نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۳۸۹، ص. ۲۵۳-۲۴۴

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 2, May-Jun 2010, p. 244-253

بررسی کارایی استفاده از کود نیتروژن در گیاه اسفناج

مهدی صادقی پور مروی[۱]

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۷
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۲۶

چکیده

افزایش کارایی مصرف کود یکی از راه‌های مدیریت مصرف کود در بخش کشاورزی است. در این تحقیق، در یک مطالعه مزرعه‌ای اثر نیتروژن بر کارایی استفاده از کود در گیاه اسفناج *(Spinacea oleracea)* در منطقه ورامین بررسی شد. آزمایش در طرح اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در ۵ سطح ۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۵ سطح ۰، ۳۷/۵، ۵۰، ۶۲/۵ و ۷۵ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار انجام گردید. وزن تازه و نیترات ساقه و برگ اسفناج، اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، کارایی استفاده از کود با عملکرد گیاه اسفناج رابطه مستقیم و غیر خطی داشت. اثر ساده نیتروژن و فسفر بر کارایی استفاده از کود معنی‌دار بود ولی اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد. در اثر ساده نیتروژن همبستگی مثبتی میان کارایی استفاده از کود و بازده زراعی مشاهده شد ولی در اثر ساده فسفر همبستگی مثبتی میان کارایی استفاده از کود با کارایی استفاده از آب و عملکرد وجود داشت. در اثر متقابل نیتروژن و فسفر همبستگی مثبتی میان کارایی استفاده از کود با بازده زراعی و نیترات مشاهده گردید. مناسب‌ترین تیمار برای حصول عملکرد و کارایی استفاده از کود بهینه در گیاه اسفناج، تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۵۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار بود.

واژه‌های کلیدی: اسفناج، کارایی استفاده از کود، نیتروژن

مقدمه

در دهه ۱۳۳۰ مصرف کودهای آلی در کشور رایج بود. همزمان با ورود کودهای شیمیایی به کشور، سازمان ترویج کشاورزی مصرف این نوع کودها را تشویق نمود. بسیاری از زارعین کودهای شیمیایی را حرام دانسته و کاربرد آن‌ها را مشروع نمی‌دانستند ولی با گذشت زمان و انجام فعالیت‌های ترویجی کار به جایی رسید که در بعضی از مزارع تا چهار تن در هکتار کود شیمیایی مصرف می‌کردند (۵). در نشست فائو در سال ۱۹۹۶ کشورها در خصوص امنیت غذایی به تامین غذای کافی، سالم و عاری از هر نوع آلاینده از قبیل نیترات باشد متعهد شدند (۶). مصرف زیاد کودهای شیمیایی، در سال‌های اخیر موجب ایجاد نگرانی‌هایی در بخش کشاورزی، محیط زیست، صنعت و بهداشت شده است. آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات یکی از چالش‌های اساسی محیط زیست در قرن حاضر محسوب می‌شود. اراضی کشاورزی به دلیل مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن، از منابع عمده آلوده‌کننده آب‌های زیرزمینی به نیترات به شمار می‌روند (۶، ۲۲). بالا بودن غلظت نیترات در اندام‌های قابل مصرف سبزی‌ها و علوفه و در آب آشامیدنی انواعی از مسمومیت‌ها را تا حد مرگ در دام‌ها، تولید بیماری کم‌خونی متموگلوبینمیا (Methmoglobinemia) در اطفال و نیتروزآمین که ماده سرطان‌زایی است را در بزرگسالان به وجود می‌آورد (۶ و ۲۲). بخشی از نیتروژنی که جذب گیاه نمی‌گردد ممکن است به صورت گاز متصاعد شده، در فرایند نیترات‌زدایی قرار گرفته یا از منطقه فعالیت ریشه شسته شود (۳). مصرف زیاد کود به ویژه نیتروژن باعث حساسیت گیاه به ورس، حساسیت گیاه به امراض، دیررسی محصول، کاهش کیفیت محصول، افزایش رشد سبزینه‌ای و تجمع نیترات در بافت گیاه می‌شود (۷). یکی از راه‌های مدیریت مصرف کودهای شیمیایی، افزایش کارایی استفاده از کود می‌باشد. افزایش کارایی استفاده از کود، عامل اساسی در کاهش هزینه‌های تولید و پرهیز از آلودگی نیتراتی آب، خاک و محصول می‌باشد (۳). در این حالت در صورتی که کارایی مصرف کود در سبزیجات با در نظر گرفتن حد مجاز نیترات در آن‌ها افزایش یابد می‌توان به صرفه جویی اقتصادی و افزایش ارزش افزوده این محصولات نیز امیدوار بود. طبق گزارش فائو مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی موجب کاهش بازیافت کودها به میزان ۲۰ تا ۲۵ درصد شده است (۳). کارایی جهانی مصرف نیتروژن برای تولید غلات، حدود ۳۳ درصد گزارش شده است (۲۵). گرچه در شرایط تحت کنترل و آزمایش ۴۶ تا ۸۶ درصد نیز گزارش شده است (۱۶). برای سایر گیاهان (از جمله سبزیجات) نیز کمتر از

۱- محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، تهران
(Email: msadeghipour@hotmail.com)

