

مدیریت کودی نیتروژن بر عملکرد دانه و شاخص های کارایی نیتروژن در ذرت

• کامران میرزاشاهی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد- دزفول (نویسنده مسئول)،
• مصطفی حسین پور، استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد-دزفول

تاریخ دریافت: خرداد ماه ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: تیر ماه ۱۳۹۰
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۶۴۱۶۶۳۹
Email: kamranmirzashahi@yahoo.com

چکیده

ذرت (*Zea mays* L.) از جمله گیاهانی است که در طول دوره رشد به مقادیر زیادی نیتروژن نیاز دارد. افزایش کارایی مصرف این عنصر علاوه بر افزایش سود اقتصادی، موجب کاهش آلودگی محیط زیست نیز می شود. لذا به منظور تاثیر مدیریت کودی نیتروژن بر عملکرد دانه و شاخص های کارایی نیتروژن این تحقیق از سال ۱۳۸۵ به مدت سه سال در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو عامل نیتروژن خالص در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و زمان مصرف نیتروژن در پنج سطح (مصرف یک سوم هنگام کاشت و دو سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی، مصرف دو سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی، مصرف یک دوم هنگام کاشت و یک دوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی، مصرف یک سوم هنگام کاشت، یک سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی، یک سوم در زمان ظهور گل نر و مصرف یک چهارم هنگام کاشت، یک چهارم در مرحله ۶ تا ۸ برگی، یک چهارم در زمان ظهور گل نر و یک چهارم در زمان گرده افشانی) در سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که اثر سطوح نیتروژن و زمان مصرف آن بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه ذرت معنی دار گردید. تاثیر سطوح نیتروژن بر شاخص های کارایی نیتروژن و نیترات باقیمانده خاک معنی دار بود. زمان مصرف نیتروژن فقط بر کارایی استفاده نیتروژن معنی دار گردید. با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه به صورت معنی داری افزایش یافت. این در حالی بود که کارایی مصرف، جذب و استفاده از نیتروژن به صورت معنی داری کاهش یافت. بنابراین مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با عملکرد دانه، وزن هزار دانه و کارایی مصرف به ترتیب ۷/۹۶ تن در هکتار، ۳۴۶ گرم و ۴۴ کیلوگرم در کیلوگرم توصیه می گردد.

واژه های کلیدی: ذرت، عملکرد دانه، کارایی مصرف نیتروژن، کود نیتروژن

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:102 pp: 31-40

The effect of nitrogen fertilization management on grain yield and nitrogen efficiency indices in corn

By: K. Mirzashahi, (Corresponding Author; Tel: +989166416639), Scientific Staff of Agricultural Research Centre, Dezful, Iran, M. Hossainpour, Assistant Professor of Safiabad Agricultural Research Centre, Dezful, Iran

Received: June 2010

Accepted: July 2011

Among crop plants, corn (*Zea mays* L.) need a great amount of nitrogen during its growth period. An increase in the efficiency of nitrogen application not only decrease environmental pollutions, but also its economical. This study was conducted to determine the effect of nitrogen fertilization management on the yield and nitrogen efficiency in corn during 2006-2009 at Safi-abad Dezful Agriculture Research Center. The experiment was arranged as factorial in a randomized complete block design with three replications. The first factor consisted of four nitrogen levels (0, 100, 150 and 200 kg N ha⁻¹) and the second factor consisted of five time of application levels (as 1/3+1/3 at sowing and 6- 8 leaves, as 2/3 at 6- 8 leaves, as 1/2 +1/2 at sowing and 6-8 leaves, as 1/3 + 1/3 + 1/3 at sowing, 6- 8 leaves and tassel appearance, and 1/4 +1/4+1/4+1/4 at sowing, 6-8 leaves, tassel appearance and flowering). The result showed that nitrogen levels and time of application on grain yield and 1000 grain weight were significant. Nitrogen levels on nitrogen efficiency indices and residual nitrate were significant. Time of nitrogen application on nitrogen utilization efficiency was only significant. Increasing in the amount of nitrogen application led to significant decrease the efficiency of nitrogen use, nitrogen uptake and nitrogen utilization, although, grain yield significantly increased. According to the result of this study, application of 150 kg N ha⁻¹ with grain yield, 1000 grain weight and use efficiency of 7.96 t ha⁻¹, 346 g and 44 kg kg⁻¹ is recommended, respectively.

Key Words: Corn, Grain yield, Nitrogen use efficiency, Nitrogen fertilizer

بلکه در دراز مدت اثرات مخربی بر روی محیط زیست و سلامتی انسان دارد. از جمله راههای افزایش کارایی نیتروژن می توان به تعیین مقدار دقیق کود مورد نیاز محصول (ذرت)، مصرف به موقع کود از لحاظ زمان و تقسیط آن با توجه به مراحل رشد گیاه، شکل و نوع کود اشاره نمود (گرانیت و انتز، ۲۰۰۶). حمیدی و محمدی نسب (۱۳۸۲) در بررسی کارایی زراعی مصرف نیتروژن در دو رقم ذرت هیبرید در تراکم بوته و مقادیر مختلف نیتروژن گزارش نمودند که کارایی مصرف نیتروژن در دو هیبرید مورد استفاده تحت تاثیر تراکم بوته و سطوح مصرف نیتروژن واقع گردیدند و در هر سطح تراکم بوته با افزایش مصرف نیتروژن کارایی مصرف برای عملکرد دانه کاهش نشان داد. دریا شناس و ملکوتی (۱۳۸۲) گزارش کردند که نیتروژن یکی از عناصر غذایی است که کارایی آن از اهمیت زیادی برخوردار می باشد به طوری که با تعیین مقدار و تقسیط مناسب این عنصر کارایی آن افزایش می یابد. راسل و همکاران (۱۹۸۱) اظهار نمودند که کوددهی نیتروژن در مرحله ۴ تا ۶ برگی ذرت بیشترین تاثیر را بر کارایی نیتروژن دارد. اولسن و کورتز (۱۹۸۲) گزارش دادند که تاخیر در کوددهی نیتروژن به واسطه کاهش که در میزان تلفات نیتروژن توسط شستشو یا نیترات زدایی ایجاد می کند و هم چنین به دلیل اینکه ریشه گیاه توانایی لازم را برای جذب نیتروژن پیدا می کند، از عوامل موثر بر کارایی نیتروژن می باشد. هم چنین پژوهشگران نامبرده گزارش نمودند که کارایی مصرف

