

راهبردهای مدیریتی افزایش کارایی مصرف نیتروژن در کشاورزی

پیمان کشاورز^۱

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، بخش تحقیقات خاک و آب، p.keshavarz@areo.ir

دریافت: آبان ۱۳۹۲ و پذیرش: بهمن، ۱۳۹۲

چکیده

استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی سهم قابل توجهی در افزایش تولید جهانی غذا در پنجاه سال اخیر داشته است. با این وجود چالش های زیست محیطی و اقتصادی ناشی از مصرف این عنصر غذایی در کشاورزی لزوم توجه به کارایی مصرف آن را افزایش داده است. بررسی های انجام شده در سرتاسر جهان نشان می دهد که محصولات زراعی قادر به استفاده مستقیم بیش از نیمی از کود نیتروژنی مصرف شده نمی باشند. در ایران متاسفانه اطلاعات چندانی درباره میزان کارایی مصرف نیتروژن در مقیاس بزرگ برای کشت های مهمی نظیر گندم، جو، ذرت و برنج (غلات) وجود ندارد. با این وجود با نگاهی به آمار مصرف کودهای نیتروژنی می توان دریافت که مصرف بی رویه (نامتعادل) این کودها ممکن است از کارایی پایین آنها ناشی شده باشد. این موضوع با توجه به اهمیت آن در چهار بخش کشاورزی، محیط زیست، صنعت و بهداشت موجب گردید تا در این مقاله کارایی مصرف نیتروژن در غلات طی ده سال زراعی (۸۷-۱۳۷۸) با استفاده از شاخص بهره وری ناخالص برآورد گردد. نتایج نشان داد شاخص بهره وری ناخالص نیتروژن برای غلات در حدود ۳۸ کیلوگرم در کیلوگرم نیتروژن مصرفی است. این در حالی است که این شاخص نسبت به متوسط جهانی (۴۴ کیلوگرم در کیلوگرم نیتروژن مصرفی) ۶ کیلوگرم در کیلوگرم کمتر است. بدیهی است بهره وری ناخالص نیتروژن می بایست حدود ۸ درصد در سال افزایش یابد تا در افق ۱۴۰۰ دست کم معادل متوسط جهانی آن گردد. بر این اساس روش مدیریت مصرف نیتروژن در مزارع کشور نیاز به بازنگری دارد تا با شناخت محدودیت ها از اتلاف سرمایه ملی و همچنین مخاطرات زیست محیطی ناشی از هدر رفت نیتروژن جلوگیری شود. به نظر می رسد کارایی مصرف نیتروژن را بتوان با تلفیقی از بهبود مصرف نیتروژن در مناطقی که این عنصر غذایی کمتر مصرف می گردد مانند خاکهای شور (در جهت افزایش عملکرد غلات) و همچنین بهبود کارایی نیتروژن در مناطقی که مصرف آن بالاترست مانند خاکهای سبک و یا مناطق پرباران (در جهت کاهش مصرف نیتروژن) افزایش داد. در این رابطه بهبود شیوه های مدیریتی مزرعه و استفاده از تجربیات سایر کشورها به همراه فن آوری - های پیشرفته بسیار اهمیت دارد. از آنجا که بیشتر فن آوری ها اثر هم افزایی بر پاسخ گیاه به مصرف نیتروژن دارند روش تلفیقی بسیار کارآمدتر خواهد بود.

واژه های کلیدی: کود، کارایی مصرف نیتروژن، بهره وری ناخالص، غلات

مقدمه

را در بخش کشاورزی، محیط زیست، صنعت و بهداشت بوجود آورده است. این موضوع موجب شده تا کارایی مصرف نیتروژن^۲ به عنوان چالشی عمده برای کشاورزی جهان مطرح باشد (دوبرمن^۳، ۲۰۰۶). طبق گزارش های سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی در یک دوره ده ساله (۱۹۸۵-۱۹۷۵) در کشورهای در حال توسعه ۱۳۰ درصد افزایش و در مدت مذکور مصرف

نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی همزمان با رشد جمعیت و همچنین برنامه های توسعه ای کشور در سال های اخیر، مصرف بیشتر کودهای شیمیایی به ویژه نیتروژنی را به دنبال داشته است. با این وجود بازیافت پایین نیتروژن به دلیل تلفات ناشی از تصعید، آبخویی، رواناب سطحی دنیتریفیکاسیون و پوشش گیاهی افزون بر بالا بردن هزینه تولید محصولات زراعی نگرانی هایی

