Archive of SID

نشریه زراعت شماره ۱۰۸، پائیز ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

اثر مصرف مقادیر مختلف کود حیوانی و نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی اسفناج *(Spinacea Oleracea)*

• مهدی صادقی پور مروی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۹۳
پست الکترونیک نویسنده مسئول: msadeghipour@hotmail.com

چکیده

در یک مطالعه مزرعه ای، اثر مقادیر مختلف کود حیوانی و نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی اسفناج (*Spinacea Oleracea*)، بررسی شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در طی سال (۸۹-۱۳۸۸) انجام شد. کود دامی (فاکتور اصلی) در ۴ سطح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار از منبع کود دامی پوسیده و نیتروژن (فاکتور فرعی) در ۴ سطح ۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار از منبع اوره، مصرف شد. پس از برداشت، وزن تازه ساقه و برگ اسفناج و مقدار نیترات آن اندازه گیری شد. نتایج نشان داد اثر اصلی فاکتور کود حیوانی و اثر اصلی فاکتور نیتروژن بر عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف کود و آب، بازده زراعی و نیترات از نظر آماری معنی دار بود. برهمکنش فاکتور کود حیوانی و نیتروژن، فقط بر عملکرد نسبی، کارایی مصرف آب و کود معنی دار بود. توصیه کودی برای حصول عملکرد بهینه، با در نظر گرفتن حد مجاز نیترات در گیاه اسفناج، ۳۰ تن کود دامی در هکتار به همراه ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار بود.

کلمات کلیدی: اسفناج، کود حیوانی، نیترات، نیتروژن

www.SID.ir

Archive of SID

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:108 pp: 53-64

The effects of cattle manure and nitrogen fertilizer application on some characteristics of Spinach *(Spinacea Oleracea)*

By:

- *M. Sadeghipour, (Corresponding Author), Agriculture and Natural Resources Research Center of Tehran*

Received: February 2013 **Accepted: February 2015**

In a field experiment, effects of amount different manure and nitrogen were investigated on quantitative and qualitative Spinach *(Spinacea Oleracea)* characteristics in Agricultural and Natural Resource Research Center of Tehran Province, Iran. Statistical experiment design was conducted with split plot design under randomized complete block design (RCBD), with three replications during two years (2009-2010). Manure (main plot) was considered in four levels of 0, 10, 20, and 30 ton ha^{-1} and nitrogen (sub plot) was considered in four levels of 0, 150, 200, and 250 kg Nha^{-1} as urea source. Stems and leaves fresh weight of spinach and there nitrate was measured after harvest. Combined two years results showed that the main effects of manure factor and nitrogen factor were significant on yield, relative yield, water use efficiency, fertilizer use efficiency, agronomic efficiency and nitrate. The interaction effects of manure and nitrogen were significant different only on relative yield, water use efficiency and fertilizer use efficiency. Fertilizer recommendation was 30 ton manure ha^{-1} with 150 kg N ha^{-1} for obtaining optimal yield with regard to legal limit of nitrate in spinach plant.

key Words: *Cattle Manure, Nitrate, Nitrogen, Spinach, Spinacea Oleracea*

مقدمه

منشا گیاه **اسفناج**، ایران است که از ۲۰۰۰ سال پیش تاکنون در ایران کاشته می شود (مبلی و پیراسته. ۱۳۷۷). به دلیل نسبت وزنی زیاد برگ اسفناج، عملکرد آن به شدت تحت تاثیر کود نیتروژن است. از طرفی مصرف بیش از حد مجاز کودهای نیتروژن منجر به تجمع **نیترات** در گیاه شده که مصرف چنین گیاهی را برای سلامتی انسان مضر می نماید. نیترات در بدن انسان تبدیل به نیتروزآمین شده و در بروز سرطان گوارشی موثر است (ملکوتی و همکاران. ۱۳۸۳). در گزارشی مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه اسفناج در هلند که مقدار نیترات به حدود ۲۵۰۰ میلی گرم نیترات در کیلوگرم وزن تر برسد حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عنوان شد (Breimer, T. 1982). در تحقیقی مقدار نیترات مجاز در اسفناج ۳۴۵ تا۳۸۹۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر عنوان شد (سیلسپور، م. و م. ممیزی. ۱۳۸۵). در یک بررسی در منطقه حکم آباد تبریز که کشت اسفناج بر اساس عرف زارع انجام شد مقدار نیترات در کشت زمستان ۱۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه و در اسفناج کشت تابستان ۲۸۵۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه اعلام شد (ملکوتی و همکاران. ۱۳۸۳). امروزه توجه ویژه ای به **سامانه تلفیقی تغذیه گیاه**[1] می شود که در آن از منابع آلی و بیولوژیک به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی مد نظر است و منجر به بهبود و حفظ بارخیزی، ساختمان، فعالیت بیولوژیک، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک می گردد. استفاده توام از **کودهای آلی** و معدنی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می دهد بلکه به ذخیره انرژی، کاهش آلودگی زیست محیطی و بهبود شرایط فیزیکی خاک کمک خواهد کرد (Sharma and Sharma. 1994). با افزودن ۳۰ تن کود دامی مرغوب به یک هکتار خاک زراعی، حدود ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن، ۹۰ کیلوگرم فسفر، ۱۶۰ کیلوگرم پتاسیم و ... به خاک افزوده می شود که بسته به نوع خاک و گیاه بایستی کاستی ها را توسط کودهای شیمیایی جبران نمود (بنایی و همکاران. ۱۳۸۳). نتایج یک بررسی نشان داد، در حالی که عملکرد کاهو و اسفناج که به وسیله کود آلی رشد کرده بودند در مقایسه با کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم کمتر بود (Vogtmann *et al*. 1984).

در آزمایشی ۱۰ تا ۲۰ تن در هکتار کمپوست به همراه کود نیتروژن به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای اسفناج توصیه شد (Adediran *et al*. 2004). **کارایی مصرف کود**، در استان های مختلف کشور کمتر از ۳۰ درصد گزارش شده بود (بنایی و همکاران. ۱۳۸۳). به عبارتی در میان محصولات کشاورزی، کارایی مصرف کود در سبزیجات به طور نسبی بالاتر بود. به طور کلی کارایی مصرف کود در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، به ترتیب ۴۲ و ۲۹ درصد گزارش شده بود (ملکوتی و همکاران. ۱۳۸۳). **کارایی مصرف آب** از دیگر پارامترهای مهم در بهره وری نهاده های کشاورزی محسوب می گردد چراکه افزایش بهره وری آب، منجر به جذب بیشتر عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد می گردد. کارایی مصرف آب در سبزیجات ۰/۰۴ تا ۴/۷ کیلوگرم

www.SID.ir

Archive of SID

وزن تازه در متر مکعب آب مصرفی گزارش شده بود (صادقی پور مروی، م. ۱۳۸۹). در پژوهشی (صادقی پور مروی، م. ۱۳۸۹)، کارایی مصرف آب در اسفناج ۷/۷ کیلوگرم وزن تازه در متر مکعب آب مصرفی نیز گزارش شده بود که در سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شده بود. علاوه بر توجه به اصول علمی، **جنبه های اقتصادی** نیز بایستی در یک توصیه کودی لحاظ گردد. مطابق قانون بازده نزولی میچرلیخ واحدهای اولیه کود، تولید را با نرخ افزایشی بالا می برند تا اینکه در نقطه ای، با ازدیاد کود، هر چند که تولید کل فزونی یابد ولی نرخ آن کاهشی بوده تا به حداکثر تولید کل برسد. اگر بیشتر از این مقدار، کود مصرف شود تولید کل نه تنها افزایشی نخواهد داشت، بلکه کاهش هم می یابد. با استفاده از منحنی ارزش تولید نهایی[۲] و ارزش تولید متوسط[۳] و با افزودن هزینه تولید به آن، نقطه ای که حداکثر سود را عاید می سازد مشخص می شود. در منحنی که محور افقی آن مقدار کود مصرفی و محور عمودی آن ارزش تولید نهایی (VMP) باشد و خط W قیمت هر کیلو کود باشد از تلاقی دو خط W و VMP نقطه ای حاصل می گردد که نقطه بهینه استفاده از کود از دیدگاه اقتصادی می باشد. لازم به ذکر است از دیدگاه اقتصادی، استفاده از هر عامل تولید تا جایی می تواند ادامه یابد که ارزش نهایی تولید آن برابر هزینه ای باشد که برای آن نهاده پرداخت می گردد. هزینه هر واحد نهاده برابر با قیمت آن نهاده است (ملکوتی و همایی، م. ۱۳۷۳). با توجه به سطح زیاد زیر کشت اسفناج در منطقه ورامین، این تحقیق به دنبال تعیین توصیه کود نیتروژن به همراه کود حیوانی برای اسفناج کشت شده در منطقه ورامین است که ضمن به دست آوردن عملکرد و کیفیت مطلوب، حد مجاز نیترات نیز در آن رعایت شده باشد.

