Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۳۱۳-۲۹۶

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 2, Summer 2017, p. 296-313

فراتحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات در ایران

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[1]، سارا بخشائی[2] و آگرین داوری[3]

تاریخ دریافت: ۱۶ /۱۳۹۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۱۱

کوچکی، ع.ر.، نصیری محلاتی، م.، بخشائی، س.، و داوری، آ. ۱۳۹۶. فراتحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات در ایران. بوم-شناسی کشاورزی، ۹(۲): ۳۱۳-۲۹۶.

چکیده

پژوهش‌های مربوط به ارزیابی تأثیر کودهای نیتروژنه بر عملکرد غلات سابقه‌ای طولانی در کشور دارد، با این حال به دلیل پراکندگی و اختلاف موجود در نتایج آزمایشات مختلف، دستیابی به نتیجه‌گیری کلّی دشوار می‌باشد. در این مطالعه جهت غلبه بر این مشکل از رهیافت فراتحلیل استفاده شده‌است تا از این طریق بتوان با تلفیق و آنالیز مجدد یافته‌های آزمایشات مستقل به نتیجه‌ای واحد دست یافت. به این منظور ۴۶ مقاله علمی-پژوهشی منتشر شده توسط محققین کشور در ارتباط با اثر کودهای نیتروژنه بر عملکرد غلات شامل ۲۳ مقاله مربوط به گندم (*Triticum aestivum* L.)، ۱۴ مقاله مربوط به ذرت (*Zea mays* L.) و ۹ مقاله در مورد برنج (*Oryza sativa* L.) مورد بررسی قرار گرفت. سطوح کودهای نیتروژنه به‌کار رفته در آزمایشات برای گندم، ذرت و برنج به ترتیب در دامنه۲۵۰-۲۰، ۲۷۵-۲۵ و ۹۰-۱۰کیلوگرم در هکتار قرار داشت. تلفیق یافته‌ها نشان داد که با مصرف کودهای نیتروژنه میانگین عملکرد دانه در گندم ۲۴۷۷، در ذرت ۴۶۹۹ و در برنج ۱۵۰۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. نتایج فراتحلیل نشان داد که در هر سه محصول تحت بررسی تأثیر کودهای نیتروژنه بر افزایش عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار ولی بر شاخص برداشت بی‌معنی بود و بر این اساس حداکثر عملکرد دانه با مصرف ۱۰۰-۵۰ و حداکثر عملکرد ماده خشک با کاربرد ۱۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. سطوح کودی بالاتر تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد نداشتند. فراتحلیل به‌صورت جداگانه برای هر محصول نیز اجرا شد. نتایج نشان داد که در گندم حد بهینه نیتروژن کودی برای عملکرد دانه و ماده خشک به‌ترتیب ۱۰۰-۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد در حالی‌که برای ذرت حداکثر عملکرد دانه با مصرف ۱۰۰-۵۰ و حداکثر عملکرد ماده خشک در ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص حاصل می‌شود و در برنج عملکرد دانه و ماده خشک با مصرف ۹۰-۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به حداکثر خواهد رسید. شاخص برداشت هیچ‌یک از سه محصول پاسخ معنی‌داری به کود نیتروژنی نداشت.

واژه‌های کلیدی: برنج، ذرت، شاخص برداشت، عملکرد دانه، گندم

مقدمه

افزایش عملکرد گیاهان زراعی در طی ۵۰ سال گذشته تا حد زیادی مرهون مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن می‌باشد به‌طوری‌که سهم این کودها در بهبود عملکرد در مطالعات مختلف بین ۳۰ تا ۵۰ درصد گزارش شده است (Good et al., 2004). در واقع بروز پتانسیل ژنتیکی واریته‌های پر محصول گیاهان زراعی در گرو مصرف مقدار کافی نیتروژن است، زیرا توسعه کانوپی و جذب مطلوب نور و نیز فتوسنتز و کارآیی مصرف نور به‌شدت تابع مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه می‌باشند (Singh, 2005). این وابستگی همراه با افزایش جمعیت و تقاضای بیشتر برای غذا باعث شده تا مصرف کودهای شیمیایی نیز در طی ۵۰ سال گذشته به‌طور چشمگیری در سطح جهان افزایش یابد و با میانگین رشد سالانه معادل ۳/۲ درصد، در سال ۲۰۰۰ میلادی به ۱۲۸ و تا سال ۲۰۱۰ به ۱۸۱ میلیون تن

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانش‌آموخته دکتری اگرواکولوژی (مدرس دانشگاه پیام نور) و دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v9i2.26798

www.SID.ir

Archive of SID

برسد به‌علاوه نتایج پیش‌بینی‌ها نیز نشان داده است که میزان مصرف جهانی کودهای شیمیایی در سال ۲۰۲۰ بالغ بر ۲۰۶ میلیون تن خواهد بود که در حدود ۶۳ درصد آن کودهای نیتروژنه می‌باشند. به‌علاوه بیش از ۶۶ درصد این کودها در کشورهای در حال توسعه و ۵۳ درصد از این میزان در آسیا به مصرف می‌رسد (FAO, 2010).

در ایران نیز تولید کودهای شیمیایی که از سال ۱۳۲۴ آغاز شد با الگویی مشابه با سایر کشورهای در حال توسعه از اواخر دهه ۵۰ شمسی به‌سرعت توسعه یافت و بخش عمده این کودها از نوع نیتروژنی می‌باشد، به‌طوری‌که میزان مصرف کودهای نیتروژن کشور در سال ۱۳۹۰ در حدود ۲/۱ میلیون تن بوده است.

نقش و اهمیت کودهای شیمیایی و به خصوص کودهای نیتروژنه در تولیدات کشاورزی باعث شده که محققین کشورهای مختلف طی چند دهه گذشته به‌طور گسترده‌ای جنبه‌های مختلف تأثیر این کودها را از ابعاد فیزیولوژیکی، اکولوژیکی و زراعی مورد بررسی قرار دهند.

دوبرمن و کاسمن (Dobermann & Cassman, 2004) بیان داشتند مهمترین نتیجه حاصل از بررسی منابع بر روی آزمایشات مرتبط با تأثیر نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی این است که علی‌رغم معنی‌دار بودن تأثیر این کودها، نتایج آزمایشات بسیار متغیر می‌باشند. این امر چندان دور از ذهن نیست زیرا حد بهینه مصرف کودهای نیتروژنه به نوع گیاه زراعی بستگی داشته و برای یک گونه خاص علاوه بر عوامل اقلیمی و خصوصیات خاک، تابع نحوه مدیریت بوم نظام (تناوب، بقایا، خاک‌ورزی) و نیز نوع کود، روش و زمان مصرف آن می‌باشد (Cassmann et al., 2002). بدیهی که به دلیل دخالت مجموعه پیچیده‌ای از عوامل مختلف، نتایج حاصل از آزمایشات مستقل برای ارزیابی تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد یک گونه بسیار متنوع خواهند بود. این تنوع که در مطالعات پژوهشگران کشور ما نیز مشهود می‌باشد (برای مثال Hosseini et al., 2008 Miran Zadeh Emam et al., 2005; Sagsavari et al., 2002; Rahimi Zadeh & Kashani, 2006; & Emam, 2005; Bahrani et al., 2001;) تصمیم‌گیری در مورد میزان بهینه مصرف کودهای نیتروژنه در گیاهان مختلف را دشوار ساخته بنابراین ساماندهی این نتایج مستلزم استفاده از روش‌های آماری خاص است.

فرا تحلیل[1] روشی برای مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعات مستقل از هم در خصوص یک موضوع است. در واقع فراتحلیل نوعی پژوهش درباره پژوهش‌های دیگر است و به کمک آن می‌توان پژوهش‌های متعددی را که در مورد یک موضوع خاص انجام شده مجدداً مورد مطالعه قرار داده و به‌صورت آماری با یکدیگر مقایسه کرد و این رهیافت خود یک پژوهش مستقل محسوب می‌شود (Koocheki et al., 2011). در فراتحلیل جامعه آماری مجموعه پژوهش‌های قبلی و واحد پژوهش هر یک از پژوهش‌های اولیه و مستقل پیشین است. بنابراین، فراتحلیل نوعی تحلیل تحلیل‌هاست (Gurevitch & Hedgh, 1999).

این روش آماری اولین بار در مطالعات روانشناسی و پزشکی مورد استفاده قرار گرفت و سپس با شروع مطالعات گورویچ و همکاران (Gurevitch & Hedges, 1992) در اکولوژی نیز به‌کار گرفته شد اما در علوم کشاورزی روش نسبتاً جدیدی است که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است (Rotundo, 2009; Rosenberg, 2004). والکاما و همکاران (Valkama et al., 2008) با بررسی ۴۰۰ مطالعه انجام شده طی ۸۰ سال (۲۰۰۷-۱۹۲۷) در فنلاند فراتحلیلی بر روی تأثیر مقادیر مختلف کود فسفر بر عملکرد گیاهان زراعی انجام دادند. نتایج این فراتحلیل حاکی از آن بود که کاربرد کود فسفر در اغلب گیاهان زراعی سبب افزایش عملکرد تا حدود ۱۱ درصد شده است. لو و همکاران (Lu et al., 2001) نیز فراتحلیلی را در خصوص میزان ترسیب کربن در خاک طی تبدیل سیستم زراعی رایج (شخم) به سیستم بدون شخم بر روی ۶۹ مطالعه مستقل انجام دادند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که در بسیاری از موارد سیستم‌های بدون شخم سبب افزایش میزان کربن آلی خاک نشدند که نوع گیاه و سیستم کشت در این مورد بسیار اهمیت داشت. کایر و همکاران (Kiaer et al., 2009) فراتحلیلی را بر روی ۲۶ مطالعه انجام شده در خصوص افزایش عملکرد غلات (گندم، جو (*Hordeum vulgare* L.) و یولاف (*Avena sativa* L.)) در شرایط ترکیب ارقام در مقایسه با کشت منفرد هر یک از ارقام انجام دادند. تونیتو و همکاران (Tonnito et al., 2006) نیز با مرور ۳۵ مطالعه، فراتحلیلی بر روی میزان عملکرد گیاه زراعی و پویایی نیتروژن در شرایط جایگزینی آیش بدون پوشش با گیاه پوششی در سیستم‌های کشت فشرده انجام دادند. برای این منظور کلیه مطالعاتی که بر روی تنوع زیستی و فراوانی گونه‌ها در دو سیستم کشاورزی رایج و ارگانیک در کشور در مقیاس-

1- Meta-analysis

www.SID.ir

Archive of SID

های مختلف انجام گرفته بودند مورد فراتحلیل قرار گرفته و نتایج قابل قبولی نیز ارائه شد.