^۱ آدرس نویسنده مسئول: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، بخش تحقیقات خاک و آب، کد پستی: ۹۱۷۳۵-۴۸۸

^۲ - Nitrogen Use Efficiency (NUE)

^۳ - Dobermann

است. این شاخص تلفیقی از کارایی زراعی و اثر بخشی بوده و مجموع اثرات نیتروژن بومی خاک، کارایی جذب کود نیتروژنی و کارایی تبدیل نیتروژن جذب شده به عملکرد محصول را نشان می دهد. از آنجا که بهره وری ناخالص نیتروژن یک نسبت است کمیت آن در مقادیر نیتروژن مصرفی کم، بزرگ و در مقادیر نیتروژن مصرفی زیاد کوچک می باشد. بنابراین بهره وری ناخالص نیتروژن بسته به میزان تولید محصول، پتانسیل عملکرد قابل حصول، کیفیت خاک، مقدار و شکل نیتروژن مصرفی و شیوه های مدیریتی محصول زراعی متفاوت خواهد بود. تغییر و اصلاح شیوه های مدیریتی کودهای نیتروژنی در کشاورزی در خط مقدم تدابیری است که برای بهبود وضعیت زراعی و زیست محیطی در کوتاه مدت و همچنین بلند مدت مطرح می باشد. بر این اساس مقاله حاضر به بررسی وضعیت کارایی مصرف نیتروژن در غلات با تاکید بر بهبود روش های مدیریتی آن در کشور می پردازد.

تولید غلات و روند مصرف کودهای نیتروژنی

عملکرد غلات و مصرف کودهای نیتروژنی در جهان طی چهل سال گذشته به صورت تقریباً خطی افزایش یافته است. در حال حاضر مصرف جهانی کود نیتروژنی به طور متوسط ۸۳ میلیون تن در سال بوده که در حدود ۵۷ درصد آن در غلات بکار می رود. در ایران تولید غلات طی ده سال زراعی مورد مطالعه (۸۸-۱۳۷۹) روند افزایشی داشته و از حدود ۱۲ میلیون تن در سال به ۲۰ میلیون تن در سال رسیده که به طور متوسط افزایشی معادل ۹ درصد در سال است. این در حالی است که سطح زیر کشت غلات از حدود ۷ میلیون هکتار در سال ۱۳۷۹ به ۹ میلیون هکتار در سال ۱۳۸۸ افزایش یافته است (جدول ۲). اگرچه بخشی از افزایش تولید ناشی از بیشتر شدن سطح زیر کشت بود ولی میانگین عملکرد غلات در هکتار نیز بطور متوسط در حدود ۲/۵ درصد در سال افزایش یافته است. از سوی دیگر مصرف کل کود نیتروژنی نیز در کشور به طور متوسط با افزایش رشدی

کودهای شیمیایی نیتروژنی در کشورهای توسعه یافته ۲۵ درصد و در جهان ۵۵ درصد افزایش یافته است. بر این اساس آگاهی از کارایی مصرف نیتروژن در کشاورزی برای قضاوت درباره مصرف بهینه کود اهمیت ویژه ای دارد (فاگریا و بالیگار^۴، ۲۰۰۵). در چین، زو و ون^۵ (۱۹۹۲) طی بررسی خود در محصولات زراعی گندم، برنج و ذرت اعلام نمودند که کارایی مصرف نیتروژن از ۲۸ تا ۴۱ درصد متغیر است. راون و جانسون^۶ (۱۹۹۷) کارایی مصرف نیتروژن را در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به ترتیب ۴۲ و ۲۹ درصد اعلام نمودند. بر اساس این مطالعه یک درصد افزایش در کارایی مصرف نیتروژن برای تولید جهانی غلات منجر به صرفه جویی ۲۳۴ میلیارد دلار در هزینه کودهای نیتروژنی خواهد شد.