مواد و روش ها

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر توام کود حیوانی و نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی اسفناج با کرت های خرد شده[۴] در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال (۸۹-۱۳۸۸) در ایستگاه مرکزی 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، لندفرم دشت رسوبی رودخانه ای[۵]، رژیم حرارتی خاک ترمیک[۶] و رژیم رطوبتی آن اردیک[۷] بود. رده خاک ها اریدی سول[۸]، افق سطحی اکریک[۹]، افق زیرسطحی کمبیک[۱۰] و فامیل خاک ها بر اساس سیستم طبقه بندی جامع خاک ها *fine, mixed, active, thermic, typic haplocambids* بود (صفر، م. ر.۱۳۶۹). جدول ۱ و ۲ مشخصات خاک و کود حیوانی مورد استفاده در آزمایش را نشان می دهد.

فاکتور اصلی، کود دامی از منبع کود گاوی پوسیده در چهار سطح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار و فاکتور فرعی، نیتروژن از منبع اوره با چهار سطح ۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. در هر تیمار نیتروژن، مقدار نیتروژن آزاد شده از کود دامی، از نیتروژن توصیه شده (۲۵، ۳۰)، کسر شد. در تحقیقی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن، ۱۴ تا ۳۲ میلی گرم در کیلوگرم (۰/۱۴ تا ۰/۳۲ درصد) عنوان شده بود (Takahashi *et al*. 2007). در این پژوهش، میزان معدنی شدن نیتروژن کود دامی ۰/۴ درصد در نظر گرفته شد (بنایی و همکاران. ۱۳۸۳). کود فسفر بر اساس آزمون خاک (ملکوتی و نبی غیبی.۱۳۷۹) در کلیه تیمارها به طور یکنواخت به صورت پایه مصرف گردید. کود نیتروژن به صورت تقسیط (یک سوم در مرحله کاشت و مابقی همزمان با آبیاری سوم در مرحله شش برگی) مصرف شد. هر کرت شامل سه خط، هرخط کاشت بطول سه متر، فاصله خطوط شصت سانتی متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط پنج سانتی متر بود. رقم اسفناج کشت شده، ورامین ۸۸ بود. تاریخ کاشت، ۲۸ شهریور و تاریخ برداشت ۲۵ آبان در طی دو سال (۸۹-۱۳۸۸) بود (دوره رشد ۵۸ روز). قبل از آزمایش نمونه خاک سطحی (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) به صورت مرکب برداشت شد و پارامترهای EC با دستگاه EC سنج، pH با دستگاه pH سنج، کربن آلی به روش سوزاندن تر با بی کربنات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ، فسفر قابل جذب گیاه به روش اولسن، پتاسیم قابل استفاده گیاه در خاک با دستگاه فلیم فتومتر، منگنز، مس، روی و آهن (دستگاه اسپکتروفتومتر)، آهک به روش خنثی سازی، تیتراسیون اسید کلریدریک به وسیله سود و بافت به روش هیدرومتر اندازه گیری شد (علی احیایی و امامی. ۱۳۷۲). پس از برداشت گیاه، در هر کرت (۶ متر مربع)، وزن تازه برگ و ساقه اسفناج اندازه گیری شد. نیترات به روش رنگ سنجی سولفوسالسیلیک اسید (Cataldo *et al*. 1975) با استفاده از نمونه مرکب برگ و ساقه اسفناج اندازه گیری شد. آبیاری به روش کرتی انجام شد. حجم آب آبیاری مصرف شده در آزمایش طی دو سال با استفاده از پارشال فلوم (فرداد، ح. ۱۳۶۹)، به ترتیب ۳۱۰۰ و ۳۸۰۰ متر مکعب در هکتار اندازه گیری شد. عملکرد نسبی از نسبت عملکرد در قطعه مورد نظر، به عملکرد در قطعه شاهد (بدون مصرف کود) محاسبه گردید. کارایی مصرف کود، کیلوگرم محصول تولیدی به ازای کیلوگرم کود نیتروژن مصرفی بود (بنایی و همکاران. ۱۳۸۳). بازده زراعی، افزایش عملکرد به ازای یک واحد کود نیتروژن است (Takahashi *et al*. 2007) که از نسبت اختلاف عملکرد در قطعه کود داده شده و شاهد به مقدار کود نیتروژن مصرف شده محاسبه گردید. کارایی مصرف آب، کیلوگرم وزن تازه محصول تولیدی به ازای یک متر مکعب آب مصرفی بود (بنایی و همکاران. ۱۳۸۳). حد مجاز نیترات در گیاه ۳۰۰۰ میلی گرم نیترات در کیلوگرم وزن تازه گیاه در نظر گرفته شد (۳، ۴۳، ۴۴). ارزش نهایی تولید[۱۱] از حاصل ضرب قیمت محصول تولید شده (P) در تولید نهایی[۱۲] بدست آمد $(VMP = MPP \times P)$. تولید نهایی نیز از نسبت اختلاف عملکرد به اختلاف مصرف کود محاسبه گردید

$$(MPP = \frac{\Delta TPP}{\Delta X})$$

تولید کل[۱۳] شامل عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار و X مقدار کود مصرفی بر حسب کیلوگرم در هکتار بود. ارزش تولید کل[۱۴] از حاصل ضرب تولید نهایی (MPP) در قیمت کود مصرفی (W) بدست آمد $(VAP = MPP \times W)$ که در آن W، قیمت کود مصرفی بر حسب ریال بود. بر اساس این روش نقطه ای مشخص شد (F) که بیشترین سود حاصل می گردد (۲۴). بر این مبنا قیمت فروش هر کیلوگرم اسفناج در مزارع ورامین ۱۰۰۰ ریال، قیمت هر کیسه ۵۰ کیلوگرمی کود نیتروژن (اوره) ۵۵۰۰۰ ریال و قیمت ده تن کود حیوانی پوسیده خشک ۱۵۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد. تجزیه واریانس، رسم نمودارها و تعیین ضرایب همبستگی به ترتیب با استفاده از نرم افزارهای Mstatc، Ms Excel و SAS 3.2 انجام گردید (رضایی و سلطانی. ۱۳۷۷).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

بر اساس جدول ۱ و ۲، پ هاش خاک، حدود خنثی و کربن آلی، کم بود. خاک، محدودیت شوری برای رشد گیاه نداشت. بر اساس آزمون خاک، کاربرد کود فسفر برای رشد بهتر گیاه لازم بود (ملکوتی و نبی غیبی.۱۳۷۹). کود حیوانی مصرف شده، پ هاش نسبتا قلیایی و غنی از کربن آلی و فسفر بود. جدول ۳ و ۴ به ترتیب، میانگین مربعات سالانه و مرکب عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف کود، کارایی مصرف آب، بازده زراعی و غلظت نیترات در برگ و ساقه اسفناج را نشان می دهد. جدول ۵، ۶ و ۷ به ترتیب اثر اصلی فاکتور کود حیوانی، اثر اصلی فاکتور نیتروژن و بر همکنش کود حیوانی و نیتروژن را بر پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایش نشان می دهد. جدول ۸، ۹ و ۱۰ به ترتیب، ضریب همبستگی اثر اصلی فاکتور کود حیوانی، اثر اصلی فاکتور نیتروژن و بر همکنش کود حیوانی و نیتروژن را میان خصوصیات مورد بررسی نشان می دهد.

