نشریه زراعت شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

تاثیر بقایای گیاهان مختلف کود سبز بر میزان فسفر قابل جذب، میزان نیتروژن و کربن آلی خاک

- سکینه عبدی، استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)
- مهدی تاج بخش، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
- بابک عبدالهی مندولکانی، دانشیار گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
- میر حسن رسولی صدقیانی، استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: آذر ماه ۱۳۹۲

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۴۲۶۳۱۷۹

پست الکترونیک نویسنده مسئول: sakineh_abdi58@yahoo.com

چکیده

به منظور مطالعه اثر گیاهان شبدر سفید، شبدر قرمز، شبدر برسیم، اسپرس، ماشک، گاودانه، سورگوم علوفهای، ارزن مرواریدی، یولاف و منداب به عنوان کود سبز بر فرآیند تغییرات کربن آلی خاک، فسفر و نیتروژن طی دورههای بعد از افزودن گیاهان به خاک، آزمایشی به صورت مزرعهای در سالهای ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. نتایج آزمایشات در هر دو سال نشان داد که کربن آلی خاک پنج ماه بعد از اختلاط بقایای سورگوم علوفهای و ارزن مرواریدی به خاک، بیشترین میزان را داشت. بیشترین میزان نیتروژن کل خاک در سال ۱۳۸۸، پنج ماه بعد از استفاده از بقایای شبدر سفید به عنوان کود سبز حاصل شد (۰/۲۳ درصد) در حالی که در سال ۱۳۸۹ مربوط به ماشک (۰/۳۴ درصد) و سه ماه بعد از اختلاط بقایای این گیاه با خاک بود. کمترین نسبت C/N در سال ۱۳۸۸ در مورد شبدر سفید، یک ماه بعد از اختلاط بقایای آن مشاهده شد. بیشترین مقدار فسفر قابل جذب خاک (۳۴/۰۰ mg/kg) در سال ۱۳۸۸، مربوط به پنج ماه بعد از برگرداندن بقایای شبدر سفید و در سال ۱۳۸۹ مربوط به ماشک (۳۸/۲۵ mg/kg) بود. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق گیاهان شبدر سفید و ماشک به دلیل داشتن نسبت C/Nپایین، افزایش میزان فسفر قابل جذب خاک و نیتروژن کل قابل استفاده برای گیاه بعدی، میتوانند به عنوان بهترین کود سبز در بین گیاهان مورد مطالعه معرفی گردند.

کلمات کلیدی: کربن آلی، کود سبز، لیگنین، نسبت C/N خاک

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 48-57

The effect of different green manures on availability of phosphor, total nitrogen and organic carbon content

By:

- *S. Abdi, (Corresponding Author; Tel: 09144263179), Assistant professor of University of Tabriz,*
- *M. Tajbakhsh, Professor of Urmia University, Iran.*
- *B. Abdollahi Mandoulakani, Associate Professor of Urmia University*
- *M. H. Rasouli Sadaghiani, Assistant professor of Urmia University*

Received: January 2012 **Accepted: December 2013**

In order to study the effect of different green manure plants on soil organic carbon, phosphor, total and mineral nitrogen, an experiment was conducted over two years (2009 and 2010) based on randomized complete blocks design with four replications. The green manure treatments included sorghum (*Sorghum bicolor*), pearl millet (*Panicum miliaceum*), turnip (*Eruca sativa*), white clover (*Trifollium repens*), sainfoin (*Onobrychis viciaefolia*), red clover (*T. pratense*), berseem clover (*T. alexandrinum*), vetch (*Vicia sativa*), bitter vetch (*Vicia peregrine*) and oat (*Avena sativa*) plants. Changes in soil nutrient elements and nitrogen mineralization were measured during different time periods after plant residues incorporation to soil. At the first and second year the results indicated that sorghum and pearl millet green residues resulted in the highest amount of soil organic carbon after five months incorporation. At first year, the highest soil nitrogen content (0.23 %) was observed in white clover plant after five months incorporation and at second year has been derived by applying vetch green residues (0.34 %). At first year the C:N ratio significantly decreased after 3 months soil incorporation of white clover. At first year, the highest soil phosphor content (34.00 mg/kg) was obtained after five months incorporation of white clover plant while in second year the highest phosphorus content of soil obtained by applying vetch green residues. In conclusion white clover and vetch due to lower C:N ratio, higher total and mineral nitrogen and phosphor for subsequent plant, is introduced as proper green manure among studied plants.

key Words: Green manure, Lignin, Organic carbon, Soil C:N ratio.