در مطالعات مزرعه ای، کارایی مصرف عناصر غذایی بر اساس اختلاف عملکرد محصول و یا جذب عنصر غذایی بین کرت های کود داده شده و شاهد و یا با استفاده از ایزوتوپ و کود محتوی عنصر غذایی نشاندار بدست می آید. بر این اساس تعاریف گوناگونی برای تخمین کارایی و ارزیابی سرنوشت کودهای نیتروژنی وجود دارد. این شاخص ها به طور خلاصه در جدول ۱ نشان داده شده است. هر یک از این شاخص ها قابلیت استفاده متفاوتی در تعیین کارایی مصرف نیتروژن دارند (نووا و لومیس^۷، ۱۹۸۱). افزون بر این، اغلب اطلاعات قابل اعتمادی برای محاسبه این شاخص ها به ویژه در مقیاس ملی و یا ناحیه ای در دسترس نیست (کاسمن^۸ و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین نتایج بدست آمده از تخمین کارایی مصرف نیتروژن در کرت های آزمایشی بدلیل تلفات بیشتر نیتروژن در مزارع کشاورزان قابل تعمیم به سطوح بزرگ نیست. با این وجود تنها شاخصی که می تواند تخمین قابل قبولی از کارایی مصرف نیتروژن در مقیاس بزرگ ارائه نماید بهره وری ناخالص نیتروژن

^۴ -Fageria and Baligar

^۵ - Zhu and Wen

^۶ - Raun and Jonson

^۷ - Novoa and Loomis

^۸ - Cassman

کودهای نیتروژنی (به طور متوسط ۶۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) نیز در این سال نسبت به بعضی سالها حتی بیشتر بود که در نتیجه آن بهره وری ناخالص نیتروژن کاهش قابل توجهی یافت. مقایسه بهره وری ناخالص نیتروژن در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۵ همچنین نشان می دهد با وجودی که متوسط عملکرد دانه غلات در این دو سال مشابه یکدیگر است (۲/۳ تن در هکتار) مصرف بیشتر کود نیتروژنی در سال ۱۳۸۵ منجر به کاهش بهره وری ناخالص نیتروژن شده است. با این وجود در صورتی که حد مناسب میزان بهره وری ناخالص نیتروژن برای غلات ۶۰-۴۰ کیلوگرم در کیلوگرم در نظر گرفته شود (جدول ۱) در نیمی از سال های مورد مطالعه، بهره وری ناخالص نیتروژن در کشور بالاتر از حد پایینی آن یعنی ۴۰ کیلوگرم در کیلوگرم بوده است.

در جهان بهره وری ناخالص نیتروژن در غلات به طور متوسط از حدود ۲۴/۵ کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی در سالهای ۶۵-۱۹۶۱ به ۵۲ کیلوگرم در کیلوگرم در سالهای ۸۵-۱۹۸۱ و در حال حاضر به حدود ۴۴ کیلوگرم در کیلوگرم رسیده است (دبرمن، ۲۰۰۶). در کشورهای توسعه یافته، طی ۲۰ سال گذشته بدون آنکه مصرف کودهای نیتروژنی افزایش محسوسی یابد، عملکرد غلات به دلیل استفاده از فن آوری های جدید و همچنین مدیریت بهتر افزایش یافته است، از اینرو متوسط بهره وری ناخالص نیتروژن در حدود ۵۰ کیلوگرم در کیلوگرم بدون تغییر مانده است. در ایران متوسط بهره وری ناخالص نیتروژن طی ۱۰ سال مورد مطالعه (۸۷-۱۳۷۹)، ۳۸ کیلوگرم در کیلوگرم بوده که از میانگین جهانی کمتر است (جدول ۳). این در حالی است که با توجه به کمتر بودن میانگین مصرف کود نیتروژنی در غلات نسبت به میانگین جهانی (۵۸ کیلوگرم در هکتار در برابر ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، بهره وری ناخالص نیتروژن می بایست بالاتر باشد، ولی به دلیل پایین بودن میانگین تولید غلات در کشور (۲/۲ تن در هکتار) این شاخص کاهش یافته است.