با توجه به پراکندگی نتایج آزمایشات کودی در کشور، دستیابی به یک نتیجه‌گیری نهایی در زمینه مصرف کود نیتروژنه ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین هدف از این پژوهش استفاده از فراتحلیل به‌منظور تلفیق نتایج مطالعات انجام شده در طی ۲۰ سال گذشته در رابطه با تأثیر کودهای شیمیایی نیتروژنی بر عملکرد غلات بود.

مواد و روش‌ها

منبع داده‌ها

برای انجام این پژوهش مطالعات انجام شده بر روی تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد غلات (گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.)) طی ۲۰ سال گذشته مورد بررسی قرار گرفتند. این مطالعات شامل انواع مقاله‌های علمی- پژوهشی بود که از میان آن‌ها تعداد ۴۶ مقاله انتخاب و اطلاعات مورد نظر از آن‌ها استخراج گردید. این اطلاعات شامل مشخصات پژوهش (عنوان پژوهش، محل و طول مدت اجرای پژوهش، نوع گیاه زراعی، نوع طرح آزمایشی، تعداد و نوع تیمارهای آزمایشی، نوع و مقادیر کود نیتروژنه مصرفی، نتایج پژوهش و میزان تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر روی هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه) بود که در ادامه جهت اجرای فراتحلیل مورد استفاده قرار گرفت. از میان ۴۶ مقاله مورد بررسی ۲۳ مقاله مربوط به گندم، ۱۴ مقاله مربوط به ذرت و ۹ مقاله در مورد برنج بود و در این آزمایشات به ترتیب ۶۸، ۴۳ و ۳۳ سطح کود نیتروژن بر روی گندم، ذرت و برنج به‌کار رفته بود. مقالات به گونه‌ای انتخاب شدند که داده‌های لازم برای اجرای فراتحلیل در آن‌ها موجود باشد. این اطلاعات ضروری شامل میانگین تیمار شاهد و تیمارهای کودی، انحراف معیار میانگین‌ها، واریانس خطای آزمایش و تعداد تکرار هستند (Hedges et al., 1999).

آنالیز آماری

شرح کامل روش محاسبات آماری فراتحلیل توسط گورویچ و هجز (Gurevitch et al., 1999) و هجز و همکاران (Hedges et al., 1999) ارائه شده است در ادامه مراحل انجام آن به اختصار توصیف شده است. اولین مرحله در اجرای فراتحلیل محاسبه اختلاف استاندارد میانگین تیمار شاهد و میانگین تیمارهای آزمایشی (تیمار کودی) در هر سطح کودی است که به آن اندازه اثر[1] (d) گفته می‌شود. بنابراین برای هر یک از ۴۶ آزمایش مستقلی که در این فراتحلیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند یک مقدار d محاسبه می‌شود (معادله ۱):

$$d = \frac{\overline{X}_t - \overline{X}_c}{S_P} \times J \qquad \text{معادله (۱)}$$

که در آن $\overline{X}_c$ و $\overline{X}_t$: به‌ترتیب میانگین تیمارهای شاهد و کودی، S_p: انحراف معیار تلفیق شده میانگین‌ها و J: ضریب تصحیح برای اریب بودن انحراف معیار میانگین‌ها می‌باشند. مقادیر J و S_p به‌ترتیب از معادلات ۲ و ۳ محاسبه می‌شود:

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

$$S_p = \sqrt{\frac{df_c(S_c^{\,2}) + df_t(S_t^{\,2})}{df_c + df_t}} \qquad \text{معادله (۳)}$$

که در آنها S_c و S_t: به‌ترتیب انحراف معیار میانگین شاهد و تیمار کودی، df_c و df_t: به ترتیب درجه آزادی شاهد و تیمار کودی می‌باشند. در صورتی‌که مقادیر انحراف معیار میانگین‌ها در مقاله ذکر نشده باشد می‌توان مقدار S_p: را براساس واریانس خطای آزمایش (MSE) از معادله ۴ برآورد کرد:

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

که در آن n_c و n_t: به ترتیب تعداد تکرارهای شاهد و تیمار می‌باشند.

بدون شک همه آزمایش‌های تحت بررسی از دقت یکسانی برخوردار نمی‌باشند. 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 شده (معادله ۵):

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

1- Effect Size

www.SID.ir

Archive of SID

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

در نهایت، یک اندازه اثر کل یا یا تجمعی(d^*) محاسبه می‌شود که در واقع اختلاف استاندارد شده میان شاهد و تیمارهای کودی برای کلیه آزمایشات تحت بررسی می‌باشد (معادله ۶):

$$d^* = \frac{\sum w_i d_i}{\sum w_i}$$ معادله (۶)

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

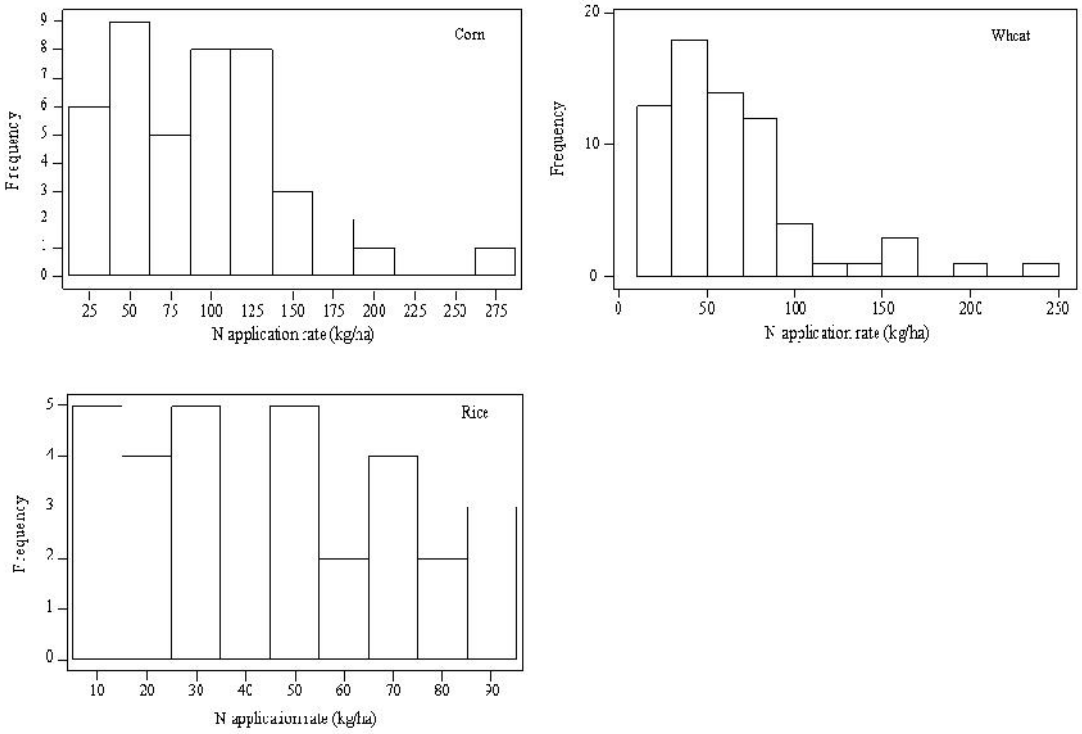
$$S_{d^*} = \sqrt{\frac{1}{\sum w_i}}$$ معادله (۷)

آخرین مرحله از فراتحلیل 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 و در غیر این‌صورت اختلاف تیمار از شاهد به‌طور معنی‌داری از صفر بیشتر است. کلیه محاسبات و رسم نمودارها در محیط اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج آزمایشات تحت بررسی

فراوانی مقادیر مختلف تیمار کود نیتروژن در ۴۶ مقاله مورد مطالعه به تفکیک برای هر یک از سه گونه مورد مطالعه ارزیابی شد. در شکل ۱ توزیع فراوانی مقایر کود مصرفی بر حسب نیتروژن در واحد سطح در آزمایشات تحت بررسی برای سه گیاه ذرت، گندم و برنج نشان داده است. در مورد ذرت سطوح کودی در دامنه ۲۵ تا ۲۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد.



