بررسی تغییرات کربن آلی و برخی عناصر غذایی خاک در تناوب‌های زراعی مبتنی بر گندم

احمد زارع فیض آبادی[1] و مجتبی نوری حسینی

دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی؛ azarea.2002@yahoo.com

مربی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی؛ nourihosseini@yahoo.com

دریافت: 91/9/26 و پذیرش: 92/7/22

چکیده

به منظور بررسی تغییرات میزان کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، مس و منگنز باقیمانده در خاک، تحت شرایط تناوب های زراعی مختلف، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار از سال 1386 به مدت پنج سال متوالی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جلگه رخ اجرا گردید. تیمارها شامل هشت تناوب زراعی: 1- کشت مداوم گندم 2-گندم- گندم- گندم- کلزا- گندم 3-گندم- چغندرقند- گندم- چغندرقند- گندم 4- گندم- سیب زمینی- گندم- سیب‌زمینی- گندم 5- گندم- سیب زمینی- گندم- کلزا- گندم 6- گندم- چغندرقند- گندم- سیب‌زمینی- گندم 7- گندم- ذرت- گندم- سیب زمینی- گندم 8- گندم- ذرت- گندم- چغندرقند- گندم بودند. نتایج نشان داد که تغییرات معنی‌داری در روند میزان کربن آلی خاک و باقیمانده عناصر غذایی در خاک وجود داشت به طوری که، میزان کربن آلی خاک بعد از دو سال افزایش، کاهش یافت و میزان نیتروژن باقیمانده در خاک افزایش نشان داد. میزان فسفر باقیمانده درخاک در شروع و پایان سال های آزمایش تابت باقی ماند، ولی پتاسیم باقیمانده درخاک در سال های پایانی کاهش یافت. تناوب‌های مختلف زراعی بر میزان کربن آلی خاک و باقیمانده فسفر، پتاسیم و روی خاک تأثیر معنی‌داری داشتند، اما بر باقیمانده نیتروژن، آهن، منگنز و مس موجود در خاک تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد. در تناوب های تحت کشت مداوم گندم و گندم-کلزا، میزان کربن آلی و نیتروژن باقیمانده در خاک، در سطح بالاتری نسبت به تناوب های دیگر قرار داشت و کمترین میزان کربن آلی خاک و نیتروژن باقیمانده در خاک به تناوب‌های زراعی گندم همراه با ذرت و سیب‌زمینی اختصاص داشت. این در حالی است که در تناوب تحت کشت مداوم گندم و گندم-کلزا میزان فسفر باقیمانده خاک کمترین مقدار را نشان داد. بیشترین مقدار پتاسیم باقیمانده در خاک در تناوب تحت کشت گندم، سیب‌زمینی و کلزا مشاهده شد. در تناوب‌هایی که گندم و کلزا شرکت داشتند میزان کربن آلی، نیتروژن، پتاسیم و مس باقیمانده در خاک افزایش یافت و زمانی که سیب‌زمینی هم به تناوب فوق افزوده شد میزان منگنز باقیمانده در خاک افزایش یافت. بنابر این به نظر می‌رسد که این سه محصول از نظر افزایش عناصر غذایی در خاک منطقه و در شرایط اگرواکولوژی آن قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: باقیمانده عناصر، عناصر پر مصرف، عناصر کم مصرف، مواد آلی، نظام زراعی

مقدمه

چرخهٔ عناصر غذایی در کشت تناوبی ترکیب پیچیده‌ای از فرآیندهای متعددی است که گیاهان در یک توالی کشت اثرات مثبت و منفی بر یکدیگر می‌گذارند. این اثرات می‌توانند ناشی از مواد سمی، تأثیر بر ذخیره عناصر غذایی، تجمع مواد آلی، ساختمان خاک، ریزجانداران خاک یا رطوبت باقیمانده در خاک باشد (طهرانی و سینگ ساچدیو، 1384). تناوب گیاهان زراعی یکی از راه‌های موجود جهت استفادهٔ بهینه از ذخیره مواد

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: مشهد، مجتمع کشاورزی طرق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

Archive of SID

www.SID.ir

غذایی خاک و حصول عملکرد نسبتاً زیاد و ثابت می‌باشد. نتایج آزمایش‌های تناوبی طولانی مدت حاکی از آن است که تناوب به تنهایی قادر به تأمین و بازگرداندن عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان نمی‌باشد، بنابر این در صورت عدم جایگزینی عناصر غذایی برداشت شده توسط گیاهان زراعی، بهره‌وری سیستم تناوبی به تدریج کاهش می‌یابد (وارول،2000). بدون شک در شرایطی که نمی‌توان از مصرف کودهای نیتروژنی اجتناب نمود، تحقیقات در زمینه نظام‌های زراعی که قادر به استفاده بهتر از نیتروژن مصرفی باشند و از کارآیی مصرف نیتروژن بالاتری برخوردار باشند امری ضروری است (هیرل و همکاران، 2007 وزهو و همکاران،2006). آندرسون و همکاران (2008) نیز تأکید نموده‌اند می‌بایست در کشاورزی فاریاب نظام‌های تناوبی با کارآیی مصرف بالای نیتروژن جایگزین استفاده گسترده از مقادیر زیاد کودهای نیتروژنی گردد. بدون شک دستیابی و توصیه نظام‌های تناوب زراعی مناسب موجب می‌شود که علاوه بر ایجاد ثبات در تولید، مشکلات عمده ناشی از رواج نظام‌های تناوبی نامطلوب و مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژنی به حداقل برسد. نتایج آزمایش‌های طولانی مدت انجام شده توسط راسل و همکاران (2005) حاکی از آن است که تغییر مدیریت‌های زراعی از قبیل سیستم شخم، میزان نیتروژن مصرفی و نظام تناوبی تنها توانستند تغییر اندکی در کربن آلی خاک ایجاد نمایند. وارول (2000) در آزمایش خود مشاهده نمود که اثر تناوب زراعی، کود نیتروژنی و سیستم شخم بر کربن آلی خاک حداقل پس از هشت سال از شروع آزمایش قابل مشاهده می‌باشد و قبل از این مدت اختلاف معنی‌داری بین نظام‌های تناوبی و سطوح مصرف نیتروژن به جهت میزان کربن آلی خاک به چشم نمی‌خورد. مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی (پایداری خاکدانه‌ها)، شیمیایی (افزایش ظرفیت نگهداری عناصر) و بیولوژیکی (فعالیت بیوماس میکروبی) دارد، به عنوان رکن باروری خاک شناخته شده است (ابراهیمی و همکاران، 1384).

تأثیر تناوب گیاهان زراعی بر پویایی عناصر معدنی و آلی در خاک از یک سو شامل اثر گیاه فعلی بر خصوصیات شیمیایی خاک و میزان حفظ و انتقال این عناصر به گیاه بعدی است و از طرف دیگر ناشی از توان گیاه بعدی در استفاده کارآمد از عناصر غذایی باقیمانده در خاک می‌باشد (آینه بند، 1384الف). بر اساس نظر ایک و استوارت (1998) نظام‌های تک کشتی با ایجاد شرایط نامطلوب بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی در خاک باعث کاهش میزان کربن آلی و عناصر غذایی موجود در خاک می‌شوند. بالیان (1997) تأکید نموده است تناوب زراعی مناسب، مدیریت مناسب عملیات زراعی به خصوص شخم، کاربرد مناسب کودهای شیمیایی و آلی، حفظ پوشش گیاهی و مدیریت صحیح بقایای گیاهی نقش تعیین کننده‌ای در میزان و پویایی عناصر معدنی و آلی داشته و از عوامل حفظ دراز مدت حاصل خیزی خاک یک بوم نظام زراعی به شمار می‌روند. از طرف دیگر تفاوت عمده بین نظام‌های زراعی تک کشتی و تناوبی برای نیتروژن خاک، ناشی از تغییرات نیترات آنها بوده و اختلاف برای نیتروژن آمونیاکی خاک بسیار جزئی است (آینه بند،1384 ب).