۵۰ درصد گزارش شده است (۳). کارایی استفاده از کود، تولیدات کشاورزی در استان‌های مختلف کمتر از ۳۰ درصد گزارش شده است (۱). کارایی مصرف کود نیتروژن در کشورهای پیشرفته ۴۲ درصد و در کشورهای در حال توسعه ۲۹ درصد گزارش شده است (۱). با افزایش یک درصد در کارایی مصرف نیتروژن در غلات جهان، بالغ بر ۲۳۵ میلیون دلار صرفه جویی ارزی حاصل می‌گردد (۲۵). افزایش کارایی کود از راه‌های مختلفی امکان‌پذیر است از جمله: تولید ارقام با کارایی بیشتر جذب عناصر، تغییر در نوع کود مصرفی، تغییر در زمان مصرف، تقسیط هر چه بیشتر کود، تناوب زراعی (۲۲). ماده آلی (۱۵) و کود زیستی[1] (۸) نیز در بهبود کارایی استفاده از کود تأثیر دارند. بهبود کارایی استفاده از کود به بهبود عملکرد و کاهش آلودگی زیست محیطی منجر می‌شود (۲۲). سبزیجات و به ویژه سبزیجات برگی مانند کاهو مقدار نسبتا بیشتری از نیترات را در خود ذخیره می‌نمایند و در نتیجه مصرف نامتعادل کودهای نیتروژن در این قبیل سبزیجات خطرات بیشتری برای سلامتی انسان ایجاد می‌کند. عوامل مختلفی بر میزان تجمع نیترات در گیاهان تأثیر می‌گذارد که شامل خشکی، درجه حرارت (۱۱)، نور، تیپ خاک (۲۴)، رقم گیاهی (۲۰)، میزان کاربرد کود نیتروژن (۱۰)، میزان کاربرد کود پتاسیم (۲۶)، بازدارنده های نیتریفیکاسیون و کودهای کندرها (۲۸) و علف‌کش‌ها (۱۲) می‌باشند که از این میان، مقدار کاربرد کود نیتروژن و شدت نور بیشترین تأثیر را بر میزان تجمع نیترات در گیاه بر عهده دارند (۱۱). میزان حداکثر مجاز غلظت نیترات در کاهو و اسفناج در منابع، برای کشورهای مختلف، متفاوت گزارش شده است (۶). در این تحقیق برای تعیین حد مجاز نیترات در اسفناج، از استاندارد اتحادیه اروپا استفاده شد (۲۹). با توجه به مصرف سرانه بالای سبزیجات در رژیم غذایی ایرانیان و تأثیر زیاد سبزیجات برگی (به ویژه کاهو و اسفناج) در تامین نیترات رژیم غذایی انسان و همچنین اثرات زیان‌بار آلاینده نیترات موجود در گیاه، این تحقیق به بررسی اثر نیتروژن بر کارایی استفاده از کود در گیاه اسفناج با در نظر گرفتن حد مجاز نیترات در منطقه وارمین می‌پردازد و بر این مبنا رابطه سطوح مختلف کود نیتروژن را با کارایی استفاده از کود نشان داده، به تجزیه و تحلیل علل کارایی کم استفاده از کود پرداخته شده تا به ارایه راه‌کارهای عملی برای بهبود کارایی استفاده از کود بیانجامد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر نیتروژن بر کارایی استفاده از کود در گیاه اسفناج در طرح آماری کرت‌های یک بار خرد شده[2] در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی، اجرا شد. ارتفاع منطقه ۱۰۵۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد، بارندگی سالانه ۱۷۰ میلیمتر در سال، لند فرم دشت رسوبی رودخانه‌ای[3]، رژیم حرارتی خاک ترمیک[4]، رژیم رطوبتی آن اردیک[5] بود. رده خاک‌ها اریدی‌سول[6]، افق سطحی اکریک[7]، افق زیرسطحی کمبیک[8] و فامیل خاک بر اساس سیستم سویل تاکسونومی[9] *fine, mixed, active, thermic, typic haplocambids* گزارش شده است (۴). جدول ۱ مشخصات اقلیمی منطقه مورد نظر را در زمان اجرای آزمایش نشان می‌دهد.

در این تحقیق، بر اساس حد بحرانی کربن آلی و فسفر خاک (۶)، نیتروژن در پنج سطح شامل صفر(N_0)، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_1)، ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_2)، ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_3) و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_4) و فسفر هم در پنج سطح شامل صفر(P_0)، ۳۷/۵ کیلوگرم فسفر در هکتار (P_1)، ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار (P_2)، ۶۲/۵ کیلوگرم فسفر در هکتار (P_3) و ۷۵ کیلوگرم فسفر در هکتار (P_4) انتخاب شد. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و کود نیتروژن از منبع اوره و به صورت تقسیطی مصرف شد. هر کرت شامل پنج خط، هرخط کاشت بطول پنج متر فاصله خطوط چهل سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط پنج سانتی‌متر بود. تراکم کشت ۳۰۰۰۰۰ بوته در هکتار بود. تاریخ کاشت ۱۸ شهریور ۱۳۸۶ و تاریخ برداشت ۱۲ آبان ۱۳۸۶ بود (دوره رشد ۵۲ روز). قبل از آزمایش نمونه خاک سطحی (عمق صفر تا سی سانتی‌متر) به صورت مرکب برداشت شد و پارامترهای *EC* با دستگاه *EC*سنج، *pH* با دستگاه *pH* سنج، استخراج کربن آلی، با استفاده از روش سوزاندن تر با بی‌کربنات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ (۳۰)، استخراج فسفر قابل جذب گیاه، با استفاده از روش اولسن (۲۱)، استخراج پتاسیم قابل استفاده در خاک، با استفاده از روش استخراج پتاسیم با استات آمونیم و قرائت آن با دستگاه فلیم فتومتر[10]، استخراج منگنز، مس، روی و آهن با استفاده از روش استخراج با DTPA و قرائت آن با دستگاه اتمیک ابزوربشن[11]، استخراج آهک به روش خنثی‌سازی با استفاده از روش استخراج با تیتراسیون اسید کلریدریک به وسیله سود (۱۹) و بافت خاک، با استفاده از روش هیدرومتر (۱۸) اندازه‌گیری شد.