شکل ۱- توزیع فراوانی سطوح کودی بر حسب نیتروژن خالص در آزمایشات مربوط به گندم، ذرت و برنج

Fig. 1- Frequency description of fertilizer levels according to pure nitrogen in wheat, corn and rice experiments

www.SID.ir

Archive of SID

البته در حدود ۸۶ درصد آزمایشات تیمارهای بین ۲۵ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن را به‌کار برده بودند و فراوانی سطوح نیتروژن بالاتر از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در آزمایشات مربوط به ذرت بسیار اندک بود. در مورد گندم دامنه سطوح نیتروژن در آزمایشات مورد بررسی بین ۲۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. البته در ۸۴ درصد آزمایشات سطوح کودی بین صفر تا ۱۰۰ و در ۹۵ درصد آن‌ها سطوح کودی بین صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود و مقادیر کودی بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فروانی اندکی داشتند، بود. در برنج دامنه مصرف نیتروژن در آزمایشات به مراتب محدودتر از دو محصول قبلی و بین ۱۰ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار البته در مورد این محصول توزیع فراوانی مقادیر کودی در آزمایشات از یکنواختی بیشتری نسبت به دو محصول قبلی برخوردار بود (شکل ۱).

جدول ۱- میانگین صفات مورد مطالعه برای سه محصول (گندم، ذرت و برنج) در مقادیر مختلف نیتروژن در مقالات مورد بررسی

Table 1- Means traits of three crops (wheat, corn and rice) in different levels of nitrogen fertilizer in articles

	میانگین تیمارهای کودی Means of fertilizer treatment	میانگین تیمار شاهد Means of control treatment	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	کمترین سطح کود Minimum of fertilizer levels	بیشترین سطح کود Maximum of fertilizer levels
		گندم Wheat			
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	4858	2381	49.1	388	10320
عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	12641	5774	51.6	1619	30200
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	36.5	35.9	20.5	17.4	46.4
		ذرت Corn			
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	9191	4492	49.2	921	15859
عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	18321	9201	37.5	2043	3657
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	47.9	45.7	10.6	40.7	55.5
		برنج Rice			
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	4308	2809	33.1	873	6170
عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	10071	6831	32.5	2515	15192
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	42.2	39.1	9.7	32.0	47.5

میانگین مصرف نیتروژن در ۴۶ مقاله تحت بررسی برای گندم، ذرت و برنج به ترتیب ۸۸ ، ۹۴ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار بود و با مصرف این مقدار کود میانگین عملکرد دانه در گندم، ذرت و برنج در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۴۷۷، ۴۶۹۹ و ۱۵۰۹ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۱). عملکرد بیولوژیک نیز در شرایط کاربرد کود نیتروژن در گندم، ذرت و برنج به ترتیب به میزان ۶۸۶۷، ۹۱۲۰ و ۳۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. در مورد شاخص برداشت در هر سه محصول تفاوت چندانی بین میانگین تیمارهای کودی و تیمار شاهد مشاهده نشد (جدول ۱). بالا بودن ضریب تغییرات (CV) برای عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک در هر سه محصول تحت بررسی حاکی از تنوع شدید نتایج آزمایشات کودی می‌باشد به‌طوری‌که این ضریب برای عملکرد دانه و ماده

www.SID.ir

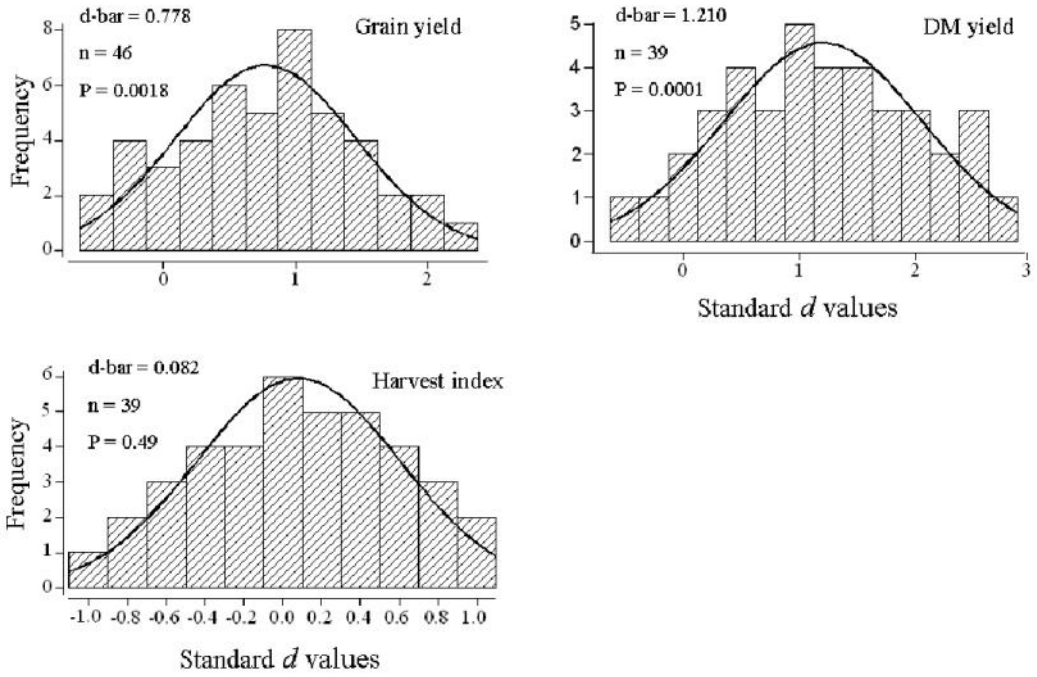
Archive of SID

خشک گندم به ترتیب ۴۹/۶ و ۵۱/۱ درصد بود (جدول ۱).

تلفیق نتایج آزمایشات کودی

مقادیر اندازه اثر برای هر سه صفت تحت بررسی دارای توزیع نرمال بود (شکل ۲) و نرمال بودن این توزیع شرط اصلی برای ادامه محاسبات فراتحلیل می‌باشد. هجز و همکاران (Hedges et al., 1999) بیان داشتند در صورتی‌که توزیع مقادیر اندازه اثر نرمال نباشد باید لگاریتم اختلاف میانگین شاهد و تیمارهای آزمایشی را برای اجرای فراتحلیل به‌کار برد.

مقادیر استاندارد شده اندازه اثر کود نیتروژن بر عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک (شکل ۲) برای سه محصول گندم، ذرت و برنج معنی‌دار بود ($P\leq 0.001$). یادآوری می‌شود که اندازه اثر برای هر صفت اختلاف میانگین تیمار کود نیتروژن از میانگین تیمار شاهد (بدون کود) می‌باشد. بنابراین، مقادیر مثبت آن نشان‌دهنده بالاتر بودن میانگین تیمار کودی از شاهد است. در مورد شاخص برداشت (شکل ۲) نتایج حاکی از آن است که علی‌رغم منفی بودن، میانگین اندازه اثر اختلاف معنی‌داری با صفر ندارد و بنابراین تیمارهای کودی تأثیری بر افزایش شاخص برداشت نسبت به شاهد نداشته است.



شکل ۲- توزیع فراوانی مقادیر استاندارد شده اندازه اثر برای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت در گندم، ذرت و برنج در مقالات تحت بررسی همراه با میانگین اندازه اثر، اندازه نمونه و سطح معنی‌داری

در شکل برازش منحنی توزیع نرمال به داده‌ها نیز نشان داده شده است.

Fig. 2- Description frequency of standard d values for seed yield, Dry matter yield and harvest index from wheat, corn and rice in articles with d-bar, n and p.

Normal distribution curve fit to the data is also shown in the figure.

معنی‌دار بودن تأثیر کودهای نیتروژنه بر افزایش عملکرد دانه و ماده خشک غلات در اغلب مطالعات تحت بررسی تأیید شده است (برای مثال Kazemi et al., 2006; Naroki Nehvi et al., 2005; et al., 2009). اگرچه این امر بدیهی به‌نظر می‌رسد و محققین بخش عمده افزایش عملکرد غلات در دهه‌های اخیر را به کاربرد کودهای نیتروژنه مربوط می‌دانند (Good et al., 2004) ولی باید توجه داشت که سطوح نیتروژن خالص مصرف شده در آزمایشات به‌ویژه برای گندم و ذرت بسیار بالا بوده (شکل ۱) و به‌نظر می‌رسد که این پاسخ مثبت تا حد زیادی ناشی از کمبود نیتروژن معدنی اولیه در خاک می‌باشد زیرا میانگین مقدار نیتروژن کل خاک ذکر شده در

www.SID.ir

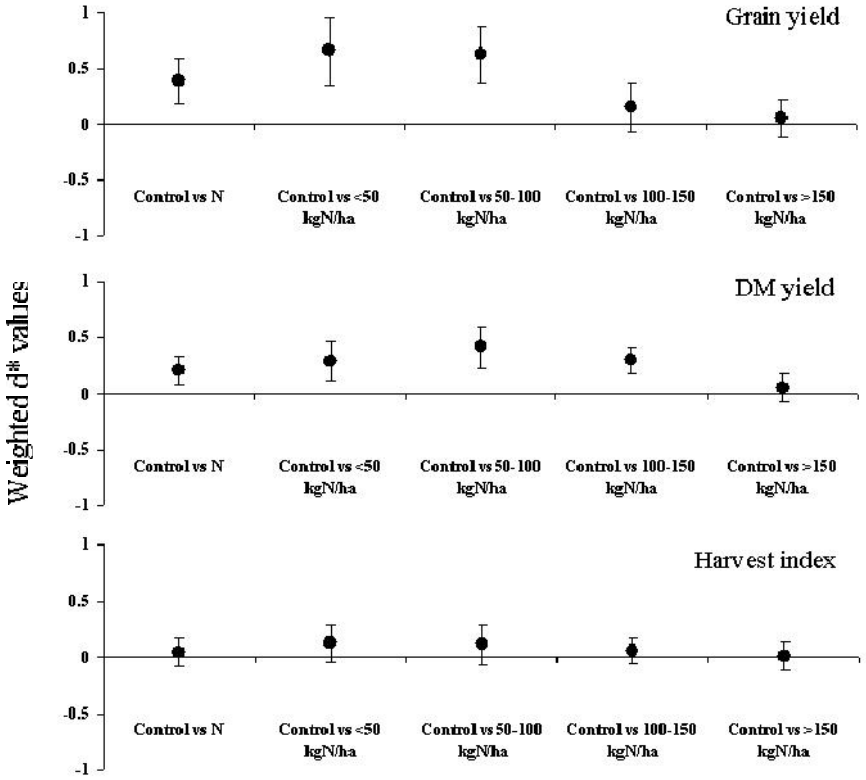
Archive of SID

مقالات تحت بررسی در حدود ۰/۰۵ درصد بوده است (داده‌ها نشان داده نشده است).