به گزارش شهبازیان و همکاران (1386) ضریب همبستگی بالای میان عملکرد دانه در واحد سطح و مقدار نیترات خاک نشان داد که تأثیر گیاه قبل از گندم که سبب تقویت حاصل‌خیزی خاک (افزایش نیتروژن نیتراته) گردیده است می‌تواند توجیه کننده مقدار بالاتر عملکرد تیمارهای مذکور باشد. اثر زراعت پیش کاشت بر محتوی نیتروژن خاک خود به عواملی همچون میزان رطوبت خاک، نوع شخم، نحوه آبیاری، میزان، روش و زمان مصرف کود نیتروژنی در زراعت پیش کاشت، میزان برگشت بقایای محصول پیش کاشت به خاک و کیفیت بقایای برگشتی به خاک (C/N) بستگی دارد (سون و همکاران، 2001 و ریدل و همکاران، 2009).

زارع فیض آبادی و همکاران (1384) و اچه وریا و همکاران (1992) گزارش نمودند که میزان نیتروژن معدنی خاک در پایان آزمایش در نظام‌های تناوبی مختلف با سطوح متفاوت کود نیتروژنی اختلاف معنی‌داری نداشتند، که به نظر زوم و دوکستادر (1992) دلیل این امر فرآیند غیر معدنی شدن نیتروژن (ایموبیلیزاسیون) یا شستشوی نیترات از خاک در طی دوره تناوب می‌باشد. که رابطه بین میزان کود نیتروژن مصرفی و نیترات باقی مانده در خاک یک رابطه خطی نبوده بلکه به صورت سهمی افزایش می‌یابد. به گزارش کمبل و همکاران (1996) اثر متقابل نیتروژن و فسفر تأثیر معنی‌داری بر عملکرد تناوب زراعی داشت و واکنش به مقادیر فسفر با افزایش در کمیت نیتروژن مصرفی افزایش یافت. در نظام-های تناوبی دارای بقولات، میزان کلوئیدهای خاک افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی مقادیری از فسفر قابل دسترس جذب سطح کلوئیدهای خاک شده و به صورت غیر فعال در خواهد آمد. بنابر این یک حالت سکون اولیه برای فسفر در این شرایط پیش می‌آید، در حالی که چنین شرایطی برای نیتروژن فراهم نمی‌شود (آینه بند،1384). اما پراساد و کرکتا (1991) در آزمایش خود مشاهده نمودند

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار باقیمانده فسفر در خاک برای کلیه تناوب‌های زراعی (فاقد آیش) علیرغم مصرف مقادیر متفاوت کود فسفر یکسان بود. از این رو تحقیق حاضر با هدف تعیین باقیماندهٔ عناصر غذایی در خاک، اثر تناوب زراعی بر قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک و بررسی روند تغییرات عناصر غذایی در خاک در طی دورهٔ تناوب و در نهایت دستیابی به توازن عناصر غذایی در خاک و حداکثر کارایی این عناصر در خاک و نیز عملکرد محصولات زراعی در تناوب‌های زراعی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تغییرات میزان کربن آلی و نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، مس و منگنز باقیمانده در خاک و نحوه تأثیر پذیری آنها تحت شرایط تناوب‌های زراعی مختلف، این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی سال های زراعی 90-1386 به مدت پنج سال متوالی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جلگه رخ انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل هشت تناوب زراعی: الف) کشت مداوم گندم، ب) گندم- گندم- گندم- کلزا- گندم، پ) گندم- چغندرقند- گندم- چغندرقند- گندم، ج) گندم- سیب‌زمینی- گندم- سیب زمینی- گندم، د) گندم- سیب زمینی- گندم- کلزا- گندم، ر) گندم- چغندرقند- گندم- سیب زمینی- گندم، م) گندم- ذرت- گندم- سیب زمینی- گندم، ی) گندم- ذرت- گندم- چغندرقند- گندم، بود. تناوب شماره 1 کشت مداوم گندم بوده که در برخی مناطق سرد استان استفاده می‌شود تناوب 2 کلزا در تناوب با گندم به عنوان Break crop در نظر گرفته شد. تناوب های شماره 3 و4 نیز از تناوب‌های رایج منطقه به شمار می‌روند و تناوب های 5 تا 8 گندم با محصولات کلزا، سیب‌زمینی، چغندرقند و ذرت علوفه‌ای قرار گرفت.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در ابتدای فصل رشد و قبل از کاشت اندازه‌گیری گردید (جدول1). میزان کربن آلی و عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس تعیین شد. سپس بر اساس آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات خاک و آب، مصرف هر یک از عناصر غذایی در سال اول توصیه و مصرف گردید و در سال‌های بعد اجرای آزمایش در هر سال قبل از کاشت نمونه برداری خاک از تیمارهای آزمایش جهت تعیین مقادیر عناصر غذایی خاک انجام و سپس براساس آزمون خاک، تنها کودهای شیمیایی پر مصرف به خاک داده شد. منابع کودی برای نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی به ترتیب شامل اوره، سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی بود. یک سوم کود اوره در ابتدای کشت به همراه کودهای سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و سولفات روی با خاک مخلوط و مابقی کود اوره به صورت سرک در دو مرحله ابتدای ساقه‌دهی و گلدهی مصرف گردید. در انتهای فصل رشد نیز پس از برداشت محصول، میزان این عناصر در خاک مجدداً اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری از خاک توسط اوگر پس از برداشت هر محصول در هر سال از عمق 30-0 سانتی متر انجام شد و برای هر تیمار آزمایشی به طور جداگانه نمونه‌ای مرکب از پنج نمونه تصادفی تهیه و برای انجام تجزیه‌های لازم به آزمایشگاه ارسال شد. تجزیه شیمیایی خاک بر اساس روش‌های استاندارد موجود در نشریه فنی شماره 893 موسسه تحقیقات خاک وآب انجام شد (علی احیایی و بهبهانی زاده،1372). درصد کربن آلی به روش والکی بلک اصلاح شده، نیتروژن کل به روش کجدال، فسفر قابل جذب به روش السن و سامرز، پتاسیم قابل تبادل به روش استات آمونیوم و عناصر آهن، روی، منگنز و مس به روش طیف سنجی جذب اتمی اندازه‌گیری شدند.

یادداشت برداری‌ها در طول فصل رشد و تعیین عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه برای محصولات گندم و کلزا، عملکرد غده برای سیب‌زمینی و چغندرقند و عملکرد علوفه برای ذرت علوفه‌ای) برای هر محصول زراعی به صورت جداگانه انجام شد. لاین‌ها و ارقام مورد استفاده شامل گندم لاین شماره C-81-4، کلزا رقم مودنا، سیب زمینی رقم اگریا، ذرت سینگل کراس370 و چغندرقند رقم ریزوفورت بود. ابعاد هر کرت آزمایشی 30×20 متر (600 متر مربع) در نظر گرفته شد. تهیه بستر بذر، کاشت و تعیین میزان بذر و عملیات زراعی دوره داشت همانند آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها بر اساس اطلاعات موجود و توصیه بخش‌های تحقیقاتی مرتبط مرکز تحقیقات کشاورزی و محصولات مورد نظر در مدت اجرای آزمایش انجام شد. سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم افزار MSTATC و رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel انجام شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

روند تغییرات کربن آلی و نیتروژن (OC و N)

نتایج این بررسی نشان داد که در طول پنج سال اجرای آزمایش، تغییرات معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد در روند میزان کربن آلی خاک و باقیمانده عناصر غذایی در خاک مشاهده گردید (جدول2) و در طی این سال‌ها میزان کربن آلی و عناصر غذایی موجود در لایه