مقدمه

پایداری بسیاری از سیستم های تولید محصول به کیفیت خاک و دسترسی گیاهان به عناصر غذایی خاک بستگی دارد (Christensen, 2004). در اکوسیستم های کشاورزی در مقایسه با اکوسیستم های طبیعی که در آنها عناصر غذایی در حال چرخش هستند، عناصر غذایی یا در زمان برداشت محصول بصورت پسماند های زراعی شامل کاه و کلش از زمین خارج می شوند و یا از طریق فرسایش، آبشویی و یا به شکل گازهای گلخانه ای از دسترس گیاهان خارج می گردند (Campbell, 1998). از این رو، سیستم های کشاورزی بیشتر از سیستم های طبیعی در معرض خطر کاهش عناصر غذایی خاک می باشند (Wild, 2003)، بنابراین برای افزایش مقدار مواد غذایی در دسترس گیاهان باید از کود استفاده گردد. استفاده زیاد از کودهای غیرآلی علاوه بر کاهش کیفیت خاک، افزایش هزینه های تولید محصول و اثرات سوء زیست محیطی را به دنبال دارد (Fageria and Baligar, 2005). استفاده از تناوب زراعی و اضافه نمودن مواد آلی برای به حداقل رساندن این مشکلات توصیه شده است (Kumar and Goh, 2000). کود سبز باعث افزایش مواد آلی خاک شده که این پدیده در نتیجه فرآیند های میکروبیولوژیکی اتفاق افتاده و باعث آزاد سازی عناصر غذایی برای گیاهان می شوند (Talgre *et al*., 2009).

مطالعه تاثیر گیاهان کود سبز شبدر قرمز، یونجه معمولی، ماشک و یولاف بر میزان نیتروژن قابل جذب از نظر بیولوژیکی نشان داده است که استفاده از یونجه به عنوان کود سبز، میزان نیتروژن خاک را بطور چشمگیری افزایش داده و باعث افزایش میزان پروتئین بذور گندم در کشت بعدی شده است (Maiksteniene and Arlauskiene, 2004). استفاده از کودهای سبز لگوم، میزان عناصر غذایی خاک بویژه نیتروژن را افزایش می دهد (Matos *et al*., 2008)، این در حالی است که کارایی کود سبز در افزایش عناصر غذایی به نوع خاک، دمای محیط، اسیدیته و سیستم مدیریتی خاک بستگی دارد (Thonnissen *et al*., 2000). همچنین معدنی شدن نیتروژن به نسبت C/N بویژه در هفته های اول تجزیه بستگی دارد (Cabrera *et al*., 2005).

کود سبز در کشور ما تنها در بعضی مناطق و در حد بسیار محدودی اعمال می گردد. کودهای حیوانی نیز به طور صحیحی نگهداری و مصرف نمی شوند. گران بودن کودهای دامی و عدم رواج مصرف آنها نیز مزید بر علت شده و موجب نقش بسیار ناچیز کودهای آلی در افزایش

حاصلخیزی و اصلاح خاک های ایران می گردد. این موضوع به خصوص در زراعت های وسیع می تواند مشکلات جدی در برنامه ریزی و عملیات زراعی بوجود آورد. هدف از این تحقیق مطالعه گیاهان خانواده های گرامینه و براسیکاسه در کنار گیاهان خانواده لگومینوزه به عنوان کود سبز و بررسی تغییرات عناصر غذایی خاک شامل کربن آلی، نیتروژن و فسفر و همچنین معدنی شدن نیتروژن طی دوره های بعد از افزودن بقایای سبز گیاهان به خاک و در نهایت معرفی بهترین گیاه به عنوان کود سبز در شرایط مورد مطالعه می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه واقع در ۱۱ کیلومتری شمال غرب ارومیه، به طول جغرافیایی ۵ ° و ۴۵ ° شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ ° و ۳۷ ° شمالی و با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا، به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. در این آزمایش گیاهان شبدر قرمز (*Trifolium pretense* L.)، شبدر سفید (*Trifolium repens* L.)، شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.)، ماشک (*Vicia sativa* L.)، گاودانه (*Vicia peregrine* L.)، اسپرس (*Onobrychis viciaefolia* Scop.)، ارزن مرواریدی (*Panicum miliaceum*)، یولاف (*Avena sativa* L.)، سورگوم علوفه ای (*Sorghum bicolor* L.) و منداب (*Eruca sativa* L.) به عنوان تیمار در نظر گرفته شدند. خاک مزرعه مورد آزمایش در این تحقیق رسی لومی بود (۳۲ درصد رس و ۴۴ درصد سیلت). کشت گیاهان کود سبز در تاریخ چهاردهم اردیبهشت برای سال ۱۳۸۸ و بیستم اردیبهشت برای سال ۱۳۸۹ به صورت دست پاش و در واحدهای آزمایشی ۳×۴ متر مربعی صورت گرفت. بقایای سبز گیاهان بسته به رقم و گونه گیاهی در مراحل اولیه گلدهی (در فاصله ۳۰ تیر تا ۱۶ مرداد برای آزمایش سال ۱۳۸۸ و ۱ مرداد تا ۱۴ مرداد برای آزمایش سال ۱۳۸۹) به کمک قیچی باغبانی به قطعات کوچک خرد شده و به کمک شخم دستی در عمق ۳۰ سانتی متری خاک برگردانده شدند. از آنجائیکه میزان بقایای گیاهی که به خاک افزوده شده بر حسب گیاه متفاوت بود، قبل از برگرداندن گیاهان به خاک نمونه گیری از آنها برای بر آورد عملکرد هر کدام از گیاهان مورد مطالعه، به کمک یک پلات ۱ متر مربعی در هر کرت انجام شد (Biederbeck, 1993). پس از توزین، گیاهان توسط دستگاه آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. تعیین میزان همی سلولز، سلولز و لیگنین نمونه های گیاهی، با استفاده از روش وان سوست و گوئرینگ و **به کمک شوینده های خنثی واسیدی انجام شد** (Van Soest *et al*., 1991). نمونه برداری از خاک در زمان های مختلف شامل: موقع برگرداندن گیاهان به خاک (نمونه برداری اول)، یک ماه (نمونه برداری دوم)، سه ماه (نمونه برداری سوم) و پنج ماه (نمونه برداری چهارم) بعد از برگرداندن گیاهان به خاک صورت گرفت بدین ترتیب که نمونه ها از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک و از سه مکان در هر کرت برداشته شده و با هم مخلوط شدند. نمونه های خاک به طور جداگانه در هوا خشک شده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. کربن آلی نمونه های خاک به روش اکسیداسیون در مجاورت بی کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ (Walky and Black, 1934) و نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال (Hesse, 1971) تعیین گردید. فسفر تبادلی با بی کربنات سدیم ۰/۵ نرمال، بوسیله اسپکتروفتومتری مورد اندازه گیری قرار گرفت.