وزن تازه اسفناج، پس از برداشت اندازه‌گیری شد. ازت کل گیاه، به روش کجلدال (۹) و نیترات به روش رنگ‌سنجی سولفوسالسیلیک اسید (۱۳) با استفاده از نمونه مرکب ساقه و برگ اسفناج اندازه‌گیری

1- Biofertilizer
2- Split Plot

3- River Alluvial Plain
4- Thermic
5- Aridic
6- Aridisols
7- Ochric
8- Cambic
9- Soil Taxonomic System
10- Flame Photometer
11- Atomic Absorbtion

شد. حجم آب آبیاری مصرف شده در آزمایش با استفاده از پارشال فلوم (۲)، سه هزار و دویست متر مکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. عملکرد نسبی از نسبت عملکرد در قطعه شاهد (بدون مصرف کود) به عملکرد در قطعه مورد نظر محاسبه گردید. بر اساس تعریف، کارایی استفاده از کود از تقسیم میزان عملکرد در واحد سطح به میزان کود مصرفی در واحد سطح تعیین گردید (۱). بازده زراعی کود از رابطه (عملکرد در قطعه کود داده نشده– عملکرد در قطعه کود داده شده) تقسیم بر مقدار کود ازته داده شده محاسبه گردید (۲۳). کارایی استفاده از آب، کیلوگرم وزن تازه محصول تولیدی به ازای یک متر مکعب آب مصرفی می‌باشد (۱). ضریب همبستگی اثر نیتروژن و فسفر روی خصوصیات مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار SAS 3.1، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و رسم شکل و منحنی رگرسیون نیز با استفاده از نرم‌افزار MS Office Excel 2003 انجام گردید.

نتایج و بحث

جدول ۲ مشخصات خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد. خاک استفاده شده در آزمایش، pH حدود خنثی (۷/۵) داشت. کربن آلی خاک، کم بود (۰/۷۱درصد) که استفاده از کود نیتروژن را الزامی می‌نمود و شوری خاک، محدودیتی برای رشد گیاه نبود. مقدار فسفر کمتر از حد بحرانی فسفر در خاک برای گیاه اسفناج (۱۵ پی پی ام) (۷) بود که استفاده از کود فسفر در تامین کمبود فسفر خاک لازم به نظر می‌رسد.

جدول ۳ میانگین مربعات عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی استفاده از کود، کارایی استفاده از آب، بازده زراعی و نیترات اسفناج را نشان می‌دهد. جدول ۴ اثر فاکتور نیتروژن و جدول ۵ اثر فاکتور فسفر را بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایش نشان می‌دهد.

بیشترین عملکرد معنی‌دار حاصل اثر ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و کمترین عملکرد در تیمار شاهد وجود داشت. در تیمار فسفر، بیشترین عملکرد با مصرف ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد و کمترین عملکرد نیز از تیمار شاهد حاصل شد. این نتایج در تحقیقات قبلی نیز بدست آمده بود (۶). عملکرد نسبی مناسب، در تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار مشاهده شد.که در تحقیقات قبلی نیز به آن اشاره شده بود (۱۷). با افزایش مصرف کود نیتروزن تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش عملکرد نسبی معنی‌دار بود و در مورد فسفر با افزایش مصرف کود فسفر تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد نسبی معنی‌دار بود. کارایی استفاده از کود در تیمارها بالای ۳۰ درصد بدست آمد که می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر مثبت مدیریت صحیح عملیات زراعی (از قبیل کنترل علف‌های هرز، تقسیط کود نیتروژن، زمان مصرف کود، نسبت متعادل کودی) باشد.

(جدول ۱)- مشخصات اقلیمی منطقه مورد آزمایش

	میانگین درجه حرارت حداکثر (سانتیگراد)	میانگین درجه حرارت حداقل (سانتیگراد)	تبخیر تعرق از تشتک کلاس A (میلیمتر)	میانگین رطوبت نسبی هوا (درصد)	بارندگی تجمعی (میلی‌متر)
از ۱۸ شهریور ۱۳۸۶	۳۴	۱۶	۱۲۱	۳۹	۰
مهر ۱۳۸۶	۲۸	۱۲	۱۶۲	۴۵	۱/۷
تا ۱۲ آبان ۱۳۸۶	۲۶	۱۱	۰	۴۶	۰
میانگین	۲۹	۱۳	۶	۴۴	۰
حداکثر	۳۸	۱۹	۱۰	۶۵	۱/۱
حداقل	۲۳	۸	۳	۲۱	۰
انحراف معیار	۴	۳	۲	۱۰	۰/۲

(عملکرد در قطعه کود داده نشده– عملکرد در قطعه کود داده شده)

(جدول ۲)- مشخصات خاک محل آزمایش

عمق (cm)	درصد اشباع (٪)	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته گل اشباع	مواد خنثی شونده (٪)	کربن آلی (٪)	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	بافت خاک
						فرم قابل جذب						
						($mg\ kg^{-1}$)						
۰-۳۰	٪۴۰	۲/۹۵	۷/۵۴	۱۵/۹	۰/۷۱	۶/۸۲	۴۱۹	۳/۴۴	۹/۳۶	۱/۰۶	۱/۵۰	لوم رسی

(جدول ۳)- میانگین مربعات عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی استفاده از کود، کارایی استفاده از آب، بازده زراعی و غلظت نیترات در برگ و ساقه اسفناج

