰۱) نیز در مطالعه فرا تحلیلی روی میزان ترسیب کربن در خاک طی تبدیل سیستم زراعی رایج (شخم) به سیستم بدون شخم بر روی ۶۹ مطالعه مستقل گزارش دادند که در بسیاری از موارد سیستم‌های بدون شخم سبب افزایش میزان کربن آلی خاک نشد (۱۴). در مطالعه تونیتو و همکاران (۲۰۰۶) نیز با مرور ۳۵ مطالعه، فرا تحلیلی بر روی میزان عملکرد گیاه زراعی و پویایی نیتروژن در شرایط جایگزینی آیش بدون پوشش با گیاه پوششی در نظام‌های کشت فشرده انجام دادند (۲۱). در پژوهش‌های کشاورزی ایران موارد استفاده از فرا تحلیل در سطح کمی انجام شده است. خلیلی اقدم و همکاران (۲۰۱۷) در فرا تحلیل عوامل مؤثر بر تولید گندم در ایران بر مصرف ۱۲۵-۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته، دقت بیشتر در نتایج جایگزینی ادوات خاک‌ورزی ثانویه با ادوات خاک‌ورزی رایج در اراضی دیم، توصیه به کشت در خاک‌ها یا آبیاری با آب‌های کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر بر ثانیه و اثرات مثبت هورمون، هیدرو و اسموپرایمینگ را بر تولید گندم تأکید کرده‌اند (۱۱). کوچکی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای تنوع زیستی کشت ورزی ایران از طریق فرا تحلیل به این نتیجه رسیدند که بیشترین و کمترین تنوع گونه‌ای بر اساس شاخص شانون مربوط به محصولات باغی (۱/۹۵) و گیاهان علوفه‌ای (۰/۶۰) بود (۱۳). نتایج فرا تحلیل سلطانی و سلطانی (۲۰۱۵) نیز نشان داد که درمجموع پرایمینگ باعث افزایش چهار و ۱۷ درصدی، سرعت و درصد جوانه‌زنی شده است و مدت‌زمان پرایمینگ ۱۲-۲۴ ساعت نسبت به سایر دوره‌های زمانی پرایمینگ اثر مثبت بیشتری روی سرعت و درصد داشت. ضمن اینکه استفاده از اسیدهای آلی، هورمون‌ها و هیدروپرایمینگ سبب بیشترین افزایش در درصد جوانه‌زنی شدند (۲۰).

با توجه به تعداد زیاد تحقیقات انجام‌گرفته و پراکندگی نتایج آزمایش‌ها اثر کود نیتروژن و اهمیت دستیابی به یک نتیجه‌گیری نهایی در زمینه تأثیر کودهای نیتروژن بر تولید گیاهان صنعتی و از طرفی لزوم منسجم سازی و کاربردی کردن این نتایج و اینکه تاکنون مطالعه جامعی در این مورد ایران انجام نگرفته است، انجام این تحقیق در جهت پاسخ به برخی سؤالات در زمینه بهینه‌ترین سطح کود نیتروژن و میزان اثر هر مقدار از کود بر تولید گیاه، انجام شد.

مواد و روش‌ها

محاسبه اندازه اثر: در این تحقیق از مطالعات مختلف زراعی نشر یافته در مجلات معتبر دانشگاهی، پایگاه‌های اطلاعاتی استنادی جهان اسلام، جهاد دانشگاهی و مگیران که در آن بسته به دامنه و میزان دسترسی به مقالات در زمینه اثر کود نیتروژن با منبع اوره بر عملکرد دانه، غده، درصد قند، روغن و پروتئین برخی از مهم‌ترین گیاهان زراعی صنعتی

(کنجد (۱۶ مقاله)، چغندرقند (۱۲ مقاله)، گل‌رنگ (۲۰ مقاله)، آفتابگردان (۱۳ مقاله)، سیب‌زمینی (۱۷ مقاله)، پنبه (۱۷ مقاله)، سویا (۱۰ مقاله)) که در آن تیمارهای کودی در مقابل شاهد مقایسه شده باشند، استفاده شد (جدول ۱). از جمله محدودیت‌های مهم در محاسبه اندازه اثر، عدم درج جدول تجزیه واریانس در مقالات، جهت استخراج میانگین مربعات خطاست. شرح کامل روش محاسبات آماری فرا تحلیل توسط گوروپیچ و هدگز (۵) و هدگز و همکاران (۸) ارائه شده است. اولین مرحله در اجرای فرا تحلیل محاسبه اختلاف استاندارد میانگین تیمار شاهد و تیمار آزمایشی (تیمار کودی) است که به آن اندازه اثر (d) گفته می‌شود. بر اساس یک قاعده کلی برحسب اندازه اثر، می‌توان برای درجه بزرگی اثر حدودی تعریف کرد (جدول ۲). در واقع برای هر یک از آزمایش‌ها مستقل در این فرا تحلیل، یک مقدار d محاسبه می‌شود (هدگز و الکین ۱۹۸۵).

که در آن $\overline{X}_c$ و $\overline{X}_t$ به‌ترتیب میانگین تیمار شاهد و تنش، S_p انحراف معیار تلفیق‌شده میانگین‌ها و J ضریب تصحیح برای حذف خطاهای انحراف معیار میانگین‌ها است. مقادیر J و S_p به‌ترتیب از روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌شوند (۱۵):

$$d = \frac{\overline{X}_t - \overline{X}_c}{S_P} \times J \qquad [۱]$$

$$J = 1 - \left[\frac{3}{4(df_c + df_t - 2) - 1}\right] \qquad [۲]$$

$$S_p = \sqrt{\frac{df_c({S_c}^2) + df_t({S_t}^2)}{df_c + df_t - 2}} \qquad [۳]$$

که در آن‌ها S_c انحراف معیار میانگین شاهد، S_t انحراف معیار میانگین تیمار کودی، df_c درجه آزادی شاهد و df_t درجه آزادی تیمار کودی است.

جدول ۱: مقالات مورد مطالعه.

Table 1. Studied papers

منبع	تعداد مقالات	منبع	گیاه	ردیف
مجلات معتبر (علمی پژوهشی) دانشگاهی و نمایه شده در پایگاههای اطلاعاتی استنادی جهان اسلام، جهاد دانشگاهی و ...	۱۶	حقانیان وهمکاران (۱۳۹۵)، شاکری وهمکاران (۱۳۹۱)، سجادی نیک و همکاران (۱۳۹۰)، احمدی و بحرانی (۱۳۸۸)، بخرد و همکاران (۱۳۹۶)، کاظمیان و همکاران (۱۳۹۵)، پاپری مقدم فرد و بحرانی (۱۳۸۴)، بحرانی و بابائی (۱۳۹۰)، حق نماوهمکاران (۱۳۸۹)، لازمی و همکاران (۱۳۸۶)، حسن پور و همکاران (۱۳۸۹)، کازرانی و فرهنگ (۱۳۷۹)، سعیدی (۱۳۸۷)، بابائی ابرقوئی (۱۳۸۲)، احمدی و همکاران (۱۳۹۴)، رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۹)	کنجد	۱
	۱۲	نوشاد و همکاران (۱۳۹۵)، توحیدی و همکاران (۱۳۷۹)، نوشاد و همکاران (۱۳۹۱)، رضوانی و همکاران (۱۳۸۷)، کریمی و نادری (۱۳۸۷)، رضوانی و همکاران (۱۳۹۲)، جاهدی و همکاران (۱۳۹۱)، فتح الله طالقانی (۱۳۸۷)، ابراهیمیان و همکاران (۱۳۷۹)، یوسف آبادی (۱۳۷۴)، اسماعیلی (۱۳۹۰)، حسین پور (۱۳۸۵).	چغندرقند	۲
	۲۰	فولادوند و همکاران (۱۳۹۳)، معراجی پور (۱۳۹۱)، راستگو و همکاران (۱۳۹۳)، چاکرالحسینی (۱۳۸۵)، حیدری و آساد (۱۳۷۷)، مقامی و همکاران (۱۳۹۳)، فلادوند و یدوی (۱۳۹۴)، قاسمی و همکاران (۲۰۱۲)، سلیمان زاده و همکاران (۱۳۹۲)، امینی و همکاران (۱۳۹۰)، طهماسبی زاده وهمکاران (۱۳۸۷)، سلیمانی (۱۳۸۸)، معراجی پور و همکاران (۱۳۹۲)، فروغی و عبادی (۱۳۹۱)، شریعتی نیا (۱۳۸۷)، قنبری کاشان و همکاران (۱۳۹۵)، میرزاخانی (۱۳۸۹)، بایبوردی (۱۳۸۷)، میرشکاری و صیامی (۱۳۹۵)، نقوی و همکاران (۱۳۹۷)	گلرنگ	۳
	۱۳	سیدشریفی و عباسی (۱۳۹۳)، صداقت و همکاران (۱۳۹۱)، صالحی و بحرانی (۱۳۸۹)، رفیعی و همکاران (۱۳۸۴)، بنی سعیدی (۱۳۹۱)، رضادوست و کریمی (۱۳۷۵)، مجیدی و ارزانی (۱۳۸۲)، سیدشریفی و نظرلی (۱۳۹۲)، حسن زاده قورت تپه و قلاوند (۱۳۸۴)، گلچین	آفتابگردان	۴