به منظور پی بردن به اثر متقابل زمان های مختلف نمونه برداری از خاک با تیمار، تجزیه و تحلیل داده ها به صورت طرح اسپلیت پلات در زمان انجام گرفت که در این حالت گیاهان به عنوان فاکتور اصلی و زمان به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. تجزیه داده‌ها برای صفات مختلف با استفاده از نرم افزار آماری SAS (SAS Institute Inc, 1997) انجام گرفت. برای نرمال کردن اعداد از نرم افزار MINITAB 14 استفاده شد. آزمون بارتلت روی کلیه صفات مورد بررسی انجام شد (Yilmaz, 2008)، بر اساس این آزمون درصورتی که واریانس خطای صفات در دو سال متوالی کاشت با یکدیگر همگون باشند مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۱ و یا ۵ به صورت تجزیه مرکب انجام شد. در غیر این صورت مقایسه میانگین صفات برای هر سال بطور جداگانه انجام گرفت.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گیاهان مختلف کود سبز در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش.

منابع تغییرات	عملکرد کل	کربن آلی گیاه	نیتروژن کل گیاه	سلولز	همی سلولز	لیگنین	نسبت C/N گیاه
	میانگین مربعات سال اول (۱۳۸۸)						
بلوک	۳۷۲۴۴۵/۳ ns	۰/۰۸۸ ns	۰/۱۱ *	۱/۳۸ ns	۰/۵۶ ns	۰/۰۵۷ *	۴/۶۱۰۶ ns
تیمار (گیاه)	۱۹۸۸۳۲/۶ **	۶۱۶/۰۰۲ **	۶/۸۵ **	۲۹۷/۲۲ **	۳۹۳/۸۷ **	۲۵/۰۵ **	۳۸۲/۶۵ **
اشتباه آزمایشی	۳۸۷۱۵۴/۵	۰/۰۸۵	۰/۰۳۱	۲/۰۹	۰/۷۴	۰/۰۱	۲/۰۴۴۵۳
ضریب تغییرات(٪)	۲۷/۳۱	۰/۸۳	۶/۵۶	۶/۸۲	۸/۹۴	۳/۸۴	۱۰/۱۷
	میانگین مربعات سال دوم (۱۳۸۹)						
بلوک	۱۱۷۷۴۱/۵ ns	۰/۱۷۲۲ ns	۰/۰۳۸ ns	۰/۰۱۱۹ ns	۰/۳۶۴۵ *	۰/۰۲۵۶۲ ns	۳/۴۳۰۲ ns
تیمار (گیاه)	۲۵۹۷۴۷/۲ **	۱۲۱/۰۱۴ **	۹/۳۷۸ **	۳۵۴/۷۶ **	۴۵۲/۰۶ **	۲۸/۹۲۰۸ **	۳۸۸/۰۰ **
اشتباه آزمایشی	۶۴۹۳۷/۲	۰/۰۸۹	۰/۱۰۱۱۲	۰/۰۸۸۷۳۵	۰/۰۸۶۹۱۵	۰/۰۵۳۲۲۲۳	۱۰/۷۹۰۲۸
ضریب تغییرات(٪)	۹/۳۱	۰/۹۴	۱۱/۵۸	۱/۳۷	۲/۸۳	۶/۴۴	۲۲/۲۱

ns ، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ (بر اساس آزمون دانکن).