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	عملکرد نسبی	کارایی استفاده از کود	کارایی استفاده از آب	بازده زراعی	نیترات
تکرار	۲	۹۷/۴۳۳ ns	۲۳/۲۴۶ ns	۶۸۳/۰۰۸ ns	۸/۲۰۷ ns	۴۰۱/۹۲۰ ns	۱۵۱۲۳۶۱ ns
تیمار نیتروژن	۴	۹۳۵/۵۷۳ **	۷۶۳۱/۴۴۷ **	۵۸۱۱/۱۴۵ **	۸۷/۹۵۹ **	۲۵۷۶/۵۲۶ **	۴۸۳۸۷۴۲ **
اشتباه	۸	۲۹۰/۹۹۷	۲۵۴/۹۶۹	۲۹۴/۷۱۵	۳/۲۶۶	۲۰۸/۰۵۱	۶۲۸۴۳
تیمار فسفر	۴	۲۰/۲۶۸ *	۴۳۱/۰۱۴ **	۸۳/۴۶۷ *	۲/۲۵۵ *	۶۴/۵۴۲ ns	۲۲۳۱۰۲ ns
اثر متقابل نیتروژن و فسفر	۱۶	۴/۱۳۱ ns	۱۶۰/۵۷۶ **	۲۸/۱۷۷ ns	۰/۵۳۲ ns	۳۸/۷۹۷ ns	۲۳۴۱۷۵ *
اشتباه	۴۰	۶/۳۸۶	۴۶/۶۴۵	۲۹/۵۴۹	۰/۷۰۸	۴۲/۸۵۳	۹۹۰۸۱
C.V (ضریب تغییرات)	-	۱۴/۷۱	۱۶/۲۱	۱۵/۷۹	۱۵/۷۱	۳۳/۲۰	۱۵/۹۷

ns، *و **- به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد است.

(جدول ٤)- اثر فاکتور نیتروژن بر عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی استفاده از کود، کارایی استفاده از آب، بازده زراعی و نیترات در گیاه اسفناج

سطح کود نیتروژن ($kg\ Nha^{-1}$)	عملکرد ($ton\ ha^{-1}$)	عملکرد نسبی (٪)	کارایی استفاده از کود (٪)	کارایی استفاده از آب (٪)	بازده زراعی (٪)	نیترات ($mg\ NO_3\ kg^{-1}\ FW$)
۰	۷/۵۹۷ C	۷۶/۶۰ C	۰ B	۲/۳۸۰ C	-	۱۲۱۶ D
۱۵۰	۱۲/۱۷ BC	۵۰/۵۵ B	۴۰/۵۵ A	۳/۸۶۹ BC	۱۵/۶۸ C	۱۷۴۹ C
۲۰۰	۱۵/۶۴ B	۳۸/۲۸ B	۳۹/۱۱ A	۴/۸۸۹ B	۱۹/۸۶ BC	۱۹۷۷ B
۲۵۰	۲۴/۹۴ A	۲۲/۹۵ A	۴۹/۸۷ A	۷/۷۹۴ A	۳۲/۷۱ A	۲۱۴۲ B
۳۰۰	۲۵/۵۵ A	۲۲/۳۱ A	۴۲/۵۸ A	۷/۸۵۱A	۳۰/۳۵ AB	۲۷۷۲ A
LSD	۴/۶۱۲	۱۳/۴۵	۱۴/۴۶	۱/۵۲۲	۱۲/۱۵	۲۱۱/۱

احتمال آماری در سطح پنج درصد است.

(جدول ٥)- اثر فاکتور فسفر بر عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی استفاده از کود، کارایی استفاده از آب و بازده زراعی در گیاه اسفناج

سطح کود فسفر ($kg\ P_2O_5 ha^{-1}$)	عملکرد ($ton\ ha^{-1}$)	عملکرد نسبی (٪)	کارایی استفاده از کود (٪)	کارایی استفاده از آب (٪)	بازده زراعی (٪)
۰	۱۵/۷۲ B	۵۰/۹۵ C	۳۱/۳۱ B	۴/۹۲۰ B	۲۰/۶۱ AB
۳۷/۵	۱۶/۶۸ B	۴۳/۳۸ B	۳۳/۸۶ B	۵/۲۱۱ B	۲۱/۱۹ AB
۵۰	۱۷/۳۵ AB	۴۱/۳۰ AB	۳۴/۴۶ AB	۵/۲۹۱ B	۱۸/۴۷ AB
۶۲/۵	۱۷/۲۳ B	۳۸/۷۰ AB	۳۴/۵۵ AB	۵/۳۸۵ AB	۱۶/۷۱ B
۷۵	۱۸/۹۱ A	۳۶/۷۲ A	۳۷/۹۲ A	۵/۹۷۷ A	۲۱/۶۲ A
LSD	۱/۵۷۳	۵/۰۴۰	۴/۰۱۲	۰/۶۲۱	۴/۸۳۱

احتمال آماری در سطح پنج درصد است.

اثر ساده نیتروژن و فسفر روی کارایی استفاده از کود معنی‌دار بود. بیشترین کارایی استفاده از کود (۴۹ درصد) حاصل اثر ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و بیشترین کارایی استفاده از کود از اثر ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار بدست آمد. این نتیجه در بررسی‌های قبلی نیز گزارش شده بود (۳). با افزایش مصرف کود فسفر تا سطح ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار کارایی استفاده از کود افزایش یافت که در تحقیقات براون و اسمیت (۱۰) نیز حاصل شده بود. یکی از دلایل افزایش کارایی استفاده از کود، می‌تواند تقسیط کود نیتروژن باشد که ونکی و همکاران (۳۱) نیز به آن اشاره کرده‌اند. اثر کاربرد کود نیتروژن و فسفر روی کارایی استفاده از آب، در سطح پنج درصد و یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل آنها روی کارایی استفاده از آب، معنی‌دار نشد. کارایی استفاده از آب در سبزیجات ۰/۰۴ تا ۴/۷ کیلوگرم وزن تازه به متر مکعب آب مصرفی عنوان شده است (۳). بیشترین کارایی استفاده از آب ۷/۷ درصد بود که در سطح کودی

۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد و بیشترین کارایی استفاده از کود در سطح کودی ۶۲/۵ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد. با افزایش مصرف کود فسفر تا سطح ۶۲/۵ کیلوگرم فسفر در هکتار کارایی استفاده از آب افزایش یافت ولی در مورد نیتروژن، تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار این افزایش کارایی استفاده از آب وجود داشت و با مصرف بیشتر کود نیتروژن افزایش معنی‌دار در کارایی استفاده از آب مشاهده نشد. بیشترین بازده زراعی حاصل اثر ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و بیشترین بازده زراعی حاصل اثر ۷۵ کیلوگرم فسفر در هکتار بود. در نیتروژن افزایش بازده زراعی تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود داشت. اثر کاربرد کود نیتروژن، روی مقدار نیترات از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر فسفر و اثر متقابل نیتروژن و فسفر روی مقدار نیترات گیاه، معنی‌دار نشد. این نتایج در سایر تحقیقات نیز بدست آمده بود (۲۷). بیشترین مقدار نیترات در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد. با افزایش کاربرد کود نیتروژن، مقدار نیترات در گیاه افزایش یافت و به جز تیمار ۳۰۰ کیاوگرم نیتروژن در هکتار که بیش از حد مجاز بود در بقیه تیمارها نیترات در حد مجاز بود (۲۹). جدول ۶، ۷ و ۸ ضریب همبستگی اثر ساده نیتروژن، اثر ساده فسفر و اثر متقابل نیتروژن و فسفر را روی خصوصیات مورد بررسی نشان می‌دهد.

بر اساس جدول شماره ۶ میان کارایی استفاده از کود و پارامترهای عملکرد، کارایی استفاده از آب و نیترات همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. گرچه در اثر فاکتور نیتروژن، همبستگی معنی‌داری میان کارایی استفاده از کود و عملکرد وجود نداشت (جدول ۶) ولی در اثر فاکتور فسفر (جدول ۷) همبستگی مثبت و معنی‌داری (در سطح پنج درصد) میان کارایی استفاده از کود و عملکرد مشاهده شد. این در حالی بود که در اثر متقابل نیتروژن و فسفر (جدول ۸) همبستگی منفی و معنی‌داری (در سطح پنج درصد) میان کارایی استفاده از کود و عملکرد وجود داشت.

(جدول ٦) - ضریب همبستگی اثر ساده نیتروژن میان خصوصیات مورد بررسی

	عملکرد	عملکرد نسبی	کارایی استفاده از کود	کارایی استفاده از آب	بازده زراعی	نیترات
عملکرد ($ton\ ha^{-1}$)	۱					
عملکرد نسبی (٪)	-۰/۹۶*	۱				
کارایی استفاده از کود (٪)	۰/۷۷ns	-۰/۹۱*	۱			
کارایی استفاده از آب (٪)	۰/۹۹**	-۰/۹۶**	۰/۷۸ns	۱		
بازده زراعی (٪)	۰/۹۶**	-۰/۹۹**	۰/۹۱*	۰/۹۷**	۱	
نیترات ($mg\ kg^{-1}FW$)	۰/۹۱*	-۰/۹۲*	۰/۷۶ns	۰/۹۱*	۰/۸۹*	۱

(جدول ۷)- ضریب همبستگی اثر ساده فسفر میان خصوصیات مورد بررسی

	عملکرد	عملکرد نسبی	کارایی استفاده از کود	کارایی استفاده از آب	بازده زراعی	نیترات
عملکرد (kgha-1)	۱					
عملکرد نسبی (٪)	-۰/۹۱*	۱				
کارایی استفاده از کود (٪)	۰/۹۹**	-۰/۹۲*	۱			
کارایی استفاده از آب (٪)	۰/۹۸**	-۰/۸۷*	۰/۹۹**	۱		
بازده زراعی (٪)	۰/۰۹ns	۰/۲۴ns	۰/۱۳ ns	۰/۱۸ ns	۱	
نیترات ($mgkg^{-1}$ FW)	۰/۵۱ns	-۰/۷۵ns	۰/۵۳ns	۰/۴۰ns	-۰/۳۷ns	۱

(جدول ۸)- ضریب همبستگی اثر متقابل نیتروژن و فسفر بین خصوصیات مورد بررسی

	عملکرد	عملکرد نسبی	کارایی استفاده از کود	کارایی استفاده از آب	بازده زراعی	نیترات
عملکرد ($ton\ ha^{-1}$)	۱					
عملکرد نسبی (٪)	-۰/۹۳**	۱				
کارایی استفاده از کود (٪)	-۰/۷۹**	۰/۸۳**	۱			
کارایی استفاده از آب (٪)	-۰/۲۲ns	۰/۱۳ns	۰/۱۸ns	۱		
بازده زراعی (٪)	-۰/۹۲**	۰/۹۱**	۰/۸۶**	۰ns	۱	
نیترات ($mgkg^{-1}$ FW)	-۰/۸۷**	۰/۷۸**	۰/۶۹**	۰/۱۱ ns	۰/۸۹ns	۱

ns، * و **- به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد است.

بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت در صورتی که اقدامات مدیریتی عملیات کشت منجر به افزایش کارایی استفاده از کود گردد کاهش عملکرد معنی‌داری بوجود می‌آید که در این حالت می‌بایست سود حاصل از کاهش مصرف کود (افزایش کارایی استفاده از کود) و زیان حاصل از کاهش عملکرد در واحد سطح برآورد گردد تا اقتصادی بودن افزایش کارایی استفاده از کود مشخص گردد. بدیهی است در صورتی که سود ناشی از کاهش مصرف کود، هزینه ناشی از کاهش عملکرد را جبران نکند افزایش کارایی استفاده از کود برای کشاورز صرفه اقتصادی نخواهد داشت. بر اساس جدول شماره ۷ در اثر فاکتور فسفر، پارامترهای بازده زراعی و نیترات، همبستگی معنی‌داری با سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایش را نداشتند ولی در اثر متقابل نیتروژن و فسفر (جدول ۸)، کارایی استفاده از آب، همبستگی معنی‌داری با سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایش را نداشت. بر اساس جدول شماره ۸ همبستگی مثبت و معنی‌داری میان کارایی استفاده از کود و پارامترهای بازده زراعی و نیترات وجود داشت. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت در کاربرد توأم نیتروژن و فسفر در کشت اسفناج، همبستگی منفی و معنی‌دار، میان کارایی استفاده از کود و عملکرد وجود داشت که می‌تواند نشان‌دهنده اثرات متفاوت توأم نیتروژن و فسفر در رشد رویشی اسفناج در شرایط آزمایش باشد. به عبارت دیگر تأثیر توأم نیتروژن و فسفر در رشد رویشی منفی بوده است که می‌تواند تأثیر آن در رشد زایشی باشد که جای تحقیق و بررسی بیشتر دارد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز میان کارایی استفاده از کود و نیترات وجود داشت. شاید علت این موضوع این باشد که هرچه کارایی استفاده از کود بیشتر باشد کود بیشتری مورد استفاده گیاه قرار گرفته و متعاقبا این کود به صورت نیترات در گیاه تجمع یافته است، که می‌توانند به عنوان جنبه‌های منفی افزایش کارایی استفاده از کود در نظر گرفته شود.

شکل ۱ رابطه مقدار مصرف کود نیتروژن و شکل ۲ رابطه مقدار مصرف کود فسفر را با کارایی استفاده از کود و عملکرد نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۱ با افزایش نیتروژن تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد و کارایی استفاده از کود سیر صعودی داشتند و مصرف مقادیر بیشتر از این سطح، اثر معنی‌داری در افزایش عملکرد و کارایی استفاده از کود نداشت. در این حالت مناسب‌ترین تیمار برای حصول عملکرد و کارایی استفاده از کود بهینه، تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. کاهش کارایی استفاده از کود در سطوح بالای نیتروژن (سطوح بیش از ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) که در شکل ۱ نشان داده شده است می‌تواند ناشی از مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی باشد که در گزارش فائو نیز بر آن تاکید شده بود (۳). بر اساس شکل ۲ افزایش فسفر تا سطح ۷۵ کیلوگرم فسفر در هکتار، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و کارایی استفاده از کود به صورت یک معادله درجه سوم شد. نکته حایز اهمیت در شکل ۲ همپوشانی معادلات رگرسیون درجه سوم کارایی استفاده از کود و عملکرد می‌باشد که نشان‌دهنده تشابه زیاد دو معادله است به طوری که با افزایش سطح فسفر، عملکرد و کارایی استفاده از کود به صورت یک معادله درجه سوم افزایش می‌یابند. همچنین سطح کودی ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار، به عنوان نقطه عطف در دو منحنی می‌باشد. کاربرد متعادل عناصر غذایی در افزایش کارایی استفاده از کود تأثیر داشت که نتایج تحقیق قبلی نیز موید آن است (۱۴). به منظور استفاده بهینه از منابع کود نیتروژن (تقسیط کود)، توصیه می‌گردد. توصیه تقسیط کود در تحقیقات مشابه نیز گزارش شده است (۶). از دلایل کارایی استفاده از کود مناسب در این تحقیق زمان کاربرد مناسب کود، مصرف متعادل کود و مدیریت مناسب آبیاری بود که در تحقیقات قبلی نیز این نتایج بدست آمده بود (۲۲ و ۲۵).

نتیجه‌گیری

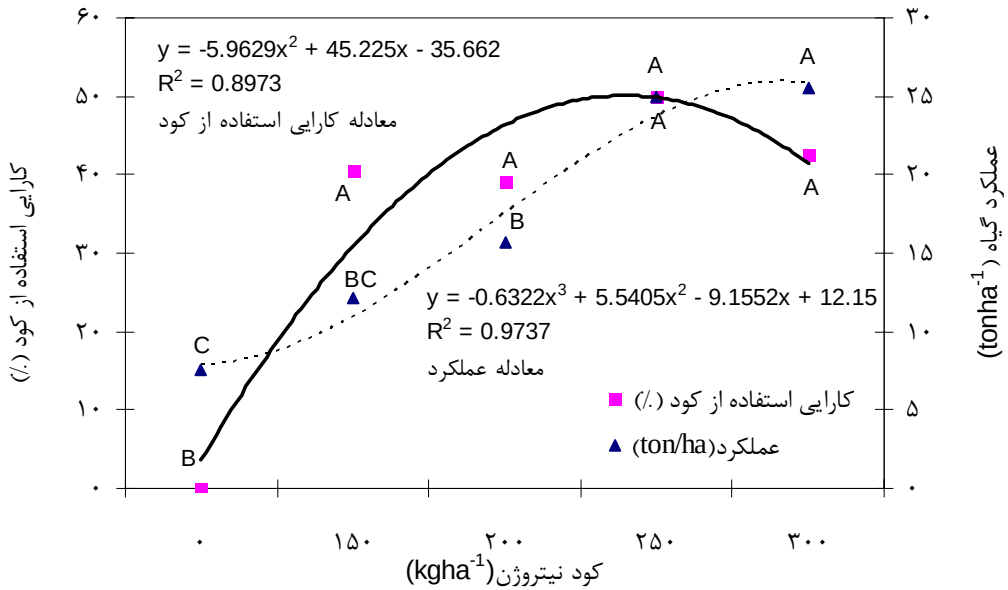
بطور کلی کارایی استفاده از کود با عملکرد گیاه اسفناج رابطه مستقیم و غیر خطی داشت. مناسب‌ترین تیمار برای حصول عملکرد و کارایی استفاده از کود بهینه در گیاه اسفناج، تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۵۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار بود. با رعایت این مقدار با استفاده بهینه از منابع کود نیتروژن و فسفر، جلوگیری از ورود آلاینده‌های کودهای شیمیایی (از قبیل نیترات) به چرخه حیات، حصول عملکرد مطلوب و بهبود کارایی استفاده از آب نیز دست یافت. برنامه‌ریزی برای افزایش کارایی استفاده از کود در اسفناج می‌تواند شامل تولید ارقام با کارایی جذب عناصر بیشتر، تغییر در نوع کود مصرفی، تغییر در زمان مصرف، روش مصرف (کاربرد نواری کود)، کنترل علف‌های هرز و تقسیط هر چه بیشتر کودها باشد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی اثر نوع کود مصرفی، مدیریت تلفیقی تغذیه[1] (کاربرد توأم کود شیمیایی، آلی و زیستی[2]) و کاربرد کود زیستی در بهبود کارایی استفاده از کود در گیاه اسفناج بررسی گردد.