Archive of SID

www.SID.ir

سطحی خاک (30-0 سانتی متری) ثابت نبوده ودستخوش تغییر گردید. تغییرات کربن آلی در خاک و در طی پنج سال اجرای آزمایش از لحاظ آماری معنی‌دار ($p<0/01$) بود. به طوری که در طی پنج سال، میزان کربن آلی خاک بعد از دو سال افزایش، کاهش یافت (شکل1). به نظر می‌رسد علت این امر، تولید بیوماس بالای محصولات و عدم بازگشت کل بقایای گیاهی به خاک و افزایش مصرف کود نیتروژنه در این آزمایش بوده که به دلیل کاهش نسبت C/N خاک، فعالیت ریز جانداران افزایش یافته و لذا مواد آلی بیشتر تجزیه شده و سطح کربن آلی خاک کاهش و نیتروژن باقیمانده در خاک افزایش یافته است اما در سال سوم میزان نیتروژن نیز مانند کربن آلی کاهش یافته و سپس افزایش یافت (شکل1). به نظر می‌رسد که در سال سوم که تمامی کرت‌های آزمایش به کشت گندم اختصاص داشتند تخلیه نیتروژن از خاک بیشتر بوده است. در این خصوص عدالت و همکاران (1385) گزارش مشابه‌ای ارائه نموده اند. چنی (1990) نیز بیان نمود که بعد از برداشت گیاه فقط حدود یک درصد از کود نیتروژن مصرفی به شکل معدنی در خاک باقی خواهد ماند در حالیکه پس از برداشت محصول قسمت عمده نیتروژن معدنی موجود در خاک، ناشی از معدنی شدن نیتروژن آلی خاک خواهد بود. در آزمایش حاضر تناوب زراعی تأثیر معنی‌دار بر نیتروژن باقی‌مانده خاک نداشت اما نتایج آزمایش‌های مختلف حاکی از آن است که تناوب زراعی تأثیر معنی‌داری بر مقدار نیتروژن معدنی و آلی موجود در خاک، کربن آلی خاک، فرآیند معدنی شدن نیتروژن آلی خاک و نیتروژن برداشت شده و باقی مانده در خاک دارد (شهبازیان و همکاران، 1386، لوپزبلیدو و لوپزبلیدو، 2001، سون و همکاران، 2001، عدالت و همکاران، 1385). به گزارش آینه بند (1384الف) تناوب زراعی موجب بهبود تهویه خاک به خصوص در خاک-های سنگین گردیده و در این شرایط فرآیند معدنی شدن نیتروژن آلی خاک افزایش یافته و دسترسی گیاه به منابع نیتروژن افزایش می‌یابد. ون فاسن و لبینگ (1994) نشان دادند که میزان نیتروژن موجود در خاک، طی سالیان متمادی کاهش می‌یابد و این مسئله با دنیتریفیکاسیون مرتبط است. همچنین بیان نمودند که بخش عمده‌ای از نیتروژن و فسفر خاک توسط فرآیندهای حد واسط بیولوژیکی همچون معدنی شدن و آلی شدن (غیر متحرک شدن) کنترل می‌شود.

نتایج همچنین نشان داد که در طول پنج سال اجرای آزمایش، تغییرات معنی‌داری در روند میزان کربن آلی خاک ($p<0/01$) و باقیمانده عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و روی خاک ($p<0/05$) در کرت‌های تحت تناوب‌های زراعی متفاوت مشاهده گردید (جدول2) و در کرت‌های تحت تناوب های زراعی متفاوت میزان کربن آلی و عناصر غذایی موجود در لایه سطحی خاک (30-0 سانتی متری) ثابت نبوده و دستخوش تغییر گردید. کربن آلی خاک در کرت های تحت تناوب‌های زراعی متفاوت، اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0/01$) ولی نیتروژن باقیمانده در کرت‌های تحت تناوب‌های زراعی متفاوت، اختلاف معنی‌داری نداشت، همچنین میزان آهن، منگنز و روی در تناوب‌های زراعی مختلف معنی‌دار نبود (جدول2). به نظر می‌رسد که افزایش بقایای گیاهی در این تناوب ها باعث بهبود میزان ماده آلی خاک شده است و در تناوب هایی که گندم با ذرت، چغندرقند و سیب‌زمینی به صورت متوالی حضور داشتند میزان کربن آلی و نیتروژن باقیمانده در خاک (شکل2)، در سطح کمتری نسبت به تناوب‌های دیگر قرار داشت و این نشان می‌دهد که در این تناوب‌ها به علت افزایش تولید بیوماس و عمکرد اقتصادی بالا محصولات ذرت، چغندرقند و سیب‌زمینی (جدول3) و کاهش بقایای گیاهی در خاک میزان کربن آلی خاک کمتر شده و هم چنین از نیتروژن قابل دسترس در خاک به خوبی استفاده شده است یک سیستم تناوبی مناسب قادر به استفاده بهینه از نیتروژن قابل دسترس و کاهش سطح نیتروژن باقی مانده در خاک و در نتیجه کاهش آلودگی خاک و منابع آب به نیترات می‌باشد. مصرف یکباره و زود هنگام کود نیتروژن در گراس‌ها موجب افزایش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی نیترات، غیر متحرک شدن نیتروژن[1] (تثبیت توسط میکروارگانیسم‌ها) و تصعید آمونیاک می شود و بدین ترتیب موجب کاهش کارآیی مصرف نیتروژن می‌گردد (زمنچیک و آلبرشت، 2002). وارول و پیترسون (1990) بیان نمودند که جهت حصول حداکثر عملکرد، فقط بخشی از کود نیتروژن مصرفی مورد نیاز بوده و مابقی آن به صورت تلفات از سیستم خارج می‌شود. به نظر آنها عامل اتلاف نیتروژن در نظام های زراعی، آلی شدن این عنصر می‌تواند باشد.

روند تغییرات فسفر و پتاسیم (P و K)

میزان پتاسیم باقیمانده در خاک طی سال‌های مختلف در سطح یک درصد و میزان فسفر در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. مقدار پتاسیم باقیمانده درخاک در سال‌های اول و دوم ثابت و در سال سوم تا پنجم کاهش یافت. مقدار پتاسیم باقیمانده در خاک در سال سوم به کمترین مقدار خود رسید (شکل3). با وجود مصرف

[1] Immobilization

Archive of SID

www.SID.ir

پتاسیم به دلیل مصرف لوکس آن و قابلیت جذب بالای پتاسیم گیاهان زراعی ذرت، چغندر قند و سیب‌زمینی میزان پتاسیم باقیمانده در خاک کاهش یافت. میزان پتاسیم باقیمانده در خاک در سال سوم اجرای آزمایش کاهش نسبتاً قابل توجهی داشت اما در سال‌های پایانی تا حدودی افزایش یافت ولی مقدار پتاسیم باقیمانده در خاک در سال آخر نسبت به شروع آزمایش در سال اول کاهش نشان داد. به نظر می‌رسد در سال‌های پایانی به علت کاهش تدریجی ذخیره پتاسیم خاک و تثبیت پتاسیم در خاک و تخلیه زیاد پتاسیم آن از خاک در سال سوم و تاحدودی افزایش آن در سال های 4 و 5 بدلیل وجود گیاه کلزا در تناوب‌ها می‌باشد که با توجه به واکنش نه خیلی زیاد آن به پتاسیم و همچنین برگشت مقادیر زیادی از پتاسیم به خاک از طریق کاه کلزا به خاک، مقدار باقیمانده این عنصر در خاک افزایش یافته است (شکل3). احمدی و جاوید فر (1377) گزارش نمودند که کلزا زمانی به پتاسیم عکس-العمل مناسبی می‌دهد که خاک از نظر پتاسیم فقیر بوده و پتاسیم توسط زراعت قبلی تخلیه شده باشد و خاک از حیث پتاسیم فقیر باشد در غیر این صورت کلزا قادر است تمام و یا قسمت عمده پتاسیم مورد نیاز خود را از خاک نیز تأمین نماید. ملکوتی و همکاران (1382) اعلام داشتند برای تولید دو تن عملکرد دانه کلزا نیاز به مصرف 100 کیلو گرم پتاسیم خالص در هکتار می‌باشد که 20 کیلوگرم در دانه و 75 کیلوگرم درکاه تجمع می‌یابد. پتاسیم بر خلاف فسفر و ازت با دیگر ترکیبات آلی در بافت گیاهی آمیخته نشده و مقدار زیادی از آن به خاک بر می‌گردد. میزان فسفر باقیمانده در خاک در طی سال‌های اجرای آزمایش نشان می‌دهد که میزان آن یک سال در میان افزایش یافته است. به نظر می‌رسد که مصرف سالانه کود فسفر باعث افزایش ذخایر فسفر قابل استفاده در خاک شده است و بدلیل حرکت بطئی فسفر در توده خاک و همچنین تراکم ریشه‌های مختلف گیاهان در تناوب زراعی و نوسان در جذب فسفر توسط ریشه‌ها، سبب این نوسان شده و فسفر مصرفی به طور کامل جذب گیاه نشده و میزان آن در پایان آزمایش افزایش یافت. به گزارش ستی و گودا (1997) در شرایط تناوب زراعی به خصوص استفاده از بقولات دانه‌ای در تناوب، مقدار فسفر و پتاسیم قابل استفاده در خاک افزایش یافت، اما فسفر بیش از پتاسیم تحت تأثیر تناوب قرار گرفت. آینه بند (1384) مشاهده نمود حضور گیاهان مختلف زراعی در تناوب فراهمی فسفر و پتاسیم را تغییر می‌دهد. نگی و همکاران (1992) بیان نمودند که کارآیی استفاده از کود فسفاته در گیاهان زراعی بندرت از 15 درصد فراتر می‌رود و باقیمانده آن در خاک باقی می‌ماند و در دسترس گیاه بعدی قرار می‌گیرد. به نظر مونگیا و گنگوار (1991) در تناوب‌های واجد غلات جذب پتاسیم از خاک بیشتر می‌باشد به دلیل آن که گیاهان تک لپه ای عناصر تک ظرفیتی را بهتر جذب می‌کنند در حالی که گیاهان دو لپه-ای به طور عمده عناصر دو ظرفیتی را بهتر از عناصر تک ظرفیتی جذب می‌کنند. بای‌بوردی و همکاران (2000) عنوان نمودند که میزان تلفات پتاسیم در خاک در مقایسه با کودهای نیتروژن جزئی بوده و به همین دلیل چنانچه میزان پتاسیم خاک به حد مطلوب رسانده شود، مصرف سالانه آن ضروری نمی‌باشد.

