نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۶، ص. ۱۱۰۷-۱۰۹۳

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct. 2017, p. 1093-1107

تأثیر مدیریت تلفیقی محصول بر کربن و اشکال نیتروژن خاک

امیرصالح بغدادی[1*] – مهیار بالازاده[2] – علی کاشانی[3] – فرید گل‌زردی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۱

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مدیریت تلفیقی محصول بر میزان کربن آلی، نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن آمونیومی خاک بعد از برداشت گیاه ذرت سیلویی در دو عمق خاک، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در کرج اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تیمارهای پیش‌کاشت در چهار سطح آیش، کود دامی، کود سبز پرکو (Perko PVH) و بوکو (Buko) از خانواده براسیکاسه، فاکتور فرعی کود نیتروژن در سه سطح ۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد برهمکنش تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن اثر معنی‌دار بر میزان کربن آلی، نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی و آمونیومی خاک و محتوای نیتروژن ذرت داشت. بیشترین میزان کربن آلی (۱/۰۸ و ۰/۹۷ درصد)، نیتروژن کل (۰/۱۰۲ و ۰/۰۸۷ درصد)، نیتروژن نیتراتی (۲۶/۹ و ۲۱/۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و نیتروژن آمونیومی (۲/۰۵ و ۱/۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) خاک پس از برداشت ذرت سیلویی در تیمار پیش‌کاشت پرکو و بوکو به همراه ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد و کمترین میزان کربن آلی (۰/۵۸ درصد) و نیتروژن کل (۰/۰۴۷ درصد) خاک در تیمار پیش‌کاشت کود دامی به همراه ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. بیشترین عملکرد علوفه و محتوای نیتروژن ذرت با کاربرد کود سبز پرکو و بوکو به دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، گیاهان پرکو و بوکو به‌عنوان بهترین پیش‌کاشت در منطقه کرج می‌باشند و می‌توانند تیمارهای امیدبخشی به‌منظور کاهش مصرف کود نیتروژن شیمیایی باشند.

واژه‌های کلیدی: بوکو، پرکو، ذرت، کود دامی، کود سبز

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل در توسعه کشاورزی و تأمین غذای بشر، حفظ، نگهداری و باروری خاک است. در ازدیاد حاصل خیزی زمین‌های زراعی غیر از کودهای شیمیایی، عوامل بیولوژیک نیز بسیار مؤثر می‌باشند. با توسعه و پیشرفت صنعت کشاورزی، کودها و سموم شیمیایی به‌طور چشمگیری مورداستفاده قرارگرفته‌اند، اما نتایج تحقیقات در مورد اثرات نامطلوب آن‌ها در تعادل محیط‌زیست و اکوسیستم‌های طبیعی، بسیاری از دانشمندان محیط‌زیست را در مورد وضعیت آینده جهان نگران کرده است .تأثیرات نامطلوب کودها و آفت‌کش‌ها بر محیط‌زیست منجر به توجه بیشتر و استفاده از روش‌هایی گردیده که در آن نیازی به مصرف مواد شیمیایی نبوده یا کم باشد و این هدف موجب شده که با توجه به کشاورزی بوم‌شناختی، بحث پایداری در کشاورزی موردتوجه قرار گیرد (۶).

یکی از راهکارهای عملی برای رسیدن به این هدف، زراعت گیاهان پوششی و کود سبز است که می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد. استفاده از کودهای شیمیایی برای تولید محصولات در سراسر جهان در حال افزایش است که ادامه استفاده از آن‌ها باعث خطرات جدی برای محیط و سلامتی بشر خواهد شد (۱ و ۷).

برگشت گیاهان کود سبز در خاک باعث افزایش کربن و ماده آلی، نیتروژن کل و حاصل خیزی خاک شده که این پدیده درنتیجه فرآیندهای میکروبیولوژیکی اتفاق افتاده و باعث آزادسازی عناصر غذایی برای گیاهان می‌شود (۱۷).

کود سبز در کشور ما تنها در بعضی مناطق و در حد بسیار

۱ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری تخصصی و استاد گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: amirsaleh.baghdadi@kiau.ac.ir)
۲- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۴- استادیار بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
DOI: 10.22067/jsw.v31i4.57204

محدودی استفاده می گردد. کودهای حیوانی نیز به‌طور صحیحی نگهداری و مصرف نمی شوند. گران بودن کودهای دامی و عدم رواج مصرف آن ها نیز مزید بر علت شده و موجب نقش بسیار ناچیز کودهای آلی در افزایش حاصل خیزی و اصلاح خاک‌های ایران می‌گردد. از طرفی کودهای نیتروژنه به‌صورت یک‌دفعه و در شروع رشد گیاه استفاده می‌شوند که باعث افزایش در رشد رویشی شده و عملکرد افزایش و کیفیت محصول کاهش می‌یابد که این موضوع به‌خصوص در زراعت‌های وسیع می‌تواند مشکلات جدی در برنامه‌ریزی و عملیات زراعی به وجود آورد (۳).

امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره برداری از منابع به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای یافته است. استفاده از کودهای بیولوژیک و سبز به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مساله مهم در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد. استفاده مداوم کشاورزان از خاک باعث کاهش میزان مواد آلی آن می‌شود. بسیاری محققان پیشنهاد نموده‌اند که کشت و به‌کارگیری گیاهان به‌عنوان کود سبز در پاییز، باعث ایجاد نیتروژن معدنی در مواد آلی و درنتیجه کاهش شستشوی نیترات شود (۲۰).

به همین منظور امروزه پیش‌کاشت‌ها را می‌توان برای اهداف خاص نظیر حفظ و اضافه کردن نیتروژن و کربن در سیستم‌های کشاورزی، بهبود نسبت C/N و کنترل فرسایش خاک کشت نمود. سه گروه عمده از گیاهان شامل علف‌های چمنی، بقولات و شب بوئیان را به‌عنوان کود سبز مورداستفاده قرار می‌دهند. شب بوئیان در بسیاری موارد به‌عنوان جایگزینی مناسب برای بقولات و علف‌های چمنی کشت می‌گردند، که علاوه بر خاصیت کود سبز می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی کربن آلی خاک و تخلخل خاک را افزایش دهند (۵). ازجمله این دورگه‌ها می‌توان به پرکو و بوکو اشاره نمود. گیاه پرکو هیبریدی از تلاقی بین *Brassica napus* L. var.napus و *Brassica campestris* L. var.sensulato و گیاه بوکو آمفی‌پلوئید جدیدی است که حاصل تلاقی تتراپلوئید کلزای پائیزه *Brassica napus* L. var napus و کلم چینی *Brassica campestris* L. var.sensulato و شلغم علوفه‌ای *Brassica campestris* L. var.rapa می‌باشد که از جهات زیادی نسبت به والدین خود برتری دارد، این هیبریدها علاوه بر این به علت خوش‌خوراک بودن مورد تغذیه دام نیز قرار می‌گیرد، همین‌طور این گیاهان دارای سیستم ریشه عمیق می‌باشند که می‌توانند نیتروژن غیرقابل استفاده را باز جذب کنند و از طرفی دارای نسبت C/N پایین می‌باشند در محدوده یک به پانزده و همین‌طور میزان پروتئین بالایی دارند که در نوع خود بسیار جالب است. محتوای نیتروژن اندام هوایی پرکو در محدوده ۲۳ و بوکو ۲۹ درصد می‌باشد و با توجه به رشد و ایجاد پوشش سریع در سطح خاک و از طرفی عملکرد بالای اندام‌های هوایی آن می‌توانند در مزارع ارگانیک و پایدار به‌عنوان گیاه پوششی و کود سبز مورداستفاده قرار گیرد (۱۴).