مقدمه

کارایی مصرف نیتروژن در کشورهای در حال توسعه پایین می باشد) متوسط کارایی ۲۹ درصد و متوسط جهانی ۳۳ درصد تخمین زده می شود). با افزایش یک درصد در کارایی مصرف نیتروژن در غلات جهان بالغ بر ۲۳۵ میلیون دلار صرفه جویی خواهد شد (راون و جانسون، ۱۹۹۹ و زائو، ۲۰۰۰). دوبرابر شدن تولیدات غذایی طی چهار دهه ی گذشته، با هفت برابر شدن کارایی مصرف نیتروژن همراه بوده است. اما هم چنان افزایش کارایی مصرف نیتروژن به عنوان یک چالش بزرگ در کشاورزی برای جلوگیری از آسیب های احتمالی آن به کره زیست، ضمن افزایش عملکرد اقتصادی، مورد توجه پژوهشگران است. به این منظور رویکردی تلفیقی از بهبود خصوصیات ژنتیکی گیاه (به ویژه) و سیستم های زراعی و مدیریت های مرتبط با آنها مورد بحث و بررسی قرار می گیرند. اهمیت این نگرش وقتی مهم تر جلوه می کند که بدانیم تا سال ۲۰۲۵ میلادی جمعیت دنیا به ۱۰ میلیارد نفر خواهد رسید (هیرل و همکاران، ۲۰۰۷). لذا هرگونه افزایش در کارایی مصرف نیتروژن با بکارگیری هر راه کاری، اثری مثبت بر اقتصاد تولید و محیط زیست خواهد داشت. پایین بودن کارایی نیتروژن به دلیل هدر رفت آن از طرق نیترات زدایی، آبشویی، خروج نیترات از گیاه و تصعید آمونیوم می باشد (راون و جانسون، ۱۹۹۹). این هدر رفت نه تنها منجر به کاهش کارایی نیتروژن

خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری تهیه و آزمایشات لازم مانند بافت خاک، EC، pH، O.C.%، T.N.V%، فسفر و پتاسیم قابل جذب و عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) و نیز مجموع نیتروژن نیتراتی و آمونیایی (نیتروژن قابل جذب خاک) در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری در تیمارهای بدون مصرف نیتروژن مطابق با دستورالعمل های موسسه تحقیقات خاک و آب (علی احیایی، ۱۳۷۲) تعیین شدند. مصرف کودهای فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک به ترتیب به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (متوسط سه سال) به صورت نواری و هنگام کاشت مصرف گردید. تیمارهای نیتروژن مطابق تیمارهای آزمایش به صورت نواری مصرف گردیدند. هر کرت شامل چهار خط ۷۵ سانتی متری به طول ۶ متر در نظر گرفته شد. میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار و عمل کاشت به صورت دستی انجام گرفت و فاصله بین بوته ها ۲۰ سانتی متر و در هر کپه پس از تنک کردن یک بوته نگهداری شد. آبیاری بصورت نشتی و با سیفون و مراقبت های لازم زراعی (مثل کنترل علف های هرز به صورت دستی) در طول دوره رشد انجام شد. برداشت محصول دانه پس از حذف حواشی کرت ها در سطح ۳/۷۵ مترمربع صورت گرفت. هم چنین مقداری دانه (۲۵۰ گرم) از هر تیمار برای تعیین درصد نیتروژن دانه به آزمایشگاه ارسال گردید. میزان جذب نیتروژن از رابطه ی عملکرد دانه در درصد نیتروژن دانه بدست آمد. از طرفی بعد از برداشت محصول از هر کرت یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۶۰ سانتی متری برای تعیین نیترات باقیمانده تهیه شد.

برای محاسبه شاخص های کارایی نیتروژن از روابط پیشنهادی توسط سیسون و همکاران (۱۹۹۱) به طریق زیر استفاده گردید:

کارایی مصرف نیتروژن = عملکرد دانه به کل نیتروژن در دسترس

کارایی جذب نیتروژن = نیتروژن جذب شده به کل نیتروژن در دسترس

کارایی استفاده نیتروژن = عملکرد دانه به نیتروژن جذب شده

نیتروژن در دسترس عبارتست از مجموع نیتروژن کودی به علاوه نیتروژن قابل جذب خاک (مجموع نیتروژن نیتراتی و آمونیایی در عمق صفر تا ۳۰

سانتی متری که در تیمار بدون مصرف کود نیتروژن محاسبه می شود). در نهایت با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC محاسبات آماری عملکرد دانه و وزن هزار دانه، شاخص های کارایی نیتروژن، و نیز میزان نیترات باقیمانده خاک انجام شد و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

الف- خاک

در جدول ۱ نتایج تجزیه خاک محل آزمایش طی سه سال نشان داده شده است. بررسی ارقام مندرج در جدول حاکی از این است که خاک مورد آزمایش فاقد شوری، از نظر ماده آلی فقیر، درصد کربنات کلسیم معادل بالا و میزان فسفر و پتاسیم قابل استفاده پایین و از نظر عناصر کم مصرف در حد متوسط می باشد.