بحث

عملکرد

بر اساس جدول ۳ در سال اول و دوم، اثر اصلی کود حیوانی و اثر اصلی کود نیتروژن بر عملکرد گیاه در سطح یک درصد، معنی دار شد، ولی بر همکنش آنها در سال اول معنی دار نشد ولی در سال دوم (در سطح پنج درصد) معنی دار شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده های دو ساله نیز با نتایج سال اول مطابقت داشت که نتایج تحقیقات قبلی نیز آنرا تایید می کرد (رضایی، ح. ۱۳۹۲). نتایج تجزیه مرکب داده های دو ساله نشان داد اثر سال بر عملکرد معنی دار بود (در سطح آماری یک درصد) که می تواند ناشی از متغییر بودن شرایط اقلیمی در طی سال های اجرای پژوهش باشد. بر اساس جدول ۵ در سال اول، با افزایش کاربرد کود حیوانی تا سطح ۳۰ تن در هکتار، عملکرد گیاه افزایش نشان داد (عملکرد۲۴ تن در هکتار). ولی در سال دوم ۱۰ تن کود دامی در هکتار قابل توصیه بود (عملکرد ۲۱ تن در هکتار). نتایج مرکب دو سال، سطح ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار را تایید کرد (عملکرد ۲۱ تن در هکتار). نتایج پژوهشی دیگر، ۲۰ تن کود حیوانی در هکتار را توصیه کرده بود (رضایی، ح. ۱۳۹۲). که دلیل این تفاوت می تواند مربوط به اختلاف در ترکیب شیمیایی کود حیوانی کاربردی باشد. جدول ۶ نشان داد در سال اول با افزایش کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار، عملکرد افزایش داشت (عملکرد ۱۷ تن در هکتار) و با افزایش مصرف کود بیش از این سطوح، افزایش عملکرد معنی داری به دست نیامد در حالی که در سال دوم تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش معنی دار درعملکرد وجود داشت (عملکرد ۳۲ تن درهکتار). نتایج مرکب دو ساله نشان داد سطح ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مناسب بود (عملکرد ۲۱ تن در هکتار). این نتیجه با نتایج تحقیق قبلی که از میان سطوح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بهترین عملکرد را داشت، همخوانی داشت (رضایی، ح. ۱۳۹۲). افزایش عملکرد ناشی از افزایش کود نیتروژن، می تواند به علت تاثیر نیتروژن بر رشد رویشی گیاه و انجام فرایند فتوسنتز و ذخیره سازی بیشتر باشد (رضایی، ح. ۱۳۹۲). بر اساس جدول ۷ در برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن در سال دوم، مناسب ترین عملکرد در سطح ۳۰ تن کود دامی در هکتار و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (بدون در نظر گرفتن حد مجاز نیترات در گیاه). این نتایج با نتایج پژوهش های دیگر که بیشترین عملکرد اسفناج (۲۴ تن در هکتار) از تیمار ۲۰ تن کود حیوانی در هکتار و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شده بود همخوانی داشت (رضایی، ح. ۱۳۹۲). بدین ترتیب، مناسب ترین سطوح کودی، برای دستیابی به عملکرد مطلوب، از کاربرد ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار بود (عملکرد ۴۶ تن در هکتار). این نتایج با نتایج تحقیات قبلی (چراتی و همکاران. ۱۳۸۸)،. (Giardini *et al*. 1992) همخوانی داشت که البته در برخی موارد،منجر به نیترات بیش از حد مجاز گردید.

عملکرد نسبی

در سال اول و دوم، اثر اصلی فاکتور کود حیوانی و اثر اصلی فاکتور نیتروژن بر عملکرد نسبی گیاه در سطح یک درصد معنی داری بود ولی برهمکنش آنها فقط درسال دوم در سطح پنج درصد معنی دار شد. نتایج تجزیه مرکب دو ساله نیز با نتایج سال دوم مطابقت داشت. در سال اول و دوم، با افزایش کاربرد کود حیوانی تا سطح ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار، عملکرد نسبی افزایش نشان داد (عملکرد نسبی ۲/۸ و ۴/۳ به ترتیب در سال اول و دوم). نتایج مقایسه میانگین های مرکب نیز همین نتیجه را تایید کرد (عملکرد نسبی ۳/۴). در اثر اصلی نیتروژن در طی سال اول و دوم، با افزایش کاربرد نیتروژن، تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار، عملکرد نسبی افزایش معنی دار در سطح یک درصد داشت (عملکرد نسبی ۲/۱ و ۴/۹ به ترتیب در سال اول و دوم) که با نتایج مرکب دو ساله مطابقت داشت (عملکرد نسبی ۳/۴). در برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن، تیمار ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بهترین عملکرد نسبی را در سال دوم (عملکرد نسبی ۶/۶) و نتایج مرکب دو ساله (عملکرد نسبی ۴/۸) داشت. بدین ترتیب، بهترین عملکرد نسبی از کاربرد تیمار ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار به دست آمد. در پژوهشی دیگر نیز در کاربرد ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد نسبی مطلوبی بدست آمد (صادقی پور مروی، م. ۱۳۸۹).

کارایی مصرف کود

بر اساس جدول ۱، در سال اول، اثر اصلی فاکتور کود حیوانی و اثر اصلی فاکتور نیتروژن بر کارایی مصرف کود در سطح یک درصد معنی دار بود و برهمکنش آن ها بر کارایی مصرف کود در سطح پنج درصد معنی دار شد. در سال دوم، اثر اصلی فاکتور کود حیوانی و اثر اصلی فاکتور نیتروژن بر کارایی مصرف کود به ترتیب در سطح پنج درصد و یک درصد معنی دار شد. این در حالی بود که برهمکنش فاکتور کود حیوانی و نیتروژن بر کارایی مصرف کود، در سطح پنج درصد معنی دار بود. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده های دو ساله حاکی از تاثیر معنی دار اثر اصلی کود حیوانی و نیتروژن و برهمکنش آنها بر کارایی مصرف کود در سطح آماری یک درصد بود. بیشترین کارایی مصرف کود در سال اول و دوم و نتایج مرکب دوساله، در اثر اصلی فاکتور کود حیوانی با کاربرد ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار و در اثر اصلی فاکتور نیتروژن، به ترتیب در سطح ۲۰۰ ، ۱۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۵/۶، ۱۱/۷ و ۹/۰ وزن تازه گیاه در متر مکعب آب مصرفی) به دست آمد. در برهمکنش فاکتور کود حیوانی و نیتروژن، بهترین کارایی مصرف کود با کاربرد توام ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نتایج تجزیه سال دوم و نتایج مرکب دو ساله حاصل شد. بدین ترتیب، تیمار کودی مطلوب، برای دستیابی به کارایی مصرف کود مناسب، ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار همراه با ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار بود. تغییرات رشد کارایی مصرف کود در کاربرد کود حیوانی بسیار بیشتر از نیتروژن بود که نشان دهنده تاثیر مثبت کود حیوانی نسبت به کود نیتروژن در افزایش کارایی مصرف کود بود که در گزارشات قبلی نیز به آن اشاره شده بود

www.SID.ir

Archive of SID

(Kansal *et al*. 1981). الگوی تغییرات کارایی مصرف کود در کاربرد کود حیوانی سیر صعودی داشت ولی این روند در مورد فاکتور نیتروژن، نزولی بود که الگوی این تغییرات در مورد فاکتور کود نیتروژن با قانون بازده نزولی میچرلیخ مطابقت داشت. نتایج تجزیه مرکب داده های دو ساله نشان داد در بر همکنش کود حیوانی ونیتروژن، کارایی مصرف کود بیش از ۵۰ درصد بود که گویای تاثیر مدیریت صحیح عملیات زراعی (تقسیط کود، مصرف کود مطابق آزمون خاک و کنترل علف های هرز) بود. تاثیر تقسیط کود نیتروژن در ارتقای کارایی مصرف کود در تحقیق دیگری نیز گزارش شده بود (Giardini *et al*. 1992; Kansal *et al*. 1981)؛ از دلایل دیگر افزایش کارایی مصرف کود، مصرف متعادل عناصر غذایی گزارش بود. در تحقیقی که فقط از کود شیمیای نیتروژن و فسفر (بدون کاربرد کود حیوانی) استفاده شده بود کارایی مصرف کود بالای ۳۰ درصد گزارش شده بود (صادقی پور مروی، م. ۱۳۸۹)، (Kansal *et al*. 1981) که در مقایسه با نتایج این پژوهش، نشان دهنده تاثیر مثبت کود حیوانی همراه با کود شیمیایی در افزایش کارایی کود بود.