در مطالعات انجام‌شده توسط میکس تینین و آرلاسکین (۱۲)، در مورد اثر گیاهان شبدر قرمز، یونجه معمولی، ماشک و یولاف به عنوان کود سبز بر میزان نیتروژن بیولوژیک خاک، مشاهده شد که میزان نیتروژن خاک بعد از افزودن بقایا یونجه معمولی به خاک افزایش زیادی نشان داد. ماتوس و همکاران (۱۳) در مطالعات خود نشان دادند که با استفاده از کودهای سبز لگوم، میزان عناصر غذایی خاک و نیتروژن معدنی افزایش یافته است. این در حالی است که تونیسن و همکاران (۱۸)، بیان کرده‌اند که کارایی کود سبز در افزایش عناصر غذایی به نوع خاک، دما محیط، اسیدیته و سیستم به‌ویژه در هفته‌های اول C/N مدیریتی خاک بستگی دارد. همچنین معدنی شدن نیتروژن به نسبت کمتر باشد، کربن آلی کم و محتوا C/N تجزیه وابسته است (۴). هر چه نسبت نیتروژن بالا بوده و نیتروژن زیادی در اثر معدنی شدن کود سبز آزاد خواهد شد (۱۱). ندزینسکین و همکاران (۱۵)، در آزمایشی که در خاک های شنی لومی انجام دادند، مشاهده کردند که میزان نیترات و عناصر غذایی حتی در مدت کوتاه دو ماه بعد از برگرداندن گیاه به خاک افزایش‌یافته است. هانسن و جورهیوس (۸) با اختلاط کود سبز شبدر با خاک، افزایش میزان نیترات خاک را چهار ماه بعد از برگرداندن بقایا گزارش نمودند.

در سال‌های اخیر بهره‌برداری مستمر و عدم رعایت تناوب زراعی موجب تخریب ماده آلی خاک گردیده به‌نحوی‌که ماده آلی موجود در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور از حداقل ممکن برخوردار می‌باشد. لذا این پژوهش با هدف بررسی مدیریت تلفیقی محصول بر خصوصیات عناصر غذایی خاک و معدنی شدن نیتروژن طی دوره بعد از افزودن بقایای سبز گیاهان به خاک در منطقه کرج به اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی کرج در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. آزمایش در قالب اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل تیمارهای پیش‌کاشت در ۴ سطح (آیش، کود دامی، کود سبز پرکو و بوکو و فاکتور فرعی شامل سطوح کود نیتروژن در سه سطح (۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار) بود. قبل از اجرای آزمایش نمونه مرکبی از خاک تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد.

بعد از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح، پیش‌کاشت‌های پرکو و بوکو در اواخر اسفندماه به‌صورت هم‌زمان در کرت‌هایی به طول ۶ و عرض ۳/۶ متر به‌صورت خطی در عمق ۰/۵

تا ۱ سانتی‌متر و فاصله خطوط از هم ۱۵ سانتی‌متر کاشته شدند. در طول دوره رشد گیاهان پیش‌کاشت به‌هیچ‌عنوان از کود نیتروژن استفاده نشد و همین‌طور به علت اینکه بیشتر دوره رشدی گیاهان پیش‌کاشت در اواخر زمستان تا اواسط بهار بود بیشتر نیاز آبی از طریق نزولات آسمانی تأمین شد، روش آبیاری گیاهان پیش‌کاشت به‌صورت کرتی بود. گیاهان پیش‌کاشت قبل از رفتن به مرحله ساقه گل دهنده مصادف با پایان دوره رویشی، دو هفته قبل از کشت ذرت از سطح خاک کف‌بر شدند و بقایای آن‌ها توسط روتیواتور زراعی با خاک مخلوط شد. نمونه‌هایی از گیاهان پیش‌کاشت پرکو و بوکو به‌منظور تعیین میزان عملکرد تر و خشک، درصد ماده خشک و میزان پارامترهای کیفی استفاده شد. پارامترهای کیفی پرکو و بوکو به‌وسیله دستگاه طیف‌سنج مادون‌قرمز نزدیک (NIR)[1] که دارای دقیق‌ترین و درعین‌حال سریع‌ترین تکنیک برای تخمین ترکیبات شیمیایی فرآورده‌های کشاورزی می‌باشد، استفاده شد. تکنولوژی NIR بر اساس جذب و انعکاس اشعه مادون قرمز در طول موج‌های بین ۲۵۰۰-۷۰۰ نانومتر استوار است. در این روش اشعه بر جسم تابانیده می‌شود و انرژی منعکس‌شده (R) از نمونه بر اساس LogL/R اندازه گیری می‌شود و بر اساس برازش معادلات خطی رگرسیونی چند متغیره بین انرژی‌های منعکس‌شده از جسم و داده‌های شیمیایی دستگاه کالیبره می‌شود.

بر اساس توصیه‌های حاصل از آزمون خاک مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و ۷۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم قبل از کشت ذرت اضافه شد. همچنین جهت اعمال تیمار کود دامی در کرت‌های موردنظر مقدار ۷ تن در هکتار قبل از کاشت ذرت به خاک داده شد. کاشت ذرت در ۱۵ تیرماه ۱۳۹۳ به‌صورت مکانیزه با دستگاه ردیف‌کار پنوماتیک انجام پذیرفت بدین‌صورت که به‌منظور حذف اثرات تشعشعات نوری و کاهش اثرات حاشیه‌ای و نشت نیتروژن تمام مساحت زمین مورد آزمایش به شکل شرایط طبیعی مزارع کشاورزی مورد کشت قرار گرفت. بذور ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ با فاصله ردیف ۶۵ سانتیمتر و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع بود. کود نیتروژن در ۳ نوبت تقسیط و به‌صورت سرک به میزان‌های ۷۰،۱۰ و ۲۰ درصد در مراحل پنج‌برگی، طویل شدن ساقه و مرحله ظهور گل تاجی اعمال شد. آبیاری به روش جوی پشته‌ای و زمان آبیاری ذرت بر اساس نیاز گیاه زراعی و شرایط محیطی که توسط تانسیومتر به دست آمد، در اوایل دوره رشد ۷ روز یک‌بار و در اواخر دوره رشد ۱۰ روز یک‌بار انجام گرفت. درطول دوره رشد بر ای مبارزه با علف‌های هرز وجین با دست اعمال شد. بعد از برداشت ذرت سیلویی، نمونه‌هایی از عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک و از چهار مکان در هر کرت برداشته شده و باهم مخلوط شدند.

1- Near infrared spectroscopy

نمونه‌های خاک به‌طور جداگانه هوا خشک‌شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. کربن آلی نمونه‌های خاک به روش اکسیداسیون در مجاورت بی کرومات پتاسیم و اسیدسولفوریک غلیظ (هسه، ۱۹۷۱) و نیتروژن کل با استفاده از روش کلدال[2] تعیین گردید (هسه، ۱۹۷۱) و برای اندازه‌گیری نیتروژن معدنی خاک، از نمونه‌های مورد آزمایش به‌وسیله محلول ۲ مولار KCl عصاره گیری و آمونیوم و نیترات نمونه‌ها به‌وسیله روش تقطیر و تیتراسیون با HCl اندازه‌گیری شدند. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Version 9.1.3) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و کود دامی

نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش و کود دامی مورداستفاده به ترتیب در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده خاک موردنظر دارای بافت شنی رسی با کربن آلی و نیتروژن کم، فسفر نسبتاً کم و پتاسیم نسبتاً بالا بود (جدول ۱). کود دامی مورداستفاده نیز دارای حدود ۹۲ درصد ماده خشک و یک درصد نیتروژن کل بود (جدول ۲). کود گاوی استاندارد دارای ۲/۲۶ درصد نیتروژن و ۸۵ درصد ماده آلی است؛ بنابراین کود دامی استفاده‌شده در این آزمایش میزان نیتروژن و ماده آلی پایینی داشت. این موضوع می‌تواند به علت استفاده دامداران و تولیدکنندگان کود از آهک جهت تسریع در فرایند پوسیدگی کود دامی باشد، که این موضوع اخیراً بسیار شایع شده است و کیفیت کود دامی به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است.