ب- عملکرد دانه

نتایج حاصل از تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه نشان داد که اثرات اصلی سال، نیتروژن و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار بود. هم چنین اثرات اصلی سطوح نیتروژن و زمان مصرف

نیتروژن به عواملی مانند کود، زمان مصرف و اقلیم مرتبط است. باندی و همکاران (۱۹۸۳) و مالزار و گراف (۱۹۸۳) از بررسی های خود نتیجه گرفتند که حداکثر کارایی مصرف نیتروژن وقتی به دست می آید که کود چند هفته قبل از کاشت مصرف شود، این امر به خصوص وقتی که میزان کود نیتروژن کم باشد بارزتر می باشد. جوکلا و راندال (۱۹۸۹) کاهش کارایی مصرف و جذب نیتروژن به ازای افزایش کاربرد نیتروژن از ۷۵ تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار را گزارش دادند. سیسون و همکاران (۱۹۹۱) کاهش معنی دار کارایی مصرف، جذب و استفاده از نیتروژن با افزایش کاربرد نیتروژن از ۴۷ تا ۸۹ کیلوگرم در هکتار را در ارقام توتون (*Nicotiana tabacum L.*) نشان دادند.

تیلمن و همکاران (۱۹۹۱) اعلام نمودند که با افزایش نیتروژن مورد استفاده از ۴۵ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار کارایی جذب کاهش یافت. بنابراین، برای تولید اقتصادی ذرت دانه ای، مدیریت نیتروژن مصرفی از اولویت خاصی برخوردار است. از این رو با توجه به تاثیر گذاری مقدار و زمان مصرف کودهای نیتروژن بر کارایی استفاده از آن، افزایش کارایی نیتروژن همگام با کاهش میزان مصرف آن به موازات بهبود تولید برای ارتقای درآمد کشاورزان، کاهش پتانسیل آلودگی های محیط زیست و نیز کم نمودن میزان انرژی مورد نیاز برای تولید کودهای نیتروژن ضروری می باشد. پس با توجه به اینکه استان خوزستان دومین قطب تولید کننده ذرت دانه ای در کشور می باشد، لازم است که پژوهش جامعی در این ارتباط صورت گیرد چون هرگونه افزایش در کارایی کودهای نیتروژن با توجه به وسعت سطح زیر کشت وسیع ذرت در استان (بیش از ۸۰ هزار هکتار)، منتج به بهره وری بیشتر از نهاده های مصرفی و در نهایت تولید پایدار و پر منفعت برای بهره برداران خواهد شد. به این منظور پژوهش حاضر برای بررسی مدیریت کودی نیتروژن بر میزان عملکرد دانه، وزن هزار دانه ذرت و نیز کارایی مصرف نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، کارایی استفاده نیتروژن و هم چنین نیترات باقیمانده در خاک پس از برداشت محصول در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد اجرا گردید.

مواد و روش ها

به منظور بررسی مدیریت کودی نیتروژن بر عملکرد دانه و شاخص های کارایی نیتروژن و نیترات باقیمانده خاک در کشت ذرت دانه ای رقم سینگل کراس ۷۰۴، این طرح در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول بر روی یک خاک Clayey, mixed, Hyperthermic - Aridic Haplustepts با مشخصات ۳۲ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی از سال ۱۳۸۵ به مدت سه سال اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با دو عامل نیتروژن خالص در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره و پنج تیمار زمان مصرف نیتروژن (یک سوم هنگام کاشت و دو سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی (T_۱)، مصرف دو سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی (T_۲)، مصرف یک دوم هنگام کاشت و یک دوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی (T_۳)، مصرف یک سوم هنگام کاشت، یک سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی، یک سوم در زمان ظهور گل نر (T_۴) و مصرف یک چهارم هنگام کاشت، یک چهارم در مرحله ۶ تا ۸ برگی، یک چهارم در زمان ظهور گل نر و یک چهارم در زمان گرده افشانی (T_۵)) در سه تکرار اجرا گردید. بعد از عملیات تهیه زمین (آبیاری اولیه، دیسک و ماله کشی)، از هر تکرار یک نمونه مرکب

معنی دار بود (جدول ۴). بررسی نتایج جدول ۴ ضمن اینکه بیانگر افزایش عملکرد به دلیل مصرف نیتروژن است، گویای این است که بین سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تفاوت آماری وجود نداشت و مصرف کامل این دو سطح در زمان های مصرف T_1 ، T_3 و T_4 بیش تر از T_2 (مصرف فقط به میزان دو سوم نیتروژن مصرفی در مرحله ۶ تا ۸ برگی) بود. روند افزایش وزن هزار دانه ذرت متعاقب مصرف سطوح نیتروژن مطابق با روند افزایش عملکرد دانه بود، به عبارتی افزایش عملکرد دانه ذرت شاید ناشی از افزایش وزن هزار دانه باشد (جدول ۵). مصرف کود نیتروژن به میزان دو سوم نیتروژن مصرفی در مرحله ۶ تا ۸ برگی نسبت به سایر زمان های مصرف با کاهش وزن هزار دانه همراه بود. استنتاج حاصل از بررسی نتایج نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه مربوط به مصرف کامل نیتروژن در زمان های T_1 ، T_3 ، T_4 و T_5 بود.