معادل ۶/۵ درصد در سال مواجه بود به طوری که از ۱/۵ میلیون تن در سال ۱۳۷۶ به ۲/۳ میلیون تن در سال ۱۳۸۸ رسید. در این بین سهم غلات از کل کود نیتروژنی کشور حدود ۵۷ درصد بود (هفر^۹، ۲۰۰۹). در صورتی که روند خطی رو به افزایش مصرف کودهای نیتروژنی در غلات ادامه یابد پیش بینی می شود که مصرف کودهای نیتروژنی از حدود ۱/۳ میلیون تن در سال ۱۳۸۸ به ۲ میلیون تن در سال ۱۴۰۰ برسد که افزایشی معادل ۵۳ درصد خواهد بود (شکل ۱). این در حالی است که بر اساس پیش بینی ها تولید غلات در افق ۱۴۰۰ به بیش از ۲۶ میلیون تن در سال خواهد رسید (زارع فیض آبادی و همکاران، ۱۳۸۵). از اینرو چنین افزایشی در مصرف کودهای نیتروژنی می تواند عواقب زیست محیطی عمده ای در کشور به واسطه تجمع شکل های مختلف نیتروژن در منابع آب و خاک و آلودگی آنها به همراه داشته باشد. نیاز آینده کودهای نیتروژنی در کشور با توجه به تقاضای جمعیت در حال رشد به غذای بیشتر و متنوع تر، به تغییر سطح زیر کشت غلات و کارایی مصرف نیتروژن وابسته است. از آنجاکه پیش بینی ها نشان می دهد سطح زیر کشت غلات در کشور به ثبات رسیده، بهبود کارایی مصرف نیتروژن در این مسیر اهمیت زیادی خواهد داشت.

وضعیت کارایی مصرف نیتروژن

محاسبات انجام شده نشان می دهد بهره وری ناخالص نیتروژن در غلات از حدود ۲۹ کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی در سال ۱۳۷۹ به ۴۵ کیلوگرم در کیلوگرم در سال ۱۳۸۴ افزایش یافته است. این وضعیت تقریباً ثابت بود تا اینکه در سال ۱۳۸۷ بهره وری ناخالص نیتروژن به کمترین مقدار خود یعنی ۲۲ کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی رسید (شکل ۲). کاهش بهره وری ناخالص نیتروژن وقتی اتفاق می افتد که با مصرف ثابت و یا حتی بیشتر نیتروژن نتوان به عملکرد های بالاتر دست یافت. بر این اساس در سال ۱۳۸۷ نه تنها عملکرد غلات به دلیل خشکسالی کمتر گردید بلکه مصرف

^۹-Heffer

راهبردهای مدیریتی برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن

مطالعات بسیاری نشان داده است که افزایش ۳۰ تا ۵۰ درصدی بهره وری ناخالص نیتروژن با انجام شیوه های مدیریتی جدید امکان پذیر خواهد بود. در انگلستان بهره وری ناخالص نیتروژن در غلات به طور متوسط از ۳۶ کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی در سال ۸۵-۱۹۸۱ به ۴۴ کیلوگرم در سال ۲۰۰۲-۲۰۰۱ افزایش یافت. بهره وری ناخالص نیتروژن در امریکا نیز از ۴۲ کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی در سال ۱۹۸۰ به ۵۷ کیلوگرم در سال ۲۰۰۰ در ذرت افزایش یافت (دوبرمن و کاسمن، ۲۰۰۲). در ژاپن نیز بهره وری ناخالص نیتروژن در برنج که از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۸۵ در حدود ۵۷ کیلوگرم دانه در کیلوگرم نیتروژن مصرفی ثابت باقی مانده بود، پس از سال ۱۹۸۵ به ۷۵ کیلوگرم در کیلوگرم افزایش یافت (میشیما^{۱۰}، ۲۰۰۱ : سوزوکی^{۱۱}، ۱۹۹۷). برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن یا باید (۱) با یک مصرف ثابت نیتروژن عملکرد گیاه را افزایش داد و یا (۲) با یک عملکرد ثابت گیاه بتوان مصرف نیتروژن را کاهش داد و یا (۳) ترکیبی از این دو اتفاق بیافتد. در ایران به نظر می رسد کارایی مصرف نیتروژن را می توان با ترکیبی از بهبود مصرف نیتروژن در مناطقی که این عنصر غذایی کمتر مصرف می گردد مانند خاکهای شور (برای افزایش عملکرد) و همچنین بهبود کارایی نیتروژن در مناطقی که مصرف آن بالاست مانند خاکهای سبک، کشت های متراکم و یا مناطق پر باران (برای کاهش مصرف نیتروژن) افزایش داد. در مورد اخیر آگاهی از نیاز نیتروژنی گیاه، استفاده از سایر منابع نیتروژنی مثل منابع بومی خاک و نیتروژن حاصل از فعالیت های زیستی همچنین نوع، مقدار، زمان و روش صحیح مصرف کودهای نیتروژنی بسیار اهمیت دارد. با این وجود تغییر تنها یکی از اجزای مورد اشاره نمی تواند منجر به سطوح حداکثری کارایی مصرف نیتروژن گردد