نتایج تجزیه کمی و کیفی کود سبز

نتایج تجزیه کمی و کیفی کود سبز مورداستفاده به ترتیب در جدول ۳ و ۴ ارائه شده است، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده عملکرد تر پرکو بیشتر از بوکو و درصد ماده خشک بوکو بالاتر از پرکو بود (جدول ۳). بنابراین پوسیدگی پرکو سریع‌تر از بوکو اتفاق خواهد افتاد. میزان نیتروژن و پروتئین خام در بوکو بیشتر از پرکو بود، درحالی‌که درصد خاکستر کل و ماده خشک در پرکو بیشتر از بوکو بود (جدول ۴).

نیتروژن کل خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی تیمارهای پیش‌کاشت و کود نیتروژن و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر نیتروژن کل خاک در دو

2- Kjeltec Analyzer Unit 2300

عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین نیتروژن کل خاک در دو عمق (۰/۱۰۲ و ۰/۰۸۲ درصد) در تیمار پیش‌کاشت پرکو و میزان ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. پس‌ازاین تیمار، پیش‌کاشت پرکو به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و بوکو به همراه ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توانست بیشترین نیتروژن کل خاک را تولید کند.

جدول ۱- نتایج اندازه‌گیری برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از انجام آزمایش

Table 1- The results of some soil physical and chemical properties in before experiment

عمق خاک Soil depth (Cm)	بافت خاک Soil Texture	عصاره اشباع pH_{CaCl2}	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن نیتراتی NO_3^- (%)	نیتروژن آمونیومی NH_4^+ (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)
0 - 30	شنی رسی Sandy-Clay	7.8	2.83	0.81	18.2	1.82	0.08	11.8	342
30 - 60	شنی رسی Sandy-Clay	7.6	3.7	0.63	20.2	1.71	0.06	9.8	298

جدول۲- میزان عناصر کود دامی.

Table 2. Properties of the manure.

پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	ماده خشک Dry matter (%)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)
1.25	1.07	91.74	21.12	1.11

جدول ۳- میزان پارامترهای کمی گیاهان پیش‌کاشت قبل از برگرداندن به خاک

Table 3- The rate of quantitative parameters of pre-sowing plants before being returned to the soil

پیش‌کاشت Pre-sowing	عملکرد تر Fresh yield (Ton ha^{-1})	عملکرد خشک Dry yield (Ton ha^{-1})	درصد ماده خشک Dry matter (%)	دوره رشد During growth (Day)	عملکرد نیتروژن Nitrogen yield (Kg ha^{-1})
بوکو Buko	22.33	3.25	14.68	90	150.47
پرکو Perko PVH	23.89	2.49	13.53	90	82.42

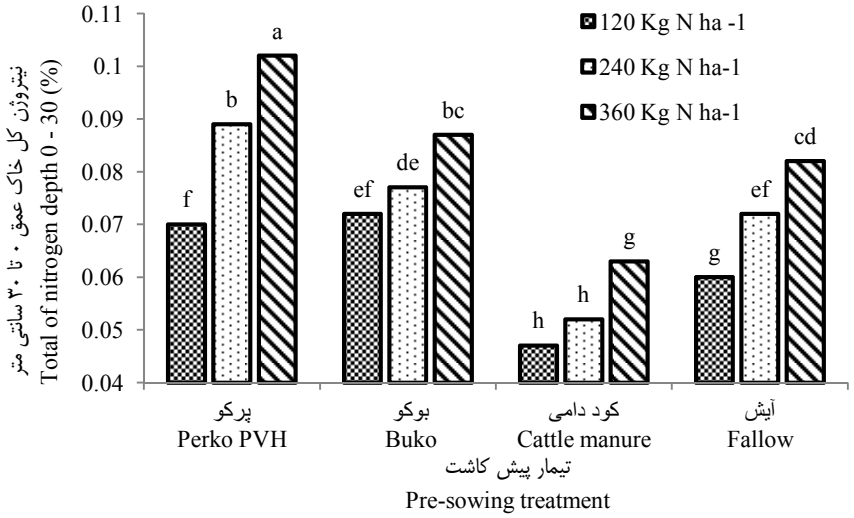
جدول ٤- میزان پارامترهای کیفی گیاهان پیش‌کاشت قبل از برگرداندن به خاک

Table 4- The rate of qualitative parameters of pre-sowing plants before being returned to the soil

پیش‌کاشت Pre-sowing	ماده خشک قابل‌هضم DMD (%)	فیبر قابل‌حل در شوینده اسیدی ADF (%)	فیبر قابل‌حل در شوینده قلیایی NDF (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	پروتئین خام CP (%)	خاکستر کل Ash (%)
بوکو Buko	52.98	39.10	32.58	4.63	28.91	7.63
پرکو Perko PVH	59.41	27.93	22.27	3.31	20.69	9.27

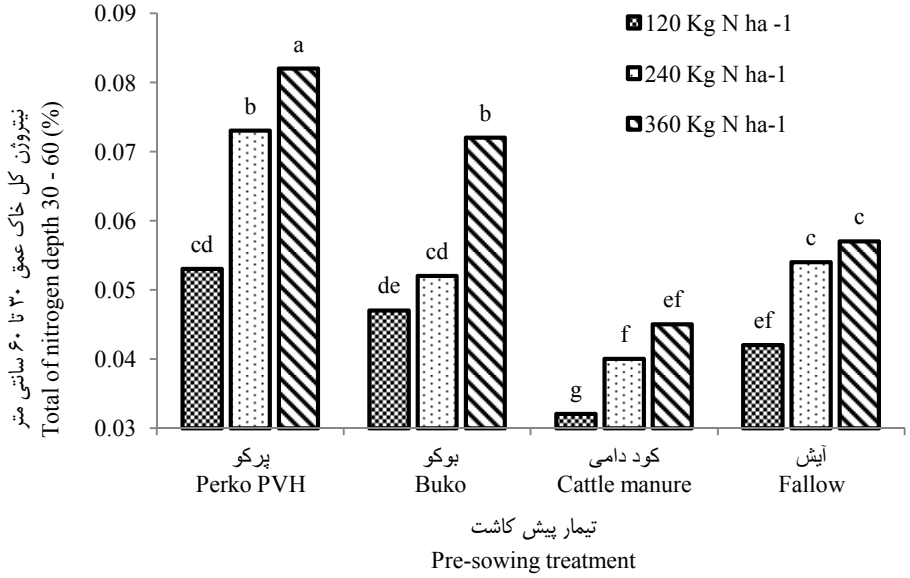
کمترین نیتروژن کل خاک در دو عمق (۰/۰۴۷ و ۰/۰۳۲ درصد) در پیش‌کاشت کود دامی و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد؛ هرچند پیش‌کاشت کود دامی به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن نیز در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت. این موضوع می‌تواند به علت استفاده دامداران و تولیدکنندگان کود از آهک جهت تسریع در فرایند پوسیدگی کود دامی باشد، که این موضوع اخیراً بسیار شایع شده است و کیفیت کود دامی به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است، علاوه بر این جمعیت علف‌های هرز در تیمار کود دامی بیشتر از سایر تیمارها بود و همان‌طور که می‌دانیم گیاهان هرز با خاصیت تجمع لوکس اکثر نیتروژن خاک را جذب و ذخیره می‌کنند. تیمار پیش‌کاشت پرکو به

همراه ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۷۰ و ۹۵/۲۳ درصد) میزان نیتروژن کل خاک در دو عمق را نسبت به تیمار شاهد که همان آیش و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد افزایش داد (شکل ۱ و ۲). با توجه به جدول ۳ و ۴ میزان ماده خشک پرکو کمتر از بوکو بوده و بنابراین پوسیدگی و معدنی شدن آن زودتر اتفاق می‌افتد، این موضوع برتری پرکو بر بوکو را در افزایش نیتروژن کل خاک توجیه می‌نماید. استفاده از گیاهان به‌عنوان کود سبز تأثیر مثبت روی افزایش میزان نیتروژن کل خاک دارد (۱۶) که نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز مؤید همین امر است.



شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر متقابل تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر نیتروژن کل خاک عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر (آزمون LSD در سطح ۵ درصد)

Figure 1- Mean comparison for interaction of pre-sowing treatments and nitrogen effects on total of nitrogen depth 0-30 cm (P≤0.05) based on LSD test.



شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر متقابل تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر نیتروژن کل خاک عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر (آزمون LSD در سطح ۵ درصد)

Figure 2- Mean comparison for interaction of pre-sowing treatments and nitrogen effects on total of nitrogen depth 30-60 cm (P≤0.05) based on LSD test.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر صفات کمی مورد ارزیابی خاک

Table 5- Results of variance analysis the pre-sowing impact and nitrogen levels on quality traits assessment of soil

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات Means Squars									
		نیتروژن کل عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری Total nitrogen 0-30 cm	نیتروژن کل عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری Total nitrogen 30-60 cm	نیتروژن نیتراتی عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری NO_3^- 0-30 cm	نیتروژن نیتراتی عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری NO_3^- 30-60 cm	نیتروژن آمونیومی عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری NH_4^+ 0-30 cm	نیتروژن آمونیومی عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری NH_4^+ 30-60 cm	کربن آلی عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری Organic Carbon 0-30 cm	کربن آلی عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری Organic Carbon 30-60 cm	محتوای نیتروژن گیاه Plant nitrogen content	عملکرد علوفه Forage yield
تکرار Replication	3	0.000008^{ns}	0.00008^{ns}	0.51^{ns}	0.005^{ns}	0.0014^{ns}	0.00004^{ns}	0.0004^{ns}	0.00005^{ns}	0.0059^{ns}	19.19^{ns}
پیش‌کاشت Pre-sowing	3	0.002356^{**}	0.00191^{**}	153.65^{**}	79.008^{**}	0.7586^{**}	0.70731^{**}	0.3296^{**}	0.00351^{**}	0.5461^{**}	487.82^{**}
خطای اصلی Main error	9	0.00001	0.00004	0.41	0.011	0.0006	0.00019	0.0001	0.00001	0.0026	52.87
نیتروژن Nitrogen	2	0.00186^{**}	0.00168^{**}	74.43^{**}	21.752^{**}	0.2750^{**}	0.17316^{**}	0.1146^{**}	0.00076^{**}	0.1488^{**}	845.63^{**}
اثر متقابل Interaction	6	0.00007^{**}	0.00011^{**}	8.13^{**}	0.507^{**}	0.0363^{**}	0.02338^{**}	0.0182^{**}	0.00001^{ns}	0.0203^{**}	118.90^{ns}
خطای فرعی Sub error	24	0.00001	0.00001	0.22	0.013	0.0002	0.00017	0.0002	0.00002	0.0028	82.90
ضریب تغییرات C.V. (%)		5.52	6.33	2.6	1.73	2.06	1.89	2.88	1.84	5.05	12.78

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns: غیر معنی‌دار.

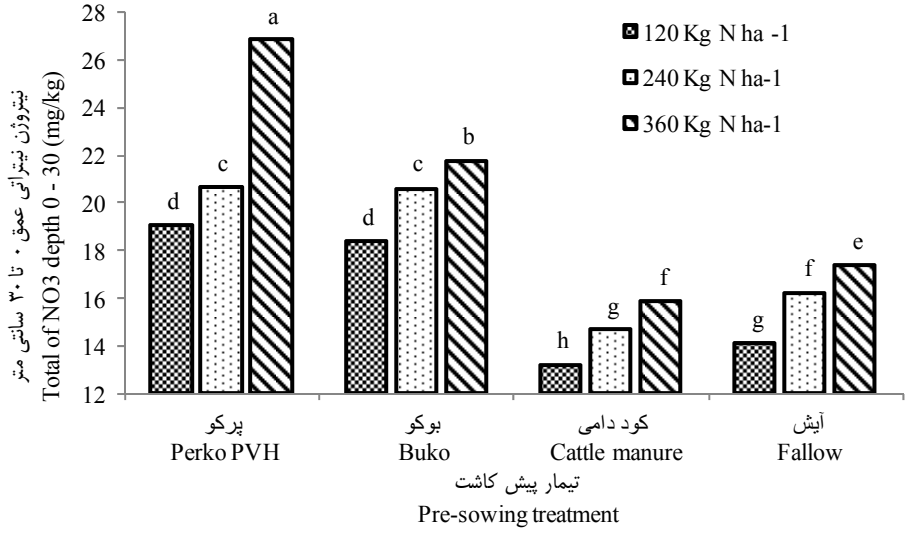
n.s: not significant. *, **: Statistically significant at $P < 0.05, 0.01$, respectively.

در تحقیقی که توسط مِیکس تینین و آرلاسکین (۱۲) در مورد انتخاب بهترین کود سبز در خاک‌های لوم رسی انجام شد، با در نظر گرفتن میزان نیتروژن کل افزوده شده به خاک به‌عنوان معیار انتخاب گیاه به‌عنوان کود سبز مشخص شد که نیتروژن حاصل از کود سبز یونجه بیشترین مقدار را داشته (۰/۱۳۸درصد) و درنتیجه گیاه کاشته شده بعدازآن نیز دارای عملکرد دانه و محتوای پروتئین بالاتری بوده است.

از طرفی وید و سانچز (۲۱) نیز در مطالعات خود نشان دادند که اهمیت افزودن گیاهان کود سبز در خاک آزادسازی عناصری مانند نیتروژن از مواد غیرقابل تجزیه می‌باشد. نیتروژن آزادشده از گیاهان کود سبز می‌تواند توسط گیاهان کشت بعدی مورداستفاده قرار گیرد و چون این میزان نیتروژن به‌تدریج از مواد آلی رها می‌شود بنابراین خطر آبشویی آن کاهش می‌یابد.

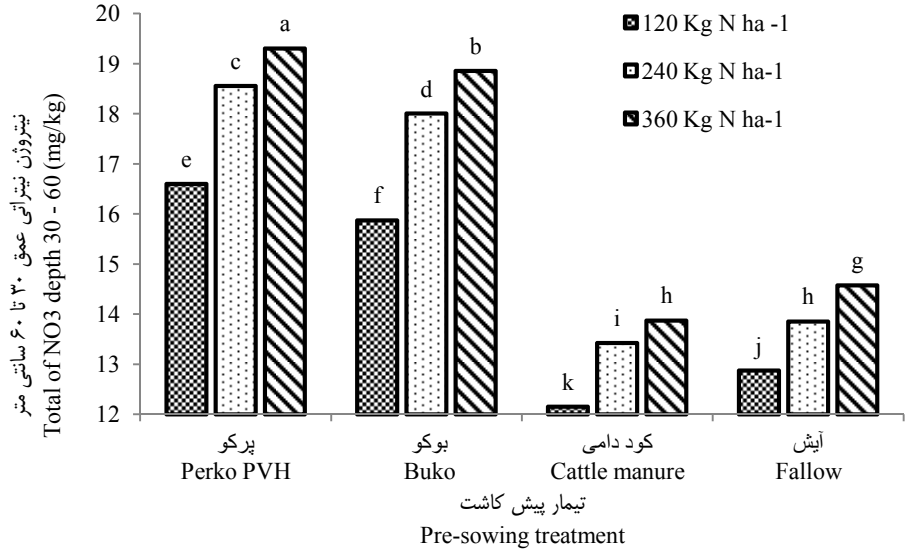
نیتروژن نیتراتی خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی تیمارهای پیش‌کاشت و کود نیتروژن و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر نیتروژن نیتراتی خاک در دو عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین نیتروژن نیتراتی خاک در دو عمق (۲۶/۹ و ۱۹/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار پیش‌کاشت پرکو و میزان ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. پس‌ازاین تیمار، پیش‌کاشت پرکو به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و بوکو به همراه ۳۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توانست بیشترین نیتروژن نیتراتی خاک را تولید کند. کمترین نیتروژن نیتراتی خاک در دو عمق (۱۳/۲۵ و ۱۲/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) در پیش‌کاشت کود دامی و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد؛ هرچند پیش‌کاشت کود دامی به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و پیش‌کاشت آیش به همراه ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند، تیمار پیش‌کاشت پرکو به همراه ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۹۰/۵ و ۴۹/۹۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) میزان نیتروژن نیتراتی خاک در دو عمق را نسبت به تیمار شاهد که همان آیش و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد افزایش داد (شکل ۳ و ۴). بسیاری از محققان افزایش در محتوای نیترات خاک و آب‌های زهکشی شده بعد از استفاده از کود سبز را گزارش کرده‌اند. در تحقیقی در لیتوانی اعلام شد که افزایش پایداری در میزان نیترات خاک تقریباً یک ماه بعد از افزایش کود سبز به خاک مشاهده‌شده است (۱۵). هانسن و جورهیوس (۸) نشان دادند که اختلاط کود سبز شبدر، چهار ماه بعد به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای میزان نیترات را در لایه صفر تا ۹۰ سانتی‌متری خاک افزایش داد همچنین افزودن چاودار زمستانی در خاک باعث افزایش نیترات تا میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار شده و ترکیب یولاف و ماشک معمولی حتی تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، ازت را افزایش داده است. در تحقیقی که توسط ترایپولسکایا و رومنوسکایا (۲۰) انجام شد، میزان معدنی شدن نیتروژن نشان داد که آبشویی نیتروژن در لایه ۲۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متری خاک در زمستان در اثر استفاده از کود سبز شبدر سفید نسبت به چاودار کمتر بوده است.