در ارتباط با مدیریت تاثیر کودی نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت، پژوهش های متعددی توسط پژوهشگران داخلی و خارجی صورت گرفته است که

نیتروژن بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۲). اطلاعات جدول ۳ نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی عملکرد دانه افزایش داشت. به طوری که بالاترین عملکردها به مقدار ۷/۹۶ و ۸/۱۴ تن در هکتار، ناشی از مصرف ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود، که با اختلاف اندکی (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) در دو گروه آماری قرار گرفتند. بررسی اقتصادی نتایج عملکرد به دست آمده با استفاده از رابطه ی نسبت سود خالص به هزینه یا به عبارتی نسبت ارزش کل عملکرد اضافی که در اثر مصرف کود حاصل شده است به ارزش کل کود مصرفی (نشریه فنی شماره ۹ خواربار جهانی سال ۱۹۸۷، به نقل از زرین کفش، ۱۳۶۸)، نشان داد که با فرض عملکرد دانه هر کیلوگرم ۲۰۰ تومان و هر کیسه کود اوره ۲۰۰۰ تومان، این نسبت در سطوح ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب برابر با ۰/۶۲۵، ۰/۶۹۲ و ۰/۵۴۱ بود. بنابراین تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، گزینه ای مناسب از حیث دستیابی به عملکرد بهینه می باشد. اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه

جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت

ویژگی خاک	سال اول	سال دوم	سال سوم	میانگین
شوری	۰/۹۱	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۸۳
(دسی زمینس در متر)				
پ هاش گل اشباع	۷/۳۲	۷/۴۶	۷/۵۰	۷/۳۹
درصد کربن آلی	۱/۰۰	۰/۶۱	۰/۷۶	۰/۷۹
درصد آهک	۴۸	۴۶	۴۵	۴۶
فسفر قابل جذب	۹/۰۰	۷/۰۰	۵/۴۰	۷/۱۳
(میلی گرم در کیلوگرم)				
پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	۱۶۸/۰۰	۱۶۸	۱۴۰	۱۵۹
روی قابل جذب	۲/۴۰	۰/۶۸	۳/۳۰	۲/۱۳
(میلی گرم در کیلوگرم)				
آهن قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	۶/۰۰	۹/۲۰	۸/۶۰	۷/۹۳
مس قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	۱/۸۰	۱/۵۶	۱/۲۸	۱/۵۵
منگنز قابل جذب	۵/۲۰	۷/۶۰	۵/۸۰	۵/۲۷
(میلی گرم در کیلوگرم)				
درصد رس	۲۹	۲۹	۲۸	۲۹
بافت خاک	لوم رسی	لوم رسی	لوم رسی	لوم رسی

- هر عدد میانگین سه تکرار است -

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه، وزن هزار دانه، کارایی مصرف نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، کارایی استفاده نیتروژن و نترات باقیمانده خاک در طی سه سال آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	میانگین مربعات		
				کارایی مصرف نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن	کارایی استفاده نیتروژن
نترات باقیمانده خاک				نترات باقیمانده خاک	کارایی استفاده نیتروژن	نترات باقیمانده خاک
سال	۲	۲/۷۱۱**	۱۶۵/۰۶۷ ^{n.s}	۰/۲۸۹**	۱/۷۳۲**	۱۳۱۵۶/۰۲۱**
تکرار در سال	۶	۰/۱۵۶ ^{ns}	۲۸۰/۹۶۱ ^{ns}	۰/۰۱۷ ^{ns}	۰/۱۴۸ ^{ns}	۳۱/۵۸۳ ^{ns}
سطوح نیتروژن خالص	۳	۱۸۱/۴۱۴**	۲۶۰۳۹/۹۱۷**	۲/۵۷۷**	۱۰/۴۵۱**	۲۰۱۷/۵۴۳**
سال در سطوح نیتروژن	۶	۳/۱۴۶**	۲۰/۸۴۴ ^{n.s}	۰/۰۶۳**	۰/۶۵۳**	۲۴۳/۷۲۰**
زمان مصرف نیتروژن	۴	۳/۲۶۵**	۲۴۳۵/۱۸۶**	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{n.s}	۸۸/۵۴۹**
سال در زمان مصرف نیتروژن	۸	۰/۰۲۶ ^{n.s}	۱۶/۲۶۱ ^{n.s}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{n.s}	۵۲/۰۲۱*
سطوح نیتروژن در زمان مصرف نیتروژن	۱۲	۱/۲۴۱**	۳۳۱/۴۶۸ ^{n.s}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۳۷ ^{n.s}	۳۷/۷۰۹ ^{n.s}
سال در سطوح نیتروژن در زمان مصرف نیتروژن	۲۴	۰/۰۲۴ ^{n.s}	۴/۷۴۳*	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{n.s}	۲۲/۷۶۳ ^{n.s}
خطا	۱۱۴	۰/۱۷۸	۱۴۸/۰۴۹	۰/۰۰۸	۰/۰۳۲	۲۰/۹۸۷
کل	۱۷۹	-	-	-	-	-
ضرب تغییرات (درصد)	-	۶/۴۵	۳/۵۶	۴/۹۹	۲۳/۳۱	۵/۴۷

F, n.s, *, ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد آزمون F

توجه به ویژگی های ژنتیکی گیاه، در مراحل پیش از کاشت و مرحله ۶ تا ۸ برگی توصیه نمودند. این پژوهشگران و افرادی هم چون راجکان و تولنار (۱۹۹۹) و گالایس و کوکه (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند که ۴۵ تا ۶۵ درصد نیتروژن دانه قبل از ظهور ابریشم (Silk) تامین می شود. لذا باید زمان بندی مصرف نیتروژن به گونه ای باشد تا این شرایط را فراهم نماید.