با وجودی‌که نتایج فراتحلیل نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تأثیر کود نیتروژن بر افزایش عملکرد و ماده خشک و عدم تأثیر آن بر شاخص برداشت سه محصول تحت بررسی می‌باشد ولی از آن‌جا که دامنه سطوح کودی به‌ویژه در گندم و ذرت وسیع می‌باشد (شکل ۱)، لازم است که تحلیل دقیق‌تری بین سطوح مختلف کودی برای ارزیابی میزان تأثیر نیتروژن بر صفات تحت بررسی انجام گیرد.

مقایسه آماری بین سطوح کود نیتروژن

در شکل ۳ تیمار شاهد به تفکیک یا سطوح مختلف نیتروژن مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج فراتحلیل نشان داد که در مورد عملکرد ماده خشک بیشترین تأثیر مثبت کود در مقادیر ۱۵۰–۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد، البته مقادیر کمتر از ۵۰ و بین ۱۵۰–۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز عملکرد ماده خشک را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند، ولی سطوح نیتروژن بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر افزایش ماده خشک گیاهان تحت بررسی نداشت.



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف نیتروژن برعملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت غلات

خطوط عمودی فاصله اطمینان اندازه اثر تجمعی موزون شده در بین آزمایشات تحت بررسی است.

Fig. 3- Comparison of different levels of nitrogen fertilizer on cereals dry matter yield, seed yield and harvest index

Vertical lines is the confidence interval size of weighted cumulative effect in the experiments.

در مورد عملکرد دانه نیز بیشترین تأثیر در سطوح کمتر از ۵۰ و بین ۱۰۰–۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و سطوح بالاتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تاثیر قابل توجهی بر افزایش عملکرد دانه در سه محصول تحت بررسی نداشتند (شکل ۳). شاخص برداشت تحت تأثیر سطوح کودی قرار نگرفت، اگرچه مقدار اندازه اثر در مقادیر کمتر از ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشتر از سایر سطوح بود ولی تفاوت معنی‌داری با صفر نداشت. بنابراین به‌نظر می‌رسد که یکسان بودن تغییرات عملکرد دانه و ماده خشک به مصرف نیتروژن باعث شده تا

www.SID.ir

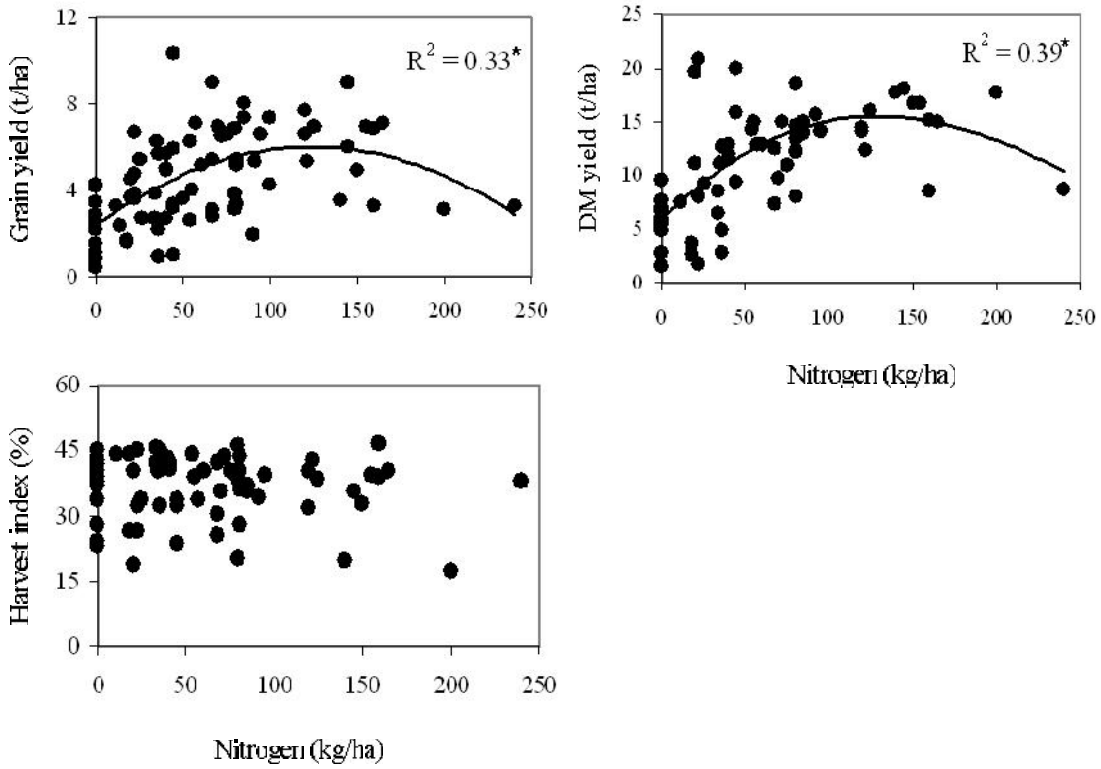
Archive of SID

شاخص برداشت که نسبت این دو متغیر می‌باشد واکنش قابل توجهی به سطوح نیتروژن نداشته باشد (شکل ۴).

فراتحلیل ارائه شده در شکل ۳ مربوط به هر سه محصول تحت بررسی است، در حالی‌که به‌نظر می‌رسد غلات واکنش‌های متفاوتی به کابرد کود نیتروژن داشته باشند. بنابراین در ادامه تأثیر نیتروژن برای هر محصول به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته است.

واکنش غلات به کود نیتروژن

تلفیق داده‌های مربوط به کلیه آزمایشات تحت بررسی نشان داد که واکنش عملکرد دانه و ماده خشک گندم به نیتروژن از فرم درجه دو تبعیت دارد (شکل ۴). عملکرد دانه با افزایش نیتروژن تا حدود ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت خطی افزایش یافت و سپس تقریباً ثابت گردید و نهایتاً در سطوح نیتروژن بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. عملکرد ماده خشک گندم نیز پاسخی مشابه با عملکرد دانه به کاربرد نیتروژن نشان داد (شکل ۴).



شکل ٤- رابطه عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت گندم با سطوح کود نیتروژن مصرف شده در آزمایشات تحت بررسی

Fig. 4- Response of wheat seed yield, dry matter yield and harvest index to nitrogen used levels in experiments

در ذرت نیز مشابه گندم رابطه بین عملکرد دانه و ماده خشک با افزایش مقدار نیتروژن فرم درجه دو داشت (شکل ۵). البته شدت پاسخ در مورد عملکرد ماده خشک به‌ویژه در سطوح نیتروژن بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از عملکرد دانه بود. شاخص برداشت در مورد ذرت نیز واکنش محسوسی به افزایش مقدار نیتروژن نشان نداد (شکل ۵).

در برنج بر خلاف گندم و ذرت، عملکرد دانه و ماده خشک هر دو پاسخ خطی به مقادیر نیتروژن به‌کار رفته در آزمایشات تحت بررسی داشتند (شکل ۶) و افزایش نیتروژن مصرفی تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار هر دو صفت را افزایش داد. مشابه بودن واکنش عملکرد ماده خشک و دانه به نیتروژن باعث شده است تا در این محصول نیز شاخص برداشت تحت تأثیر کود نیتروژن قرار نگیرد (شکل ۶).

وجود فرم درجه دو در واکنش عملکرد سه محصول تحت بررسی به افزایش نیتروژن کودی بیان کننده نوعی بازده نزولی در سطوح بالای کود می‌باشد که به لحاظ آماری و زراعی به تأیید رسیده است (Nelson et al., 1985). البته سراتو و بلاکمر (Cerrato &