کارایی مصرف آب

بر اساس جدول ۳ و ۴ در سال اول، دوم و همچنین در نتایج مرکب دوساله، اثر اصلی فاکتور کود حیوانی و اثر اصلی فاکتور نیتروژن بر کارایی مصرف آب، در سطح یک درصد معنی دار بود ولی بر همکنش آنها فقط در سال دوم و در نتایج مرکب دو ساله در سطح پنج درصد معنی دار شد. بر اساس جدول ۵، با افزایش کاربرد کود حیوانی تا سطح ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار، افزایش معنی دار کارایی مصرف آب در سال اول، دوم و نتایج مرکب دو ساله مشاهده شد. بر اساس جدول ۶ در اثر اصلی نیتروژن، کارایی مصرف آب در سال اول، دوم و نتایج مرکب دو ساله، به ترتیب تا سطح ۲۵۰،۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار، افزایش نشان داد. این اعداد، نشان دهنده کارایی بالای مصرف آب در این پژوهش بود. علت آن هم، رعایت اصول کاشت صحیح گیاه، مبارزه صحیح علف های هرز، آبیاری صحیح و در کل مدیریت زراعی، بود. جدول ۷ نشان داد در برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن، تیمار ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار به همراه ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بهترین کارایی مصرف آب را در سال دوم و نتایج مرکب دو ساله داشت. بدین ترتیب بهترین کارایی مصرف آب، از تیمار ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار به همراه ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار بود. بیشترین کارایی مصرف آب در سال اول، دوم و نتایج مرکب دو ساله در اثر اصلی فاکتور کود حیوانی به ترتیب ۵، ۷ و ۶ $kg\ FW\ m^{-3}\ water$ و در اثر اصلی فاکتور نیتروژن به ترتیب ۳، ۸ و ۶ $kg\ FW\ m^{-3}\ water$ به دست آمد. کارایی مصرف آب در سبزیجات ۰/۰۴ تا ۴/۷ کیلوگرم وزن تازه به متر مکعب آب مصرفی گزارش شده بود (بنایی و همکاران. ۱۳۸۳). بر این اساس، کارایی مصرف آب در این تحقیق، در حد مطلوبی بود.

نیترات

در سال اول و دوم، فقط اثر اصلی فاکتور نیتروژن بر نیترات به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی دار شد و سایر موارد اثر معنی داری نشان نداد که گویای این مطلب است که تجمع نیترات در گیاه تابع کاربرد نیتروژن است و کاربرد کود حیوانی بر مقدار نیترات گیاه تاثیری ندارد. مشابه این نتایج در تحقیقات قبلی (معافپوریان و همکاران. ۱۳۸۸) نیز حاصل شده بود. این در حالی بود که در نتایج مرکب دو ساله، اثر اصلی فاکتور کود حیوانی (در سطح پنج درصد) و اثر اصلی فاکتور نیتروژن (در سطح یک درصد) بر نیترات گیاه معنی دار شد ولی برهمکنش آنها معنی دار نشد. این نتایج نیز با نتایج تحقیق قبل (رضایی، ح. ۱۳۹۲) همخوانی داشت. نتایج تجزیه مرکب داده های دو ساله نشان داد در اثر اصلی فاکتور کود حیوانی، بیشترین مقدار نیترات در سطح ۲۰ تن کود حیوانی در هکتار و بیشتر حاصل شد که آن هم در حد مجاز نیترات در گیاه بود که این نتایج با نتایج تحقیقات قبلی همخوانی داشت (۱). مقدار نیترات گیاه در سال اول و دوم نیز در حد مجاز بود. در اثر اصلی فاکتور نیتروژن بر نیترات، در سال اول، دوم و نتایج مرکب دو ساله، به ترتیب در سطح ۲۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش معنی دار نیترات مشاهده شد که این مقادیر در حد مجاز نیترات در گیاه بود. این نتایج با نتایج تحقیق دیگری (رضایی، ح. ۱۳۹۲) که نشان داد تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، مقدار نیترات افزایش یافته بود، همخوانی داشت. با این وجود برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن در نتایج سال دوم و نتایج مرکب دو ساله نشان داد تیمار ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار به همراه ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار و همچنین تیمار ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار به همراه ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار، مقدار نیترات بیش از حد مجاز نیترات در گیاه، وجود داشت. بدین ترتیب کاربرد ۳۰ تن کود حیوانی می بایست با کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه باشد تا از ورود نیترات به زنجیره غذایی انسان جلوگیری کند. بر این مبنا به منظور رعایت حد مجاز نیترات در گیاه، توصیه کودی شامل ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار همراه با ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود تا از اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف نامتعادل نیتروژن بکاهد. این نتایج در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده بود (Vogtmann *et al*. 1984)، (صادقی پور مروی، م. ۱۳۸۹).

ارزیابی اقتصادی (ارزش نهایی تولید)

نمودار ۱ الگوی تغییرات VMP نسبت به سطوح مختلف کود حیوانی نشان می دهد. الگوی این تغییرات بر اساس نتایج مرکب دوساله نشان داد کاربرد ۱۵ تن کود حیوانی در هکتار از لحاظ اقتصادی مطلوب بود. الگوی تغییرات کود حیوانی نسبت به ارزش نهایی تولید به صورت معادله درجه دوم بود. باید در نظر داشت مصرف بیش از این مقدار، کاربرد کود حیوانی را غیر اقتصادی می نماید. این در حالی است که در صورت اختصاص یارانه به کودهای آلی، سطح اقتصادی کاربرد کود حیوانی، افزایش خواهد یافت و کاربرد مقادیر بیشتر کود حیوانی در آن حالت صرفه اقتصادی خواهد داشت. نمودار ۲ الگوی تغییرات VMP نسبت به سطوح مختلف کود نیتروژن را نشان می دهد. الگوی این تغییرات در نتایج مرکب دو ساله به صورت معادله درجه سوم بود. بر این اساس مقدار بهینه کود نیتروژن از دیدگاه اقتصادی طی دو سال آزمایش ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و مصرف بیش از این مقدار، کاربرد کود نیتروژن را غیر اقتصادی می نمود. یکی از دلایل اقتصادی شدن کاربرد نیتروژن در سطح بالا (۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، قیمت نسبتا کم آن نسبت به کودهای آلی بود. بایستی در نظر داشت در صورت افزایش قیمت کود شیمیایی نیتروژن (حذف یا کاهش یارانه پرداختی به کودهای شیمیایی)، سطح اقتصادی مصرف کود شیمیایی، کاهش خواهد یافت.