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تیمار (کود سبز) بر صفات مختلف مورد ارزیابی این گیاهان در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش.

کود سبز	صفات مورد ارزیابی											
	عملکرد کل		کربن آلی		نیتروژن کل گیاه		سلولز		همی سلولز		لیگنین		نسبت C/N گیاه	
	(هکتار/کیلوگرم)						(درصد)							
	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹
ماشک	۱۶۵۳/۲c	۱۸۴۳/۶de	۳۷/۲e	۳۹/۲c	۴/۳ a	۴/۷a	۲۲/۰ b	۲۰/۷g	۵/۷e	۶/۱e	۳/۱e	۴/۱ c	۸/۷e	۸/۳c
ارزن مرواریدی	۴۱۱۴/۷b	۵۵۴۷/۵b	۴۲/۱b	۴۲/۵b	۱/۸ e	۱/۵de	۲۸/۴ a	۳۲/۱a	۲۴/۹ b	۲۳/۵b	۵/۳ b	۷/۱ b	۲۳/۳b	۲۸/۳a
گاودانه	۱۶۶۰/۵ c	۱۸۷۰/۵de	۳۷/۰e	۳۸/۵d	۴/۱ a	۴/۴a	۲۳/۹ b	۲۵/۴e	۵/۵ e	۷/۲d	۳/۹ c	۳/۲de	۹/۱e	۸/۷c
یولاف	۲۱۵۹/۶ c	۲۷۷۴/۷c	۴۲/۱b	۴۱/۲b	۲/۱ e	۱/۷de	۲۹/۸ a	۲۹/۸c	۱۹/۹ c	۲۳/۲b	۰/۹ g	۱/۱ g	۱۹/۹c	۲۴/۹ab
منداب	۱۵۳۱/۸ c	۱۶۱۷/۵de	۴۰/۵c	۳۹/۷c	۲/۶ d	۲/۲d	۲۷/۷ a	۲۸/۳d	۱۱/۹ d	۱۴/۰c	۴/۰ c	۳/۴d	۱۵/۷d	۱۸/۹b
سورگوم علوفه‌ای	۸۲۷۷/۵ a	۹۲۷۵/۹a	۴۷/۱a	۴۶/۵a	۱/۳ f	۱/۵ e	۲۸/۷ a	۳۰/۹b	۲۷/۴ a	۳۰/۲a	۹/۲ a	۹/۴a	۳۶/۹a	۳۱/۶a
اسپرس	۱۱۳۳/۴ cd	۱۷۰۵/۱de	۳۸/۷d	۳۹/۴c	۳/۷ b	۴/۷a	۲۱/۷ b	۲۳/۶f	۳/۵ f	۲/۳g	۳/۵ d	۴/۳ c	۱۰/۴e	۸/۴c
شبدر سفید	۱۸۵۳/۴ c	۱۹۴۶/۸d	۳۱/۱h	۳۲/۷g	۳/۴ b	۳/۶b	۱۸/۰ c	۱۵/۸i	۱/۸ f	۲/۷g	۰/۹ g	۱/۳ g	۹/۱e	۹/۲c
شبدر برسیم	۱۸۶۰/۴ c	۲۱۶۵/۷d	۳۴/۶f	۳۴/۱f	۳/۱ c	۲/۸c	۱۵/۶ c	۱۶/۶h	۲/۶ f	۳/۴f	۲/۸ f	۲/۵ f	۱۱/۴e	۱۲/۳c
شبدر قرمز	۸۱۳/۷ cd	۱۳۳۳/۵e	۳۴/۱g	۳۵/۶e	۳/۴ bc	۳/۰bc	۱۷/۰ c	۱۵/۷i	۲/۶ f	۱/۶h	۲/۸ f	۲/۹ ef	۱۰/۱e	۱۱/۹c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ($P\leq0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج و بحث