پ- شاخص های کارایی نیتروژن

نتایج مندرج در جدول ۲ بیانگر این است که اثر اصلی سال، اثر اصلی سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن (نسبت عملکرد دانه به کل نیتروژن در دسترس) در سطح یک درصد معنی دار بود. با افزایش کود نیتروژن کارایی مصرف آن کاهش داشت. بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در سطوح ۱۰۰

در مجموع با یافته های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد که متعاقباً به مواردی از آن ها اشاره می گردد. علیزاده و چراتی (۱۳۸۲) افزایش معنی دار عملکرد دانه ذرت تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و نیز مصرف آن به میزان یک سوم هنگام کاشت و دو سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی را در زراعت ذرت دانه ای گزارش نمودند. بختیاری و همکاران (۱۳۸۲) میزان ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار را (۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هنگام کاشت و ۶۰ کیلوگرم به صورت سرک) با عملکرد ۹/۴۰ تن در هکتار را برای ذرت دانه ای در منطقه اسد آباد همدان توصیه کردند. پلانت و لامیر (۲۰۰۰)، کاربرد کود نیتروژن به میزان ۱۰۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار را برای دستیابی به عملکرد بهینه با

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح نیتروژن و زمان مصرف آن بر عملکرد دانه ذرت

سطوح نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (تن در هکتار)			میانگین
	سال اول	سال دوم	سال سوم	
۰	۴/۲۵C	۴/۴۰C	۲/۷۷C	۳/۸۱D
۱۰۰	۶/۳۱B	۶/۳۲B	۶/۲۹B	۶/۳۱C
۱۵۰	۷/۹۵A	۷/۹۶A	۷/۹۶A	۷/۹۶B
۲۰۰	۸/۱۲A	۸/۱۱A	۸/۲۱A	۸/۱۴A

زمان مصرف نیتروژن	عملکرد دانه (تن در هکتار)			میانگین
	سال اول	سال دوم	سال سوم	
T ₁	۶/۳۲A	۶/۹۵A	۶/۵۲A	۶/۸A
T ₂	۶/۱۶C	۶/۱۵C	۵/۸۹B	۶/۰۷C
T ₃	۶/۵۸B	۶/۶۳B	۶/۲۲AB	۶/۴۷B
T ₄	۶/۷۵AB	۶/۸۴AB	۶/۳۵AB	۶/۶۴AB
T ₅	۶/۸۶AB	۶/۹۲AB	۶/۵۶A	۶/۷۸A

- زمان های مصرف نیتروژن به ترتیب T₁ یک سوم نیتروژن در هنگام کاشت و دو سوم نیتروژن مرحله ۶ تا ۸ برگی، T₂ فقط دو سوم نیتروژن در مرحله ۶ تا ۸ برگی، T₃ یک دوم نیتروژن در در هنگام کاشت و یک دوم نیتروژن در مرحله ۶ تا ۸ برگی، T₄ یک سوم نیتروژن در هنگام کاشت، یک سوم نیتروژن در مرحله ۶ تا ۸ برگی و یک سوم نیتروژن در زمان ظهور گل نر و T₅ یک چهارم در هنگام کاشت، یک چهارم نیتروژن در مرحله ۶ تا ۸ برگی، یک چهارم نیتروژن در ظهور گل نر و یک چهارم نیتروژن در زمان گرده افشانی. - اعداد دارای حروف مشترک در هر قسمت و در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

نیتروژن در زمان های مختلف، کارایی جذب افزایش یافت. کارایی جذب نیتروژن نشان دهنده توان گیاه در استفاده از نیتروژن پراکنده در محیط است (سیسون و همکاران، ۱۹۹۱). با افزایش مصرف کود نیتروژن چنانچه پیش تر اشاره شد، کارایی جذب کاهش می یابد. نتایج اخذ شده با یافته های ماچائو و دیویس (۱۹۸۸)، وین هولد و همکاران (۱۹۹۵)، وست و کاسمن (۱۹۹۲) مطابقت دارد. با توجه به آبیاری سنگین ذرت به نظر می رسد آبشویی نیترات از علل کاهش یاد شده باشد (راسل و همکاران، ۱۹۸۱). هم چنین به دلیل ایجاد شرایط غیر هوازی ناش از آبیاری و نیز فشردگی خاک پدیده نیترات زدایی (Denitrification) یعنی تبدیل نیترات به مولکول نیتروژن از فرآیندهای موثر در کاهش کارایی جذب نیتروژن می باشند (لومیس و همکاران، ۱۹۹۲)، ماچائو و سینکلیر (۱۹۹۴) و ماترون و رایان (۱۹۹۵).

اثر اصلی سال، اثر اصلی سطوح نیتروژن بر کارایی استفاده نیتروژن (نسبت عملکرد دانه به نیتروژن جذب شده) در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش سطوح نیتروژن کارایی استفاده نیتروژن کاهش داشت و بالاترین کارایی استفاده در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۸). اثر اصلی سال و زمان مصرف بر کارایی استفاده در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۲). بالاترین کارایی استفاده در زمان T₁ (یک سوم و دوسوم) حاصل شد (جدول ۸). این نتایج با

و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به میزان ۴۸ و ۴۳/۸۴ (حدود ۴۴) کیلوگرم در کیلوگرم بدست آمد، که البته هر دو در یک گروه آماری قرار می گیرند (جدول ۶). زمان مصرف نیتروژن بر شاخص های کارایی مصرف نیتروژن تاثیر معنی دار نداشت. هرچند که کارایی مصرف در زمان یک سوم و دو سوم (T₁) بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد. اثرات متقابل سطوح نیتروژن و زمان مصرف آنها بر صفت مورد بحث معنی دار نشد.

کاهش کارایی مصرف نیتروژن، با افزایش مصرف نیتروژن در گیاهان زراعی مختلف مشاهده شده است (ماچائو و دیویس، ۱۹۸۸ و کیتینگ و همکاران، ۱۹۹۴ و ما و همکاران، ۱۹۹۹). این واکنش گیاه بر اساس قانون بازده نزولی قابل توضیح بوده، ضمن اینکه به نظر می رسد یکی از دلایل کاهش کارایی نیتروژن فزونی سرعت از دست رفتن عنصر مذکور در مقادیر بالای مصرف کود نیتروژن باشد (ما و همکاران، ۱۹۹۹).