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر متقابل تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر نیتروژن نیتراتی عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر (آزمون LSD در سطح ۵ درصد)

Figure 3- Mean comparison for interaction of pre-sowing treatments and nitrogen effects on NO_3^- depth 0-30 cm ($P\leq0.05$) based on LSD test.



شکل ٤- مقایسه میانگین تأثیر متقابل تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر نیتروژن نیتراتی عمق ۳۰ تا ٦۰ سانتی‌متر (آزمون LSD در سطح ۵ درصد)

Figure 4- Mean comparison for interaction of pre-sowing treatments and nitrogen effects on NO_3^- depth 30-60 cm ($P\leq0.05$) based on LSD test.

ندزینسکین و همکاران (۱۵)، در آزمایشی که در خاک‌های شنی لومی انجام دادند، مشاهده کردند که میزان نیترات و عناصر غذایی حتی در مدت کوتاه دو ماه بعد از برگرداندن مواد به خاک افزایش‌یافته است.

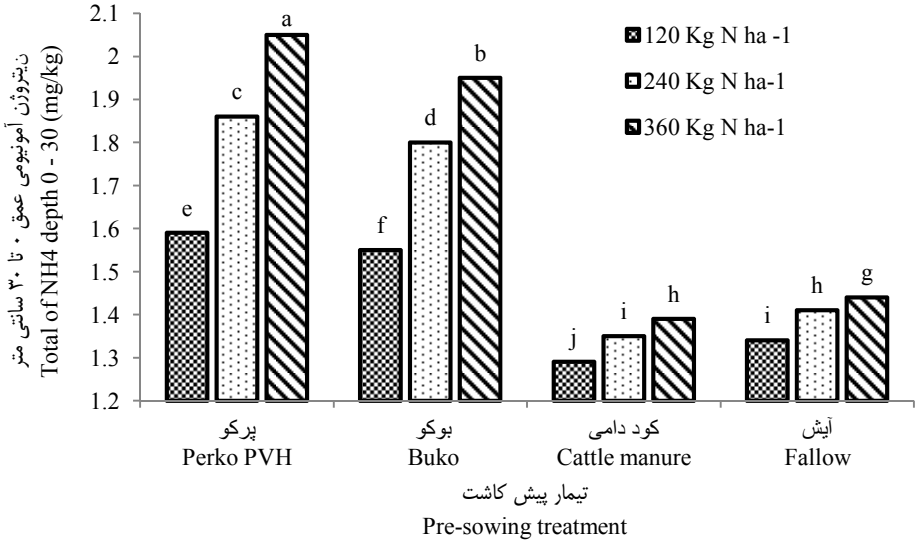
نیتروژن آمونیومی خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی تیمارهای پیش‌کاشت و کود نیتروژن و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر نیتروژن آمونیومی خاک در دو عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین نیتروژن آمونیومی خاک در دو عمق (۲/۰۵ و ۱/۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار پیش‌کاشت پرکو و میزان ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. پس‌ازاین تیمار، پیش‌کاشت پرکو به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و بوکو به همراه ۳۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توانست بیشترین نیتروژن آمونیومی خاک را تولید کند. کمترین نیتروژن آمونیومی خاک در دو عمق (۱/۲۹ و ۱/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) در پیش‌کاشت کود دامی و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد؛ هرچند پیش‌کاشت کود دامی به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و پیش‌کاشت آیش به همراه ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند، تیمار پیش‌کاشت پرکو به همراه ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۵۲/۹۸ و ۵۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) میزان نیتروژن آمونیومی خاک در دو عمق را نسبت به تیمار شاهد که همان آیش و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد افزایش داد (شکل ۵ و ۶). جذب نیتروژن غیرقابل استفاده در خاک و پس دادن آن به شکل قابل‌جذب‌تر در مورد گیاهان غیر لگوم مانند جو، توسط سوراپ- کریستنسن و همکاران (۱۹) گزارش‌شده است که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مطابقت دارد. در مطالعات انجام‌شده توسط مِیکس تینین و آرلاسکین (۱۲)، در مورد اثر گیاهان شبدر قرمز، یونجه معمولی، ماشک و یولاف به‌عنوان کود سبز بر میزان نیتروژن بیولوژیک خاک، مشاهده شد که میزان نیتروژن خاک در مورد یونجه معمولی افزایش زیادی نشان داده و میزان پروتئین بذور گندم در کشت بعدی بالاترین مقدار داشته است. ماتوس و همکاران (۱۳)، نشان دادند که با استفاده از کودهای سبز لگوم، میزان عناصر غذایی خاک و نیتروژن معدنی افزایش‌یافته است.

کربن آلی خاک

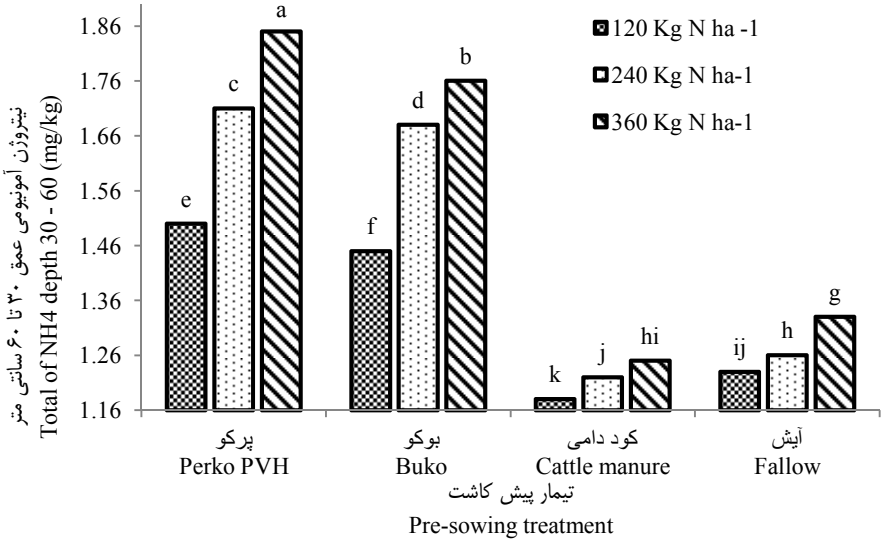
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی تیمارهای پیش‌کاشت و کود نیتروژن بر کربن آلی خاک در دو عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و همچنین اثر متقابل بر کربن آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثر متقابل بر کربن آلی خاک در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری معنی‌دار نبود (جدول ۵). بیشترین کربن آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری (۱/۰۸ درصد) در تیمار پیش‌کاشت پرکو و میزان ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد.