نتایج آزمون بارتلت نشان داد که واریانس خطای دو سال برای هیچکدام از صفات اندازه گیری شده یکنواخت نبود بنابراین تمام صفات به صورت دو سال جدا از هم تجزیه آماری شدند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار تاثیر معنی داری (در سطح ۱□) بر عملکرد کل گیاه، نیتروژن کل گیاه، سلولز، همی سلولز، لیگنین، نسبت C/N گیاه دارد (جدول ۱). بدین ترتیب که بیشترین و کمترین عملکرد کل گیاهان کود سبز در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ بترتیب مربوط به سورگوم علوفه ای و شبدر قرمز بود (جدول ۲). گیاهان خانواده لگوم نسبت به سایر گیاهان بیشترین مقدار نیتروژن کل را داشتند و در بین لگوم ها در سال اول آزمایش ماشک و گاودانه بیشترین مقدار نیتروژن کل را داشتند و در سال ۱۳۸۹ میزان نیتروژن کل اسپرس اختلاف معنی داری با این دو گیاه نداشت. در کلیه بقایای گیاهان مورد مطالعه به استثنای سورگوم علوفه ای مقدار سلولز از همی سلولز بیشتر بود در حالی که درصد لیگنین در بقایای گیاهی کمتر از سلولز و همی سلولز است. بالا بودن درصد لیگنین نشان دهنده دیر تجزیه پذیری این گیاهان می باشد (Summerell and Bugress, 1989). در سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ نسبت C/Nگیاهان لگوم کمتر از یولاف، منداب، ارزن مرواریدی و سورگوم علوفه ای بود (جدول ۲). بیشترین درصد کربن آلی در مورد سورگوم علوفه ای و در سال های ۱۳۸۸ (۴۷/۱ □) و ۱۳۸۹ (۴۶/۵ □) و بدون وجود اختلاف معنی دار بین این دو سال مشاهده شد (جدول ۲).

صفات مورد مطالعه خاک بعد از اختلاط بقایای گیاهان کود سبز

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف مورد ارزیابی خاک بعد از اختلاط بقایای گیاهان مختلف کود سبز شامل کربن آلی خاک، نیتروژن کل خاک، نسبت کربن به نیتروژن خاک و فسفر قابل جذب در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل نوع گیاه (تیمار) ×زمان های مختلف نمونه برداری از خاک معنی دار بوده ($P\leq0.01$) و در مورد گیاهان ماشک، گاودانه، یولاف، اسپرس، شبدر سفید و قرمز در سال ۱۳۸۸ و انواع شبدرها در سال ۱۳۸۹، بیشترین میزان کربن آلی مربوط به زمان یک ماه بعد از زیر خاک کردن بقایای گیاهان بوده و در مورد ماشک، گاودانه، یولاف، اسپرس در سال ۱۳۸۹ مربوط به سومین نمونه برداری (سه ماه بعد از اختلاط بقایای گیاهان کود سبز با خاک) است، در حالی که در هر دو سال برای ارزن مرواریدی و سورگوم علوفه ای به دلیل ساختار خشبی تر (لیگنین بالا) این گیاهان بیشترین میزان کربن آلی پنج ماه بعد از برگرداندن گیاهان به خاک مشاهده شد. به طور کلی بیشترین میزان کربن آلی در اثر برگرداندن سورگوم علوفه ای در خاک (۱/۵۹ درصد در سال ۱۳۸۸ و ۱/۹۴ درصد در سال ۱۳۸۹) مشاهده گردید. بعد از سورگوم علوفه ای بیشترین مقدار کربن آلی متعلق به ارزن مرواریدی با میزان ۱/۱۲ درصد برای سال ۱۳۸۸ و ۱/۸۱ درصد برای سال ۱۳۸۹ بوده است (جدول ۴) که از دلایل این پدیده می توان به توانایی بالای این گیاهان در تولید زیست توده (جدول ۲) و استفاده از منابع و توانایی بالا در بازده بیولوژیکی در تبدیل این منابع به مواد خشک اشاره کرد. کودهای سبز سریع الرشد نظیر خردل، کلزا و منداب، نیتروژن را سریع تر جذب و آن را به شکل آلی در بافت های خود ذخیره می‌کنند و از خطر آبشویی آن جلوگیری می نمایند. این گیاهان به هنگام برگرداندن در خاک با سرعت بیشتری تجزیه می شوند (Koocheki *et al*., 1997). کودهای سبزی که در افزایش کربن آلی خاک موثرترند ممکن است نیتروژن چندانی را آزاد نسازند بنابراین تصمیم گیری در مورد هر کدام از گیاهان به عنوان کودسبز به هدف کاربرد (افزایش ماده آلی یا نیتروژن خاک) بستگی دارد (Koocheki *et al*., 1997).