همبستگی میان پارامترهای اندازه گیری شده

بر اساس جدول ۸ در نتایج مرکب داده های دو ساله، در اثر اصلی فاکتور کود حیوانی همبستگی مثبت و معنی داری میان پارامتر کارایی مصرف کود و پارامترهای عملکرد، عملکرد نسبی و کارایی مصرف آب وجود داشت. همچنین کارایی مصرف آب نیز با عملکرد و عملکرد نسبی همبستگی مثبت و معنی دار داشت. مقایسه ضریب همبستگی اثر اصلی فاکتور نیتروژن در نتایج مرکب داده های دو ساله (جدول ۹) نشان داد میان کارایی مصرف کود و پارامترهای عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف آب، بازده زراعی و نیترات همبستگی معنی دار وجود نداشت که در تحقیقات قبلی نیز به آن اشاره شده بود (صادقی پور مروی، م. ۱۳۸۹). بر اساس جدول ۱۰ در نتایج مرکب داده های دوساله، در اثر برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن، میان اکثر خصوصیات مورد بررسی همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده شد. نمودار ۳ و ۴ الگوی تغییرات عملکرد و کارایی مصرف کود را به ترتیب در سطوح کود حیوانی و نیتروژن نشان می دهد. بر اساس نمودار ۴ الگوی تغییرات کارایی مصرف کود نسبت به سطوح مختلف نیتروژن خطی و نزولی بدست آمد در حالی که در پژوهشی دیگر (صادقی پور مروی، م. ۱۳۸۹) الگوی تغییرات کارایی مصرف کود نسبت به سطوح مختلف نیتروژن به صورت معادله درجه سوم گزارش شده بود که نقطه عطف آن ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار منحنی سیر صعودی داشت ولی بعد از آن افزایشی مشاهده نشد که علت آن می تواند مصرف نامتعادل کود باشد. نمودار ۴ حاکی از آن بود که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، گرچه افزایش عملکرد وجود داشت ولی کارایی مصرف کود سیر نزولی (یا تقریبا ثابتی) داشت در حالی که با افزایش کاربرد کود حیوانی (نمودار ۳)، عملکرد و کارایی مصرف کود به صورت معادله درجه سوم سیر صعودی نشان دادند. این مطلب موید مزیت نسبی کاربرد کود حیوانی نسبت به کود نیتروژن بود.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج پژوهش، در اثر اصلی کود حیوانی، مصرف بهینه کود ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار، در اثر اصلی کود نیتروژن ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در بر همکنش کود حیوانی و نیتروژن ۳۰ تن کود حیوانی در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. بر این مبنا، استفاده از منابع آلی و بیولوژیک به همراه کودهای معدنی برای دستیابی به کشاورزی پایدار، پیشنهاد می گردد. همچنین رعایت توصیه کودی، ضمن مدیریت مصرف کود حیوانی و نیتروژن، از ورود بیش از حد مجاز آلاینده هایی از قبیل نیترات به رژیم غذایی جلوگیری خواهد کرد. در تحقیقات آتی نیز، تاثیر کودهای زیستی (بیولوژیک) همراه با کودهای آلی و معدنی در رشد بهینه گیاه، مورد بررسی قرار گیرد.

سپاس گزاری

این پژوهش بر اساس طرح تحقیقاتی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به شماره مصوب **۸۷۰۲۷- ۱۰-۷۲-۲** 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 (www.tehran.areo.ir) برای تامین مالی، تهیه امکانات و تجهیزات لازم و از موسسه تحقیقات خاک و آب (www.swri.ir) برای تایید علمی و انجام آزمایشات خاک و گیاه، سپاس گزاری می‌گردد.

پاورقی ها

1. Integrated Plant Nutrition System
2. Value Marginal Product (VMP)
3. Value Average Product (VAP)
4. Split Plot
5. River Alluvial Plain
6. Thermic
7. Aridic
8. Aridisols
9. Ochric
10. Cambic
11. Value Marginal Product (VMP)
12. Marginal Physical Product (MPP)
13. Total Physical Product (TPP)
14. Value Average Product (VAP)

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش

عمق	درصد اشباع	هدایت الکتریکی	اسیدیته گل اشباع	مواد خنثی شونده	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	مس	CEC	بافت
						فرم قابل جذب						
(cm)	(٪)	(dSm^{-1})		(٪)	(%)	mg kg^{-1}					$Cmol\ kg^{-1}$	
۰-۳۰	۴۱/۶	۲/۹	۶/۹	۱۹	۰/۶۸	۲۰	۱۸۵	۵/۰۸	۱۱/۱۶	۱/۰۸	۱۳/۳۵	رسی

جدول ۲- مشخصات کود آلی استفاده شده

درصد اشباع	هدایت الکتریکی	اسیدیته	مواد خنثی شونده	کربن آلی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن کل	منگنز کل	مس کل
(%)	(dSm^{-1})		(%)	(%)			(mg kg^{-1})		
۷۵/۱	۴۰	۷/۶	۱۷	۵/۳	>۲۰	۲۳۰	۱۵۴۵۶	۷۹۰	۲۶

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین مربعات سالانه عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف کود، کارایی مصرف آب، بازده زراعی و غلظت نیترات در برگ و ساقه اسفناج

سال	منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	عملکرد نسبی	کارایی مصرف کود	کارایی مصرف آب	نیترات
اول	تکرار	۲	۱۸۲/۷ **	۱/۱۵ *	۳۵۳۷ **	۱۷/۹ **	۷۸۹۱۶۶۵ ns
	فاکتور کود حیوانی	۳	۲۳۲/۶ **	۶/۸۳ **	۳۸۱۶ **	۲۲/۷ **	۴۱۶۵۹۱۹ ns
	اشتباه	۶	۱۴/۷	۰/۱۷	۲۵۳	۱/۴	۱۹۴۱۱۹۹
	فاکتور نیتروژن	۳	۲۲/۴ **	۰/۶۵ **	۱۰۷۵۹ **	۲/۱ **	۶۹۲۰۰۰۰ **
	برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن	۹	۱/۲ ns	۰/۰۳ ns	۵۵۱ *	۰/۱ ns	۳۵۱۶۲۴ ns
	اشتباه	۲۴	۲/۹	۰/۰۸	۱۷۲	۰/۳	۱۲۷۳۸۶۷
	C.V (ضریب تغییرات)٪	-	۱۵/۹	۱۵/۴	۳۰/۲	۱۵/۹	۵۵/۲۱
دوم	تکرار	۲	۰/۲۳۴ ns	۰/۵۷۷ ns	۵۳/۷۷۲ ns	۰/۰۱۵ ns	۳۷۳۸۸۰ ns
	فاکتور کود حیوانی	۳	۴۲۵/۲۱۶ **	۸/۸۰۴ **	۸۴۴۷/۷۲۳ *	۲۸/۸۸۵ **	۴۸۵۵۹۱۱ ns
	اشتباه	۶	۳۴/۸۷۱	۰/۸۵۳	۸۹۸/۲۶	۲/۳۶۰	۲۵۴۳۶۷
	فاکتور نیتروژن	۳	۱۰۸۶/۷۱۵ **	۲۱/۷۱۲ **	۴۴۸۷۱/۳۹۹ **	۷۳/۷۲۷ **	۴۸۵۹۲۸۹ *
	برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن	۹	۵۱/۷۴۲ *	۱/۰۴۱ *	۱۱۵۱/۳۲۱ *	۳/۵۰۷ *	۵۵۹۷۹۲ ns
	اشتباه	۲۴	۱۹/۵۹۵	۰/۴۱۶	۴۴۹/۶۸۳	۱/۳۲۸	۱۱۸۷۷۳۸
	C.V (ضریب تغییرات)٪	-	۲۱/۱۵	۲۱/۸۲	۲۳/۲۳	۲۱/۱۴	۵۶/۰۱

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

جدول ۴ - میانگین مربعات مرکب عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف کود، کارایی مصرف آب، بازده زراعی و غلظت نیترات در برگ و ساقه اسفناج

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	عملکرد نسبی	کارایی مصرف کود	کارایی مصرف آب	نیترات
سال	۱	۲۱۵۵ **	۲۸ **	۵۴۶۴۰ **	۱۰۱ **	۲۳۲۷۵۵ ns
سال×تکرار	۴	۹۱ *	۰/۸۰ ns	۱۷۹۵ ns	۸ *	۴۱۳۲۷۷۲ ns
فاکتور کود حیوانی	۳	۴۸۰ **	۱۳ **	۱۱۰۷۱ **	۴۸ **	۸۸۱۲۱۸۲ *
بر همکنش سال و کود حیوانی	۳	۴۵ ns	۱ ns	۱۱۹۲ **	۳ ns	۲۰۹۶۴۹ ns
اشتباه	۱۲	۲۴	۰/۴۹	۵۷۵	۱	۲۲۴۲۳۸۳
فاکتور نیتروژن	۳	۵۸۶ **	۱۵ **	۴۸۵۸۱ **	۵۰ **	۱۱۴۹۵۲۰۹ **
برهمکنش سال وکود نیتروژن	۳	۳۰۹ **	۷ **	۷۰۴۹ **	۲۵ **	۲۸۴۰۸۰ ns
برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن	۹	۱۵ ns	۰/۵۶ *	۱۳۰۳ **	۱ *	۶۴۷۴۹۷ ns
برهمکنش سال و کود حیوانی و نیتروژن	۹	۱۲ ns	۰/۵۰ ns	۳۹۹ ns	۱ *	۲۶۳۹۱۹ ns
اشتباه	۴۸	۱۱	۰/۲۶	۳۱۱	۰/۸۱	۱۲۳۰۸۰۳
C.V (ضریب تغییرات)٪	-	۲۱/۵۹	۲۱/۰۰	۲۶/۱۷	۲۰/۳۷	۵۵/۶۱