پس‌ازاین تیمار، پیش‌کاشت پرکو به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و بیشترین کربن آلی خاک را تولید کند.
بوکو به همراه ۳۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توانست



شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر متقابل تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر نیتروژن آمونیومی عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر (آزمون LSD در سطح ۵ درصد)

Figure 5- Mean comparison for interaction of pre-sowing treatments and nitrogen effects on NH_4^+ depth 0-30 cm (P≤0.05) based on LSD test.



شکل ٦- مقایسه میانگین تأثیر متقابل تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر نیتروژن آمونیومی عمق ۳۰ تا ٦۰ سانتی‌متر (آزمون LSD در سطح ۵ درصد)

Figure 6- Mean comparison for interaction of pre-sowing treatments and nitrogen effects on NH_4^+ depth 30-60 cm (P≤0.05) based on LSD test.

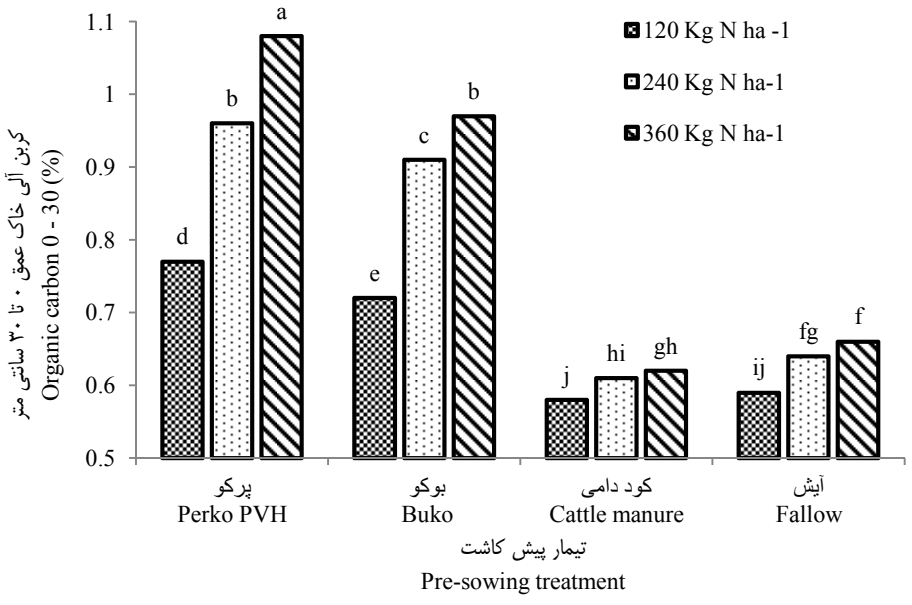
کمترین کربن آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری (۰/۵۸ درصد) در پیش‌کاشت کود دامی و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد؛ هرچند پیش‌کاشت کود دامی به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و پیش‌کاشت آیش به همراه ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند، تیمار پیش‌کاشت پرکو به همراه ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۸۳/۰۵ درصد) میزان کربن

آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری را نسبت به تیمار شاهد که همان آیش و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد افزایش داد (شکل ۷). مقایسه میانگین بین تیمارهای پیش‌کاشت نشان داد که کربن آلی خاک در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری (۰/۶۶ درصد) در تیمار پیش‌کاشت پرکو حاصل شد. پس‌ازاین تیمار، پیش‌کاشت بوکو توانست بیشترین کربن آلی خاک را تولید کند. کمترین کربن آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری (۰/۶۲ درصد) در پیش‌کاشت کود دامی حاصل شد؛ هرچند پیش‌کاشت آیش نیز در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت. پیش‌کاشت‌های پرکو و بوکو به ترتیب (۴/۷۶ و ۳/۱۷ درصد) میزان کربن آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری را نسبت به تیمار شاهد (آیش) افزایش دادند، مقایسه بین تیمارهای نیتروژن نشان داد که بیشترین کربن آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تحت تأثیر تیمار نیتروژن ۳۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار به میزان‌های (۰/۶۵ و ۰/۶۴ درصد) و کمترین کربن آلی خاک (۰/۶۳ درصد) در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (جدول ۶). استفاده از گیاهان به‌عنوان کود سبز تأثیر مثبت روی افزایش کربن آلی خاک دارد (۱۶)، که نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز مؤید همین امر است. بیدربک (۲) نشان داد که به علت زیست‌توده بالای نخود خوراکی و ماشک و ذخیره مقادیر بیشتری از عناصر غذایی، این گیاهان گزینه‌های مناسبی برای استفاده به‌عنوان کود سبز می‌باشند. دلیل انتخاب ماشک به‌عنوان بهترین گیاه می‌تواند گلدهی سریع، مقاومت بالا به خشکی و توانایی بالای تثبیت نیتروژن آن باشد.

به‌طورکلی هدف از کاربرد گیاهان کود سبز افزایش مواد آلی و عناصر غذایی خاک است که با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق گیاه شبدر سفید به دلیل تثبیت بالای نیتروژن و داشتن کیفیت بالا، C/N پایین حتی یک ماه بعد از برگرداندن این گیاه به خاک و درنتیجه افزایش نیتروژن معدنی قابل‌استفاده برای گیاه بعدی، به‌عنوان بهترین کود سبز در بین گیاهان موردمطالعه معرفی می‌گردد. کودهای سبز سریع الرشد نظیر خردل، کلزا و منداب، نیتروژن را سریع‌تر جذب و آن را به شکل آلی در بافت‌های خود ذخیره می‌کنند و از خطر آبشویی آن جلوگیری می‌نمایند. این گیاهان به هنگام برگرداندن در خاک با سرعت بیشتری تجزیه می‌شوند (۱۰). کودهای سبزی که در افزایش کربن آلی خاک مؤثرترند ممکن است نیتروژن چندانی را آزاد نسازند بنابراین تصمیم‌گیری در مورد هرکدام از گیاهان به‌عنوان کود سبز به هدف کاربرد (افزایش ماده آلی یا نیتروژن خاک) بستگی دارد (۱۰).

عملکرد علوفه ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی تیمارهای پیش‌کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد علوفه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین بین تیمارهای پیش-کاشت نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه (۷۸/۲۳ تن در هکتار) در تیمار پیش‌کاشت پرکو حاصل شد.



شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر متقابل تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر کربن آلی خاک عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر (آزمون LSD در سطح ۵ درصد)

Figure 7- Mean comparison for interaction of pre-sowing treatments and nitrogen effects on organic carbon depth 0-30 cm (P≤0.05) based on LSD test

جدول ٦- اثرات اصلی تیمارهای پیش‌کاشت و نیتروژن بر کربن آلی خاک عمق (۳۰-٦۰ سانتی‌متر) و عملکرد علوفه ذرت

Table 6- The main effect of pre-sowing treatments and nitrogen on organic carbon (depth 0-30 cm) and forage yield of corn

تیمارهای آزمایشی Treatments	کربن آلی خاک (درصد) OC (%)	عملکرد علوفه ذرت (تن در هکتار) Forage Yield of Corn (Ton ha^{-1})
تیمارهای پیش‌کاشت Pre-sowing treatments		
پرکو Perko PVH	0.66 a	78.23 a
بوکو Buko	0.65 b	74.31 ab
کود دامی Cattle manure	0.62 c	63.71 c
آیش Fallow	0.63 c	68.58 bc
نیتروژن Nitrogen (Kg ha^{-1})		
120	0.63 c	62.92 b
240	0.64 b	74.31 a
360	0.65 a	76.42 a

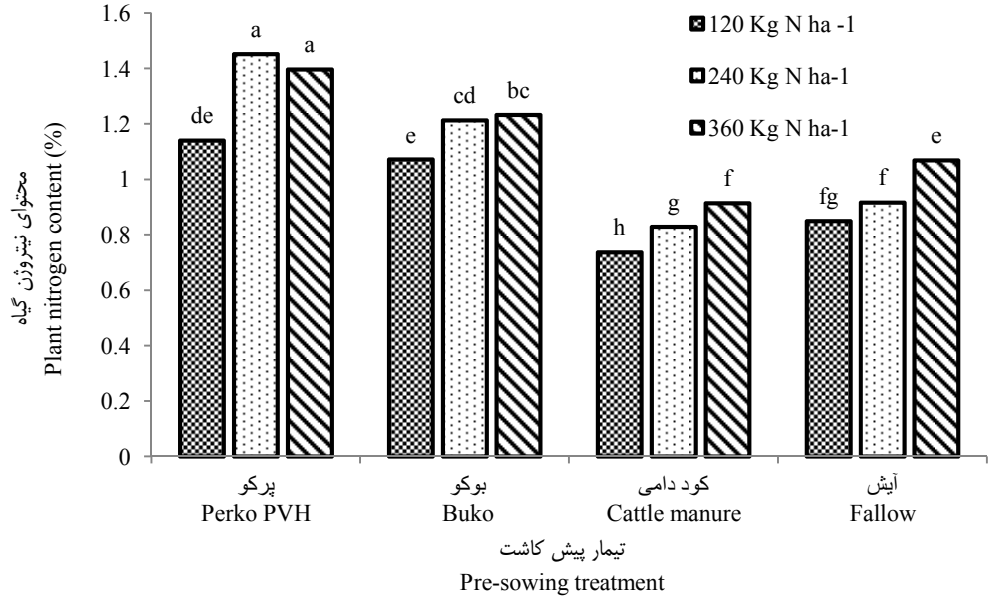
میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

The treatments with a common letter have no significantly different(LSD test, P>0.05).

پس از این تیمار، پیش‌کاشت بوکو توانست بیشترین عملکرد علوفه را تولید کند. کمترین عملکرد علوفه (۶۳/۷۱ تن در هکتار) در پیش‌کاشت کود دامی حاصل شد؛ هر چند پیش‌کاشت آیش نیز در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفت. پیش‌کاشت‌های پرکو و بوکو به ترتیب (۱۴/۰۷ و ۸/۳۵ درصد) میزان عملکرد علوفه را نسبت به تیمار شاهد(آیش) افزایش دادند (جدول ۶). احتمالاً دلیل این افزایش عملکرد، به دلیل بهبود کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد و گیاه توانسته نیازهای غذایی خود را تأمین کند، که یکی از دلایل برتری گیاهان پرکو و بوکو نسبت به گیاهان پوششی دیگر سیستم ریشه‌ای عمیق که نیتروژن تثبیت‌شده در اعماق خاک را بازجذب و برای گیاه قابل‌استفاده می‌کند، نسبت C/N پایین و سرعت رشد بالا در کوتاه‌مدت می‌باشد. مقایسه بین تیمارهای نیتروژن نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه تحت تأثیر تیمار نیتروژن ۳۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار به میزان‌های (۷۶/۴۲ و ۷۴/۳ تن در هکتار) و کمترین عملکرد علوفه (۶۲/۹ تن در هکتار) در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (جدول ۶). نتایج تانیسن و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که با مصرف نیتروژن بیشتر و گیاهان پوششی، عملکرد علوفه به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت که با نتایج بررسی حاضر مطابقت کامل دارد (۱۸). بیدربک (۱۹۹۳) دلیل افزایش عملکرد گیاهان پس از کشت گیاهان پوششی و کود سبز را، افزایش نیتروژن خاک بیان نموده‌اند (۲).

محتوای نیتروژن ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی تیمارهای پیش‌کاشت و کود نیتروژن و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر درصد محتوای نیتروژن گیاه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین محتوای نیتروژن گیاه (۱/۴ درصد) در تیمار پیش‌کاشت پرکو و میزان ۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. پس از این تیمار، بوکو به همراه ۳۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توانست بیشترین درصد محتوای نیتروژن گیاه را تولید کند. کمترین درصد محتوای نیتروژن گیاه (۰/۷ درصد) در پیش‌کاشت کود دامی و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد؛ تیمار پیش‌کاشت پرکو به همراه ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان محتوای نیتروژن گیاه را نسبت به تیمار شاهد (که همان آیش به همراه ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد) ۷۰ درصد افزایش داد (شکل ۸). همان‌طور که از نتایج اثر متقابل مشخص است تیمار پیش‌کاشت پرکو و مقدار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک گروه آماری با تیمار آیش و ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار قرار گرفته، که میزان ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کمتر مصرف‌شده که هم ازنظر اقتصادی و هم ازنظر زیست‌محیطی بسیار باارزش می‌باشد و همین‌طور در بلندمدت گیاهان پیش‌کاشت باعث افزایش محتوای نیتروژن و کربن آلی خاک می‌شود. بیدربک (۲) گزارش کرد کود سبز و کود نیتروژن باعث افزایش محتوای نیتروژن گیاه می‌شود.



شکل ۸- مقایسه میانگین تأثیر متقابل تیمارهای پیش‌کاشت و سطوح نیتروژن بر محتوای نیتروژن خاک (آزمون LSD در سطح ۵ درصد)

Figure 8- Mean comparison for interaction of pre-sowing treatments and nitrogen effects on plant nitrogen content (P≤0.05) based on LSD test.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این پژوهش اثر مدیریت تلفیقی محصول با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و کود شیمیایی نیتروژن، باعث افزایش کربن و اشکال نیتروژن خاک و در نتیجه حاصلخیزی آن شده است و به دنبال آن عملکرد علوفه و محتوای نیتروژن ذرت افزایش یافته است. از این رو با کاربرد کودهای آلی، ضمن کاهش قابل‌توجه در مصرف کود شیمیایی نیتروژن می‌توان اثرات سوء زیست‌محیطی را کاهش داد. نتایج آزمایش نشان داد پیش‌کاشت‌های پرکو و بوکو تأثیر مثبت و قابل‌توجهی بر افزایش کربن و نیتروژن خاک داشته و در نتیجه عملکرد گیاه زراعی افزایش یافته است. به‌طورکلی می‌توان گفت که استفاده از کود سبز و برگشت بقایای گیاهی به خاک موجب افزایش حاصلخیزی خاک شده و می‌تواند میزان پایداری را در اکوسیستم‌های زراعی افزایش دهد.

منابع

1- Abril A., Baleani D., Casado-Murillo N., and Noe L. 2007. Effect of wheat crop fertilization on nitrogen dynamics and balance in the Humid Pampas, Argentina. Agriculture, Ecosystems and Environment, 119:171-176.

2- Biederbeck V.O. 1993. Productivity of four annual legumes as green manure in dryland cropping systems. Agronomy Journal, 85:1035-1043.

3- Brown B., Westcott M., Christensen N., Pan B., and Stark J. 2007. Nitrogen management for hard wheat protein enhancement. Available at http://info.ag.uidaho.edu/PDF/PNW/PNW0578.pdf (visited 20 February 2007).

4- Cabrera M.L., Kissel D.E., and Vigil M.F. 2005. Nitrogen mineralization from organic residues. Reserch opportunities. Journal of Environmental Quality, 34:75-79.

5- Collins H.P., Delgado J.A., Alva A.K., and Follett R.F. 2007. Use of nitrogen-15 isotopic techniques to estimate nitrogen cycling from a mustard cover crop to potatoes. Agronomy Journal, 99(1):27-35.

6- Food and Agricultural Organization of the United Nation. 2004. Available at http://faostat.fao.org/faostat/collections. subset= Agriculture. (visited 8 November 2004).