سپاس‌گزاری

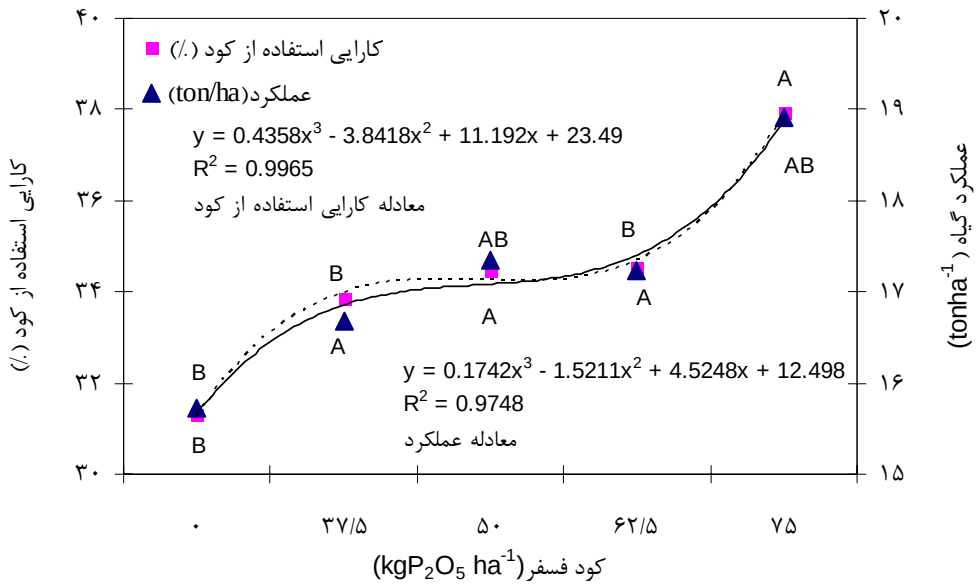
این پژوهش بر اساس طرح تحقیقاتی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به شماره مصوب ۸۶۰۱۲-۰۰۰۰-۰۶-۱۸۰۰۰۰-۱۰۹-۲ اجرا گردید که بدین وسیله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (www.areo.ir) برای تایید نهایی و تصویب طرح، از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران

1- Integrated Nutrient Management
2-Biologic

(www.tehran.areo.ir)، بـرای تـامین مـالی، تهیـه امکانـات و تجهیزات لازم و از موسسه تحقیقـات خـاک و آب (www.swri.ir)، برای تایید علمـی و انجـام آزمایـشات خـاک و گیـاه، سـپاس‌گـزاری می‌شود.



(شکل ۱) – رابطه مقدار مصرف کود نیتروژن با کارایی استفاده از کود و عملکرد در گیاه اسفناج



(شکل ۲) – رابطه مقدار مصرف کود فسفر با کارایی استفاده از کود و عملکرد در گیاه اسفناج

منابع

۱- بنایی م.ح.، مومنی ع.، بای‌بوردی م.، و ملکوتی م.ج. ۱۳۸۳ خاک‌های ایران تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری. انتـشارات سـنا. چاپ اول. ۴۸۲ صفحه.

۲- فرداد ح. ۱۳۶۹. آبیاری عمومی انتقال و توزیع آب. جلد دوم. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.

۳- سیلسپور م.، و ممیزی م.ر. ۱۳۸۵. مدیریت مصرف نیتروژن در محصولات سبزی و صیفی. نشر مرز دانش. چاپ اول. ۳۸ صفحه.