مقادیر فسفر و پتاسیم باقیمانده در کرت های تحت تناوب های زراعی متفاوت، اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) با یکدیگر داشتند (جدول2). میزان فسفر و پتاسیم باقیمانده درخاک در تناوب شماره یک (کشت مداوم گندم) در کمترین سطح بود و به نظر می‌رسد که جذب فسفر و پتاسیم در کشت مداوم گندم افزایش یافته و بیشترین مصرف کننده این عناصر هستند. از طرف دیگر در تناوب‌هایی که گندم، ذرت، چغندرقند و سیب زمینی حضور داشتند میزان فسفر باقیمانده در خاک در بالاترین سطح و همچنین در تناوب شماره 5 که گندم، سیب‌زمینی و کلزا حضور داشتند، میزان پتاسیم باقیمانده درخاک در بالاترین سطح مشاهده شد (شکل4). فسفر و پتاسیم همانند نیتروژن از عناصر پر مصرف و ضروری در تولید پایدار و مطلوب گیاهان زراعی محسوب می‌شوند. بدیهی است مجموعه‌ای از عواملی هم چون نوع گیاهان زراعی در تناوب و نحوه قرار گرفتن آنها به همراه شرایط محیطی و به خصوص بافت و ساختمان خاک، نقش مهمی در چگونگی موازنه عناصر در سیستم‌های تناوبی گیاهان زراعی خواهد داشت (آینه بند، 1384ب). پراساد و کرکتا (1991) در آزمایش خود مشاهده نمودند مقدار باقیمانده فسفر در خاک برای کلیه تناوب‌های زراعی (فاقد آیش) به رغم مصرف مقادیر متفاوت کود فسفر یکسان بود.

روند تغییرات آهن، روی، منگنز و مس (Fe، Zn، Mn و Cu)

آهن و روی باقیمانده در خاک بعد از یک روند کاهشی در سال های آخر آزمایش افزایش یافتند. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان آهن باقیمانده در سال‌های اول تا سوم تناوب زراعی روند رو به کاهش داشت و در سال های چهارم و پنجم افزایش یافت. هرچند این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد. میزان روی باقیمانده در سال‌های پایانی دوره پنج ساله تناوب زراعی بعد از یک سال کاهش (سال دوم) دوباره در سال سوم افزایش داشت

Archive of SID

www.SID.ir

و در سال‌های چهارم و پنجم اندکی کاهش یافت. این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد (شکل5). مقادیر آهن باقیمانده در کرت های تحت تناوب‌های زراعی متفاوت، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت ولی میزان روی باقیمانده در کرت‌های تحت تناوب‌های زراعی متفاوت، اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) با یکدیگر نشان داد (جدول2). میزان روی باقیمانده درخاک در دو تناوب زراعی شماره 1 (کشت مداوم گندم) و 8 (گندم همراه با ذرت و چغندرقند) در بیشترین سطح بود و در تناوب‌های شماره2 (گندم و کلزا) و 3 (گندم و چغندرقند) در کمترین سطح بود (شکل6). به نظر می‌رسد که جذب آهن و روی در کشت مداوم گندم کاهش یافته و کمتر مصرف شده است. میزان منگنز باقیمانده در خاک در طی سال‌های اجرای آزمایش کاهش یافت ولی میزان مس باقیمانده در خاک در طی4 سال اول اجرای آزمایش افزایش و در سال آخر کاهش یافت هرچند که این تغییرات جزیی بوده و از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (شکل7). بنابراین در یک نگاه روند تغییرات عناصر غذایی کم مصرف آهن (Fe)، روی (Zn)، مس (Cu) و منگنز (Mn) در طی 5 سال اجرای تناوب و مقایسه مقادیر باقیمانده این عناصر در سال‌های اول و آخر آزمایش می‌توان اظهار نمود مقدار آهن باقیمانده در خاک تقریباً روند بدون تغییری داشته و ثابت بوده است، مقدار روی و مس باقیمانده در خاک روند بالنسبه افزایشی داشته و بالاخره تغییرات مقدار منگنز باقیمانده در خاک از یک روند کاهشی پیروی کرده است.

مقادیر منگنز و مس باقیمانده در کرت‌های تحت تناوب‌های زراعی متفاوت، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت (جدول2). با این وجود همانطور که ملاحظه می‌گردد بر عکس مقادیر باقیمانده آهن و روی در خاک، میزان مس باقیمانده در خاک در تناوب زراعی شماره 1 (کشت مداوم گندم) در کمترین سطح بود و در تناوب‌های شماره 5 (گندم، سیب‌زمینی و کلزا) و 2 (گندم و کلزا) به ترتیب مقادیر منگنز و مس در بیشترین سطح بود. به نظر می‌رسد که جذب منگنز و مس باقیمانده در خاک در کشت مداوم گندم (تک کشتی) افزایش یافته و این عناصر بیشتر به مصرف گیاه رسیده است. نتایج آزمایش فابر (1987) نشان داد که در تناوب زراعی گندم- ذرت- نخود- چغندرقند، مقدار باقیمانده مس در خاک تغییری نشان نداد اما در همین تناوب مصرف سولفات مس باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد محصول گردید بطوری که افزایش عملکرد در چغندرقند بیشتر از گندم، در گندم بیشتر از نخود و در نخود بیشتر از لوبیا بود. مقدار باقیمانده روی در خاک در تناوب فوق تا حدودی کاهش نشان داد اما در تناوب گندم- چغندر کاهش آن بیشتر به چشم می‌خورد. ساندرمیر و همکاران (2009) بیان داشتند در تناوب زراعی ذرت- سویا- گندم مقادیر کربن و نیتروژن در خاک کاهش یافت. در تناوب زراعی کشت مداوم سویا، مقدار فسفر در خاک کاهش یافت. این در حالی است که مقادیر آهن و روی در تناوب زراعی ذرت- سویا بطور معنی‌داری افزایش یافت و در تناوب ذرت- سویا- گندم میزان منگنز در خاک افزایش یافت.

عملکرد محصولات زراعی

استفاده از تناوب کاشت گندم با سایر گیاهان زراعی منجربه افزایش عملکرد دانه گندم در سال آخر از 21 تا37 درصد گردید (جدول 3). نتایج نیز نشان داد که بالاترین عملکرد محصول چغندرقند با مقدار غده 86850 کیلوگرم در هکتار و محصول ذرت علوفه‌ای با مقدار 55298 در سال دوم، سیب‌زمینی با مقدار غده 26720 و کلزا با مقدار عملکرد دانه 3681 کیلوگرم در هکتار در سال چهارم تولید شد. هرچند که گیاهان گندم و ذرت به لحاظ گیاه‌شناسی و خصوصیات زراعی مشابهت دارند ولی حتی توالی این گیاهان نیز اثرات مثبت زیادی خواهد داشت. به طوری که بیشترین عملکرد دانه برای گیاه پیش کاشت کلزا در تناوب زراعی 2 با مقدار 7855 کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان عملکرد دانه نیز برای گیاه پیش کاشت گندم با مقدار 5754 کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول 3). این نتایج مبنی بر تأثیر مثبت و معنی‌دار تناوب زراعی بر عملکرد گندم و برتری الگوی کشت تناوبی نسبت به کشت ممتد گندم به طور مشابه توسط برخی محققین دیگر نیز گزارش شده است (نوری نیا و همکاران، 1386، زارع فیض آبادی و کوچکی، 1378الف، حدادچی و گریوانی، 2009، جلیلی و همکاران، 2007). اختلاف در ویژگی‌های گیاهی این محصولات و گندم و نیازهای غذایی متفاوت آنها و استفاده گندم از مزیت‌های تغذیه‌ای و زراعی است که بعد از کشت کلزا، سیب‌زمینی و حتی چغندرقند کسب می‌کند از مهمترین عوامل مؤثر در برتری این تناوب‌ها نسبت به کشت مداوم گندم و سایر تناوب‌ها مورد اجرای آزمایش می‌باشد. رشد غده-های سیب‌زمینی و چغندرقند در خاک عامل مؤثری در جهت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، بهبود ساختمان خاک و قابلیت دسترسی بیشتر گیاه به آب و عناصر معدنی خاک می‌باشد (زارع فیض آبادی و کوچکی، 1378الف). همانند نتایج عملکرد محصولات زراعی مختلف بؤیژه گندم درتناوب‌ها، نتایج عناصر باقیمانده در خاک این پژوهش نیز نشان داد که تیمارهای