7- Graham Ph., and Vanca C.P. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. Field Crops Research, 65:93-106.

8- Hansen E.M., and Djurhuus J. 1997. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. Soil and Tillage Research, 41:203-219.

9- Hesse P.R. 1971. A text book of soil chemical analysis. John Murray. London.

10- Koocheki A., Nakhforosh A.R., and Zarif Ketabi H. 1997. Organic farming. Ferdowsi University of Mashhad Publisher. 331Pp. (in persian).
11- Kumar K., and Goh K.M. 2002. Management practices of antecedent leguminous and non–leguminous crop residues in relation to winter wheat yields, nitrogen uptake, soil nitrogen mineralization and simple nitrogen balance. European Journal of Agronomy, 16:295-308.
12- Maiksteniene S., and Arlauskiene A. 2004. Effect of preceding crops and green manure on the fertility of clay loam soil. Agronomy Research, 2(1):87-97.
13- Matos E.D.S., Mendonce E.D.S., Lima P.C.D., Coelho M.S., Mateus R.F., and Cardoso I.M. 2008. Green manure in coffee system in the region of Zona Da Mata, Minas Gerais: Characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. Brazilian Journal of Soil Science, 32:2027-2035.
14- Mihailovic V., Eric P., Marinkovic R., Cupina B., Marjanovic-Jeromela A., Krstic D., and Cervenski J. 2008. Potential of Some Brassica Species as Forage Crops. Cruciferae Newsletter, 27:39-40.
15- Nedzinskiene T., Nedzinskas A., and Pranaitis K. 2002. Augalų parinkimo žaliajai trąšai tyrimai ekologiniams ūkiams priesmelio dirvoje. Baltijos region šalių ekologino žemes ūkio būkle, problemos ir perspektyvos. Kaunas. Pp:80-85.
16- Sabiene N., Kusliene G. and Zaleckas E. 2010. The influence of land use on soil organic carbon and nitrogen content and redox potential. Zemdirbyste Agriculture, 97(3):15-24.
17- Talgre L., Lauringson E., Roostalu H., and Astover A. 2009. The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat. Agronomy Research, 7(1):125-132.
18- Thonnissen C., Midmore D.J., Ladha J.K., Olk D.C., and Schmidhalter U. 2000. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manure to tropical vegetable production system. Agronomy Journal, 92:253-260.
19- Thorup-Kristensen K., and Magid J. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. Advances in Agronomy, 79:227-302.
20- Tripolskaya L. and Romanovskaya D. 2006. A study of nitrogen migration affected by different plants for green manure in sandy loam soil. Ekologija, 4:89-97.
21- Wade M.K., and Sanchez P.A. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon Basin. Agronomy Journal, 75:39-45.

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct. 2017, p. 1093-1107

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۶، ص. ۱۱۰۷-۱۰۹۳

Integrated Crop Management Effect on Carbon and Nitrogen of Soil

A. Baghdadi[1*] - M. Balazadeh[2] - A. Kashani[3] - F. Golzardi[4]

Received: 25-07-2016
Accepted: 01-05-2017

Introduction: Recently, destruction of soil organic matter and its has caused by continuous utilization of soil and disregarding crop rotation , especially in arid and semiarid regions such as Iran. Considering hazards and contamination caused by the application of chemical fertilizers, reducing consumption of these inputs, finding ecological methods to provide crop nutrition supplies, increasing and maintaining soil fertility is consequential. Cultivation of the appropriate pre-sowing plants, is one of these methods which can act as green manure to maintain soil fertility by recycling carbon, organic matter and total nitrogen in the soil due to increase in microbiological activity and release nutrients for plants uptake. Therefore, this study aimed to investigate the effects of integrated crop management on soil nutrients characteristics and nitrogen mineralization during the period after adding green plant residues was conducted in Karaj.

Materials and Methods: This research is performed during growing season 2013-14 at the Agricultural Research Station of Islamic Azad University, Karaj, Iran. The experiment was conducted as a split plot based on a randomized complete block design with four replications. Main factors included pre-sowing treatments in 4 levels (Perko PVH, Buko, Cattle manure and Fallow) and sub factors also included nitrogen levels (120 and 240 and 360 kg ha^{-1}, utilized urea source). Perko PVH and Buko belong to Brassicaceae family which can increase the soil organic matter content when ploughed directly into the soil as green manure. Pre-sowing of Perko PVH and Buko were planted in the middle of March. Pre-sowing plants were removed before flowering stem emergence coincide with the end of the vegetative stage, two weeks before the corn was planted and plant residues were rotated and mixed with soil. In order to apply cattle manure treatments in intended plots the amount of 7 ton ha^{-1} was given to the soil prior to corn. On July 6, 2014 corn planting was done by pneumatic machine. Nitrogen fertilizer split and applied in 3 rounds as topdressing in the amount of 10, 70 and 20 percentage in the five-leaf stage, Stem elongation and tassel emergence stage, Samples were randomly taken after harvesting corn silage from zero to 30 and 30 to 60 cm depths in each plot and mixed together. Soil samples separately were dehumidified by air and were passed from 2 mm sieve. Organic carbon content of soil samples was determined by oxidation in the presence of potassium dichromate and concentrated sulfuric acid (Hesse, 1971) and total nitrogen amount was determined by Kjel method (Hesse, 1971) and to measure soil mineral nitrogen, samples were extracted by the 2 molar KCl solution, and ammonium nitrate samples were measured using distillation and titration with HCl. Data analyses are done using SAS (Version 9.1.3) statistic software and mean comparison was done using the LSD test at probability level of 5%.

Results and Discussion: Analysis of variance illustrated that the effect of pre-sowing on organic carbon, total nitrogen, nitrate nitrogen and soil ammonium nitrogen in 5% probability level was significant. So for all traits, Perko PVH and Buko were more effective than the fallow and animal manure treatments. The effects of nitrogen levels on all traits were significant in 1% probability level, so that elevation in nitrogen usage increased the rate of these traits. The interaction between pre-sowing treatments and nitrogen levels on soil organic carbon, total nitrogen, nitrate nitrogen and ammonium nitrogen in the soil were highly significant at 1% probability level.So Perko PVH pre-sowing treatment along with application of 360 kg ha^{-1} nitrogen of urea source resulted to the highest values among traits. The highest percentage of soil organic carbon content was obtained by Perko PVH pre-sowing treatment and adjustment of 360 kg ha^{-1} nitrogen in a rate of 1.08% and the lowest percentage of soil organic carbon was obtained by application of cattle manure treatment and adjustment of 120 kg ha^{-1}

1 and 3- PhD. Student and Professor, Deptartment of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: amirsaleh.baghdadi@kiau.ac.ir)
2- PhD. Student, Deptartment of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4- Assistant Professor, Maize and Forage Crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

nitrogen in a rate of 0.58%. The highest percentage of total soil nitrogen gained by Perko PVH pre-sowing treatment and adjustment of 360 kg ha^{-1} nitrogen in a rate of 0.102% and the lowest percentage of total soil nitrogen was gained by cattle manure treatment and usage of 120 and 240 kg ha^{-1} nitrogen in rates of 0.052% and 0.047%.

Conclusions: According to the results, utilization of integrated crop management with integrated application of organic fertilizers of chemical nitrogen fertilizer, improved soil chemical properties and soil fertility. Hence applying organic fertilizers can significantly reduce the usage of nitrogen fertilizer while reducing their environmental impacts. The result of the study indicated that pre-sowings of Perko PVH and Buko plants had a positive and significant effect on soil chemical parameters, whereas soil chemical characteristics reaction on pre-sowing yield is totally diverse. In general, it can be concluded that planting the pre-sowing plants and ploughing their residues into the ground can maintain and increase soil fertility and consequently causing the increment of crop quantity and quality proportions and can be considered as a one way to achieve sustainable agriculture.

Keywords: Buko, Cattle manure, Corn, Green manure, Perko PVH