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- اثر اصلی فاکتور کود حیوانی بر عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف کود، کارایی مصرف آب در گیاه اسفناج

سال	فاکتور کود حیوانی (ton ha^{-1})	عملکرد (ton ha^{-1})	عملکرد نسبی	کارایی مصرف کود (kg FW kg^{-1} fertilizer)	کارایی مصرف آب (kg FW m^{-3} water)	نیترات (mg NO_3 kg^{-1} FW)
اول	۰	۸/۰ c	۱/۱۶ c	۲۷/۳ c	۲/۱۱ c	۱۴۰۸
	۱۰	۱۱/۹ b	۱/۴۱ c	۳۲/۲ bc	۲/۵۲ c	۱۸۴۸
	۲۰	۱۵/۴ b	۲/۰۸ b	۴۷/۷ b	۳/۷۴ b	۲۱۰۵
	۳۰	۲۴/۹ **a**	۲/۸۴ **a**	۶۶/۹ **a**	۵/۱۷ **a**	۲۸۱۵
	LSD	۳/۸۳	۰/۴۲	۱۵/۸	۱/۱۹	-
دوم	۰	۱۳/۹۹c	۱/۵۳c	۶۱/۰۴c	۳/۶۴۴c	۱۴۸۲
	۱۰	۲۱/۴۲**ab**	۳/۳۸b	۹۳/۵۵b	۵/۵۷۸b	۱۵۵۷
	۲۰	۱۹/۸۵bc	۲/۳bc	۸۵/۲۴bc	۵/۱۶۸bc	۱۸۷۸
	۳۰	۲۸/۴۷a	۴/۳۴**a**	۱۲۵/۳**a**	۷/۴۱۶**a**	۲۸۶۴
	LSD	۵/۸۹۹	۰/۹۲۲۶	۲۹/۹۴	۱/۵۳۵	-
دو سال	۰	۱۰/۳۸c	۱/۵۶c	۴۴/۱۸c	۲/۸۸c	۱۴۴۵b
	۱۰	۱۴/۷۴b	۲/۲۳b	۶۲/۹۲b	۴/۰۵b	۱۷۰۳b
	۲۰	۱۵/۹۱b	۲/۴۳b	۶۶/۴۸b	۴/۴۶b	۱۹۹۲**ab**
	۳۰	۲۱/۲۵**a**	۳/۴۰**a**	۹۶/۱۰**a**	۶/۳۰**a**	۲۸۴۰a
	LSD	۳/۰۸	۰/۴۴	۱۵/۰۸	۰/۸۷	-

احتمال آماری در سطح پنج درصد است.

جدول ۶- اثر اصلی فاکتور نیتروژن بر عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف کود، کارایی مصرف آب، بازده زراعی و نیترات در گیاه اسفناج

سال	فاکتور نیتروژن (kg Nha^{-1})	عملکرد (ton ha^{-1})	عملکرد نسبی	کارایی مصرف کود (kg FW kg^{-1} fertilizer)	کارایی مصرف آب (kg FW m^{-3} water)	نیترات (mg NO_3 kg^{-1} FW)
اول	۰	۱۵/۷ b	۱/۶۴ c	-	۲/۹۲ c	۱۰۸۵ c
	۱۵۰	۱۶/۶ **ab**	۱/۷۴ c	۶۷/۵ a	۳/۱۷ bc	۱۸۸۶bc
	۲۰۰	۱۷/۳ a	۱/۹۵b	۵۶/۹ **ab**	۳/۵۶ **ab**	۲۳۱۷**ab**
	۲۵۰	۱۷/۲ a	۲/۱۶ **a**	۴۹/۷ b	۳/۸۹ a	۲۸۸۸a
	LSD	۱/۴۳	۰/۱۶	۱۱/۰	۰/۴۵	۹۵۱
دوم	۰	۱۰/۰۶d	۱/۱۶d	-	۲/۶۱۸d	۱۰۱۲ b
	۱۵۰	۱۷/۵۶c	۲/۸۳c	۱۱۷/۰**a**	۴/۵۷۳c	۱۳۰۸ **ab**
	۲۰۰	۲۳/۵۶b	۳/۲۲b	۱۱۷/۸a	۶/۱۳۷b	۱۵۵۶ab
	۲۵۰	۳۲/۵۶**a**	۴/۹۸**a**	۱۳۰/۲a	۸/۴۷۸**a**	۲۰۵۲a
	LSD	۳/۷۳۰	۰/۵۴۳۴	۱۷/۸۷	۰/۹۷۱۰	۹۱۸/۳
دو سال	۰	۹/۷۰d	۱/۵۳d	-	۲/۷۷d	۱۱۷۱c
	۱۵۰	۱۳/۸۴c	۲/۰۷c	۹۲/۲۹**a**	۳/۸۷c	۱۷۳۵bc
	۲۰۰	۱۷/۴۸b	۲/۶۴b	۸۷/۳۹a	۴/۸۵b	۲۳۰۸**ab**
	۲۵۰	۲۱/۲۵**a**	۳/۳۸**a**	۹۰/۰۰a	۶/۱۹**a**	۲۷۶۴a
	LSD	۱/۹۳	۰/۲۹	۱۰/۲۴	۰/۵۲	۶۴۳

احتمال آماری در سطح پنج درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- برهمکنش فاکتور کود حیوانی و نیتروژن بر عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف کود، کارایی مصرف آب و نیترات در گیاه اسفناج