اثر اصلی سال، اثر اصلی سطوح نیتروژن بر کارایی جذب نیتروژن (نسبت نیتروژن جذب شده به کل نیتروژن در دسترس) در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲).

با افزایش نیتروژن مصرفی، کارایی جذب نیتروژن کاهش نشان داد و بالاترین کارایی جذب در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بدست آمد (جدول ۷). اثر اصلی سال و زمان مصرف نیتروژن بر کارایی جذب معنی دار نشد. اما روند نتایج نشان داد که با تعدد کوددهی

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح نیتروژن و زمان مصرف آن بر عملکرد دانه ذرت

تیمارها	عملکرد دانه (تن در هکتار)			میانگین
	سال اول	سال دوم	سال سوم	
زمان مصرف × سطوح نیتروژن خالص				
۰-T ₁	۴/۳۲e	۴/۳۵e	۲/۵۹g	۳/۷۵GH
۰-T ₂	۴/۴۱e	۴/۴۳e	۳/۳۰g	۴/۰۵G
۰-T ₃	۴/۱۵e	۴/۳۵e	۲/۷۱g	۳/۷۴GH
۰-T ₄	۴/۰۰e	۴/۳۳e	۲/۴۱g	۳/۵۸H
۰-T ₅	۴/۳۶e	۴/۵۳e	۲/۸۶g	۳/۹۲GH
۱۰۰-T ₁	۶/۳۰c	۶/۳۶c	۶/۳۲ef	۶/۳۲E
۱۰۰-T ₂	۵/۴۶d	۵/۴۲d	۵/۴۷f	۵/۴۵F
۱۰۰-T ₃	۶/۵۸c	۶/۶۰c	۶/۵۵de	۶/۵۸E
۱۰۰-T ₄	۶/۶۴c	۶/۶۳c	۶/۵۹de	۶/۶۲E
۱۰۰-T ₅	۶/۵۵c	۶/۵۷c	۶/۵۴de	۶/۵۵E
۱۵۰-T ₁	۸/۶۰a	۸/۵۸a	۸/۵۹a	۸/۵۹A
۱۵۰-T ₂	۷/۲۹b	۷/۳۱b	۷/۳۷cd	۷/۳۲D
۱۵۰-T ₃	۷/۴۱b	۷/۳۹b	۷/۴۱dcd	۷/۴۰D
۱۵۰-T ₄	۸/۰۸a	۸/۱۰a	۸/۰۳abc	۸/۰۷C
۱۵۰-T ₅	۸/۳۹a	۸/۴۱a	۸/۴۰abc	۸/۴۰ABC
۲۰۰-T ₁	۸/۵۱a	۸/۴۹a	۸/۵۹a	۸/۵۳AB
۲۰۰-T ₂	۷/۴۸b	۷/۴۴b	۷/۴۴bcd	۷/۴۵D
۲۰۰-T ₃	۸/۱۷a	۸/۱۹a	۸/۲۱abc	۸/۱۹BC
۲۰۰-T ₄	۸/۲۷a	۸/۲۸a	۸/۳۹abc	۸/۳۱ABC
۲۰۰-T ₅	۸/۱۲a	۸/۱۶a	۸/۴۳ab	۸/۲۴ABC

- اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

گرفتند که با افزایش مصرف کود نیتروژن از ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تنها ۶ درصد افزایش عملکرد مشاهده شد در حالی که نیترات باقیمانده تا عمق ۶۰ سانتی متری خاک ۲۶ درصد افزایش یافت. کوچاریک و بری (۲۰۰۳) گزارش کردند که با ۳۰ درصد افزایش مصرف نیتروژن در کشت ذرت آیشویی سالیانه نیترات به ۵۶ درصد رسید اما عملکرد تنها یک درصد افزایش یافت. لذا به نظر می رسد که مهم ترین عامل در میزان نیترات باقیمانده خاک، مقدار نیتروژن مصرفی و نیز زمان مصرف آن است.

گزارشات گاکال و کگل (۱۹۸۷)، گویلارد و آلینسون (۱۹۸۸) و استالی و همکاران (۱۹۹۱) در مورد برخی گیاهان زراعی مانند سویا و کلم چینی مطابقت دارد. احتمالاً از دست رفتن نیتروژن به صورت مختلف از دلایل عمده اثر کاهنده مقدار نیتروژن بر کارایی استفاده از این عنصر محسوب می شود (سیسون و همکاران، ۱۹۹۱).

ت - نیترات باقیمانده خاک پس از برداشت محصول

اثر اصلی سال و اثر اصلی سطوح نیتروژن بر میزان نیترات باقیمانده خاک در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). به طوری که به موازات افزایش مصرف نیتروژن، نیترات باقیمانده خاک نیز افزایش داشت (جدول ۹). اثر اصلی سال و اثر اصلی زمان مصرف نیتروژن بر نیترات باقیمانده خاک معنی دار نگردید (جدول ۲). اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر نیترات باقیمانده خاک معنی دار نبود. خودشناس و دادپور (۱۳۸۴) نتیجه

جدول ۵- مقایسه میانگین سطوح نیتروژن و زمان مصرف آن برون هزار دانه ذرت

سطوح نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)			
	سال اول	سال دوم	سال سوم	میانگین
۰	۳۰۱C	۳۰۲C	۲۹۶C	۳۰۰D
۱۰۰	۳۳۳B	۳۳۴B	۳۳۰B	۳۳۲C
۱۵۰	۳۴۶A	۳۴۷A	۳۴۵A	۳۴۶B
۲۰۰	۳۵۴A	۳۵۶A	۳۵۳A	۳۵۴A