www.SID.ir

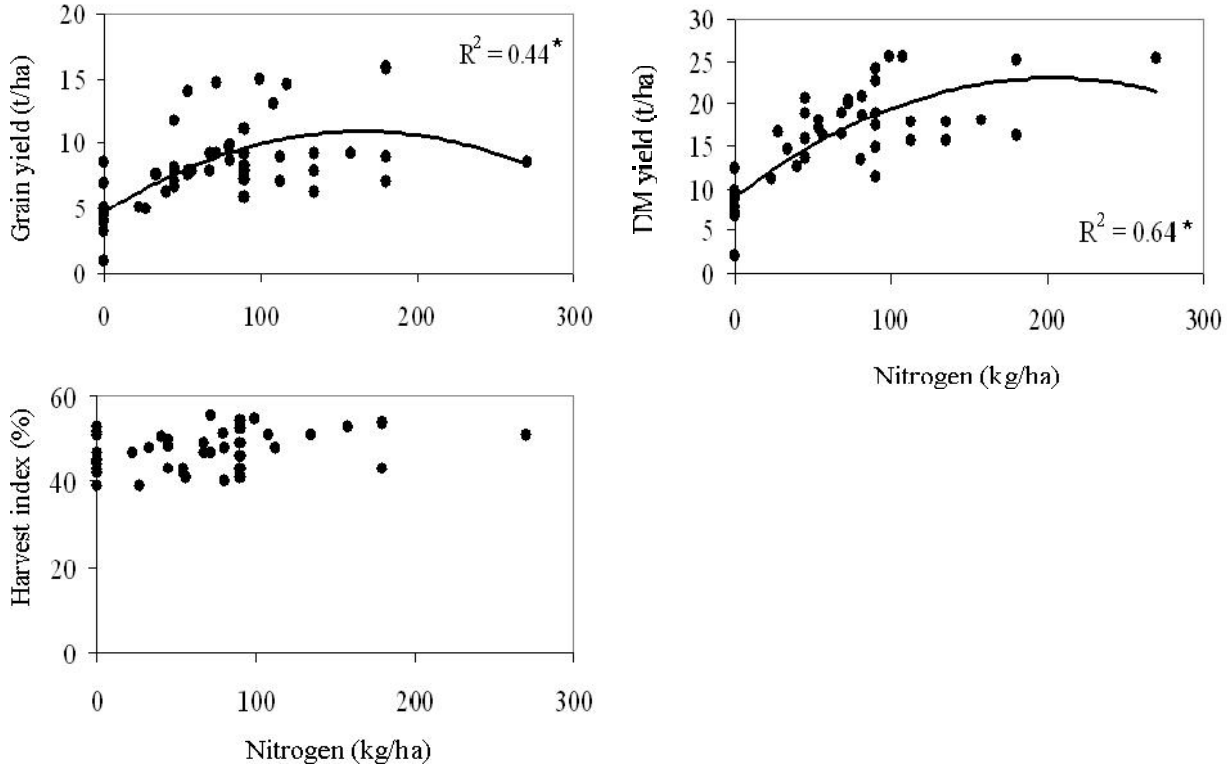
Archive of SID

(Blackmer, 1990) با برازش انواع منحنی‌های پاسخ به کود در گیاهان زراعی مختلف و تحلیل آماری این معادلات نشان دادند که معادله درجه دوم که نهایتاً به ثبات برسد بهترین فرم آماری برای توصیف واکنش گیاهان به کود نیتروژنی می‌باشد. در مطالعه حاضر نیز اگرچه منحنی‌های پاسخ با ثبات نهایی و بدون بازده نزولی ضریب تبیین قابل قبولی داشتند (نشان داده نشده است) ولی به دلیل رواج بیشتر آن‌ها از فرم درجه دو استفاده شد. این روند با نتایج اغلب مطالعات تحت بررسی که به‌طور مستقل انجام شده‌اند انطباق دارد البته نقطه نزول منحنی در مقالات تحت بررسی بسیار متفاوت است. برای مثال، امام و همکاران (Emam et al., 2005) با بررسی سطوح نیتروژن از صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نشان دادند که عملکرد دانه و ماده خشک گندم تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافته و در سطوح بالاتر بی‌تغییر می‌ماند. در حالی‌که بحرانی و همکاران (Bahrani & Tahmasebi Sarvestani, 2006) واکنش عملکرد گندم به نیتروژن را در دامنه کودی صفر تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایشی گزارش کردند.

فرامرزی و همکاران (Faramarzi et al., 2003) گزارش کردند که عملکرد دانه و ماده خشک ذرت با مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌صورت خطی افزایش یافت ولی با کاربرد بیشتر نیتروژن تا میزان ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار بی تغییر ماند.

در مورد برنج اغلب مطالعات تحت بررسی وجود پاسخ خطی را تأیید کردند، برای مثال، نحوی و همکاران (Nehvi et al., 2003) نشان دادند که عملکرد برنج در دامنه صفر تا ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش می‌یابد. تیموریان و همکاران (Teymorian et al., 2005) کود اوره را در دامنه صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف و تأثیر معنی‌داری بر عمبکرد برنج مشاهده نکردند.

شاخص برداشت در غلات تحت کنترل ژنتیکی است (Kiniry et al., 2004) و در نتیجه در مقایسه با عملکرد دانه واکنش کمتری به کودهای نیتروژنه نشان می‌دهد.

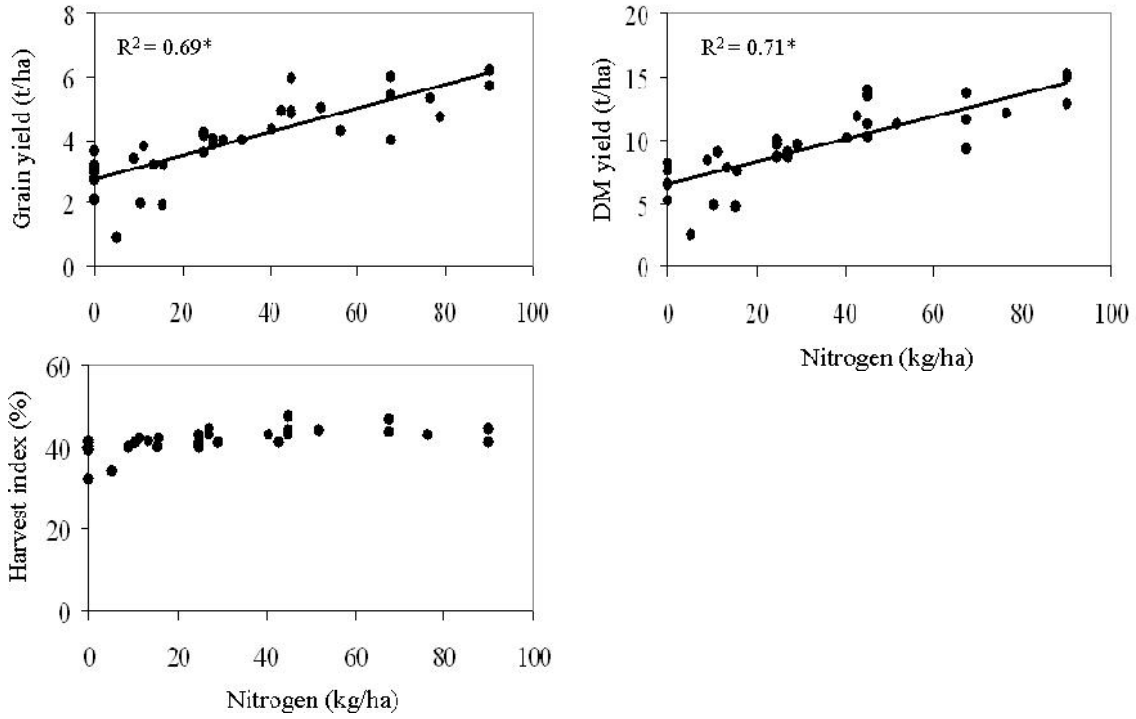


شکل ۵- واکنش عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت ذرت به سطوح کود نیتروژن مصرف شده در آزمایشات تحت بررسی

Fig. 5- Response of corn seed yield, dry matter yield and harvest index to nitrogen used levels in experiments

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- واکنش عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت برنج به سطوح کود نیتروژن مصرف شده در آزمایشات تحت بررسی

Fig. 6- Response of rice seed yield, dry matter yield and harvest index to nitrogen used levels in experiments

به‌علاوه افزایش عملکرد دانه و ماده خشک در پاسخ به کودهای نیتروژنه تا حد زیادی همسان بوده و این امر باعث بی تغییر ماندن شاخص برداشت می‌شود (Austin et al., 1998).

نتایج ارائه شده در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان می‌دهد که گندم، ذرت و برنج به‌ویژه از نظر عملکرد دانه و ماده خشک واکنش‌های متفاوتی به سطوح کود نیتروژن به‌کار رفته در آزمایشات تحت بررسی دارند. بنابراین لازم است که نتایج ارائه شده در شکل ۳ به تفکیک هر محصول مجدداً در معرض فراتحلیل قرار گیرد.

مقایسه آماری بین سطوح کود نیتروژن به تفکیک گیاهان زراعی

در گندم تغییرات عملکرد دانه و ماده خشک در سطوح مختلف کودهای نیتروژنه یکسان بود (شکل ۷). برای هر دو صفت افزایش نیتروژن تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری را با شاهد ایجاد نکرد و تأثیر نیتروژن در دامنه کودی ۱۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به حداکثر رسید. عملکرد دانه و ماده خشک سطوح نیتروژن بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند که تأییدی بر بازده نزولی نیتروژن در مقادیر زیاد می‌باشد. شاخص برداشت گندم تحت تأثیر نیتروژن قرار نگرفت و در تمام سطوح کودی با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۷).

در مورد ذرت عملکرد دانه و ماده خشک واکنش یکسانی به افزایش سطوخ نیتروژن نداشتند. عملکرد ماده خشک در با افزایش نیتروژن به‌طور معنی‌داری بهبود یافت و در دامنه کودی ۱۰۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین اختلاف را با شاهد داشت و این برتری تا بالاترین سطوح کودی نیز مشهود بود (شکل ۸). اگرچه عملکرد ماده خشک در مقادیر ۱۵۰-۱۰۰ و بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با شاهد قابل توجه بود ولی با توجه به این‌که اندازه اثر موزون در این دو دامنه کودی یکسان می‌باشند (شکل ۸) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عملکرد ماده خشک بین این دو دامنه اختلاف معنی‌داری ندارند، بنابراین به‌نظر می‌رسد که حداکثر ماده خشک در مقادیر بین ۱۵۰-۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل می‌شود.

عملکرد دانه ذرت در دامنه کودی ۱۰۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار حداکثر بود و سایر سطوح کودی عملکرد دانه را نسبت به شاهد به‌طور جدی تغییر نداند. مشابه گندم شاخص برداشت ذرت نیز در هیچیک از سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۸).