		(۱۳۷۹)، یوسف پور و یدوی (۱۳۹۳)، بابائی اقدم و همکاران (۱۳۸۸)، رشدی و همکاران (۱۳۸۹).	
۱۷	سیب زمینی	قاسمی و همکاران (۱۳۹۱)، رئیسی و خواجه پور (۱۳۷۱)، باقری و همکاران (۱۳۹۳)، خزاعی و ارشدی (۱۳۸۷)، ملکوتی و همکاران (۱۳۹۳)، موسوی فضل و فائزنیا (۱۳۸۷)، یزدان دوست (۱۳۸۲)، ساجدی و همکاران (۱۳۸۸)، هوشمند (۱۳۷۷)، جمشیدی و همکاران (۱۳۹۳)، تنیده و همکاران (۱۳۸۷)، جماعتی ثمرین و همکاران (۱۳۸۸)، رومی زاده (۱۳۸۱)، مدنی و همکاران (۱۳۸۸)، شهبازی (۱۳۸۴)، سعیدی (۱۳۸۷) روزبهانی و میرزائی (۱۳۸۳).	۵
۱۷	پنبه	سلطانی و همکاران (۱۳۹۵)، منیر و همکاران (۲۰۱۵)، صائینی و همکاران (۲۰۱۲)، کوچکی و همکاران (۱۳۹۴)، آقائی و جلالی (۱۳۹۳)، درخشنده پور (۱۳۷۱)، واعظ اسدی (۱۳۷۸)، فتحی و همکاران (۱۳۹۰)، محمد و همکاران (۲۰۰۵)، ذبیحی و همکاران (۱۳۹۲)، معتمدی (۱۳۷۴)، علیزاده و پری زاده (۱۳۷۴)، جمیلی (۱۳۷۷)، بانیانی و فراهانی (۱۳۹۳)، کوچکی و نصیری محلاتی (۱۳۷۲)، قجری و همکاران (۱۳۹۵)، مرادی وهمکاران (۱۳۹۶).	۶
۱۰	سویا	شعبانی و همکاران (۱۳۹۴)، حاتمی و همکاران (۱۳۸۹)، عزیزی (۱۳۷۴)، برزگری (۱۳۷۹)، دادنیا و خدابنده (۱۳۸۰)، محسنی و همکاران (۱۳۹۴)، ابطحی وهمکاران (۱۳۹۳)، رفیعی و همکاران (۱۳۹۳)، نبوی و مظاهری (۱۳۷۸)، پهلوانلو و همکاران (۱۳۹۴).	۷

در صورتی‌که مقادیر انحراف معیار میانگین‌ها در مقاله ذکر نشده باشد می‌توان مقدار S_p را بر اساس واریانس خطای آزمایش (MSE) که در جداول تجزیه واریانس در مقالات ارائه شده است را از رابطه زیر برآورد کرد:

$$S_p = \sqrt{\left(\frac{n_c + n_t - 2}{n_c + n_t}\right) MSE} \qquad [۴]$$

که در آن n_c و n_t به‌ترتیب تعداد تکرارهای شاهد و تیمار کودی هستند. از آنجائی که همه آزمایش‌های تحت بررسی از دقت یکسانی برخوردار نمی‌باشند. لذا باید برای هر آزمایش متناسب با دقت آن وزنی محاسبه‌شده و سپس مقدار اندازه اثر هر آزمایش به کمک آن موزون شود. به این منظور واریانس اندازه اثر برای هر آزمایش (V_d) و نهایت وزنی که به مقادیر داده خواهد شد محاسبه می‌شود:

$$V_d = \left[\frac{n_c + n_t}{n_c \times n_t}\right] + \left[\frac{d^2}{2(n_c + n_t)}\right] \qquad [۵]$$

عکس این واریانس وزن مربوط به آن آزمایش است و هر آزمایشی که واریانس کوچک‌تری داشته باشد، وزن بیشتری نیز خواهد داشت:

$$w_i = \frac{1}{V_d} \qquad [۶]$$

در نهایت یک اندازه اثر کل یا تجمعی (d^*) خواهد شد که درواقع اختلاف استاندارد شده میان شاهد و تیمارهای کودی برای کلیه آزمایش‌ها تحت بررسی بوده و S_{d*} نیز انحراف معیار اندازه اثر تجمعی است.

$$d^* = \frac{\sum w_i d_i}{\sum w_i} \qquad [۷]$$

$$S_{d*} = \sqrt{\frac{1}{\sum w_i}} \qquad [۸]$$

آخرین گام در محاسبه اندازه اثر تجمعی، آزمون معنی‌داری d^* است، با معلوم بودن S_{d*} می‌توان فاصله اطمینان d^* را محاسبه کرد. چنانچه این فاصله اطمینان با صفر همپوشانی داشته باشد، اندازه اثر تجمعی موزون شده (d^*) بی‌معنی بوده و شاهد با تیمار تفاوتی ندارد. در غیر این صورت اختلاف تیمار از شاهد به‌طور معنی‌داری از صفر بیشتر است. پس از اطمینان از معنی‌دار بودن یا نبودن اثر تجمعی در مرحله بعدی، نسبت پاسخ اثر کود بر صفات مورد بررسی محاسبه خواهد شد.

جدول ۲- سطح‌بندی شدت اندازه اثر (۳).

Table 2. Grouping Intensity values of effect size (3)

شدت Intensity	میزان اثر Rate of the effect
Small	0.2
Medium	0.5
Larg	0.8
Very Larg	1

محاسبه لگاریتم نسبت پاسخ: در این مرحله برای محاسبه لگاریتم نسبت پاسخ اثر تیمارهای کود نیتروژن بر صفات مورد مطالعه از رویکرد نسبت واکنش هرگز استفاده شد (۶). در این رویکرد نه‌تنها به اختلاف بین مطالعات، بلکه به واریانس اندازه اثر نیز توجه می‌شود. به این منظور در هر مقاله مقادیر میانگین، انحراف معیار و اندازه نمونه (تعداد تکرار در هر آزمایش) برای تیمار شاهد و تیمار کودی، استخراج شدند. سپس ضمن دسته‌بندی داده‌ها، نسبت واکنش (R) به‌صورت زیر محاسبه گردید و به دنبال آن لگاریتم نسبت واکنش نیز به دست آمد (۸)

$$R = \frac{\overline{x_E}}{xc} \qquad [۹]$$

که در آن $\bar{x}_E$ مقدار متوسط صفت در تیمار اعمال‌شده و $\bar{x}_C$ میانگین مقدار صفت در تیمار شاهد است. به دو دلیل بهتر است که نسبت واکنش برحسب مقیاس لگاریتم خطی آورده شود. اول اینکه، مقیاس لگاریتم خطی با انحرافات صورت مخرج کسر رفتار مشابه‌ای دارد. به این مفهوم که این نسبت بیشتر تحت تأثیر تغییرات مخرج کسر (به‌خصوص وقتی مخرج کوچک باشد) است، ولی لگاریتم این نسبت به‌طور مساوی تحت تأثیر تغییرات صورت و مخرج کسر قرار دارد. دلیل دوم این است که توزیع نسبت واکنش (R) معمولاً چولگی دارد، ولی توزیع نسبت واکنش به‌صورت لگاریتمی (L) معمولاً نرمال خواهد بود؛ بنابراین، نسبت واکنش به‌صورت زیر لگاریتمی خواهد شد:

$$L = \ln R = \ln(\frac{\overline{x_E}}{x_C}) \qquad [۱۰]$$

بهترین راه برای مقایسه مطالعه‌های مختلف، استفاده از میانگین اثر آن‌ها است. هرچند که در تخمین اندازه تأثیر آزمایش‌های مختلف، دقت‌های (اشتباه معیار) متفاوتی وجود دارد؛ بنابراین قبل از متاآنالیز، باید وزن دهی داده‌ها صورت گیرد، به‌این‌ترتیب مطالعه‌هایی که دقت آزمایشی بالاتری دارند وزن بیشتری نیز خواهند داشت که موجب افزایش دقت اندازه تأثیر تخمین زده خواهد شد. میانگین وزن دهی شده لگاریتم نسبت واکنش که بیشترین دقت (کمترین واریانس) را ایجاد می‌کند، با استفاده از روابط ذیل محاسبه می‌شود:

$$\overline{\ln R} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln R_i \times W_i)}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \qquad [۱۱]$$

$$\overline{L^*} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(W_i \times L_i)}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \qquad [۱۲]$$

که در این رابطه i شماره مطالعه و w تعداد تکرار در هر مشاهده می‌باشند. حدود اطمینان برای میانگین لگاریتم نسبت واکنش ($\overline{\ln R} = \mu_\lambda$) که با ($CL_L$، CL_U) نشان داده می‌شوند، نیز از طریق زیر به دست می‌آید:

$$CL = \overline{L^*} \pm (-z_{a/2} \times SEM\,(\overline{L^*})) \qquad [۱۳]$$

$$(CL_L) \le \mu_\lambda \le (CL_U) \qquad [۱۴]$$

در گام بعدی از مقادیر (μ_λ)، آنتی‌لگاریتم گرفته می‌شود. سپس میانگین‌های آنتی‌لگاریتم شده (μ_p)

مقایسه و حدود اطمینان‌ها برای (μ_p) به‌صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$\exp(CL_L) \le \mu_p \le \exp(CL_L) \qquad [۱۵]$$

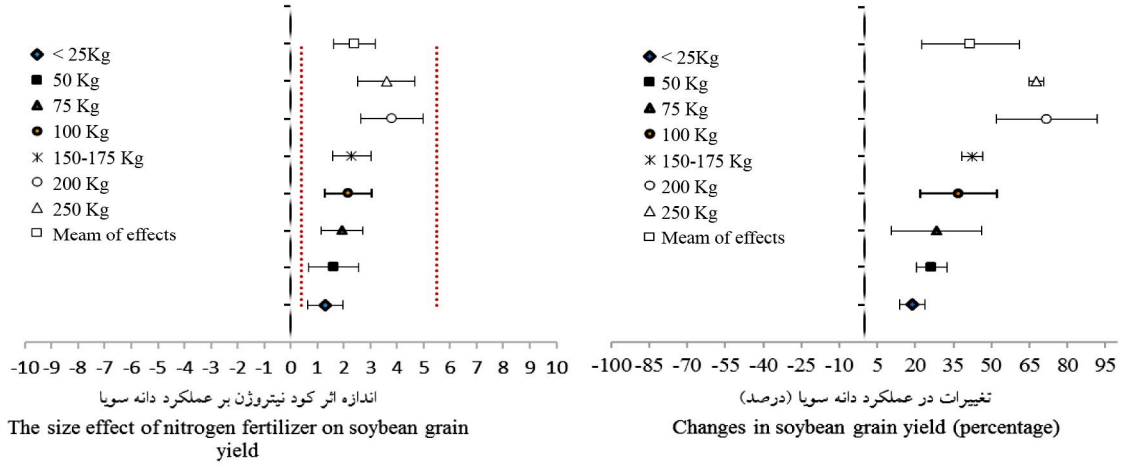
البته باید توجه داشت که حدود اطمینان برای لگاریتم نسبت واکنش، متقارن است، ولی حدود اطمینان داده‌هایی که معکوس تبدیل روی آن‌ها انجام‌شده (μ_p) متقارن نخواهد بود. همچنین استخراج مقادیر میانگین انحراف معیار خطاها (SEM) با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) و رسم اشکال نیز در محیط نرم‌افزار Microsoft Excel انجام شد (SAS, 2009).

$$SEM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}} \qquad [۱۶]$$

که در آن x_i برابر اندازه اثر کل یا تجمعی (d^*) هر دسته تیمار کودی، $\bar{x}$ میانگین اندازه اثر کل یا تجمعی کل تیمارهای کودی و n تعداد کل دسته تیمارهای کودی است. در نهایت با استفاده از این آزمون‌ها تعیین شد که کدام تیمار کودی دارای اثر افزایشی و کدام تیمار کودی اثر کاهشی روی تولید و دیگر صفات زراعی گیاهان موردبررسی است. ضمن اینکه تیمارهایی که هیچ نوع اثر مثبت یا منفی روی اجزای فوق نداشتند، نیز مشخص شدند.

نتایج

سویا: نتایج فرا تحلیل اثر کود ازته بر عملکرد دانه سویا در کل مطالعات صورت گرفته در ایران نشان داد که درمجموع تمامی سطوح مصرف نیتروژن دارای اثر معنی‌داری (با درجه بسیار بزرگ) بر تولید سویا بوده‌اند، زیرا مقادیر و انحراف استاندارد هیچ‌کدام از سطوح با مقدار صفر همپوشانی نداشته است (محدوده منقطع در شکل ۱).



شکل ۱: تغییرات عملکرد دانه سویا و اندازه اثر کودنیتروژن بر آن.

Figure 1. Soybean grain yield Changes and related effect of nitrogen fertilizer on it

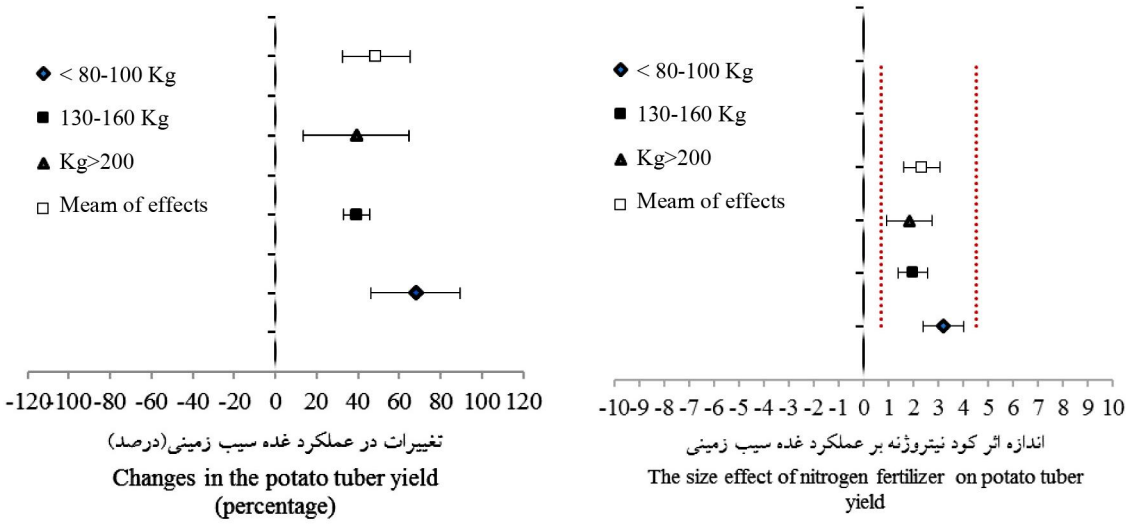
در واقع با افزایش مصرف کود از مقادیر کمتر از ۲۵ کیلوگرم (با اندازه اثر ۱/۳) به بالا، اندازه اثر کود بر عملکرد سویا افزایشی بود تا اینکه در سطح مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، اندازه اثر به حداکثر مقدار خود رسید (۳/۸) و مصرف بیشتر کود نیتروژن از این سطح به بعد، کاهش اندازه اثر کود روی تولید سویا را به دنبال داشت (۳/۶). بر پایه همین نتایج مصرف کمتر از ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن سبب افزایش ۱۸/۷۸ درصدی عملکرد شد و بیشترین افزایش عملکرد در سطح مصرف ۲۰۰