زمان مصرف نیتروژن	وزن هزار دانه (گرم)			
	سال اول	سال دوم	سال سوم	میانگین
T ₁	۳۳۴A	۳۳۵AB	۳۲۹C	۳۳۳B
T ₂	۳۲۰B	۳۲۲C	۳۱۹B	۳۲۰C
T ₃	۳۳۲A	۳۳۲B	۳۳۱A	۳۳۲B
T ₄	۳۴۲A	۳۴۳A	۳۴۱A	۳۴۲A
T ₅	۳۴۰A	۳۴۱AB	۳۳۷D	۳۳۹A

- اعداد دارای حروف مشترک در هر قسمت و در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن

سطوح نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)			
	سال اول	سال دوم	سال سوم	میانگین
۰	۸۴/۰۷A	۱۷۰/۵۳A	۱۵۷/۰۲A	۱۳۷/۲۱A
۱۰۰	۴۱/۶۰B	۴۹/۹۰B	۵۳/۲۳B	۴۸/۲۴B
۱۵۰	۳۹/۴۷B	۴۵/۱۴C	۴۶/۹۲B	۴۳/۸۴BC
۲۰۰	۳۲/۴۰C	۳۵/۸۳C	۳۷/۶۳B	۳۵/۲۹C

- اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین سطوح نیتروژن بر کارایی جذب نیتروژن

سطوح نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار)	کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)			
	سال اول	سال دوم	سال سوم	میانگین
۰	۱/۰۳A	۱/۹۸A	۱/۴۶A	۱/۴۹A
۱۰۰	۰/۵۴B	۰/۶۷B	۰/۵۱B	۰/۵۷B
۱۵۰	۰/۵۳B	۰/۶۷B	۰/۴۷B	۰/۵۶B
۲۰۰	۰/۴۵C	۰/۵۳C	۰/۴۳B	۰/۴۷C

- اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین سطوح نیتروژن و زمان مصرف آن بر کارایی استفاده نیتروژن

سطوح نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار)	کارایی استفاده نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)			
	سال اول	سال دوم	سال سوم	میانگین
۰	۸۱/۲۶A	۸۲/۲۳A	۱۰۷/۹۳A	۹۰/۴۷A
۱۰۰	۲۶/۷۱B	۷۳/۹۳B	۱۰۶/۰۶A	۸۵/۵۷B
۱۵۰	۷۵/۲۶C	۶۷/۷۶C	۱۰۰/۱۱B	۸۱/۰۴C
۲۰۰	۷۲/۷۰D	۶۹/۸۷C	۸۸/۷۷C	۷۷/۱۱D

زمان مصرف نیتروژن	کارایی استفاده نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)			
	سال اول	سال دوم	سال سوم	میانگین
T ₁	۷۸/۱۲A	۸۲/۲۳A	۱۰۵/۷۰A	۸۶/۲۲A
T ₂	۷۶/۳۲B	۷۳/۹۳B	۱۰۰/۶۲AB	۸۴/۲۸AB
T ₃	۷۶/۳۷B	۶۷/۷۶C	۱۰۰/۷۴AB	۸۳/۶۳AB
T ₄	۷۵/۸۶B	۶۹/۸۷C	۱۰۱/۱۹AB	۸۳/۱۶BC
T ₅	۷۵/۷۴B	۷۴/۰۴D	۹۵/۳۴B	۸۱/۷۱C

- اعداد دارای حروف مشترک در هر قسمت و در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات تیمارهای آزمایش بر نیترات باقیمانده خاک

سطوح نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار)	نیترات باقیمانده (میلی گرم در کیلوگرم)	زمان مصرف نیتروژن	نیترات باقیمانده (میلی گرم در کیلوگرم)
۰	۳/۹۱C	T ₁	۵/۲۱
۱۰۰	۴/۶۰BC	T ₂	۴/۲۳
۱۵۰	۵/۱۴AB	T ₃	۵/۱۳
۲۰۰	۵/۶۶A	T ₄	۴/۵۰
-	-	T ₅	۴/۸۸

- اعداد دارای حروف مشترک در ستون آخر از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

منابع مورد استفاده

۱. بختیاری، م.، ر. ع.، م. جعفری و ع. ر. یزدان پناه. ۱۳۸۲. تعیین مناسب ترین روش کوددهی و مقادیر آن بر عملکرد ذرت دانه ای. اصول تغذیه ذرت. دفتر نباتات علوفه ای و طرح ذرت وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات سنا، تهران، ایران. ص ۳۰۴.
۲. حمیدی، آ و ع محمدی نسب. ۱۳۸۲. بررسی کارایی مصرف نیتروژن دو رقم ذرت هیبرید متوسط رس تحت تراکم های بوته و مقادیر مختلف مصرف کود و نیتروژن. اصول تغذیه ذرت. دفتر نباتات علوفه ای و طرح ذرت وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات سنا، تهران، ایران. ص ۳۰۹ تا ۳۱۰.
۳. خودشناس، م.ع. و م دادپور. ۱۳۸۴. بررسی اثر منبع و سطوح کود نیتروژن در رژیم های مختلف آبیاری بر میزان نیترات باقیمانده خاک

نتیجه گیری

در مجموع نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و زمان مصرف آن به صورت یک سوم هنگام کاشت و دوسوم در مرحله ی ۶ تا ۸ برگی در شرایط اجرای این آزمایش برای کسب عملکرد ۷/۹۶ تن در هکتار و کارایی مصرف نیتروژن ۴۴ کیلوگرم در کیلوگرم مناسب است. علاوه بر این مشخص گردید از عوامل بسیار مهم بر افزایش کارایی مصرف نیتروژن علاوه بر تامین مقدار بهینه نیتروژن، زمان مصرف آن است.

سپاسگزاری

از کلیه ی همکاران عزیز که در اجرای این پژوهش مساعدت نموده اند قدردانی به عمل می آید.