بلکه اصول مدیریت جامع تری نیاز است تا به صورت مشترک و همزمان بکار گرفته شود. این اصول به طور کلی شامل:

۱. **بهینه کردن نیاز درونی گیاه به نیتروژن در جهت کاهش مصرف.** اصلاح ژنتیکی گیاه، مقاومت گیاه به تنش های زنده و غیر زنده

۲. **رفع سایر محدودیت های رشد گیاه.** استفاده از بذور با کیفیت و با تراکم بیشتر، استقرار گیاه، حفظ تعادل عناصر غذایی ضروری، کنترل علف های هرز، رعایت تناوب زراعی، مصرف بهینه آب، دفع آفات و بیماریها

۳. **مدیریت بقایا برای پایداری و افزایش عرضه نیتروژن در خاک.** شخم حفاظتی، استفاده از کودهای آلی و بقایای گیاهی

۴. **مدیریت نیتروژن خاک و کود برای تطابق جذب با مراحل فنولوژی گیاه.** استفاده از شکل های جدید نیتروژن با حلالیت کمتر مثل اوره فرم آلدئید، همچنین ممانعت کنندگانی که منجر به رها سازی اندک و کنترل شده نیتروژن می گردند مثل اوره با پوشش گوگردی، استفاده از سیستم های آبیاری تحت فشار برای مصرف کنترل شده نیتروژن به صورت کودآبیاری، استفاده از اسید هیومیک

بیشتر کشورهای پیشرفته با استفاده از همین اصول (دوویک^{۱۲} و کاسمن، ۱۹۹۹)، کارایی مصرف نیتروژن را تا حدود زیادی افزایش دادند. از آنجا که بیشتر کودهای نیتروژنی مدت کوتاهی پس از مصرف هدر می روند، مدیریت نیتروژن و همچنین محصول زراعی می بایست در طول فصل کشت به طور دقیق انجام گیرد. بیشتر این روش ها اثر متفاوتی بر پاسخ محصول به نیتروژن داشته و تنها استفاده تلفیقی از آنها بهترین نتیجه را در پی خواهد داشت.

¹⁰ - Mishima

¹¹ - Suzuk

¹² - Duvick

جدول ۱- شاخص های کارایی نیتروژن، محاسبه با استفاده از روش های مختلف و تفسیر آنها (دوبرمن، ۲۰۰۷)

شاخص	محاسبه	تفسیر	حدود کلی در غلات
کارایی بازیافت ظاهری (کیلوگرم افزایش جذب نیتروژن به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرفی)	$^{13}RE=(U-U_0) / F$	این شاخص بستگی به تطابق نیاز گیاه و رها سازی نیتروژن از کود دارد- تحت تاثیر مدیریت مصرف (مقدار، زمان، جایگذاری، شکل نیتروژن) و عواملی است که مقدار مصرف نیتروژن را تعیین می کند (ژنوتیپ گیاه، آب و هوا، تراکم گیاه، تنش های زنده و غیر زنده)	۰/۳-۰/۵ کیلوگرم در کیلوگرم ۰/۵-۰/۸ کیلوگرم در کیلوگرم (مدیریت مطلوب)
کارایی فیزیولوژیک (کیلوگرم افزایش عملکرد به ازای کیلوگرم افزایش جذب نیتروژن از کود)	$^{14}PE=(Y-Y_0) / (U-U_0)$	توانایی گیاه برای تبدیل نیتروژن جذب شده از کود به عملکرد اقتصادی(دانه)- به ژنوتیپ گیاه، محیط و مدیریت بستگی دارد- مقادیر اندک این شاخص نشان دهنده عدم رشد بهینه (کمبود نیتروژن، تنش خشکی و گرما، صدمه آفات بیماریها)	۴۰-۶۰ کیلوگرم در کیلوگرم >۵۰ کیلوگرم در کیلوگرم (مدیریت مطلوب)
کارایی استفاده درونی نیتروژن (کیلوگرم عملکرد به ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده)	$^{15}IE=Y/U$	توانایی گیاه برای تبدیل نیتروژن جذب شده از تمام منابع(خاک و کود) به عملکرد اقتصادی(دانه)- به ژنوتیپ گیاه، محیط و مدیریت بستگی دارد- مقادیر خیلی بالا این شاخص نشان دهنده کمبود عنصر غذایی(نیتروژن) است- مقادیر پایین نشان دهنده تبدیل درونی ضعیف نیتروژن ناشی از تنش	۳۰-۹۰ کیلوگرم در کیلوگرم ۵۵-۶۵ کیلوگرم در کیلوگرم (مدیریت مطلوب)
کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم افزایش عملکرد به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده)	$^{16}AE=(Y-Y_0) / F$ $AE=RE*PE$	حاصل بازیافت عنصر از کود آلی و معدنی و کارایی که با آن گیاه از هر واحد اضافی عنصر استفاده می کند- به شیوه های مدیریتی که کارایی بازیافت ظاهری و کارایی فیزیولوژیک را تحت تاثیر قرار می دهند، بستگی دارد	۱۰-۳۰ کیلوگرم در کیلوگرم >۲۵ کیلوگرم در کیلوگرم (مدیریت مطلوب)
بهروری ناخالص نیتروژن (کیلوگرم تولید برداشت شده به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده)	$^{17}PFP=Y / F$ $PFP=(Y_0/F)+AE$	مهمترین شاخص برای کشاورزان می باشد-تلفیقی از کارایی نیتروژن مصرفی و بومی خاک است- عرضه زیاد نیتروژن بومی خاک و کارایی زراعی بالا اهمیت یکسانی در آن دارد.	۴۰-۸۰ کیلوگرم در کیلوگرم >۶۰ کیلوگرم در کیلوگرم (مدیریت مطلوب)