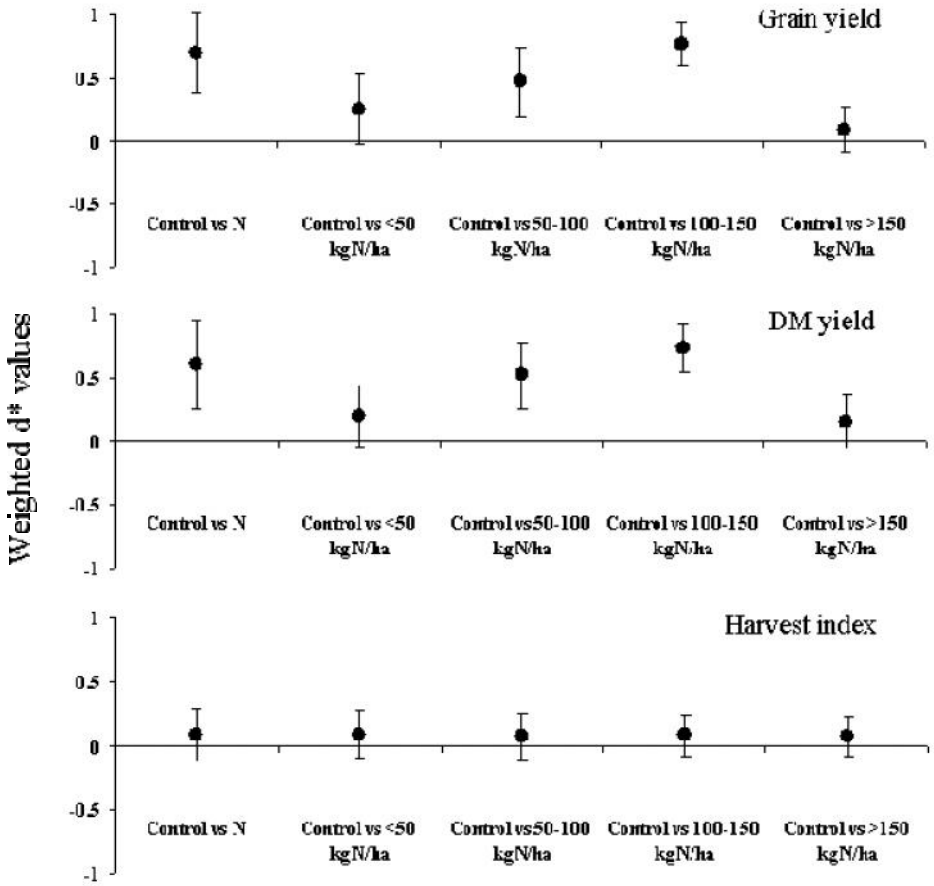
www.SID.ir

Archive of SID

واکنش عملکرد ماده خشک و دانه برنج به افزایش نیتروژن مشابه بود به‌طوری‌که این دو عملکرد در مقادیر نیتروژن کمتر از ۲۵ کیلوگرم در هکتار تفاوتی با شاهد نداشتند، ولی با در سطوح کودی بالاتر تفاوت آن‌ها با شاهد معنی‌دار بود (شکل ۹). به‌علاوه مقدار اندازه اثر موزون شده تجمعی در بالاترین سطح کودی به‌طور قابل توجهی بیشتر از سایر سطوح بود (شکل ۹) بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عملکرد ماده خشک و دانه برنج در دامنه نیتروژن به‌کار رفته در آزمایشات تحت بررسی (۹۰-۱۰ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافته است. در برنج نیز تفاوت شاخص برداشت بین شاهد و تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری با صفر نداشت (شکل ۹).

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که تأثیر نیتروژن کودی بر عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار و بر شاخص برداشت ناچیز است. عدم تأثیر نیتروژن بر شاخص برداشت که در اغلب آزمایشات تحت بررسی نیز گزارش شده است با یافته‌های سایر محققین در انطباق است. برای مثال، پنگ و همکاران (Peng, 2000) بیان داشتند که شاخص برداشت برنج بیش از عوامل مدیریتی در کنترل عوامل وراثتی بوده و پتانسیل ژنتیکی این صفت به اشباع رسیده است. یوآ و همکاران (Yua, 2012) نیز گزارش کردند که تأثیر روش‌های مدیریت بر افزایش شاخص برداشت برنج اندک بوده و این صفت فیزیولوژیک تحت کنترل ژنتیکی است. کنترل ژنتیکی شاخص برداشت در گندم (Austin et al., 1998) و ذرت (Kiniry et al., 2004) نیز به تأیید رسیده است.

فراتحلیل انجام شده بر روی هر محصول که نتایج آن در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ ارائه شده پراکندگی موجود در آزمایشات مستقل را برطرف کرده و معیار واحدی را برای مقایسه فراهم می‌سازد.



شکل ۷- مقایسه تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن برعملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم

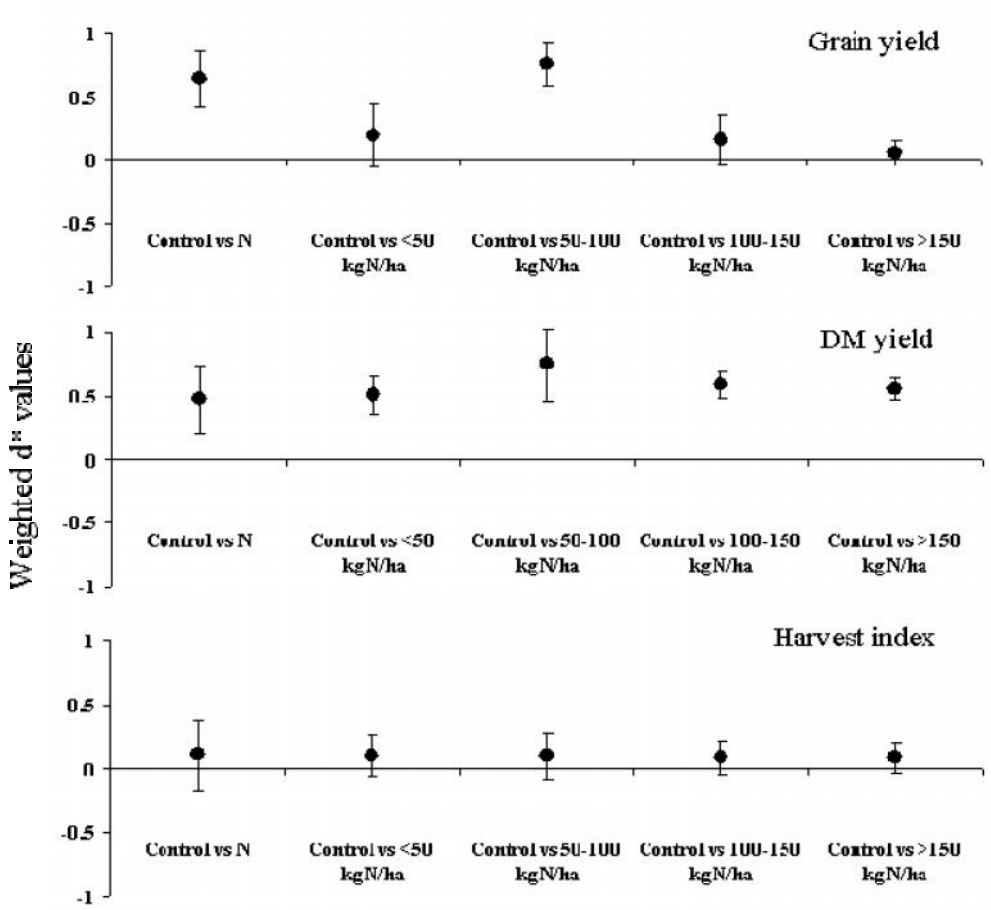
خطوط عمودی فاصله اطمینان اندازه اثر تجمعی موزون شده در بین آزمایشات تحت بررسی است.

Fig. 7- Comparison of different levels of nitrogen fertilizer on wheat dry matter yield, seed yield and harvest index

Vertical lines is the confidence interval size of weighted cumulative effect in the experiments.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- مقایسه تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن برعملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت

خطوط عمودی فاصله اطمینان اندازه اثرتجمعی موزون شده در بین آزمایشات تحت بررسی است.

Fig. 8- Comparison of different levels of nitrogen fertilizer on corn dry matter yield, seed yield and harvest index

Vertical lines is the confidence interval size of weighted cumulative effect in the experiments.