میزان نیتروژن کل خاک در تمام گیاهان مورد آزمایش طی زمان های مختلف نمونه برداری از خاک در هر دو سال اجرای تحقیق (جدول ۴) سیر صعودی داشته و پنج ماه بعد از برگرداندن گیاهان به خاک نسبت به زمان های دیگر بیشترین میزان را داشته است، در حالی که

بیشترین مقدار آن در سال ۱۳۸۸، پنج ماه بعد از استفاده از بقایای شبدر سفید به عنوان کود سبز حاصل شد (۰/۲۳) و نسبت به حالت شاهد افزایش قابل توجهی را از خود نشان داد و ماشک (۰/۱۹) و گاودانه (۰/۱۶) در مراتب بعدی قرار گرفتند. در سال ۱۳۸۹، بیشترین درصد نیتروژن کل مربوط به نمونه برداری سوم (۰/۳۴) درصد سه ماه بعد از اختلاط بقایا با خاک) و چهارم (۰/۳۵) درصد پنج ماه بعد از اختلاط بقایا با خاک) ماشک بوده و بعد از آن متعلق به گاودانه (۰/۳۱)، شبدر سفید (۰/۲۹) و قرمز (۰/۲۹) بود. به عبارت دیگر می توان گفت افزایش درصد نیتروژن کل در خاک در اثر افزودن بقایای سبز گیاهان خانواده لگوم یعنی ماشک، گاودانه، اسپرس و انواع شبدر بیشتر از سایر گیاهان مورد آزمایش بوده است (جدول ۴). بیان این مطلب ضروری به نظر می رسد که گیاهان مورد مطالعه به عنوان کود سبز از نظر مقدار عملکرد (جدول ۲) با یکدیگر متفاوت بوده و می توان این گونه بیان کرد که برخی گیاهان (مانند سورگوم علوفه ای، یولاف و ارزن مرواریدی در این تحقیق) قادرند فقط بخشی از نیتروژن و عناصر دیگر موجود در خاک را در بافت های خود ذخیره کرده و در طی دوران تجزیه به شکل های قابل استفاده تر در اختیار خاک و گیاه بعد از خود قرار دهند، در حالی که در مورد گیاهان لگوم که قادر به همزیستی با باکتری های ریزوبیوم هستند امکان تثبیت نیتروژن و به تبع آن دسترسی به سایر عناصر افزایش می یابد که البته این امر به شرایط خاک و اقلیم نیز بستگی داشته و در گونه های مختلف گیاهی متفاوت می باشد که گاه مقدار تثبیت نیتروژن را می تواند تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز برساند (People *et al*., 1998; Hoghjensen and Schjoerring, 2001). استفاده از گیاهان به عنوان کود سبز تاثیر مثبت روی افزایش کربن آلی خاک و میزان نیتروژن کل خاک دارد (Sabiene *et al*., 2010) که نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز موید همین امر است.

گیاهان کود سبز در مرحله گلدهی به خاک برگردانده می شوند و از آنجایی که میزان تثبیت نیتروژن در این مرحله حداکثر می باشد (Koocheki *et al*., 2005)، بنابراین غیر از عامل بالا بودن میزان نیتروژن در بافت این گیاهان (جدول ۲)، عامل بالا بودن تثبیت نیتروژن نیز در افزایش میزان نیتروژن کل خاک موثر می باشد. لگوم ها بخش اعظمی از نیتروژن را تثبیت می کنند که در شرایط مزرعه به ۸۰-۶۰ درصد نیز می رسد. از جمله ویژگی های لگومها این است که دارای کیفیت بالایی هستند (نسبت پایین C/N با توجه به جدول ۲) که باعث می شود سریعا تجزیه شوند (Giller and Wilson, 1991).