تیمار (M: ton Manure ha^{-1}; N: kg N ha^{-1})	نیترات (mg NO_3 kg^{-1} FW)	کارایی مصرف آب (kg FW m^{-3} water)	کارایی مصرف کود (kg FW kg^{-1}Fertilizer)	عملکرد نسبی	عملکرد (ton ha^{-1})	عملکرد نسبی	کارایی مصرف کود (kg FW kg^{-1}fertilizer)	کارایی مصرف‌آب (kg FW m^{-3}water)	نیترات (mg NO_3 kg^{-1} FW)	کارایی مصرف کود (kg FW kg^{-1} fertilizer)	نیترات (mg NO_3 kg^{-1} FW)
	دو سال				سال دوم					سال اول	
M_0N_0	۷۷۳	۱/۸j	–	۱j	۷/۱۱h	۱/۰h	–	۱/۸۵۰h	۱۰۱۲	–	۵۳۵
M_0N_{150}	۱۲۵۹	۲/۶hij	۶۱/۹cd	۱/۴hij	۱۲/۲۲fgh	۱/۷۰۳fgh	۸۱/۴۸e	۳/۱۸۰fgh	۱۳۰۸	۴۲/۴def	۱۲۱۱
M_0N_{200}	۱۴۱۵	۳/۲ghi	۵۷/۶d	۱/۷ghi	۱۶/۰۹efg	۲/۲۴۷efg	۸۰/۴۵e	۴/۱۹۰efg	۱۵۵۶	۳۴/۸f	۱۲۷۵
M_0N_{250}	۲۳۳۱	۳/۹Fg	۵۷/۱d	۲/۱fg	۲۰/۵۶de	۲/۸۶۳de	۸۲/۲۳e	۵/۳۵۷de	۲۰۵۲	۳۲/۰f	۲۶۱۱
$M_{10}N_0$	۸۸۶	۲/۳ij	–	۱/۳ij	۹/۷۸۰gh	۱/۳۶۷gh	–	۲/۵۴۷gh	۱۱۵۷	–	۶۱۶
$M_{10}N_{150}$	۱۷۶۹	۳/۴fgh	۸۳/۵b	۱/۹fgh	۱۸/۰۱ef	۲/۵۵۷ef	۱۲۰/۱cd	۴/۶۹۳ef	۱۴۱۰	۴۶/۹def	۲۱۲۹
$M_{10}N_{200}$	۱۹۷۸	۴/۳ef	۷۷/۶bc	۲/۳ef	۲۲/۶de	۳/۱۹۰de	۱۱۳/۰de	۵/۸۸۷de	۱۷۹۹	۴۲/۲def	۲۱۵۹
$M_{10}N_{250}$	۲۱۷۶	۶/۲bc	۹۰/۶b	۳/۴bc	۳۵/۲۸b	۵/۴۰b	۱۴۱/۱bcd	۹/۱۸۷b	۱۸۶۵	۴۰/۰ef	۲۴۸۸
$M_{20}N_0$	۱۳۴۹	۳/۱ghi	–	۱/۷ghi	۱۱/۳۹fgh	۱/۶۰fgh	–	۲/۹۶۷fgh	۱۲۰۹	–	۱۴۹۰
$M_{20}N_{150}$	۱۷۳۳	۳/۹fg	۹۲/۱۶b	۲/۱fg	۱۷/۲۰efg	۲/۴۱۰efg	۱۱۴/۷de	۴/۴۸۰efg	۱۶۴۵	۶۹/۶bc	۱۸۲۲
$M_{20}N_{200}$	۲۲۳۹	۵/۰de	۸۹/۸b	۲/۷de	۲۳/۰۸de	۳/۲۵۳de	۱۱۵/۴de	۶/۰۱۰de	۲۰۰۱	۶۴/۰cd	۲۴۷۷
$M_{20}N_{250}$	۲۶۴۵	۵/۸cd	۸۴/۰b	۳/۲cd	۲۷/۷۲cd	۳/۹۱۰cd	۱۱۰/۹de	۷/۲۱۷cd	۲۶۶۰	۵۷/۱cde	۲۶۳۲
$M_{30}N_0$	۱۶۷۴	۳/۹fg	-	۲/۱fg	۱۱/۹۴fgh	۱/۶۹۷fgh	–	۳/۱۱۰fgh	۱۶۴۷	–	۱۷۰۱
$M_{30}N_{150}$	۲۱۷۹	۵/۶cd	۱۳۱/۵a	۲/۹cde	۲۲/۷۹de	۳/۲۶۰de	۱۵۲/۰abc	۵/۹۳۷de	۱۹۷۸	۱۱۱/۱a	۲۳۸۲
$M_{30}N_{200}$	۳۶۰۱ELL	۶/۹b	۱۲۴/۵a	۳/۸b	۳۲/۴۶bc	۴/۶۰۰bc	۱۶۲/۵ab	۸/۴۶۳bc	۳۸۴۶	۸۶/۶b	۳۳۵۷
$M_{30}N_{250}$	۳۹۰۴ELL	۸/۸a	۱۲۸/۳a	۴/۸a	۴۶/۶۷a	۶/۵۸۰a	۱۸۶/۷a	۱۲/۱۵a	۳۹۸۸	۶۹/۹bc	۳۸۲۲
L.S.D	–	۱/۰۵	۲۰/۴۷	۰/۵۹	۷/۴۶	۱/۰۸۷	۳۵/۷۴	۱/۹۴۲	–	۲۲/۱	–

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند طبق آزمون L.S.D در سطح پنج درصد متفاوت هستند.

ELL: بیش از حد مجاز Excess of legal limit

جدول ۸- ضریب همبستگی دوساله اثراصلی فاکتور کود حیوانی میان خصوصیات مورد بررسی

فاکتور	پارامتر	کود حیوانی (ton ha^{-1})	عملکرد (ton ha^{-1})	عملکرد نسبی	کارایی مصرف کود (kg FW kg^{-1} fertilizer)	کارایی مصرف آب (kg FW m^{-3} water)	نیترات (mgNO$_3$ kg^{-1} FW)
کود حیوانی	کود حیوانی	۱					
	عملکرد	۰/۹۶*	۱				
	عملکرد نسبی	۰/۹۷*	۰/۹۹**	۱			
	کارایی مصرف کود	۰/۹۶*	/۹۹**	۰/۹۹**	۱		
	کارایی مصرف آب	۰/۹۷*	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱	
	نیترات	۰/۹۵*	۰/۹۸*	۰/۹۸*	۰/۹۸*	۰/۹۹*	۱
نیتروژن	کود نیتروژن	۱					
	عملکرد	۰/۹۶*	۱				
	عملکرد نسبی	۰/۹۴ns	۰/۹۹**	۱			
	کارایی مصرف کود	۰/۹۲ns	۰/۷۷ns	۰/۷۴ns	۱		
	کارایی مصرف آب	۰/۹۵ns	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۷۴ns	۱	
	نیترات	۰/۹۶*	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۷۸ns	۰/۹۹**	۱

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

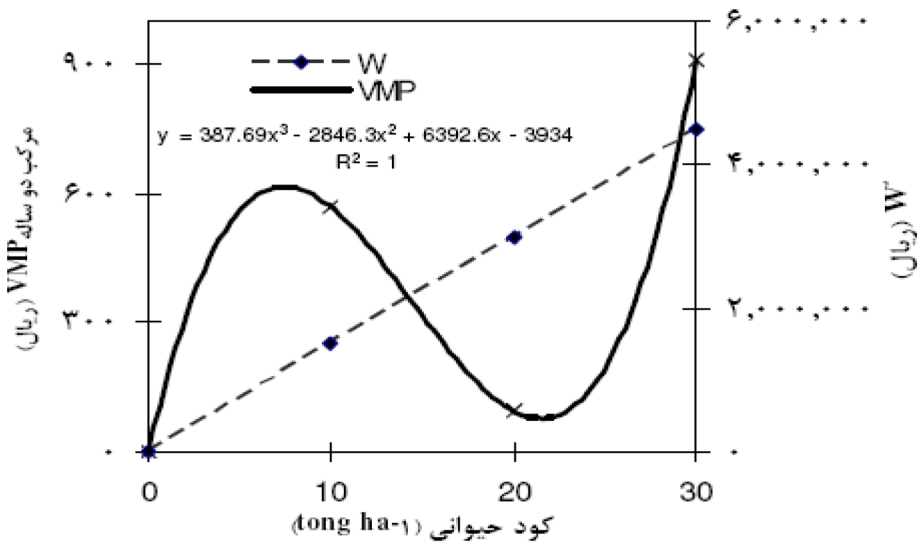
www.SID.ir

Archive of SID

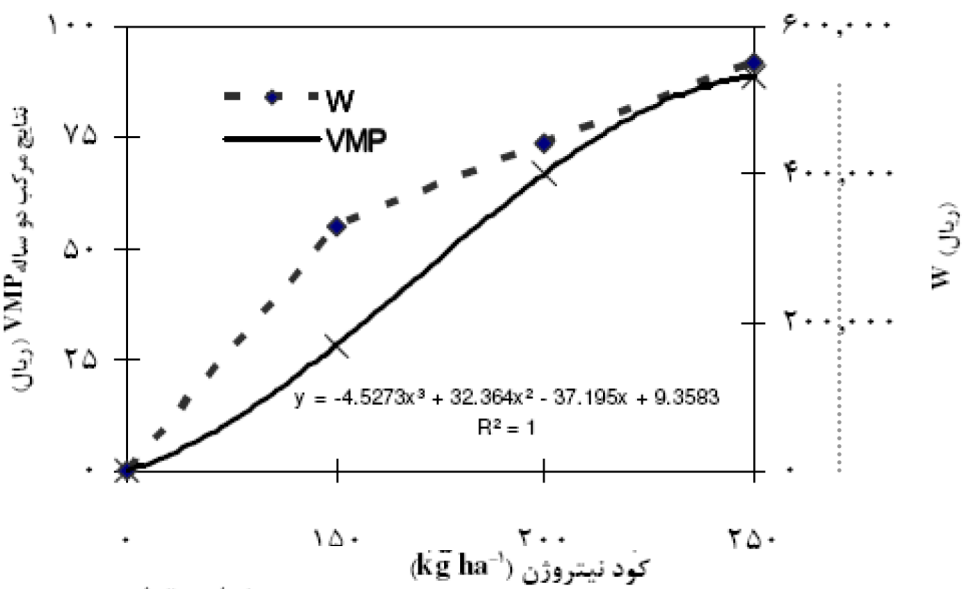
جدول ۹- ضریب همبستگی برهمکنش کود حیوانی و نیتروژن میان خصوصیات مورد بررسی