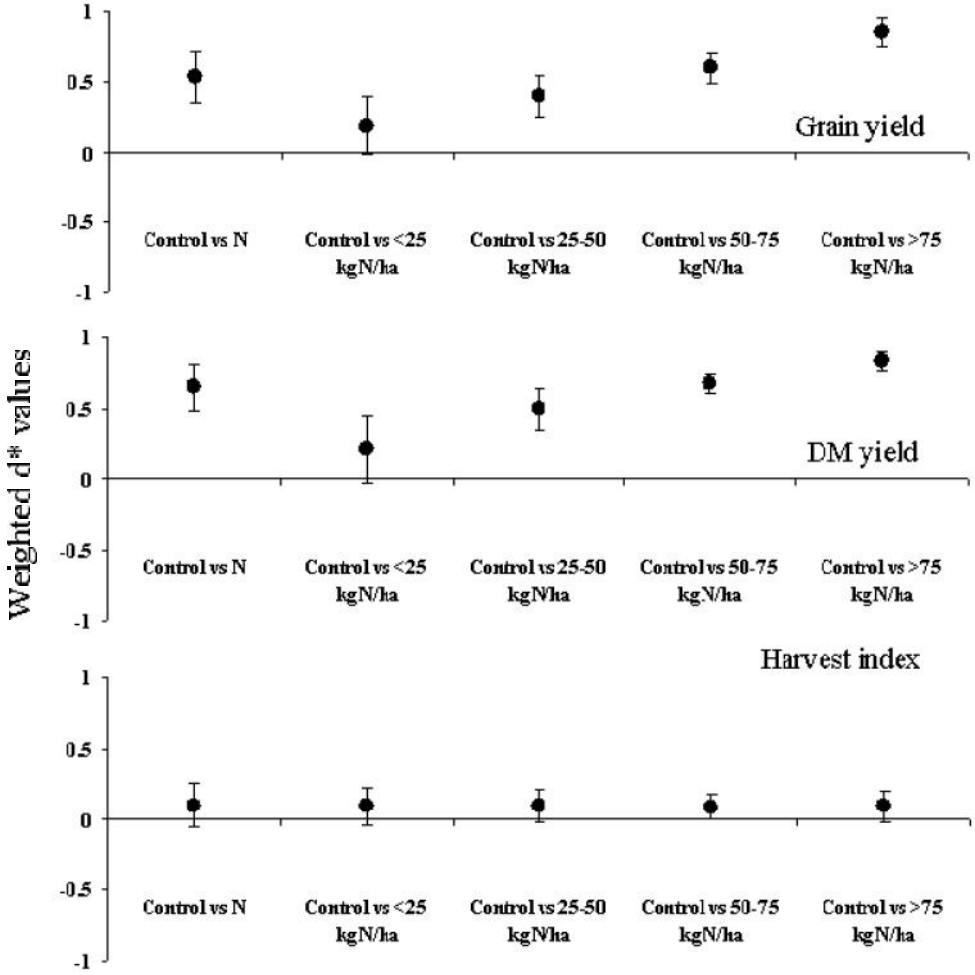
مثال‌هایی از این تنوع را می‌توان در پژوهش‌های حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2008)، شهسواری و همکاران (Shahsavari, 2005)، امام و همکاران (Emam et al., 2005)، میران زاده و همکاران (Miran Zadeh et al., 2005)، نارکی و همکاران (Naraki et al., 2009) مشاهده کرد که حداکثر عملکرد دانه گندم را به ترتیب در مقادیر ۱۸۰، ۱۰۰، ۵۰، ۸۰، ۷۵ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره گزارش کردند. چنین وضعیتی در مورد ذرت نیز مشهود است. مجیدیان و غدیری (Mjidian & Ghadiri, 2010) با مطالعه تأثیر نیتروژن در دامنه صفر تا ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره نشان دادند که عملکرد ذرت با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار (۱۸۰کیلوگرم نیتروژن) به حداکثر رسید و در سطوح بالاتر کاهش یافت به‌علاوه شاخص برداشت ذرت تحت تأثیر سطوح کودی قرار نگرفت. از سوی دیگر شافع و همکاران (Shafea et al., 2011) گزارش کردند که حداکثر عملکرد دانه ذرت با مصرف ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن) حاصل شد و افزایش میزان کود به ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار (۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن) عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد.

البته باید توجه داشت که این تنوع علاوه بر برخی جنبه‌های آماری از جمله ضریب تغییرات و تعداد تکرار در آزمایشات به شرایط اقلیمی، نوع خاک و عوامل مختلف دیگری نیز مربوط می‌باشند. میزان نیتروژن معدنی خاک از جمله ویژگی‌های تأثیرگذار بر نتایج آزمایشات کودی است. دوبرمن و کاسمن (Dobermann & Cassman, 2004) بیان داشتند که بین میزان نیتروژن معدنی خاک (نیتروژن قابل استفاده) و مقدار نیتروژن کودی مورد نیاز گیاهان زراعی نوعی

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه خطی معکوس وجود دارد. شیب این خط به گونه زراعی بستگی داشته و در مورد گندم حدود یک می‌باشد یعنی به ازای هر واحد نیتروژن قابل استفاده خاک در عمق ۱۰۰-۰ سانتی‌متری به همان میزان از نیاز کودی گیاه کاسته می‌شود. این مطالعات نشان داده است که در خاک‌های با بافت متوسط حداکثر نیاز کودی گندم زمانی که نیتروژن معدنی خاک صفر باشد، معادل ۱۴۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار است.



شکل ۹- مقایسه تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن برعملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت برنج

خطوط عمودی فاصله اطمینان اندازه اثرتجمعی موزون شده در بین آزمایشات تحت بررسی است.

Fig. 9- Comparison of different levels of nitrogen fertilizer on rice dry matter yield, seed yield and harvest index

Vertical lines is the confidence interval size of weighted cumulative effect in the experiments.

در آزمایشات تحت بررسی سطح تیمارهای به‌کار رفته روی برنج از ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاتر نبود. البته پایین بودن مقدار نیتروژن در آزمایشات تا حدودی قابل توجیه است زیرا شواهد نشان داده است که برنج در مقایسه با گندم و ذرت قابلیت بیشتری در استفاده از نیتروژن معدنی خاک داشته و در نتیجه نیاز کودی آن نسبت به سایر غلات کمتر می‌باشد (Singh, 2005). از سوی دیگر، نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که عملکرد دانه و ماده خشک برنج با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش و از آن پس تا حدود ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار تقریباً ثابت می‌ماند (Yua et al., 2012). بنابراین باید توجه داشت که نتایج فراتحلیل صرفاً در

www.SID.ir

Archive of SID

دامنه تیمارهای کودی به‌کار رفته در آزمایشات تحت بررسی قابل استناد می‌باشد.

تنوع در کارآیی استفاده از نیتروژن بین آزمایشات تحت بررسی از جمله عوامل مهمی است که باعث تفاوت در نتایج می‌شود. به‌طور کلی میانگین کارآیی مصرف یا بهره وری نیتروژن در آزمایشات تحلیل شده پایین و بین ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم دانه به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده متغیر بود البته در مواردی به ۶۰ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی نیز می‌رسید (داده‌ها نشان داده نشده است). کارآیی نامطلوب مصرف نیتروژن که عمدتاً ناشی از پایین بودن کارآیی جذب آن است مهمترین عامل مصرف زیاد این نهاده در سطح جهان و به‌ویژه آسیا می‌باشد (Cassman et al., 2002). کارآیی مصرف نیتروژن در غلات که در سال ۱۹۶۵ میلادی ۲۲۴ کیلوگرم دانه به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرفی بوده در سال ۱۹۸۵ به ۵۲ و در سال ۲۰۰۰ به ۴۴ کیلوگرم دانه به ازای کیلوگرم نیتروژن کودی تقلیل یافته است (Good et al., 2004). این روند در قرن حاضر نیز ادامه داشته و میانگین کارآیی مصرف نیتروژن در کشورهای در حال توسعه سالانه ۱ تا ۲ درصد کاهش می‌یابد (FAO, 2010). به‌علاوه باید توجه داشت بهره‌وری نیتروژن در شرایط آزمایشی به‌مراتب بالاتر از مزارع است (Cassman et al., 2002) و در نتیجه کشاورزان کود بیشتری نسبت به مقدار توصیه شده مصرف می‌کنند که به‌نوبه خود مشکلات جدی را برای محیط زیست وسلامتی انسان به‌وجود خواهد آورد.

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف کودهای شیمیایی در مقیاس ملی و منطقه‌ای بیش از هر عاملی تابع جمعیت می‌باشد (Zhang, 2007) و کشور ما با داشتن یک درصد جمعیت جهان سالانه در حدود دو درصد کودهای نیتروژنه جهان را در بخش کشاورزی مصرف می‌کند در حالی‌که میانگین عملکرد غلات کشور اندکی کمتر از میانگین جهانی است. بنابراین به نظر می‌رسد مقدار قابل توجهی از این کود اتلاف می‌شوند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که علی‌رغم مطالعات فراوان در رابطه با تأثیر نیتروژن بر عملکرد غلات در کشور، نتایج حاصل بسیار متنوع بوده و از پراکندگی زیادی برخوردار است. این موضوع باعث شده است که علی‌رغم سابقه طولانی در به‌کارگیری این نهاده مهم در بخش کشاورزی، کاربرد بهینه آن هنوز مشخص نباشد. فراتحلیل به‌عنوان یک روش قدرتمند آماری ابزار مناسب و دقیقی را برای تلفیق نتایج آزمایشات مستقل فراهم نمود و دامنه‌های مشخصی را برای نیاز نیتروژنی غلات اصلی کشور معین ساخت. در این مطالعه مقایسات آماری بین سطوح کودی تنها براساس عملکرد انجام گرفت در حالی‌که ابعاد اکولوژیکی کاربرد نیتروژن نیز پر اهمیت می‌باشند. پژوهش‌های بیشتر برای مقایسه انواع کارآیی، سلامت خاک و جنبه‌های زیست محیطی مصرف نیتروژن و سایر کودهای شیمیایی با استفاده از فراتحلیل، امکانات وسیع‌تری را جهت طراحی و مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی کشور فراهم می‌سازد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره ۲۱۳۲۲/۲ مصوب ۱۳۹۰/۱۲/۲۰ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Austin, R.B., Bringham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L., and Taylor, M. 1998. Genetic improvement in winter wheat yield since 1980 and associated physiological changes. Journal of Agricultural Science 84: 675.

Bahrani, A., and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2006. Effects of rate and time of nitrogen fertilizer on yield, yield component, and dry matter remobilization efficiency in two winter wheat cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences Islamic Azad University 12(2): 369-376. (In Persian with English Summary)

Cassman, K.G., Dobermann, A., and Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. AMBIO: A Journal of the Human Environment 31(2): 132-140.

Cerrato, M.E., and Blackmer, A.M. 1990 Comparison of models for describing; corn yield response to nitrogen fertilizer. Agronomy Journal 82: 138-143.