مقدار نیتروژن کل حاصل از گیاهان کود سبز لگوم با یکدیگر متفاوت است که دلیل آن علاوه بر متفاوت بودن نوع و مقدار تثبیت نیتروژن اتمسفر، می توان به مقدار ماده خشک تولیدی آنها نیز نسبت داد که این نکته در مورد گیاهان متعلق به یک جنس (مانند انواع شبدر مورد استفاده در این تحقیق) حائز اهمیت بیشتری می باشد (Condron and Fowler, 2004; Cherr and Scholberg, 2006). از طرفی، اگر چه همه گیاهان لگوم باعث افزایش نیتروژن خاک می شوند اما گیاهانی که نیتروژن خاک را بیشتر و سریع تر افزایش می دهند، به عنوان کود سبز قابل قبول تر هستند (Tripolskaya and Romanovskaya, 2006).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف مورد ارزیابی خاک بعد از اختلاط گیاهان مختلف کود سبز در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات سال اول (۱۳۸۸)			
		کربن آلی خاک	نیتروژن کل خاک	نسبت C/N خاک	فسفر
بلوک	۳	۰/۰۳۸۵۸۴۶۲ ns	۰/۰۰۳۰۱۶۸۱ *	۴/۷۴۰۴۰۴۲ ns	۱/۵۳۵۹۸۵ ns
فاکتور اصلی (گیاه)	۱۰	۰/۶۷۹۴۷۴۳۱ **	۰/۰۵۰۹۹۹۱۰ **	۹۱/۳۰۶۶۰۱۰ **	۲۰۳/۱۵۰۰۰ **
بلوک × گیاه	۳۰	۰/۰۳۳۱۳۹۹۵ ns	۰/۰۰۲۴۲۶۱۶ **	۶/۱۲۷۵۱۴۱ **	۲/۶۶۵۱۵۲ ns
فاکتور فرعی (زمان)	۳	۰/۲۴۲۸۶۴۹۲ **	۰/۱۸۴۷۷۳۹۵ **	۶۴/۵۲۹۸۵۶۲ **	۴۵۸/۹۴۵۰۷۶ **
گیاه × زمان	۳۰	۰/۱۸۰۲۷۹۳۰ **	۰/۰۱۲۰۹۵۵۶ **	۱۸/۹۰۸۰۳۲۹ **	۲۴/۴۲۴۲۴۲ **
بلوک × زمان	۹	۰/۰۱۹۳۳۳۸۰ ns	۰/۰۰۲۳۳۴۴۳ **	۲/۷۴۶۵۲۷۴ ns	۲/۷۲۲۸۵۴ ns
اشتباه آزمایشی	۹۰	۰/۰۲۲۱۶۴۹۰	۰/۰۰۰۸۱۲۵۶	۳/۱۶۱۱۸۸	۲/۹۷۹۷۹۸
ضریب تغییرات (٪)		۲۴/۳۷	۱۹/۳۴	۳۱/۹۴	۷/۸۲
		میانگین مربعات سال اول (۱۳۸۹)			
بلوک	۳	۰/۰۱۰۰۸۵۷۶ ns	۰/۰۰۰۱۷۷۴۶ ns	۲/۳۳۶۱۱۸ ns	۳/۶۷۴۲۴۲ ns
فاکتور اصلی (گیاه)	۱۰	۰/۹۱۷۴۱۷۵۷ **	۰/۰۹۸۳۶۲۵۷ **	۳۹۳/۴۹۷۶۵۹ **	۱۹۰/۲۰۴۵۴۵ **
بلوک × گیاه	۳۰	۰/۰۲۰۰۴۶۷ *	۰/۰۰۰۱۵۴۵۵ ns	۲/۸۱۱۲۹۰ ns	۱/۲۲۴۲۴۲ ns
فاکتور فرعی (زمان)	۳	۰/۴۵۷۸۶۷۶۰ **	۰/۱۰۱۵۱۰۱۰ **	۳۱/۸۰۷۵۹۲ **	۷۷/۷۹۵۴۵۵ **
گیاه × زمان	۳۰	۰/۲۳۴۶۳۱۱ **	۰/۰۰۶۹۱۰۸۲ **	۱۹/۷۱۹۷۷۵ **	۱۹/۸۷۸۷۸۸ **
بلوک × زمان	۹	۰/۰۰۵۷۴۰۸۷ ns	۰/۰۰۰۱۲۶۵۷ ns	۱/۸۵۱۷۸۰ ns	۲/۴۳۶۸۶۹ ns
اشتباه آزمایشی	۹۰	۰/۰۱۲۲۹۰۰۴	۰/۰۰۰۱۷۳۳۴	۲/۶۷۲۰۹۲	۱/۹۸۱۳۱۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۶۷	۸/۴۵	۲۰/۲۲	۴/۸۰

ns ، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ (بر اساس آزمون دانکن).

در هر دو سال اجرای تحقیق درصد نیتروژن کل حاصل از برگرداندن منداب به خاک نسبت به ارزن مرواریدی و یولاف تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۴)، در حالی که از مقدار نیتروژن کل حاصل از سورگوم علوفه ای بیشتر بود. اهمیت افزودن گیاهان کود سبز در خاک، آزادسازی عناصری مانند نیتروژن از این گیاهان می باشد. نیتروژن آزاد شده از گیاهان کود سبز می تواند توسط گیاهان کشت بعدی مورد استفاده قرار گیرد و چون این میزان نیتروژن به تدریج از مواد آلی رها می شود بنابراین خطر آبشویی آن کاهش می یابد (Wade and Sanchez, 1983). اگر همه کودهای نیتروژن دار به صورت یکدفعه و در شروع رشد گیاه داده شود باعث افزایش در رشد رویشی شده و عملکرد افزایش و کیفیت محصول کاهش می یابد، در حالی که با استفاده از کود سبز، نیتروژن در طولانی مدت رها شده و بنابراین گیاه به صورت مداوم در مراحل مختلف رشدی خود می تواند از آن استفاده کند (Talgre *et al*., 2009).