Archive of SID

www.SID.ir

تناوبی از میزان عناصر مس، منگنز، روی، فسفر و پتاسیم بالاتری نسبت به کشت مداوم گندم برخوردار بودند.

از طرفی نوع محصول زراعی و گیاه پیش کاشت در تناوب زراعی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم سال آخر آزمایش داشت (جدول 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه گندم کلیه تیمارهای تناوبی از افزایش معنی‌داری نسبت به کشت مداوم گندم بر خوردار بودند و عملکرد تک کشتی گندم، کمتر از عملکرد گندم در شرایط تناوبی آن بود (جدول 3). نتایج بسیاری از مطالعات نشان داده است، بکارگیری تناوب زراعی مناسب تأثیر بسزایی بر رشد و عملکرد گیاه بعدی دارد، به طوری که مشخص است کاشت گندم قبل از گندم به صورت مداوم باعث تولید پایین‌ترین میزان عملکرد گندم شد و استفاده از تناوب کاشت گندم با سایر گیاهان زراعی منجربه افزایش معنی‌دار عملکرد گندم گردید، این افزایش عملکرد در شرایط تناوب زراعی مطلوب همانند گندم ناشی از برتری تأثیر الگوی کشت مناسب بر خصوصیات خاک، کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و ... می‌باشد (حدادچی و گریوانی، 2009؛ جلیلی و همکاران، 2007). افزایش تنوع درتناوب زراعی ازطریق کاشت گیاهان متنوع می‌تواند، آثار مثبت تناوب در کارآیی تولید را نسبت به کشت‌های مضاعف بهبود بخشد. در تأئید این موضوع مطالعات انجام شده توسط آندرسون (2008) در کمربند ذرت آمریکا نشان داد که عملکرد ذرت در تناوب گندم – ذرت – سویا، در مقایسه با ذرت – سویا 40% بیشتر بود، که این موضوع احتمالاً ناشی از آن است که گندم زمستانه توانست ساختمان خاک را بهبود بخشیده و همچنین درکنترل علف های هرز، آفات و بیماری‌ها مؤثرباشد.

روند تغییرات عملکرد دانه گندم وکربن آلی و نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، منگنز و مس باقیمانده در خاک

تغییرات عملکرد دانه گندم در طی سال‌های اول، سوم و پنجم اجرای آزمایش در مقایسه با تغییرات کربن آلی و نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، منگنز و مس باقیمانده در خاک در شکل‌های 8، 9، 10 و 11 ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود تغییرات عملکرد دانه گندم در طی سه سال فوق روندی افزایشی داشته و عملکرد بطور قابل توجهی افزایش یافته است اما تغییرات کربن آلی و عناصر غذایی دیگر روندی متفاوت از خود نشان داده‌اند. به طوری‌که میزان درصد کربن آلی (شکل7) در خاک کاهش یافت ولی میزان درصد نیتروژن (شکل8)، فسفر و پتاسیم باقیمانده در خاک (شکل9) افزایش یافت همچنین میزان آهن (شکل10) و منگنز باقیمانده در خاک (شکل11) نیز افزایش یافت. میزان روی و مس باقیمانده در خاک (شکل‌های10و 11) تقریباً ثابت بوده است. بنظر می‌رسد که در تناوب زراعی مبتنی بر گندم ذخیره سازی عناصر غذایی در خاک به خوبی صورت گرفته و مقادیر قابل توجهی از این عناصر در خاک باقی مانده و در واقع کارایی عناصر غذایی افزایش یافته است لذا می‌توان مصرف کودهای شیمیایی را تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش داد و ضمن صرفه‌جویی در مصرف کود از آلودگی خاک و محیط زیست نیز جلوگیری نمود. حدادچی و گریوانی (2009) نیز اشاره دارند که افزایش عملکرد در شرایط تناوب زراعی مطلوب گندم ناشی از برتری تأثیر الگوی کشت مناسب بر پارامتر-هایی از قبیل خصوصیات خاک و ... می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در اجرای تناوب زراعی مبتنی بر گندم در شرایط اگرواکولوژی منطقه و طی سال‌های اجرای آزمایش میزان برخی از عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، روی و مس باقیمانده در خاک افزایش و میزان برخی دیگر از عناصر غذایی نظیر پتاسیم و منگنز کاهش یافت. از این رو می‌توان در توصیه‌های کودی مقادیر باقیمانده فوق را مد نظر قرار داد و میزان توصیه‌های کودی را تعدیل نمود، که بدنبال آن سبب صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و کاهش آلودگی خاک‌ها و آب‌های زیرزمینی می‌گردد. در این آزمایش در طی دوره تناوب مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن به میزان 10% و مصرف کود شیمیایی فسفر به میزان 15% کاهش یافت اما میزان مصرف کود شیمیایی پتاسیم و سولفات روی تغییری نداشت. جدول عملکرد دانه گندم کلیه تیمارهای تناوبی از افزایش معنی‌داری نسبت به کشت مداوم گندم برخوردار بودند و عملکرد تک کشتی گندم، کمتر از عملکرد گندم در شرایط تناوبی آن بود، همچنین در تناوب‌هایی که گندم، کلزا و سیب-زمینی شرکت داشتند ضمن بیشترین عملکرد (جدول3) میزان کربن آلی، پتاسیم و مس باقیمانده در خاک نیز افزایش یافت (شکل های2 و 4). بنابر این به نظر می‌رسد این سه محصول از نظر افزایش عناصر غذایی در خاک منطقه و در شرایط اگرواکولوژی آن قابل توصیه می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل در ابتدای آزمایش

عمق (cm)	EC (dS/m)	pH	T.N.V	O.C	N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	بافت خاک	Sand	Silt	Clay
			%				(mg/kg)						%		
0-30	2/8	7/8	16/9	0/55	0/065	10/6	292	4/20	8/98	2/88	1/44	لوم	41	42	17

جدول2- نتایج تجزیه مرکب داده‌های عناصر غذایی باقیمانده در خاک تحت تأثیر تناوب‌های مختلف زراعی در پنج سال متوالی