Dobermann, D.I., and Cassman, K.G. 2004. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain

www.SID.ir

Archive of SID

production of United States and Asia. Plant and Soil 247: 153-175.

Emam, Y., Ahmadi, A., and Pesarak-li, M. 2005. Effect of different methods of cultivation with residue management and nitrogen levels on wheat yield and yield component in Fars province conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 41(4): 841-850. (In Persian with English Summary)

FAO. 2010. Fertilizer Requirements in 2015 and 2030. Food and Agriculture Organization on the United Nations, Rome.

Good, A.G., Sherawat, A.K., and Muench, D.G. 2004. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? Trends in Plant Science 9: 597-605.

Gurevitch, J., and Hedges, L.V. 1999. Statistical issues in ecological meta-analyses. Ecology 80: 1142-1149.

Gurevitch, J., Morrow, L.L., Wallace, A., and Walsh, J.S. 1992. A meta-analysis of competition in field experiments. The American Naturalist 140(4): 539-572.

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

Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., and Kalateh, M. 2011. The effect of nitrogen on yield and yield component in modern and old wheat cultivars. Iranian Society of Agronomy and plant Breeding Sciences 4(1): 187-199. (In Persian with English Summary)

Kazemi Poshtmassari, H., Pirdashti, H.A., Bahmanyar, M.A., and Nassiri, M. 2006. Study the effects of nitrogen fertilizer rates and split application on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Pajouhesh and Sazandegi 20(1): 68-78. (In Persian with English Summary)

Kiaer, L.P., Skovgaard, M., and Østergard, H. 2009. Grain yield increase in cereal variety mixtures: A meta-analysis of field trials. Field Crops Research 114: 361-373.

Kiniry, J.R, Bean, B., Xie, U., and Chen, P. 2004. Maize yield potential: critical processes and simulation modeling in a high-yielding environment. Agricultural Systems 82: 45-56.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2011. Meta-analysis of agro biodiversity in Iran. Journal of Agroecology 1(2): 1-16. (In Persian with English Summary)

Liao, C.Z., Peng, R.H., Luo, Y.Q., Zhou, X.H., Wu, X.W., Fang, C.M., Chen, J.K., and Li, B. 2008. Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: a metaanalysis. New Phytologist 177: 706–714.

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. Agriculture, Ecosystems and Environment 140: 234-244.

Luo, Y.Q., Hui, D.F., and Zhang, D.Q. 2006. Elevated CO_2 stimulates net accumulations of carbon and nitrogen in land ecosystems: a meta-analysis. Ecology 87: 53-63.

Miran Zadeh, H., and Emam, Y. 2010. The effect of nitrogen and Cloro-macovat-clorid on seed yield, dry matter and water efficiency on 4 cultivars of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 8(6): 636-645. (In Persian with English Summary)

Nahvi, M., Allahgholipour, M., Ghorbanpour, M., and Mehrgan, H. 2005. The effective of planting density and nitrogenous fertilizer rate for GRH1 rice hybrid. Pajouhesh and Sazandegi 66: 33-38. (In Persian with English Summary)

Naroki, F.A., Vaezi, B., and Bavi, V. 2009. Determination amount of advisable nitrogen for improving quantity and quality characters of three new durum wheat lines. Iranian Journal of Crop Sciences 41(3): 583-595. (In Persian with English Summary)

Nelson, L.A., Voss, R.D., and Pesek, J.T. 1985. Agronomic and Statistical Evaluation of Fertilizer Response. P. 53-90. In: O.P. Engelstad (Ed.) Fertilizer Technology and Use. 3rd ed. ASA, Madison.

Peng, S., Laza, R., Visperas, R., Sanico, A., Cassman, K.G., and Khush, G. 2000. Grain yield of rice cultivars and lines developed in the Philippines since 1966. Crop Science 40: 307-314.

Piotto, D. 2008. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. Forest Ecology and Management 255: 781-786.

Rahimi Zadeh, M., Zarea Feizabdi, A., and Kashani, A. 2011. Effect of before planting, nitrogen fertilizer and returning crop residue on wheat growth and yield. Iranian Journal of Field Crops Research 9(2): 211-221. (In Persian with English Summary)

Rosenberg, M.S., Adams, D.C., and Gurevitch, J. 2000. MetaWin: statistical software for meta-analysis. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

www.SID.ir

Archive of SID

Rotundo, J.L. and Westgate, M.E. 2009. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. Field Crops Research 110: 147-156.

Shahsavari, N., and Saffari, M. 2005. The effect of different levels of nitrogen on the function and elements of the varieties of wheat in Kerman. Pajouhesh and Sazandegi 66(4): 82-87. (In Persian with English Summary)

Singh, U. 2005. Integrated nitrogen fertilization for intensive and sustainable agriculture. Journal of Crop Improvement 15: 259-287.

Statistics of Agriculture. 2011. Available at: www.maj.ir

Teimoorian, M., Galavi, M., Pirdashti, H., and Nassiri, M. 2009. Yield and yield components of three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in response to source-sink limitations and different nitrogen fertilizer. Journal of Plant Production 16(3): 49-65.

Tonnito, C., David, M.B., and Drinkwater, L.E. 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and dynamics. Agriculture, Ecosystems and Environment 112: 58-72.

Valkama, E., Risto, U., Ylivainio, K., Virkajarvi, P., and Turtola, E. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. Agriculture, Ecosystems and Environment 130: 75-85.

Yua, Y., Huang, Y., and Zhang, W. 2012. Changes in rice yields in China since 1980 associated with cultivar improvement, climate and crop management. Field Crops Research 136: 65-75.

Zhang, W., and Zhang, X. 2007. A forecast analysis on fertilizer consumption worldwide. Environmental Monitoring and Assessment 133: 427-434.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 2, Summer 2017, p. 296-313

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۳۱۳-۲۹۶

A Meta Analysis on Nitrogen Fertilizer Experiments on Cereal Crops in Iran

A. Koocheki[1]*, M. Nassiri Mahallati[1], S. Bakhshaei[2] and A. Davari[3]

Submitted: 06-05-2013
Accepted: 02-12-2013

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Bakhshaei, S., and Davari, A. 2017. A meta analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. Agroecology 9(2): 296-313.

Introduction

Though chemical fertilizers increase crop production, their overuse has hardened the soil, decreased fertility, strengthened pesticides, polluted air and water, and released greenhouse gases, thereby bringing hazards to human health and environment as well. Using of chemical fertilizer in agriculture has a history of more than fifty years in Iran. Recently, nitrogen fertilizer has shared more than 61 percent of the chemical fertilizer in our country., The role of chemical fertilizers especially nitrogen fertilizers in agricultural production has been widely studied over the past 50 years and in our country a considerable amount of research in universities has been dedicated to studying in this field. Meta-analysis is a method for analyzing the results of various studies on a subject. In fact, meta-analysis is a type of research on other research to re-examine the various studies carried out on a particular topic, compare them statistically and, using specific statistical techniques, the results of all those studies combine into a single result. Experiments on the effects of nitrogen fertilizers on cereals yield have a long history in Iran. However, because of high variation in the results, a final conclusion is not readily achieved.

Material and Methods

In this study, the effect of different levels of nitrogen fertilizers on yield and yield components of cereals (wheat, corn and rice) over the past 20 years have been investigated. So, 46 papers were selected and the information was extracted from them. To overcome such a difficulty meta-analysis was used to combine and re-analyze the data of independent experiments. For this, 46 published papers related to nitrogen application on cereals including 23, 14 and 9 papers, respectively on wheat, corn and rice were selected based on criteria to satisfy the required data for meta-analysis. Fertilizer application rates for wheat, corn and rice varied in the range of 20-250, 25-275 and 10-90 $kg.ha^{-1}$ N, respectively.

Results and Discussion

About 86% of the experiments used treatments between 25 and 150 $kg.ha^{-1}$ nitrogen, and the frequency of nitrogen levels above 200 $kg.ha^{-1}$ was very low in corn experiments. In the case of wheat, the range of nitrogen levels in the experiments was between 20 and 250 $kg.ha^{-1}$. In rice, the range of nitrogen uptake was far more limited than wheat and corn, and it was between 10 and 90 $kg.ha^{-1}$. On average in all nitrogen levels, grain yield of wheat, corn and rice compared to control were increased by 2477, 4699 and 1509 $kg.ha^{-1}$, respectively. Meta-analysis results showed that nitrogen fertilizers significantly increased both grain yield and biological yield of the studied cereals. However, harvest index was not statistically affected. Maximum grain and biological yields were attained by 50-100 and 100-150 $kg.ha^{-1}$ N, respectively. Meta-analysis was also conducted for each crop separately. The results indicated that optimal nitrogen levels for the grain and biological yields were 75-100 and 100 $kg.ha^{-1}$ N except corn. For corn maximum amount could be achieved from 50-100 $kgha^{-1}$ N for grain yield and from 50-100 $kgha^{-1}$ N for biological yield. For rice, maximum of grain and biological yields were reported by 75-90 $kg.ha^{-1}$ N. The studied cereals harvest index showed no significant response to nitrogen fertilizers.

Conclusion

The results of this study showed that despite the long history of using these inputs in the agricultural sector, the optimal use is still unclear. In this study, statistical comparisons between fertilizer levels were performed,

1, 2 and 3- Professors, former PhD student in Agroecology (Payam-e Noor University Lecturer) and PhD student in Agroecology, Department of Agronomy, Faculty Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.26798

www.SID.ir

Archive of SID

while the ecological dimensions of nitrogen application were also significant. Further studies can compare types of efficacy, soil health and environmental aspects of nitrogen use and other chemical fertilizers; provide a wider range of possibilities for sustainable field management and sustainable management of the country.

Keywords: Corn, Grain yield, Harvest index, Rice, Wheat

www.SID.ir