- of maize. *Agron. J.* 91: 650-656.
20. Malzar, G. L. and T. Graff. 1983. Influence of nitrogen rate, timing of nitrogen and use of nitrification inhibitors for irrigated corn production-Becker, 1982. P.14-19. In A report on field research in soils. Minnesota Agric. Exp. Stn. Misc. Publ.2.
 21. Materon, L. A., and J. Ryan. 1995. Rhizobial inoculation and phosphorus and zinc nutrition for annual medics adapted to Mediterranean environments. *Agron. J.* 87:692-698.
 22. Muchow, R. C., and R. Davis. 1988. Effect nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment II. Radiation interception and biomass. *Field Crops Res.* 18: 17-30.
 23. Muchow, R. C., and T. R. Sinclair. 1994. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize and sorghum. *Crop Sci.* 34:721-727.
 24. Olsen, R. A., and L. T. Kurtz. 1982. Crop nitrogen requirements, utilization and fertilization. In: F. J. Stevenson (ed.) Nitrogen in agriculture soils. *Agron. J.* 24: 567-604.
 25. Planet, D., and G. Lemaire. 2000. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops: Determination of critical N concentration. *Plant Soil.* 216: 65-82.
 26. Rajcan, I., and M. Tollenaar. 1999. Source: sink ratio and leaf senescence in maize. II. Nitrogen metabolism during grain filling. *Field Crops Res.* 60: 255-265.
 27. Raun, W. R., and G. V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agron. J.* 91: 357-363.
 28. Russelle, M. P., B. J. Deibert, R. D. Hauck, M. Stevanovic, and R. A. Olson. 1981. Effects of water and nitrogen management on yield and ¹⁵N-depleted fertilizer use efficiency of irrigated corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 553-558.
 29. Sisson, V. A., T. W. Rufty, and R. E. Williamson. 1991. Nitrogen use efficiency among flue-cured tobacco genotypes. *Crop Sci.* 31:1615-1620.
 30. Staley, T. E., W. L. Stout, and G. A. Jung. 1991. Nitrogen use by tall fescue and switchgrass on acidic soils of varying water holding capacity. *Agron. J.* 83:732-738.
 31. Wuest, S. B., and K. G. Cassman. 1992. Fertilizer- nitrogen use efficiency of irrigated wheat: II. Partitioning efficiency of preplant versus late-season application. *Agron. J.* 84: 689- 694.
 32. Zhu, Z. 2000. Loss of fertilizer N from the plant-soil system and strategies and techniques for its reduction in china. *Soil Envir.Sci.* 9: 1-6.
- های زیر کشت ذرت. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، ایران. ص ۳۳۸ تا ۳۳۹.
۴. دریاشناس، ع. م و م. ج ملکوتی. ۱۳۸۲. بررسی روش های افزایش کارایی کودهای نیتروژن در گندم آبی خوزستان. چکیده مقالات سومین همایش توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران. ص ۲۵۰.
 ۵. زرین کفش، م. ۱۳۶۸. حاصلخیزی خاک و تولید. انتشارات دانشگاه تهران، ایران. ص ۱۸ تا ۱۸.
 ۶. سیاه سر، ب. م. رمودی و م. ظ. مسینایی نژاد. ۱۳۸۲. بررسی اثر کود شیمیایی و دامی بر کیفیت و کمیت علوفه ذرت. اصول تغذیه ذرت. دفتر نباتات علوفه ای و طرح ذرت جهاد کشاورزی. انتشارات سنا، تهران، ایران. ص ۳۱۵ تا ۳۱۶.
 ۷. علی احمایی، م و ع. ا بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک (جلد اول). نشریه فنی شماره ۸۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران. ۱۲۹ ص.
 ۸. علیزاده، غ. ر و ع چراتی آرابی. ۱۳۸۲. کاربرد متعادل کود اذتی و تاثیر آن بر عملکرد ذرت. اصول تغذیه ذرت. دفتر نباتات علوفه ای و طرح ذرت وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات سنا، تهران، ایران. ص ۳۲۶.
9. Bundy, L. G., K. A. Kelling, D. R. Keeney, and P. Wolkowski. 1983. Improving nitrogen efficiency on irrigated sand using a nitrification inhibitor. P. 165. In *Agron. Abst. ASA, Madison, WI.*
 10. Gakale, L., and M. D. Clegg. 1987. Nitrogen from soybean for dryland sorghum. *Agron. J.* 79: 1057-1061.
 11. Gallais, A., and M. Coque. 2005. Genetic variation and selection for nitrogen use efficiency in maize: a synthesis. *Maydica.* 50:531-537.
 12. Grant, C., and E. Entz. 2006. Crop management to reduce N fertilizer use. *Maydica.* 50: 538-542.
 13. Guillard, K., and D. W. Allinson. 1988. Effect of nitrogen fertilization on a Chinese cabbage hybrid. *Agron. J.* 80: 21-26.
 14. Hirel, B., J. L. Gouis, B. Ney, and A. Gallias. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *J. Exp. Bot.* 1-36.
 15. Jokela, W. E., and G. W. Randall. 1989. Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agron. J.* 81: 720-726.
 16. Keating, B. A., I. Vallis, W. J. Parton, V. R. Catchpole, R. C. Muchow, and M. J. Robertson. 1994. Modeling and its application to nitrogen management and research for sugarcane. *Proc. Aust. Soc. Sugarcane.* 3: 131-142.
 17. Kucharik, C. J., and K. R. Brye. 2003. Integrated biosphere simulator (IBIS) yield and nitrate loss prediction for maize amounts of nitrogen fertilizer. *J. Envir. Qual.* 32(1): 247.
 18. Loomis, R. S., and D. J. Conner. 1992. Crop ecology: Productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press, UK, 538 pp.
 19. Ma, B. L., L. M. Dwyer, and E. G. Gregorich. 1999. Soil nitrogen amendment affects on nitrogen uptake and grain yield