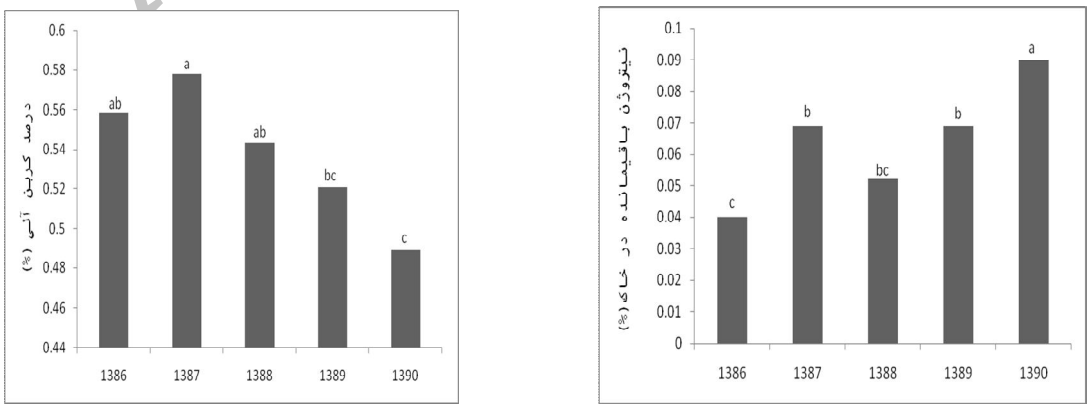
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	آهن	منگنز	مس
سال	4	2/8*	0/9**	247/93*	50872/9**	34/46**	18/39**	101/44**	0/363**
خطای 1	10	0/5	0/02	46/91	2867/7	1/034	0/557	4/202	0/034
تناوب	7	0/9**	0/03ns	26/67*	8831/2*	1/122*	0/559ns	0/755ns	0/290ns
سال وتناوب	28	3ns	0/04ns	22/26ns	5848/9ns	1/339ns	0/590ns	3/905ns	0/111ns
خطای 2	70	0/2	0/02	27/17	7356/7	1/955	1/742	3/621	0/152
کل	119	0/460	0/042	4173/5	972708/6	330/4	221/54	815/92	17/6
ضریب تغییرات(cv)		10/53	11/83	28/55	28/30	28/59	27/58	23/83	27/76

ns، * و ** بترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول3- عملکرد اقتصادی محصولات تناوب های زراعی مختلف در طی پنج سال (کیلو گرم در هکتار)

نوع تناوب	سال اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
WWWWW	4505	5977	3386/7	5607	5754/3^{d}
WWWRW	3720	5875	3698/3	3681	7855 ^{a}
WSWSW	3225	86850	4608/3	58269	7034 ^{bc}
WPWPW	4325	23064	4546/7	25700	7808 ^{a}
WPWRW	4337	24021	5800	3525	7701 ^{ab}
WSWPW	4575	81944	3838/3	25510	6942 ^{c}
WMWPW	4350	55298	4438/3	26720	7677 ^{ab}
WMWSW	4225	49010	3908/3	72115	7405 ^{abc}

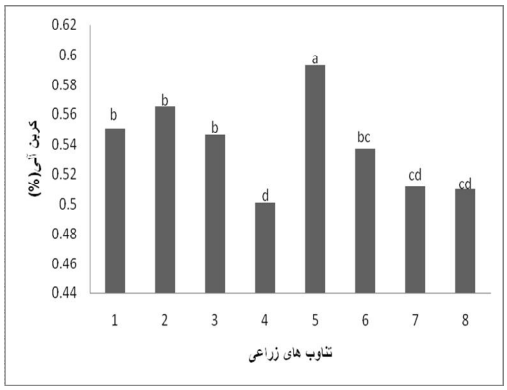
W(wheat)= گندم، R(canola)= کلزا، S(sugar beet)=چغندر قند، P(potato)= سیب زمینی، M(maize)= ذرت علوفه ای



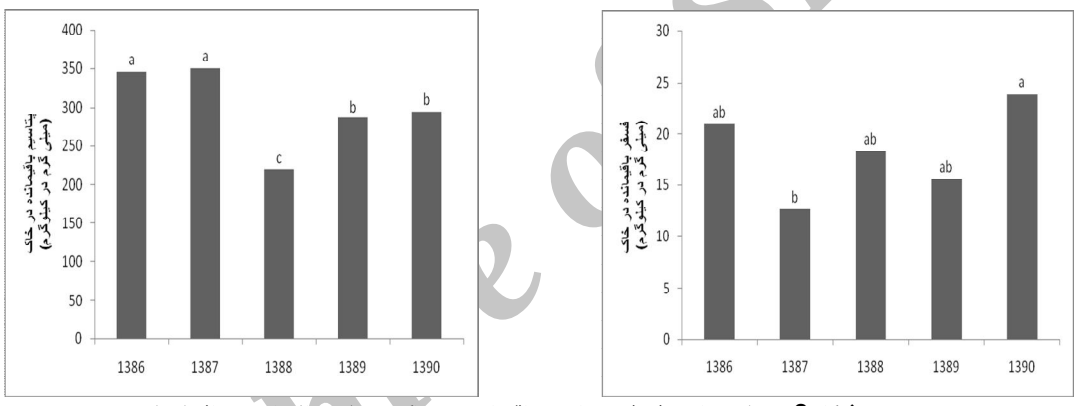
شکل 1- میزان درصد کربن آلی و نیتروژن باقیمانده در خاک در طی سال‌های مختلف اجرا