کیلوگرم کود به‌دست آمد (۷۱/۹۰ درصد) ضمن اینکه افزایش مصرف کود تا ۲۵۰ کیلوگرم سبب کاهش عملکرد سویا به سطح پائین تر از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن شد. شیب افزایش عملکرد با افزایش مصرف کود ازته از مقادیر کمتر از ۲۵ کیلوگرم به بالا تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز ۰/۲۵ به‌دست آمد (با عرض از مبدأ: ۱۰/۸۹ درصد). به‌عبارت دیگر با مصرف هر یک کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، ۰/۲۵ درصد افزایش تولید در هکتار مورد انتظار خواهد بود. از طرفی همیشه مصرف بیشتر کود نیتروژن الزاماً افزایش عملکرد دانه سویا را به دنبال نخواهد داشت زیرا مطلوب ترین سطح مصرف کود نیتروژن بر اساس نتایج فرا تحلیل سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژناست (شکل ۱).

سیب‌زمینی: نتایج فرا تحلیل اثر کود ازته بر عملکرد غده سیب‌زمینی در کل مطالعات نشان داد که هر سه سطح مصرف نیتروژن دارای اثر معنی‌داری (با درجه بسیار بزرگ) بر تولید غده بوده‌اند (محدوده منقطع در شکل ۲). با این تفسیر که سطح ۸۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن دارای بیشترین اندازه اثر بر عملکرد غده بود (۳/۲) و افزایش مصرف کود تا بیشتر از ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، کاهش اندازه اثر کود روی تولید غده را به دنبال داشت. بر پایه همین نتایج کمترین اندازه اثر بر عملکرد در سطح مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود به‌دست آمد (۱/۸۵ درصد) هرچند که اندازه اثر برافزایش عملکرد در سطح ۱۳۰-۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیز مشابه سطح مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (۱/۹۸). نتایج همچنین نشان داد که مصرف ۸۰-۱۰۰ کیلوگرم کودنیتروژن سبب افزایش ۶۷/۸۵ درصدی عملکرد غده در هکتار شد. مصرف ۱۳۰-۱۶۰ و بیشتر از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته نیز به‌ترتیب افزایش ۳۹/۳۹ و ۳۹/۲۴ درصدی عملکرد غده را در پی داشت (شکل ۲). این نتایج نشان می‌دهد که براساس کلیه مطالعات صورت گرفته مطلوب‌ترین سطح مصرف کود نیتروژن در مزارع سیب‌زمینی ۸۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است و افزایش مصرف کود نیتروژن در این مزارع علاوه بر افزایش هزینه تولید محصول، کاهش میزان افزایش عملکرد غده نسبت به سطح ۸۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار را نیز به دنبال دارد؛ زیرا اندازه اثر و درصد افزایش عملکرد غده سطح ۸۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن تقریباً دو برابر سایر سطوح مصرفی کود نیتروژن است.

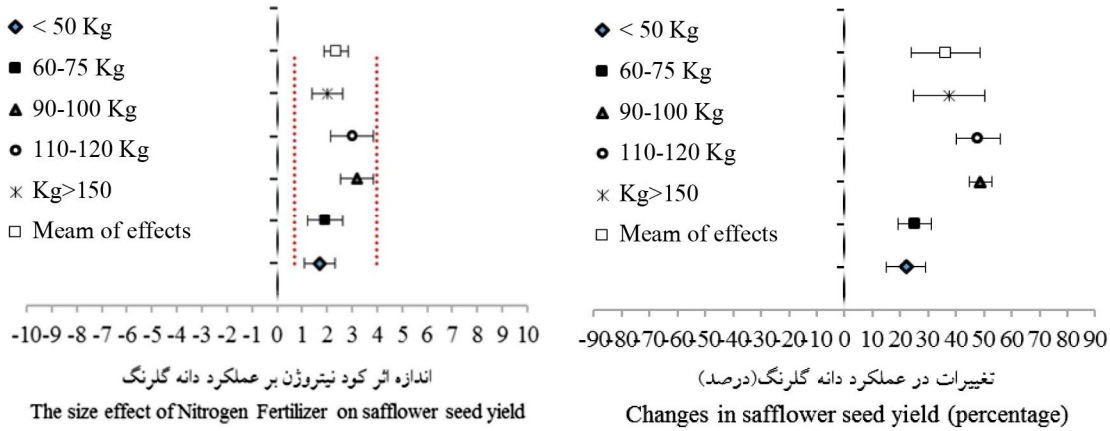
گلرنگ: فرا تحلیل اثر کود ازته بر عملکرد دانه گلرنگ در ۵ سطح انتخابی نیز نشان داد که اثر کودنیتروژن بر عملکرد گلرنگ در تمامی سطوح تیماری معنی‌دار (با درجه بسیار بزرگ) بود (محدوده منقطع در شکل ۳). بالاترین اندازه اثر (۳/۲) در سطح ۹۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کودی و کمترین اندازه اثر (۱/۷) در تیمار ۵۰ کیلوگرم و کمتر در هکتار کودی به‌دست آمد. از طرفی پاسخ عملکرد دانه به اثر سطوح مختلف کودی از تیمار ۵۰ و کمتر تا سطح ۹۰-۱۱۰ کیلوگرم کودی افزایش و پس‌ازآن روند نزولی به خود گرفت، به‌نحوی‌که اندازه اثر آن به ۲ در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم و بیشتر کاهش پیدا کرد. میزان تغییرات عملکرد دانه گلرنگ در سطوح مختلف کودی نیز مشابه اندازه اثر بود. در تیمار ۹۰-۱۱۰ کیلوگرم در هکتار کودی، بالاترین پاسخ مثبت عملکرد دانه (۴۸/۸۵ درصد) و در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کودی نیز کمترین درصد افزایش عملکرد دانه مشاهده شد (۲۲/۱۴ درصد). در سایر سطوح تیماری نیز درصد تغییرات عملکرد حدود ۲۵/۰۳ درصد (۶۰-۷۵ کیلوگرم)، ۴۸ درصد (۱۱۰-۱۲۰ کیلوگرم) و ۳۷/۶۱ درصد (۱۵۰ کیلوگرم و بیشتر) بود. در این تحلیل سطح بهینه مصرف کود نیتروژن برای دستیابی به

بـالاترین درصـد افـزایش عملکـرد، معـادل ۹۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کودی تعیین شـد (شـکل ۳). ایـن سطح از کود نیتروژن ضـمن توجـه بـه عملکردهـای بالاتر، کاهش مصرف نهاده‌های کودی، کـاهش میـزان آبشویی کود و در نهایت حفظ محیطزیست را نیـز در پی دارد.



شکل ۲- تغییرات عملکرد غده سیب‌زمینی و اندازه اثر کود نیتروژن بر آن.

Figure 2. Potato tuber yield changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.

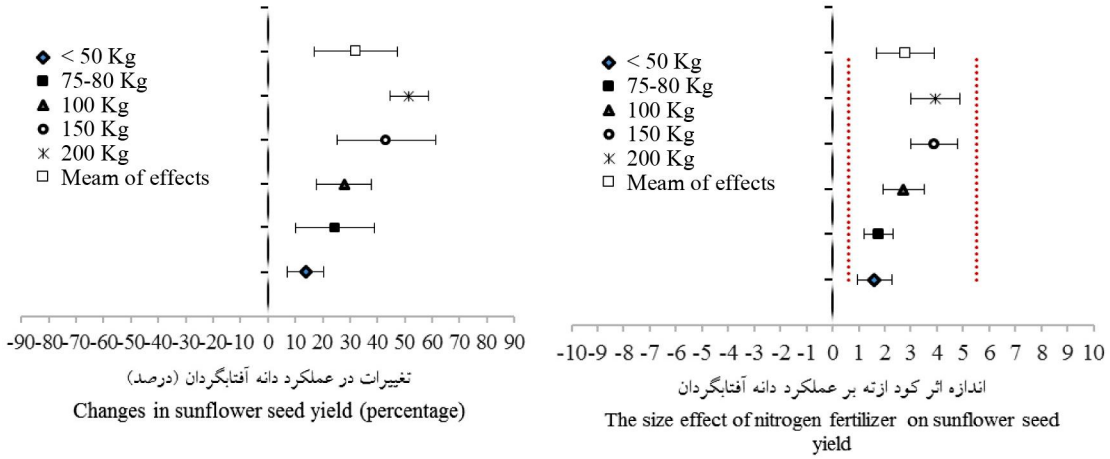


شکل ۳- تغییرات عملکرد دانه گلرنگ و اندازه اثر کود نیتروژن بر آن.