F- مقدار نیتروژنی است که به صورت کود مصرف شده (کیلوگرم در هکتار)؛

Y- عملکرد محصول با مصرف نیتروژن؛ Y₀- عملکرد محصول بدون مصرف نیتروژن؛

U- جذب کل نیتروژن در اندام هوایی با مصرف نیتروژن؛ U₀- جذب کل نیتروژن در اندام هوایی بدون مصرف نیتروژن

جدول ۲- تولید، سطح زیر کشت و عملکرد غلات (گندم، برنج، ذرت و جو) در ایران (جمع آوری شده از آمارنامه کشاورزی ۸۹-۱۳۸۰)

سال	تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۱۳۷۹	۱۲۸۴۶۹۶۵	۷۰۱۱۱۳۲	۱۸۲۵
۱۳۸۰	۱۴۹۳۶۰۹۵	۷۷۲۷۸۲۳	۱۹۳۳
۱۳۸۱	۱۹۸۶۰۹۷۵	۸۷۳۶۳۳۰	۲۲۷۳
۱۳۸۲	۲۰۹۳۱۷۷۸	۸۷۸۰۶۴۴	۲۳۸۴
۱۳۸۳	۲۱۹۸۲۰۰۰	۹۰۹۰۰۰۰	۲۴۱۸
۱۳۸۴	۲۱۷۹۹۳۳۶	۹۵۱۴۲۷۲	۲۲۹۱
۱۳۸۵	۲۲۳۹۸۰۸۱	۹۳۶۸۷۸۲	۲۳۹۱
۱۳۸۶	۲۴۰۱۶۱۲۵	۹۷۸۷۰۶۵	۲۴۵۴
۱۳۸۷	۱۳۴۶۵۴۹۷	۷۰۹۰۰۱۲	۱۸۹۹
۱۳۸۸	۲۰۸۲۶۷۶۶	۹۰۸۴۴۷۷	۲۲۹۳
میانگین	۱۷۵۵۶۹۶۲	۸۶۱۹۰۵۴	۲۳۱۷