Archive of SID

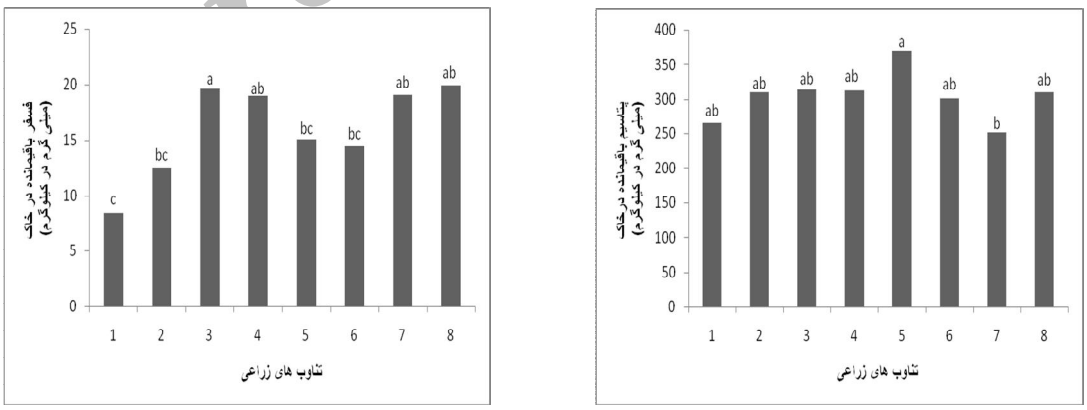
www.SID.ir



شکل 2- میزان درصد کربن آلی در تناوب‌های زراعی مختلف

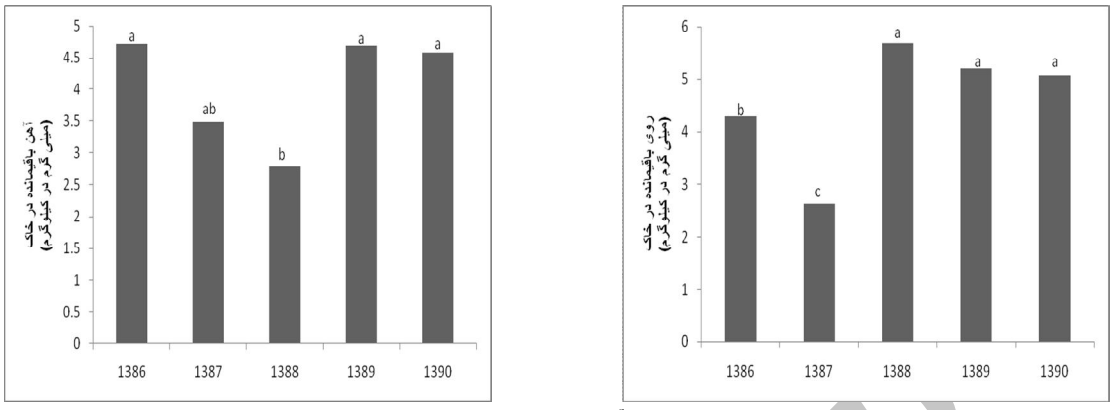


شکل 3- میزان عناصر فسفر و پتاسیم باقیمانده در خاک در طی سال‌های مختلف اجرا

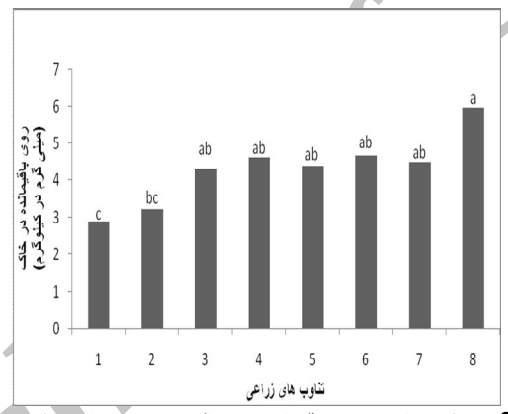


شکل 4- میزان عناصر فسفر و پتاسیم باقیمانده در خاک در تناوب‌های زراعی مختلف

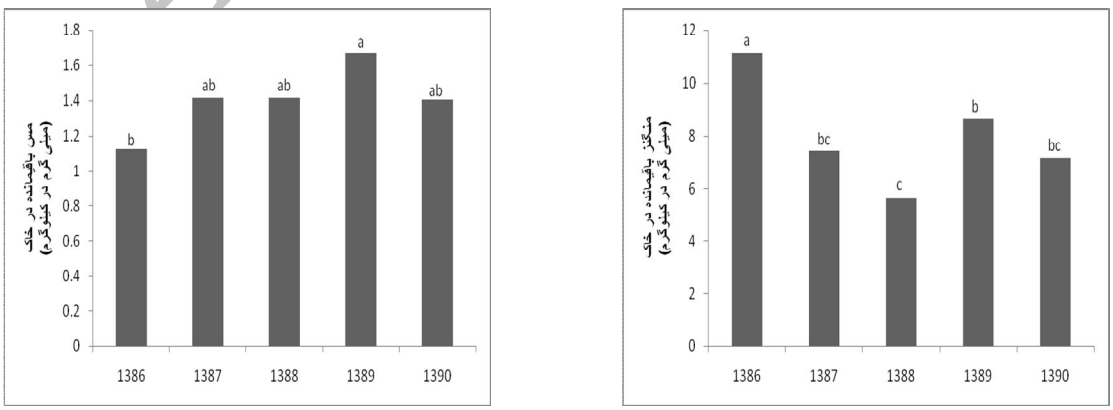
www.SID.ir



شکل 5 - میزان عناصر روی و آهن باقیمانده در خاک در طی سال‌های مختلف اجرا



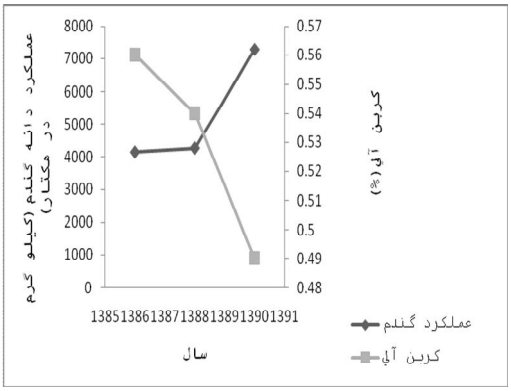
شکل 6- میزان عناصر روی باقیمانده در خاک در تناوب‌های زراعی مختلف

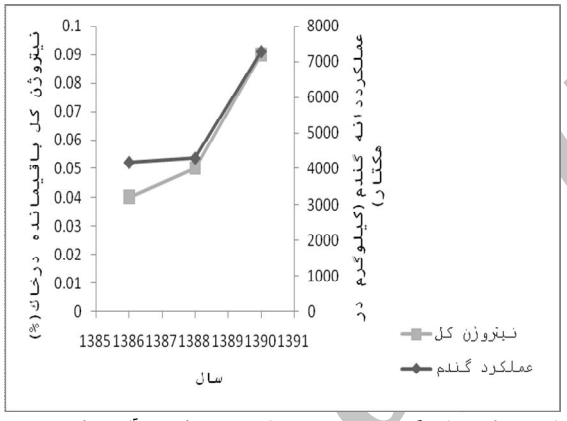


شکل 7- میزان عناصر منگنز و مس باقیمانده در خاک در طی سال‌های مختلف اجرا

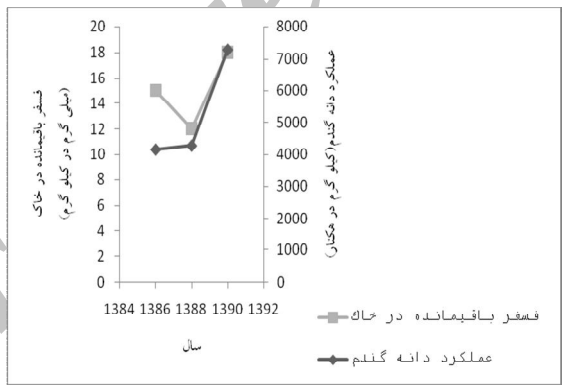
Archive of SID

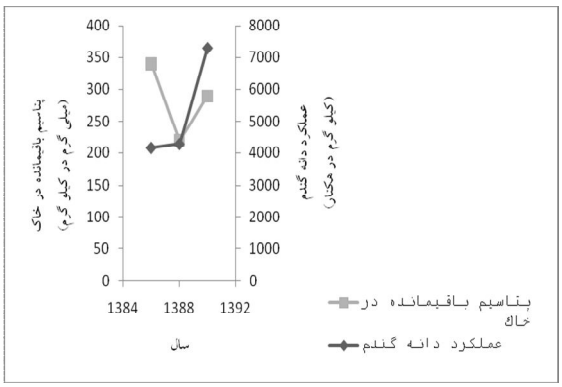
www.SID.ir





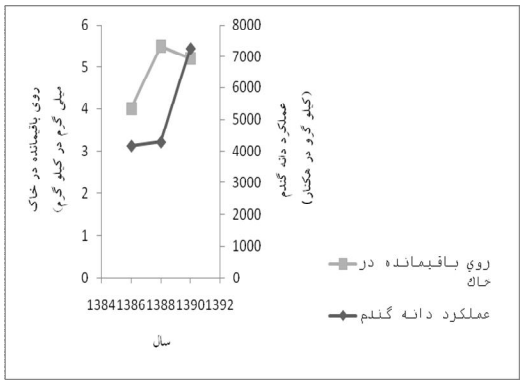
شکل 8- مقایسه روند تغییرات عملکرد دانه گندم با روند تغییرات درصد کربن آلی خاک و درصد نیتروژن باقیمانده در خاک

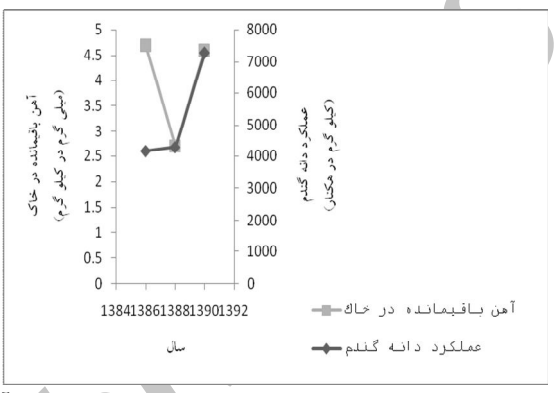




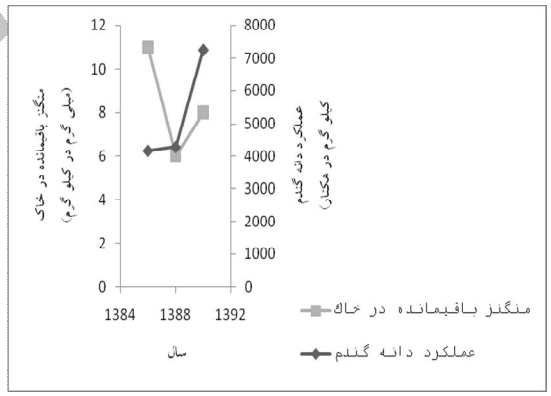
شکل 9- مقایسه روند تغییرات عملکرد دانه گندم با روند تغییرات میزان فسفر و پتاسیم باقیمانده در خاک

www.SID.ir



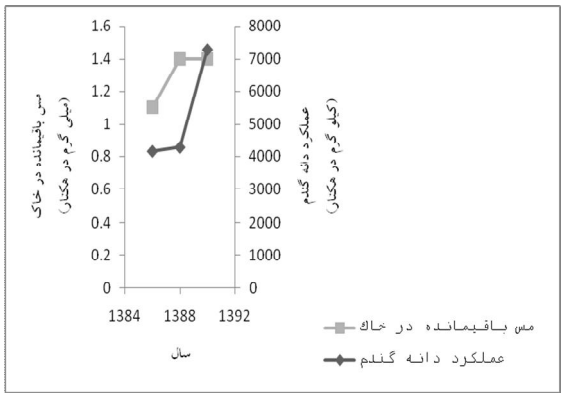


شکل 10- مقایسه روند تغییرات عملکرد دانه گندم با روند تغییرات میزان روی و آهن باقیمانده در خاک



Archive of SID

www.SID.ir



شکل 11- مقایسه روند تغییرات عملکرد گندم با روند تغییرات میزان روی و آهن باقیمانده در خاک

فهرست منابع:

۱. ابراهیمی، س.، ح. بهرامی، م. همایی و م.ج. ملکوتی. 1384. نقش مواد آلی در افزایش سطح حاصل خیزی خاک‌های زراعی. نشریه فنی شماره 401. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.