Figure 3. Safflower seed yield Changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.

آفتابگردان: نتایج بررسی برای گیـاه آفتـابگردان در ۵ سطح تیماری نیز حاکی از اثر معنی‌دار (با درجه بسیار بـزرگ) کـودنیتروژن در همـه سـطوح بـر عملکـرد آفتـابگردان بـود (محـدوده منقطـع در شـکل ۴). در آفتابگردان بیشترین اندازه اثر بر عملکرد دانـه (۳/۸۹) در سطح ۲۰۰ کیلـوگرم و بیشـتر در هکتـار کـودی و کمترین انـدازه اثـر (۱/۶۲) در تیمـار ۵۰ کیلـوگرم و کمتر در هکتار کودی به‌دست آمد. از طرفی اندازه اثر کود بر عملکرد دانه تـا آخـرین سـطح تیمـار کـودی (۲۰۰ کیلوگرم و بیشتر) همچنان افزایشی بود، با ایـن تفاوت که میزان تغییر (۱/۱۷) در انـدازه اثـر از تیمـار ۹۰-۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتـار بیشـتر از میـزان تغییـر (۰/۰۵) در انـدازه اثـر از تیمـار ۱۵۰ بـه ۲۰۰

کیلوگرم و بیشتر کودی بود.



شکل ٤: تغییرات عملکرد دانه آفتابگردان و اندازه اثر کود نیتروژن بر آن.

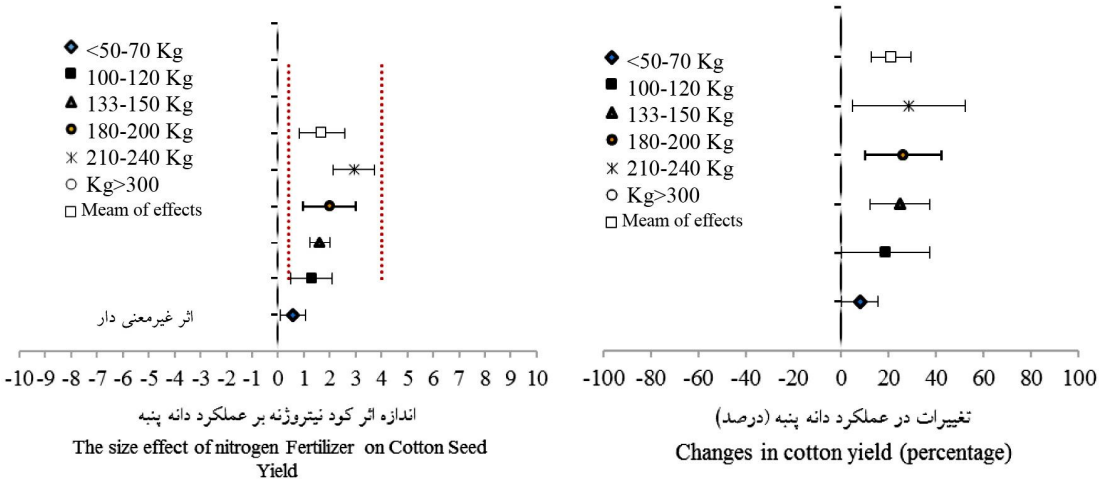
Figure 4. Sunflower seed yield changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.

میزان تغییرات عملکرد دانه گلرنگ در سطوح مختلف کودی نیز مشابه اندازه اثر بود و بیشترین درصد افزایش عملکرد در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم و بیشتر کودی به‌دست آمد (۵۱/۵۴ درصد). کمترین درصد افزایش در عملکرد دانه نیز به تیمار ۵۰ کیلوگرم و کمتر کودی اختصاص داشت (۱۳/۷۹ درصد). شیب درصد افزایش عملکرد دانه به ازای مصرف هر کیلوگرم کود نیتروژن نیز ۰/۱۹ درصد بود. به‌بیان‌دیگر به ازای مصرف هر کیلوگرم کود ازته میزان افزایش در عملکرد دانه آفتابگردان ۰/۱۹ درصد در هکتار است. در این تحلیل سطح بهینه مصرف کود نیتروژن برای دستیابی با بالاترین درصد افزایش عملکرد، تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کودی با درصد افزایش عملکرد در حدود ۴۳/۱۷ درصد است (شکل ۴)؛ زیرا با افزایش مصرف کود از این سطح به بعد، افزایش چندانی در اثر و درصد تغییرات عملکرد دانه دیده نمی‌شود.

پنبه: فرا تحلیل اثر کودنیتروژن بر عملکرد دانه پنبه در ۶ سطح تیماری نشان داد که به‌استثنای سطح تیماری ۵۰–۷۰ کیلوگرم در هکتار، کلیه سطوح تیماری دیگر دارای اثرات معنی‌داری (با درجه بسیار بزرگ) بر عملکرد دانه بودند (محدوده منقطع در شکل ۴). بالاترین اندازه اثر بر عملکرد دانه (۲/۹۴) در سطح ۳۰۰ کیلوگرم و بیشتر در هکتار کودی و کمترین اندازه اثر (۰/۵۷) در تیمار ۵۰–۷۰ کیلوگرم در هکتار کودی به‌دست آمد. همچنین اندازه اثر کود بر عملکرد دانه تا آخرین سطح تیمار کودی (۳۰۰ کیلوگرم و بیشتر) افزایشی بود. میزان تغییرات عملکرد دانه پنبه در سطوح مختلف کودی نیز مشابه اندازه اثر بود و بیشترین درصد افزایش عملکرد در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم و بیشتر کودی به دست آمد (۲۸/۸۴ درصد). کمترین درصد افزایش در عملکرد دانه نیز به تیمار ۵۰–۷۰ کیلوگرم در هکتار کودی اختصاص داشت (۷/۸ درصد). شیب درصد افزایش عملکرد دانه به ازای مصرف هر کیلوگرم کود نیتروژن نیز ۰/۰۸ درصد بود. به‌بیان‌دیگر به ازای مصرف هر کیلوگرم کود ازته میزان افزایش در عملکرد دانه پنبه برابر ۰/۰۸ درصد در هکتار است. در این تحلیل اثر سطح تیماری ۵۰–۷۰ کیلوگرم اثر معنی‌داری بر تغییرات عملکرد دانه پنبه نداشت. این بدان معنی است که از نظر آماری مصرف کود نیتروژن در این سطح جز هدر رفت هزینه‌ها، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد پنبه نخواهد شد اما با افزایش مصرف کود در سطوح بالاتر تیماری، تغییرات افزایشی در عملکرد دانه، معنی‌دار است (شکل ۵). در این تحلیل نیز مناسب‌ترین سطح کودی به‌شرط مدنظر قرار دادن قیمت نهاده‌ها و ارزش محصول تولیدی، سطح ۳۰۰ کیلوگرم

کود در هکتار است.