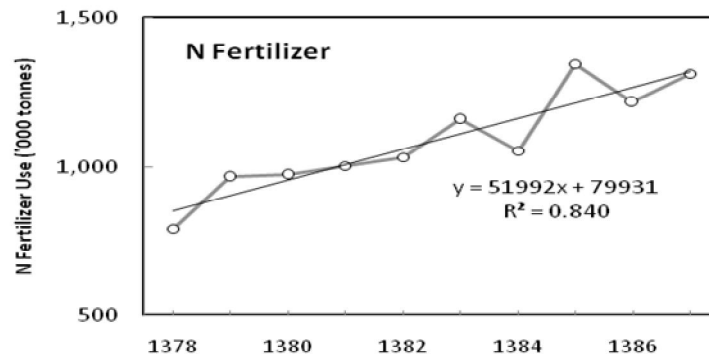
¹³ -Apparent Recovery Efficiency

¹⁴ - Physiological Efficiency

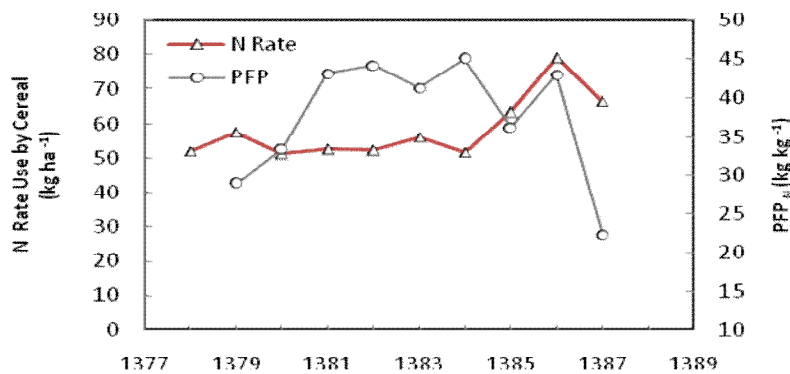
¹⁵ -Internal Utilization Efficiency

¹⁶ -Agronomic Efficiency

¹⁷ -Partial Factor Productivity



شکل ۱- روند مصرف کودهای نیتروژنی در غلات در یک دوره ۱۰ ساله در کشور (۱۳۷۸-۸۷)



شکل ۲- تغییرات بهره‌وری ناخالص نیتروژن و میانگین مصرف کودهای نیتروژنی در غلات در یک دوره ۱۰ ساله در کشور (۱۳۷۸-۸۷)

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد غلات، میزان نیتروژن مصرفی و بهره‌وری ناخالص نیتروژن در ایران و برخی مناطق جهان

کشور/ منطقه	عملکرد (تن در هکتار)	نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری ناخالص نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)	بهره‌وری ناخالص نیتروژن نسبی
ایران	۲/۲	۵۸	۳۸	۰/۸۶
امریکای شمالی	۵/۱	۱۱۲	۴۵	۱
اروپای غربی	۵/۵	۱۱۳	۵۹	۱/۴
امریکای لاتین	۲/۹	۵۵	۵۵	۱/۳
جهان	۳/۱	۷۰	۴۴	۱

فهرست منابع

۱. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۹. آمارنامه کشاورزی. جلد اول. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۲. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۰. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۳. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۱. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۴. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۲. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۵. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۳. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

۶. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۴. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران
۷. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۵. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران
۸. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۶. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران
۹. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۷. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران
۱۰. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۸. آمارنامه کشاورزی. جلد اول و دوم. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران
۱۱. زارع فیض آبادی، ا.، ع. کوچکی، و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۵. بررسی روند ۵۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات در کشور و پیش بینی وضعیت آینده. مجله پژوهشهای زراعی ایران. شماره ۷. ص ۴۹.
12. Cassman, K. G., A. Dobermann, and D. T. Walters. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*, 31: 132-140.
13. Dobermann, A. 2006. Nitrogen use efficiency in cereal systems. p.1-10. In *Groundbreaking Stuff. Proceedings of the 13th ASA Conference, 10-14 September. 2006.* Perth, Western Australia.
14. Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency-measurement and management. p.1-28. In *Fertilizer Best Management Practices. Proceedings of IFA International Workshop, 7-9 March. 2007.* Brussels, Belgium.
15. Dobermann, A., and K. G. Cassman. 2002. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant and Soil*, 247: 153-175.
16. Duvick, D. N., and K. G. Cassman. 1999. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Sci*, 39:1622-1630.
17. Fageria, N. K., and V. C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88: 97-185.
18. Heffer, P. 2009. Assessment of fertilizer use by crop at the global level (2006/07 – 2007/08). International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris France
19. Mishima, S. 2001. Recent trend of nitrogen flow associated with agricultural production in Japan. *Soil Science and Plant Nutrition Journal*, 47: 157-166.
20. Novoa, R., and R. S. Loomis. 1981. Nitrogen and plant production. *Plant and Soil*, 58: 177-204.
21. Raun, W. R., and G. V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, 91:357-363.
22. Suzuki, A. 1997. Fertilization of rice in Japan. Japan FAO Association, Tokyo, Japan. 111 p.
23. Zhu, Z. L., and Q. X. Wen. 1992. Soil nitrogen in China. Jiangsu Science and Technology Press, Jiangsu. pp. 228-231.