۲. احمدی، م. ر. و ف. جاویدفر. 1377. تغذیه گیاه روغنی کلزا. شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی. انتشارات کمیته دانه‌های روغنی. تهران، ایران.

۳. آینه بند، ا. 1384. الف. اثر تاریخچه کشت بر خصوصیات اکولوژیکی ـ زراعی اکوسیستم گندم. مطالعه موردی: مزارع آموزشی تولیدی مجتمع کشاورزی رامین (ملاثانی). مجله علمی کشاورزی. جلد28. شماره2.

٤. آینه بند، ا. 1384. ب. تناوب گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۵. زارع فیض آبادی، ا. و ع. کوچکی. 1378 الف. بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد نظام‌های زراعی متداول و اکولوژیک دو رقم گندم الموت و بزوستایا در تناوب‌های مختلف. مجله علوم زراعی ایران. جلد1. شماره3. تهران، ایران.

٦. زارع فیض آبادی، ا.، ع. کوچکی و ل. علیمرادی. 1384. بررسی تغییرات نیتروژن، فسفر و پتاسیم باقیمانده در خاک در واکنش به تناوب‌ها و نظام‌های زراعی متداول و اکولوژیک. مجله علوم آب و خاک. جلد 19. تهران، ایران.

۷. شهبازیان، ن.، ا. اله دادی. و ح. ایران نژاد. 1386. واکنش عملکرد گندم پاییزه به کشت ما قبل (آیش، گندم، سویا و یونجه) و کاربرد کود دامی در منطقه قزوین. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. سال سیزدهم. شماره 1. تهران، ایران.

۸. طهرانی، م. م. و م. سینگ ساچدیو. 1384. تأثیر روی، نیتروژن و فسفر در جذب عناصر غذایی در تناوب گندم – ذرت. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج، ایران.

۹. عدالت، م.، ح. غدیری.، ع. ا. کامکار حقیقی.، ی. امام.، ع. رونقی.، و م. ت. آساد. 1385. بر هم کنش دو تناوب زراعی و سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه و اجرای آن در دو رقم گندم نان در شرایط دیم شیراز. مجله علوم زراعی ایران. جلد هشتم. شماره2. تهران، ایران.

۱۰.علی احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده.1372. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره 893. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

۱۱.ملکوتی، م. ج.، ز. خادمی و پ. مهاجر میلانی.1382. توصیه بهینه کودی برای کلزا در کشور. مجموعه مقالات تغذیه بهینه دانه‌های روغنی. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. کرج، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۲.نوری نیا، ع. ع.، م. صالحی.، ا. فغانی.، ع. ر. گرزین.، ع. نظری، و ا. میر کریمی.1386. تأثیر نظام های تناوبی بر برخی پارامترهای رشد، شاخص تنوع و عملکرد گندم در شرایط اقلیمی شهرستان گرگان. مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. گرگان، ایران.

13. Andersron, R. I. 2008. Growth and yield of winter wheat as affected by preceding crop and crop management. Agron. J. 100: 977-980.
14. Balyan, J.S. 1997. Production potential and nitrogen uptake by succeeding wheat under different cropping sequences. Indian. J. Agron. 42: 250-252.
15. Baybordi, M., M. J. Malakouti., M. Nafisi. 2000**.** Production and balanced fertilizer towards sustainable agriculture. Agric. Research, Education and Extention Organ. Ministry of Jihad-e-Agriculture.P.282.
16. Campbell, C., G. Lafond. and F. Selles. 1996. Relative cost to soil fertility of long-term crop rotation without fertilization. Can. J. Plant Sci. 79: 401-406.
17. Chaney, K. 1990. Effect of nitrogen fertilizer rate on soil nitrate content after harvesting wheat. J. Agric. Sci. Camb. 114: 171-176.
18. Echeverria, H. E., C.A. Navarro, and F.H. Andrade. 1992. Nitrogen nutrient of wheat following different crops. J. Agric. Sci. Camb. 118: 157-163.
19. Eck, H. V. and B. A. Stewart. 1998. Effects of long-term cropping on chemical aspect of soil quality. J. Sus. Agric. 12: 5-19.
20. Faber, A. 1987. Initial and Residual effects of microelements in crop rotation, The utilization of secondary and trace elements in agriculture,Proceedings of a symposium organized jointly by the united nations. Geneuva, 12-16 January.
21. Haddadchi, G. R., and Z. Gerivani. 2009. Effects of phenolic extracts of canola (Brassica napuse L.) on germination and physiological responses of soybean (Glycin max L.) seedlings. International Journal of Plant Production. 3(1): 63-74.
22. Hirel, B., J. Le Gouis, B. Ney. and A. Gallais. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: toward a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. J. Exp. Bot. 58(9): 2369-2387.
23. Jalili, A., Abbassi, F. and Bazubandi, M., 2007.Allelopathic influence of canola (Brassica napus L. cv. PF) on germination of five weeds of canola fields. International Workshop on Allelopathy-current Trends and Future Applications, Faisalabad, Pakistan.
24. Lopez-Bellido, R., J. Lopez-Bellido., E. Castillo. and F.J. Lopez-Bellido. 2000. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean condition. Agron. J. 192: 1045-1063.
25. Mongia, A. and B. Gangwar. 1991. Nutrient balance under multiple cropping sequence in an acid soil. Indian J. Agron. 36: 17-22.
26. Negi, S.C., K. Singh. and R. C. Thakur. 1992**.** Economics of phosphorus and farmyard manure application in wheat-maize sequence. Indian J. Agron. 37 : 30-33.
27. Prasad, N. and R. Kerketta. 1991. Nutrient harvest and soil fertility in sequential cropping systems. Indian J. Agron. 36: 68-73.
28. Riedell, W.E., J.L. Pikul., A.A. Jaradat. and T.E. Schumacher. 2009. Crop rotation and nitrogen input effects on soil fertility, maize mineral nutrition, yield and seed composition. Agron. J. 101: 870-879.
29. Russel, A.E., D.A. Laird, T.B. Parkin, and A.P. Mallarino. 2005. Impact of nitrogen fertilization and cropping system on carbon sequestration in Midwestern mollisoils. Soil Sci. Soc. Am. J. 69: 413-422.
30. Setty, T.K. and N. Gowda. 1997. Performance of rice based cropping systems in Karnataka. Indian. J. Agron. 42: 5-8.
31. Soon, Y.K., G. W. Clayton. and W. A. Rice. 2001. Tillage and previous crop effects on dynamics of nitrogen in a wheat-soil system. Agron. J. 93: 842-849.

Archive of SID

www.SID.ir

32. Sundermeier, A. P., R. C. Reeder., J. Hoorman., Y. Raut., N. Fausey., K. R. Islam. And SM. Reno. 2009.Crop Rotation and Tillage Impact on Soil Nutrients, Ohio State University, Columbus, OH, 2USDA-ARS Soil Drainage, Columbus, OH, and Ohio State University South Centers, Piketon, OH.
33. Van Faassen, H. G. and G, Lebbink. 1994. Organic matter and nitrogen dynamics in conventional vsintegrated arable farming. Agric. Ecosystems Environ. 51: 209-226.
34. Varvel, G. E. 2000. Crop rotation and nitrogen effects on normalized grain yields in a long-term study. Agron. J. 92: 938-941.
35. Varvel, G. and T. Peterson. 1992. Nitrogen fertilizer recovery by soybean in monoculture and rotation systems. Agron. J. 84: 215-218.
36. Zemenchik, R.A., and K.A. Albrecht. 2002. Nitrogen use efficiency and apparent nitrogen recovery of Kentucky Bluegrass, Smooth Bromegrass and Orchardgrass. Agron. J. 94: 421-428.
37. Zhao, R.F., X.P. Chen., F.S. Zhang., H. Zhang., J. Schroder. and V. Romheld. 2006. Fertilization and nitrogen balance in a wheat-maize rotation system in North China. Agron. J. 98: 935-945.
38. Zoum, X. and K.G. Doxtader. 1992. A new method for estimating gross phosphorus mineralization and immobilization rate in soil. Plant and Soil. 147: 243-250.

Archive of SID

www.SID.ir