مشابه اثرات کود بر عملکرد دانه، اثر کود فقط در سطح تیماری ۵۰–۷۰ کیلوگرم در هکتار بر عملکرد وش معنی‌دار نبود (۰/۵) و بیشترین اندازه اثر نیز در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم و بیشتر کودی به دست آمد (۲/۹) هرچند که سطوح تیمار کودی انتخابی بر عملکرد وش کمی متفاوت‌تر سطوح موردنظر کودی بر عملکرد دانه بود. نتایج تحلیل درصد تغییرات عملکرد وش در سطوح مختلف کودی نیز نشان داد که بالاترین درصد افزایش عملکرد در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم و بیشتر کودی حاصل‌شده است (۳۴/۷۶ درصد). ضمن اینکه کمترین درصد افزایش در عملکرد دانه نیز به تیمار ۵۰–۷۰ کیلوگرم در هکتار کودی اختصاص داشت (۷/۸ درصد) که اثر آن نیز معنی‌دار نبود (محاط در محدوده صفر). شیب درصد افزایش عملکرد دانه به ازای مصرف هر کیلوگرم کود نیتروژن نیز ۰/۱ درصد بود. به‌بیان‌دیگر به ازای مصرف هر کیلوگرم کود ازته میزان افزایش در عملکرد دانه پنبه برابر ۰/۱ درصد در هکتار است. در این تحلیل سطح تیماری ۵۰–۷۰ کیلوگرم اثر معنی‌داری بر تغییرات عملکرد وش پنبه نداشت و مصرف کود نیتروژن در این سطح سبب افزایش معنی‌دار عملکرد پنبه نشد اما با افزایش مصرف کود در سطوح بالاتر تیماری، تغییرات افزایشی در عملکرد دانه، معنی‌دار بود (شکل ۴). در این تحلیل نیز مناسب‌ترین سطح کودی سطح ۳۰۰ کیلوگرم کود در هکتار بود (شکل ۶).

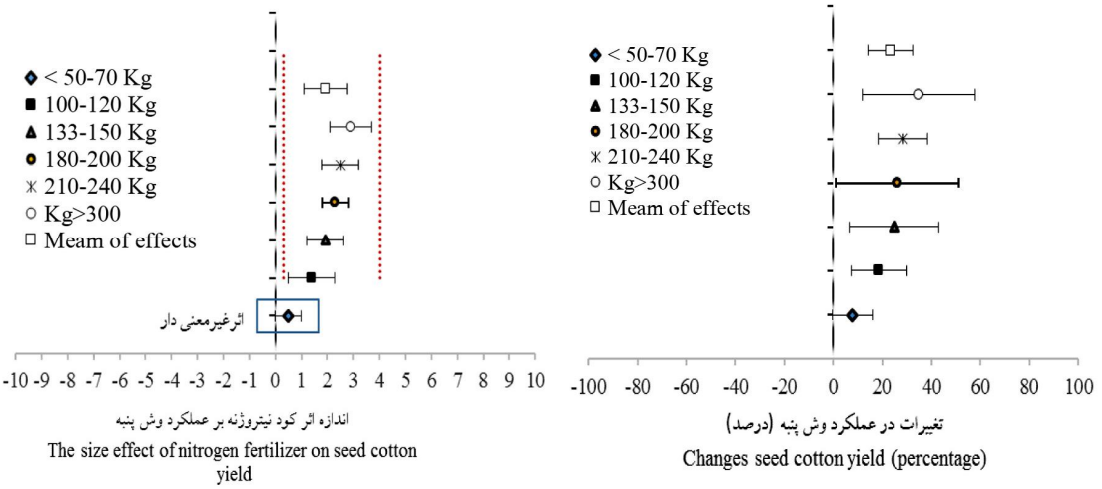


شکل ۵– تغییرات عملکرد دانه پنبه و اندازه اثر کود نیتروژن بر آن.

Figure 5. Cotton seed yield changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.

چغندرقند: نتایج اثر کودنیتروژن بر عملکرد ریشه چغندرقند نشان داد که اثر کلیه ۵ سطح تیماری بر عملکرد ریشه معنی‌دار (با درجه بسیار بزرگ) بود (محدوده منقطع در شکل ۷). بیشترین اندازه اثر در سطح ۱۸۰–۲۰۰ کیلوگرم (۲/۴) و کمترین اندازه اثر در سطح تیماری ۵۰–۶۰ کیلوگرم (۱/۳۴) به دست آمد. ضمن اینکه اختلاف چندانی بین سطوح ۵۰–۶۰ و ۱۰۰–۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن از نظر اندازه اثر وجود نداشت (شکل ۷). همچنین افزایش مصرف کود از سطح ۱۸۰–۲۰۰ کیلوگرم به بالا تا سطح ۲۵۰–۳۰۰ کیلوگرم سبب کاهش اندازه اثر کود بر عملکرد ریشه شد. این در حالی بود که اثر کلیه سطوح کودی بر درصد قند ریشه، منفی بود و این اثر فقط در سطح تیماری ۱۸۰–۲۰۰ کیلوگرم معنی‌دار بود (۰/۷۲–).

به‌عبارت‌دیگر اندازه اثر کودنیتروژن بر درصد قند ریشه همیشه منفی است و مصرف کودنیتروژن تا سطح ۱۵۰–۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، اثر کاهشی معنی‌داری بر درصد قند ریشه ندارد.



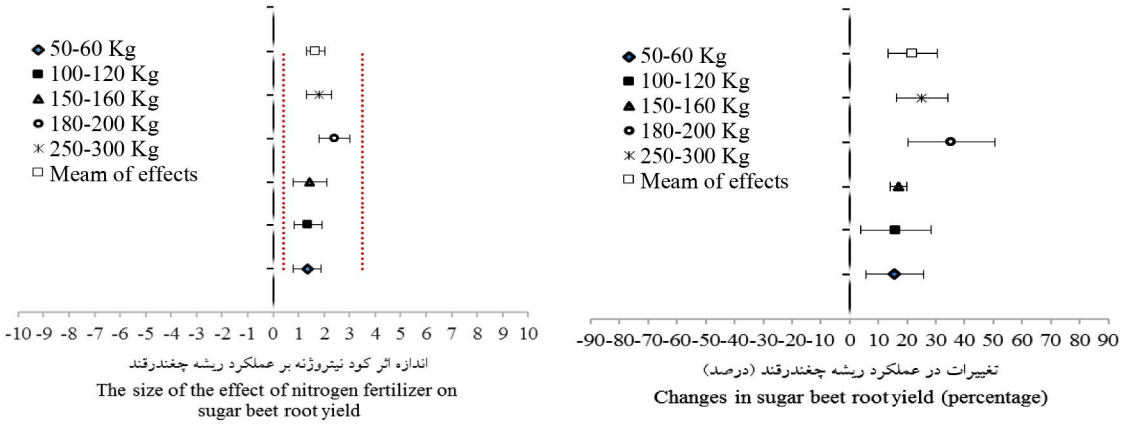
شکل ٦- تغییرات عملکرد وش پنبه و اندازه اثر کود نیتروژن بر آن.

Figure 6. Cotton seed yield and related effect of nitrogen fertilizer on it.

میزان تغییرات عملکرد ریشه چغندرقند در سطوح مختلف کودی نیز مشابه اندازه اثر بود. تیمار ۱۸۰–۲۰۰ کیلوگرم کودی با افزایش ۳۵/۴۳ درصدی عملکرد ریشه دارای بیشترین تغییرات مثبت در عملکرد ریشه و تیمار ۵۰–۶۰ کیلوگرم کودی با ۱۵/۷۲ درصد افزایش عملکرد ریشه در جایگاه آخر قرار داشت. از طرفی اثر تیمار کودی ۱۰۰–۱۲۰ کیلوگرم روی درصد ریشه مثبت ولی غیر معنی‌دار بود. همچنین بیشترین کاهش درصد افزایش قند با حدود ۱۱/۳ درصد در تیمار ۱۸۰–۲۰۰ کیلوگرم کودی و کمترین کاهش در درصد قند ریشه در تیمار ۵۰–۶۰ کیلوگرم کودی به دست آمد. در نهایت می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که تیمار ۱۰۰–۱۲۰ کیلوگرم کودی به‌واسطه اثرات مثبت روی درصد قند ریشه (غیر معنی‌دار) و همچنین اثرات افزایشی روی عملکرد ریشه (معنی‌دار)، بهینه‌ترین سطح کود نیتروژن مصرفی است. از طرفی با وجودی که تیمار ۱۸۰–۲۰۰ کیلوگرم کودی دارای بیشترین اثرات مثبت روی عملکرد ریشه است، اما به خاطر اثرات منفی روی درصد قند ریشه نمی‌تواند مطلوب ترین سطح کودی در زراعت چغندرقند به‌حساب آید (شکل ۸).