۴- صفر م.ر.۱۳۶۹. مطالعات خاکشناسی ایستگاه تحقیقاتی اصلاح نهال و بذر ورامین (ورامین پیشوا). نشریه ۸۰۸. موسسه تحقیقات خاک و آب.
۵- ملکوتی م.ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی. چاپ دوم. ۴۶۰ صفحه.
۶- ملکوتی م. ج.، بای بوردی احمد.، و طباطبایی سید جلال. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود گامی موثر در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش آلاینده ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقای سطح سلامت جامعه. نشر علوم کشاورزی کاربرد. چاپ اول. ۳۳۸ صفحه.
۷- ملکوتی م.ج.، و نبی غیبی م. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی موثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور. نشر آموزش کشاورزی. چاپ دوم. ۹۲ صفحه.
۸- ملکوتی م.ج. ۱۳۸۴. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. انتشارات سنا. ایران.
9- Aly S.S.M., Soliman S.M., Akel E.A., and Ali M.E. 1999. Significance of free N_2-fixing bacteria and nitrification inhibitors on saving the applied nitrogen to wheat plants. Bull. Faculty of Agri. Uni. Cairo. 50(2): 347-365.
10- Bremner J.M., and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen total. In page, A.L.R.H. Miller and D.R. Keeney. Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. Second edition. Soil Sci. Soc. Am. Inc. 245-256.
11- Brown J.R., and Smith G.E. 1966. Nitrate accumulation in vegetable crops as influenced by soil fertility practices. Missouri Agri. Experi. Station Research Bull. 920: 1-43.
12- Cantliffe D.J. 1973. Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorous and potassium nutrition and light intensity. Agro. J. 65: 563-565.
13- Cantliffe D.J., and Phatak S.C. 1974. Effect of herbicides on weed control on nitrate accumulation in spinach. Hort. Sci. 9: 470-472.
14- Cataldo D.A., M. Haroon., L.E. Schrader., and V.L. Youngs. 1975. Rapid Calorimetric determination of nitrate in plant tissues by nitration of salicylic acid. Comm. Soil Sci. & Plant Ana. 6: 71-80.
15- Choudhary O. P., Bajwa M.S., and Josan A.S. 2003. Fertilizer management in salt affected soils: a review. J. Research, Punjab Agri. Uni. 40(2): 153-171.
16- Hakim N. 2002. Organic matter for increasing P-fertilizer use efficiency of maize in Ultisols by using 32P technique. 17th World Cong. Soil Sci., Bangkok, Thailand. 229.
17- Halvorson A.D., Nielsen D.C., and Reule C.A. 2004. Nitrogen fertilization and rotation effects on no-till dryland wheat production. Agro. J. 96(4): 1196-1201.
18- Hochmuch G.J., and Secker I. 1994. Nitrogen requirements of crisphead lettuce grown with drip irrigation on polyethylene- mulched beds. Proc. Am. Soc. Plasticult. 25: 96-100.
19- Klute A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods. Second edition, Soil Sci. Soc. Am. Inc. p.1188.
20- Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. In page, R.H. Miller., and D.R. Keeney. Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. Second edition, Soil Sci. Soc. Am. Inc. pp: 181-196.
21- Olday F.C., Barker A.V. and Maynard D.N. 1976. A physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in two spinach cultivars. J. Am. Soc. Hort. Sci. 101: 217-219.
22- Olsen S.R. and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. In page, R.H. Miller., and D.R. Keeney. Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. Second edition, Soil sci. Soc. Am. Inc. 581-893.
23- Pathak H., Singh U.K., Patra A.K., and Kalra N. 2004. Fertiliser use efficiency to improve environmental quality. Fertiliser-News. 49(4): 95-98, 101-105.
24- Pomares Garcia F. and Pratt P.E. 1978. Recovery of 15N labeled fertilizers from manured and sludge amended. Soil. Sci. Soc. Am. J. 42: 717-720.
25- Rajkova L.L., and Petkov P.V. 1996. Formation of nitrate pool in spinach grown on different soils (with 15N). In Developments in plant and soil sciences. Progress in nitrogen cycling studies, 8th Nitrogen Workshop, Ghent, Belgium, edited by O. G. Hofman Van Cleemput and A. Vermoesen. 68: 259-264.
26- Raun W.R. and Johnson G.V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy J. Australia. 91: 357-363.
27- Regan W.S., Lambeth V.N., Brown J.R., and Blevins D.G. 1968. Fertilization inter relationships on yield, nitrate and oxalic acid content of spinach. Am. J. Hort. Sci. 93: 485-492.
28- Sqrensen J.N., Johansen A.S., and Poulsen N. 1994. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce 1. Marketable and nutritional quality as affected by nitrogen supply, cultivar and plant age. Plant Foods for Human Nut. 46: 1-11.
29- Takebe M., Satou N., Ishii K., and Yoneyama T. 1996. Effect of slow releasing nitrogen fertilizers on the contents of oxalic acid, ascorbic acid, sugars and nitrate in spinach, Japanese J. Soil Sci. and Plant Nut. 67: 147-154.
30- The Commission of the European Communities. 1997. Commission regulation (EC). No. 197/97.Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official J. Euro. Com. L 31: 48-50.
31- Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-37.
32- Wenqi M., Daru M., FuSuo Z., and Zhang X.Z. 2004. Survey and evaluation of grain crop fertilization in Shandong

province of China. J. Food, Agri. And Envi. 2(2): 320-326.

33- Costa PC., Didone E.B., Sesso T.M., Kal, canizares. Goto R. 2001. Electrical conductivity of nutrient solution and hydroponic crisp head lettuce yield. Scientia, Agricola. 58:3.

34- Pinto F.A., Vda S., Feitosa V.S., Souza De., Soares I. 2004. Evaluation of the electrical conductivities of the nutritive solution for the lettuce cultivation in substrate. Revista ciencia Agronomica. 35.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 2, May-Jun 2010, p. 244-253

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۳۸۹، ص. ۲۵۳-۲۴۴

Nitrogen Use Efficiency of Spinach

M. Sadeghi Pour Marvi [1]

Abstract

Fertilizer Use Efficiency (FUE) is one way of improving the fertilizer management in agriculture. In this study, spinach *(Spinacea Oleracea)* was used as a case study vegetable to determine its nitrogen use efficiency in Varamin, Iran. An experiment was conducted using split plot design with three replications. Treatments included of five levels of N as 0, 150, 200, 250 and 300 kg ha^{-1} and five levels of phosphate as 0, 37.5, 50, 62.5 and 75 kg $P_2O_5ha^{-1}$. Both fresh weight and nitrate content of leaf were measured. The optimum value of FUE obtained by applying 250 kg Nha^{-1}.

Keywords: Spinach Fertilizer Use Efficiency, Nitrogen

1- Researcher of Soil and water Department, Agricultural and Natural Resources Resaerch Center of Tehran Province (Email: msadeghipour@yahoo.com)