پارامتر	کود حیوانی (ton ha^{-1})	نیتروژن (ton ha^{-1})	عملکرد (ton ha^{-1})	عملکرد نسبی	کارایی مصرف کود (kg FW kg^{-1} fertilizer)	کارایی مصرف آب (kg FW m^{-3} water)	نیترات (mgNO$_3$ kg^{-1} FW)
کود حیوانی	۱						
نیتروژن	۰/۰ns	۱					
عملکرد	۰/۶۲*	۰/۶۶**	۱				
عملکرد نسبی	۰/۶۶**	۰/۶۵**	۰/۹۸**	۱			
کارایی مصرف کود	۰/۴۰ns	۰/۸۰**	۰/۷۵**	۰/۷۸**	۱		
کارایی مصرف آب	۰/۶۶**	۰/۶۶**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۷۸**	۱	
نیترات	۰/۶۰*	۰/۶۹**	۰/۹۳**	۰/۹۵**	۰/۷۷**	۰/۹۵**	۱

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



نمودار ۱: الگوی تغییرات VMP نسبت به سطوح مختلف کود حیوانی

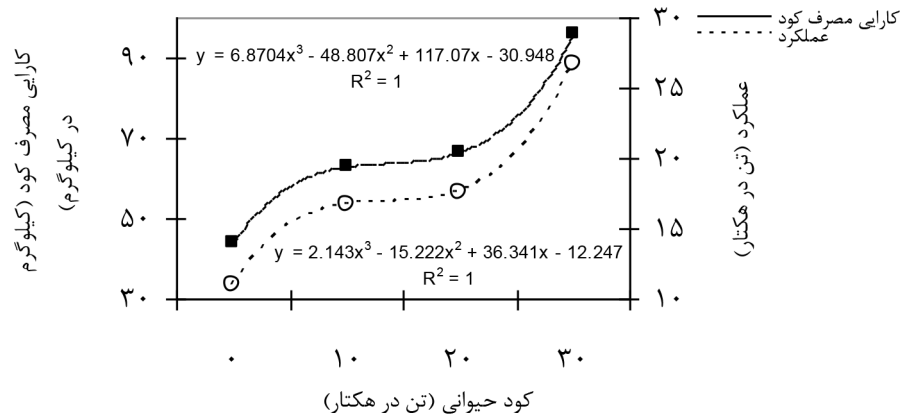


نمودار ۲: الگوی تغییرات VMP نسبت به سطوح مختلف کود نیتروژن

www.SID.ir

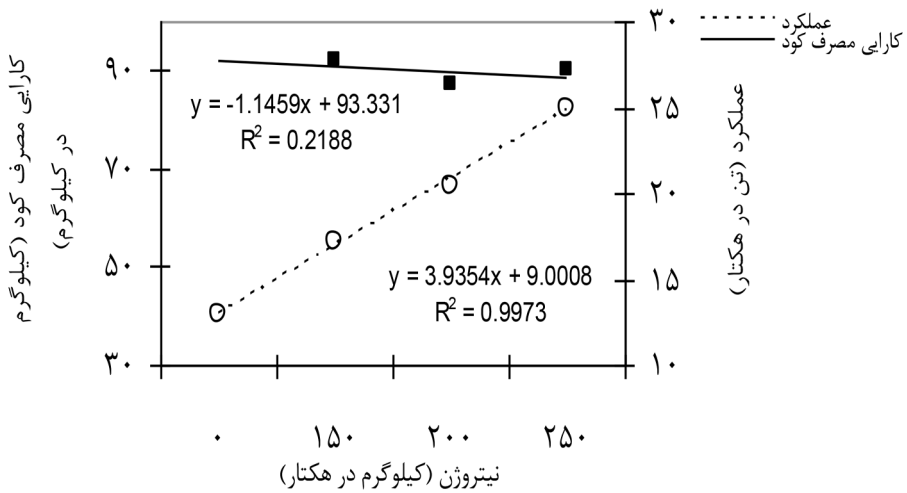
Archive of SID

الگوی تغییرات عملکرد و کارایی مصرف کود در سطوح کود حیوانی



نمودار ۳: الگوی تغییرات عملکرد و کارایی مصرف کود در سطوح کود حیوانی

الگوی تغییرات عملکرد و کارایی مصرف کود در سطوح کود نیتروژن



نمودار ۴: الگوی تغییرات عملکرد و کارایی مصرف کود در سطوح کود نیتروژن

منابع مورد استفاده

۱. بنایی، م.ح.، مومنی، ع.، بای بوردی، م.، و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۳. خاک های ایران تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری. انتشارات سنا. ۴۸۲ صفحه.

۲. چراتی, ع.، خیری کمیشانی، ز.، آملی، ن.، علیزاده، غ.، خانلریان، م. ۱۳۸۸. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. صفحه ۱۲۸۱.

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

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

۵. صادقی پور مروی، م. ۱۳۸۹. بررسی کارایی استفاده از کود نیتروژن در گیاه اسفناج. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۲):۲۴۴-۲۵۳.

۶. صفر، م. ر.۱۳۶۹. مطالعات خاکشناسی ایستگاه تحقیقاتی اصلاح نهال و بذر ورامین (ورامین پیشوا). نشریه ۸۰۸. موسسه تحقیقات خاک و آب.

۷. رضایی، ح. ۱۳۹۲. مروری بر تحقیقات کاربرد کودهای دامی دراراضی کشاورزی ایران. مجله علمی ترویجی مدیریت اراضی. ۱ (۱): ۵۵- ۶۸.

۸. رضایی، ع.، سلطانی، ا. ۱۳۷۷. مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۲۸۵.

۹. علی احیایی، م. و ز. امامی. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۲۹ صفحه.

۱۰. مبلی، م.، پیراسته، ب. ۱۳۷۷. تولید سبزی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۸۷۷ صفحه.

۱۱. معافپوریان، غ.، مرادی، ح.، تدین، م. س. ۱۳۸۸. اثر مقادیر مختلف کود اوره بر عملکرد و تجمع نیترات در اندام های قابل مصرف اسفناج. ۱۳۸۸. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. صفحه ۲۲۴۶.

۱۲. ملکوتی، م.ج.، بای بوردی، ا.، طباطبایی، س.ج. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود گامی موثر در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

آلاینده ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقای سطح سلامت جامعه. نشر علوم کشاورزی کاربرد. ۳۳۸ صفحه.

۱۳. ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک های مناطق خشک مشکلات و راه حل ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. چاپ اول. ۴۹۴ صفحه.

۱۴. 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. ۹۲ صفحه.

15. Adediran, J.A., P.N.S. Mnkeni., N.C. Mafu, and N.Y.O. Muyima. 2004. Changes in chemical properties and temperature during the composting of tobacco waste with other organic materials and effects of resulting composts on lettuce and spinach. Biological Agriculture and Horticulture. 22(2): 101-119.
16. Breimer, T. 1982. Environmental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. Reprinted from Fertilizer Research. The Hague. The Netherlands: Martinus Nijhoff / Dr W. Junk Publishers. 3(3).
17. 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.
18. Giardini, L., F, Pimpini., M, Borin and G. Gianquinto. 1992. Effects of poultry manure and mineral fertilizers on the yield of crops. J. Agric. Sci. 118: 207-213.
19. Kansal, B. D., B. Singh., K.L. Bajaj. and G. Kaur. 1981. Effect of different levels of nitrogen and farmyard manure on yield and quality of spinach (Spinacea oleracea L.) Plant Foods for Human Nutrition. Springer Netherlands. 31(2): 163-170.
20. Sharma, G.D., L. H. Sharma. 1994. Utilization of weed plants as green manure under different methods of rice establishment. Indian J. Agric. Sci. 64: 184-186.
21. Vogtmann, H., A.T. Temperli., U. Kunsch., M. Eichenberger. and P. Ott. 1984. Accumulation of nitrates in leafy vegetables grown under contrasting agricultural systems. Biolo. Agri. and Horti. 2(1): 51-68.

www.SID.ir