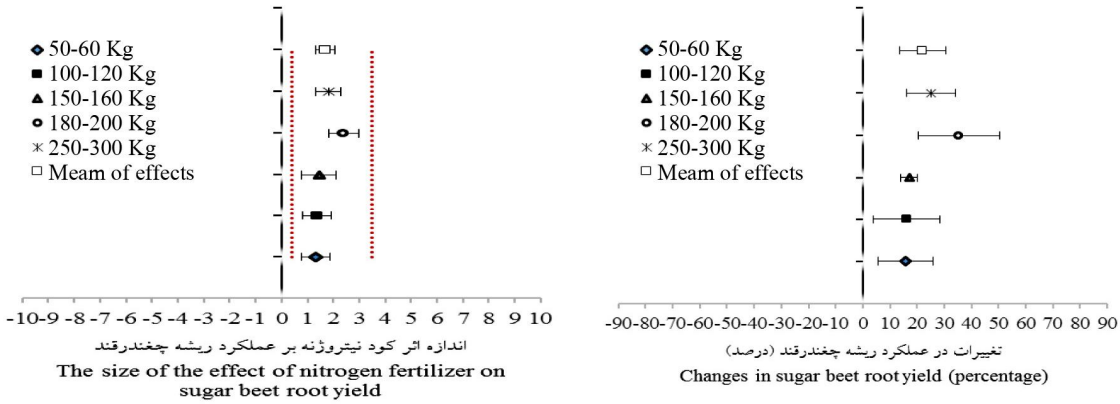
کنجد: فرا تحلیل اثر کود نیتروژن بر عملکرد دانه کنجد، نشان داد که اثر کلیه ۵ سطح تیماری بر عملکرد دانه معنی‌دار (با درجه بسیار بزرگ) بود (محدوده منقطع در شکل ۹). برخلاف دیگر گیاهان صنعتی، بیشترین اندازه اثر کودنیتروژن در سطوح کم ازت اتفاق افتاد. بدین معنی که بالاترین اندازه اثر (۲/۶) در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن (۱/۸۲) در تیمار ۹۰–۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. ضمن اینکه اندازه اثر سطح ۴۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کودی تا حدودی باهم مشابه بود. نتایج همچنین نشان داد که مصرف ازت در همه سطوح باعث افزایش عملکرد دانه گردید و بیشترین درصد افزایش (۴۹/۶۳ درصد) مربوط به سطح ۵۰ کیلوگرم درهکتار کودی و کمترین آن به تیمار ۹۰–۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (۳۸/۲۸ درصد).

بدین ترتیب مطلوب‌ترین سطح مصرف کود نیتروژن برای دستیابی به بالاترین درصد افزایش در عملکرد دانه، تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بود (شکل ۹).



شکل ۷- تغییرات عملکرد ریشه چغندرقند و اندازه اثر کود نیتروژن بر آن.

Figure 7. Sugar beet root yield changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.

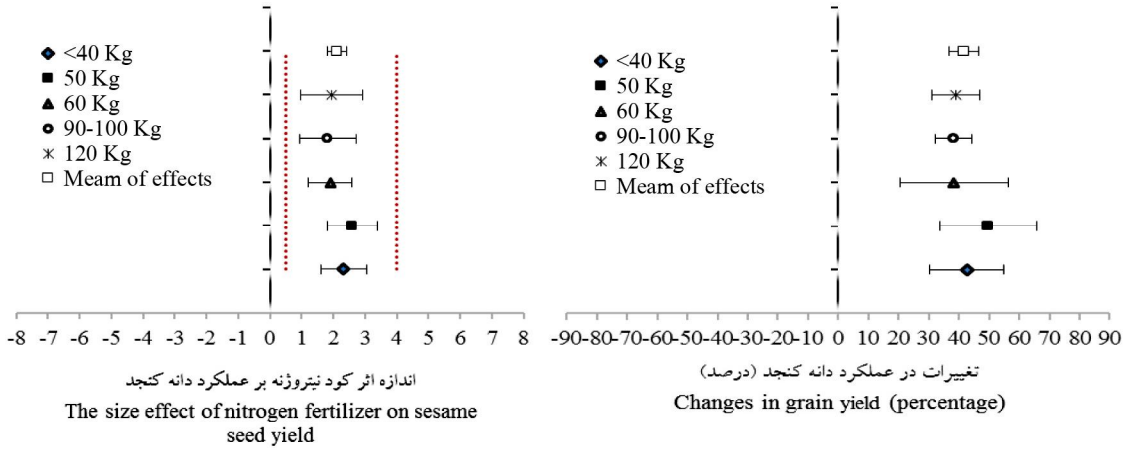


شکل ۸- تغییرات درصد قند چغندرقند و اندازه اثر کود نیتروژن بر آن.

Figure 8. Sugar beet sugar percentage changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.

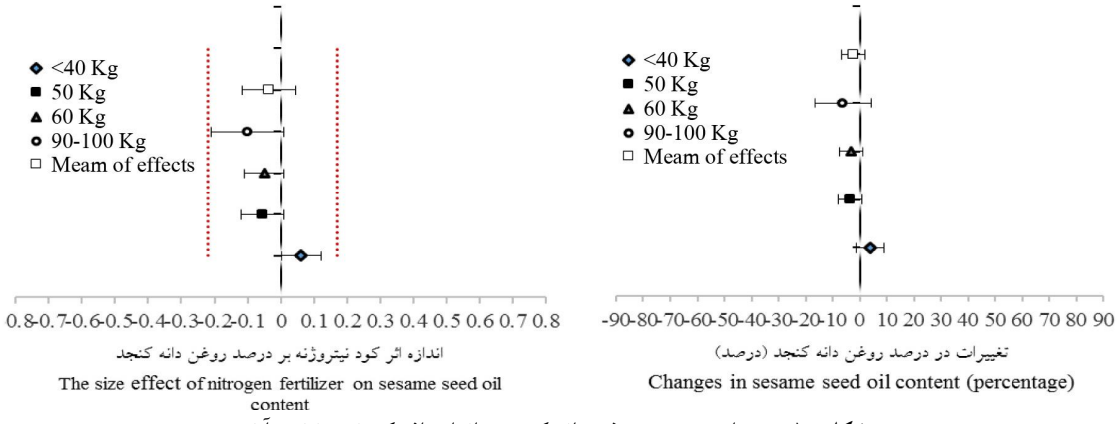
از طرفی نتایج بیانگر اثر غیر معنی‌دار کلیه سطوح کود نیتروژن انتخابی روی درصد روغن دانه بود و اندازه اثر در دامنه (۰/۰۶-۰/۱-) قرار داشت. با این وجود اثر کاهندگی مصرف کودنیتروژن روی درصد روغن هرچند به‌صورت غیر معنی‌دار اما مشهود بود و بیشترین درصد کاهش (۰/۱- درصد) در تیمار ۹۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱۰).

میزان تغییرات درصد پروتئین دانه در کلیه سطوح مختلف کودی نیز معنی‌دار بود. برخلاف اندازه اثر کود نیتروژن، به‌طور برعکس، بالاترین اندازه اثر کود روی درصد پروتئین در سطح تیماری ۹۰-۱۰۰ کیلوگرم و کمترین اندازه اثر در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و به‌طور مشابه، بیشترین درصد تغییرات درصد پروتئین دانه (۲۴/۴۷ درصد) در تیمار ۹۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین درصد افزایش در پروتئین نیز به تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت با مقدار افزایش ۱۳/۸۱ درصد اختصاص داشت (شکل ۱۱).



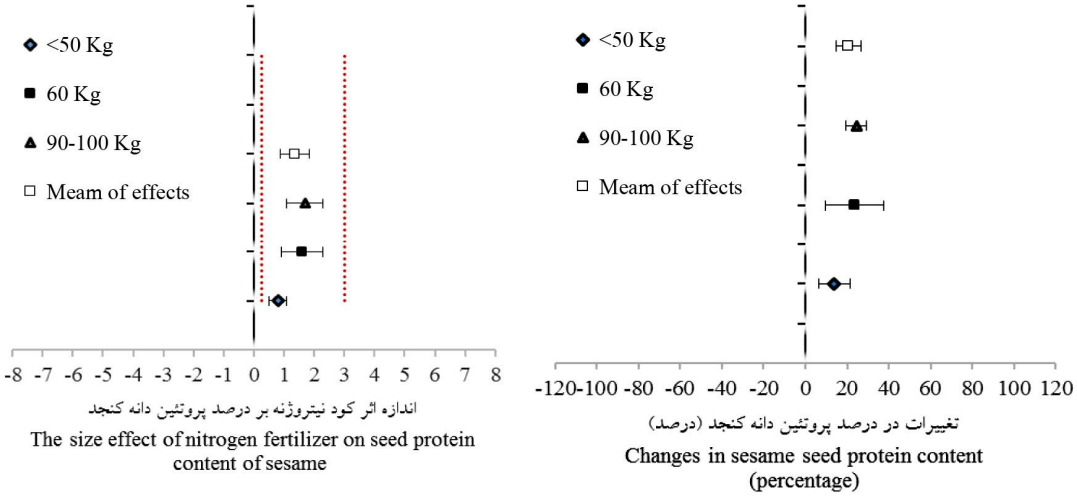
شکل ۹- تغییرات عملکرد دانه کنجد و اندازه اثر کودنیتروژن بر آن.

Figure 9. Sesame Seed Yield Changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.



شکل ۱۰- تغییرات درصد روغن دانه کنجد و اندازه اثر کودنیتروژن بر آن.

Figure 10. Sesame seed oil content changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.



شکل ۱۱- تغییرات درصد پروتئین دانه کنجد و اندازه اثر کود نیتروژن بر آن.

Figure 11. Sesame seed protein percentage changes and related effect of nitrogen fertilizer on it.

نتایج فرا تحلیل اثر کود نیتروژن روی کنجد نشان داد که بسته هدف زارع از کشت کنجد سطح تیماری مناسب کود نتیروژنه متفاوت است. ضمن مدنظر قرار دادن اثر غیر معنی‌دار کود ازته روی درصد روغن، بهترین سطح کود انتخابی برای دستیابی به بالاترین عملکرد دانه، مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کودنیتروژن و سطح بهینه کودنیتروژن برای دستیابی به بالاترین درصد پروتئین دانه، مصرف ۹۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کودی است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج اثر کودنیتروژن بر گیاهان صنعتی مورد مطالعه نشان داد که اثر کودنیتروژن به استثنای برخی صفات مانند درصد روغن در کنجد، درصد قند چغندرقند (به استثنای سطح ۱۸۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد وش و دانه پنبه (تیمار ۵۰-۷۰ کیلوگرم)، بر عملکرد دانه گلرنگ، آفتابگردان، سویا، دانه و درصد پروتئین کنجد، عملکرد غده سیب‌زمینی، عملکرد ریشه و درصد قند چغندرقند و عملکرد دانه و وش پنبه معنی‌دار بود. بر اساس نتایج فرا تحلیل نیز سطح بهینه مصرف کود برای سویا (۲۰۰ کیلوگرم، افزایش ۷۱/۹۰ درصد عملکرد)، سیب‌زمینی (۸۰-۱۰۰ کیلوگرم، افزایش ۶۷/۸۵ درصد عملکرد غده)، گلرنگ (۹۰-۱۰۰ کیلوگرم، افزایش ۴۸/۸۵ درصد عملکرد)، آفتابگردان (۱۵۰ کیلوگرم، افزایش ۴۳/۱۷ درصد عملکرد)، پنبه (۳۰۰ کیلوگرم، افزایش ۲۸/۸۴ و ۳۴/۷۶ درصد به‌ترتیب برای عملکرد دانه و وش)، چغندرقند (۲۰۰-۱۸۰ کیلوگرم، افزایش ۳۵/۴۳ درصد عملکرد ریشه) و کنجد (۵۰ کیلوگرم، افزایش ۴۹/۶۳ درصد عملکرد دانه و ۹۰-۱۰۰ کیلوگرم، افزایش ۲۴/۴۷ درصد پروتئین) بود؛ بنابراین سطوح بهینه استخراجی کود نیتروژن برای گیاهان تا همان حدود تخمین زده سبب افزایش تولید خواهد شد و مصرف بیشتر آن هیچ فایده‌ای برای زارع نخواهد داشت.

منابع

1. Abalos, D., Jeffery, S., Sanz-Cobena, A., Guardia, G., and Vallejo, A. 2013. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification productivity and nitrogen use efficiency. Agric. Ecosys. Environ., 189: 136-144.
2. Abedi, T., Alemzadeh, A., and Kazemeini, A.R. 2010. Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat. J. Crop Sci., 4(6): 384-389.
3. Cheema, M.A., Malik, M.A. Hussain, A., Shah, S.H., and Basra, A.M. 2001. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of canola (*Brassica nupus* L.). J. Agro. Crop Sci., 186 (2): 103-110.
4. Cohen, J. 1969. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. New York: Academic Press. 415 p.
5. Gurevitch, J. and Hedges, L.V. 1999. Statistical issues in ecological meta-analyses. Ecology. 80: 1142-1149.
6. Gurevitch, J., Morrow, L.L., Wallace, A., and Walsh, J.S. 1992. A meta-analysis of competition in field experiments. Am. Nat., 140(4): 539-572.
7. Hedges, L.V., and Olkin, I. 1985. Statistical Methods for Meta-Analysis. New York: Academic Press. 369 p.
8. Hedges, L.V., Gurevitch, J., and Curtis, P.S. 1999. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. Ecology, 80: 1150–1156.
9. Hunter, J.E., and Schmidi, F.L. 1999. Metanalysis. In: Hambleton RK, Zaal JN. (Eds.) Advances in Educational and Psychological Testing Theory and applications. Boston: Kluwer Academic. pp: 157-183.
10. Izanlo, B., and Habibi, M. 2011. Application of meta-analysis in social and behavioral Science: a review of advantages, disadvantages, and methodological issues. Research Behav. Sci., 9: 70-82.

11. Khaliliaqdam, N., Hasani, R., and Mirmahmoodi, T. 2017. Meta-analysis of effects of some important agronomic on Wheat production in Iran, J. Agric. Accepted., (In Persian).
12. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Bakhshaei, S., and Davari, A. 2017. A meta-analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. J. Agro., 9(2): 296-313. (In Persian)
13. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2011. Meta-Analysis of agro biodiversity in Iran. J. Agroecol., 1(2): 1-16. (In Persian).
14. Lu, M., Zhou, X., Luo, Y., Yang, Y., Fang, C., Chen, J., and Li, B. 2001. Minor stimulation of soil carbon storage by nitrogen addition: A meta-analysis. Agric. Ecosyst. Environ., 140: 234-244.
15. Rosenberg, M.S., Adams, D.C., and Gurevitch, J. 2000. Meta Win: Statistical Software for Meta-Analysis, version 2.0. Sunderland, MA: Sinauer Associates. 128 p.
16. Rotundo, J., and Westgate, M.E. 2009. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. Field Crops Res. 110: 147–156.
17. SAS. 2009. Statistical Analysis Software, SAS Institute, V9.2. Carry, NC.
18. Seadat Lajevardi, N. 1980. Oil Seeds. University of Tehran Press. Iran. (In Persian).
19. Sepehr, A., Rasouli Sadeghiani, M., and Malakoti, M.J. 2003. Effects of Different Potassium Source and Microelements on Quantity of Sunflower and Optimize the Supply of Sunflower Oil Seeds. Third Edition, University of Tehran Press. Iran. (In Persian)
20. Soltani, E., and Soltani, A. 2015. Meta-analysis of seed priming on seed germination, seedling emergence and crop yield: Iranian studies, Inter. J. Plant Prod., 9(3):1735-8043. (In Persian).
21. Sonneveld, C. and Voogt, W. 2010. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer-Verlag New York, LLC. pp 313-344.
22. Tonnito, C.D. and Drinkwater, L.E. 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and dynamics. Agric. Ecosys. Enviro., 112: 58-72.
23. Valkama, E., Risto, U, Ylivainio, K., Virkajarvi, P., and Turtola, E. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. Agric. Ecosys. Enviro., 130: 75-85.
24. Xiang-Dong, L., Chang-Hui, P., Dalun, T., and Jian-Feng, S. 2007. Meta-analysis and its application in global change research Chines Sci. Bulletin, 52(3): 289-302.