کمترین میزان نسبت C/N، سه و پنج ماه (در سال ۱۳۸۸) و حتی یک ماه (در سال ۱۳۸۹) بعد از برگرداندن بقایای گیاهان شبدر سفید، شبدر قرمز، شبدر برسیم، اسپرس، ماشک و گاودانه در خاک حاصل شد (جدول ۵). این نسبت در سال ۱۳۸۸ در مورد شبدر سفید یک ماه بعد از برگرداندن بقایای گیاهی به خاک نیز پایین بود که به علت بالا بودن میزان نیتروژن حاصل از فرآیند تثبیت نیتروژن توسط این گیاهان می باشد (جدول ۴). کود سبز در اصل به عنوان اصلاح کننده خاک و به عنوان منبع غذایی برای گیاهان بعدی مورد استفاده قرار می گیرد. بر خلاف کودهای نیتروژن دار، لگومها که به عنوان کود سبز مورد استفاده قرار می گیرند، قادرند نیتروژن را به صورت بیولوژیکی تثبیت کرده، حتی ممکن است در مقدار انبوه، کربن را نیز در سیستم کشت اضافه کند (Sharma and Mittra, 1988). میزان تجزیه مواد آلی در خاک بوسیله نسبت C/N تعیین می گردد. هر چه نسبت C/N کمتر باشد، کربن آلی کم و محتوای نیتروژن بالا بوده و نیتروژن زیادی در اثر معدنی شدن کود سبز آزاد خواهد شد (Kumar and Goh, 2002)، به عبارت دیگر می توان گفت بالا بودن نسبت C/N باعث کاهش معدنی شدن و وقوع پدیده آلی شدن می شود.

میزان فسفر خاک در تمام گیاهان مورد آزمایش طی زمان های مختلف نمونه برداری از خاک در هر دو سال اجرای تحقیق (جدول ۵) سیر صعودی داشته و بیشترین مقدار آن در سال ۱۳۸۸ به چهارمین نمونه برداری شبدر سفید (۳۴/mg/kg۰۰)، ماشک (۳۲/mg/kg۵۰) برای نمونه برداری چهارم بدون اختلاف با سومین نمونه برداری /mg kg ۳۰/۷۵) و گاودانه (۳۱/mg/kg۷۵) در مقایسه با حالت شاهد (/mg ۱۷/kg۰۰) بود. در سال ۱۳۸۹ نیز بیشترین مقدار فسفر مربوط به گیاهان لگوم بوده و در راس این گیاهان ماشک با میزان ۳۸/۲۵ میلی گرم در کیلوگرم و اسپرس با ۳۶/۲۵ میلی گرم در کیلوگرم در مقایسه با حالت شاهد (۲۷/۲۵ mg/kg) قرار گرفت.

زمانی که بقایای گیاهان کود سبز به خاک برگردانده می شوند، فرآیندهای تجزیه تحریک شده و قابلیت دسترسی به فسفر در اثر افزایش رها سازی CO_2 به شکل H_2CO_3، افزایش می یابد در حالی که قبلا این فسفر بصورت غیر قابل دسترس در خاک تثبیت شده بودند (Tisdale *et al*., 1985). همچنین رهاسازی اسیدهای آلی در طول تجزیه می تواند به حل کردن فسفر معدنی خاک کمک کند (Sharpley and Smith, 1989). لگوم ها غیر از نیتروژن سایر عناصر غذایی از جمله فسفر را که برای گیاهان غیرلگوم قابل دسترس نیستند در اختیار گیاه بعدی قرار می دهند (Wasaki and Kojima, 2008). کربن آلی موجود در کود سبز بوسیله انتشار آلومینیوم روی سطوح ترکیبات خاک باعث افزایش فسفر قابل دسترس می گردد (Gannell and Ohno, 1996). افزایش فسفر قابل دسترس بعد از اختلاط بقایای گیاهان کود سبز گزارش شده است (Singh *et al*., 2000) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. اگر کود سبز نسبت C/N پایین (مانند شبدر سفید، شبدر قرمز، شبدر برسیم، اسپرس، ماشک و گاودانه در این تحقیق) داشته باشد، تجزیه سریع انجام می گیرد و در طی این فرآیند، اسید کربنیک آزاد می شود و اسیدیته خاک کاهش می یابد و با اسیدی شدن خاک قابلیت دسترسی فسفر افزایش می یابد (Koocheki *et al*., 2005).

وجود ریشه های عمقی در برخی از بقولات در لایه های سخت زیرین خاک نفوذ کرده و سبب دسترسی گیاه به عناصر غذایی می شود که جذب آنها برای گیاهان دارای ریشه های سطحی امکان پذیر نیست (Koocheki *et al*., 2005).

به طور کلی هدف از کاربرد گیاهان کود سبز افزایش مواد آلی و عناصر غذایی خاک است که با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق دو ساله، گیاهان شبدر سفید و ماشک به دلیل تثبیت بالای نیتروژن و داشتن کیفیت بالا، C/N و لیگنین پایین حتی یک ماه بعد از برگرداندن این گیاهان به خاک و در نتیجه افزایش فسفر قابل استفاده برای گیاه بعدی، به عنوان بهترین کود سبز در بین گیاهان مورد مطالعه معرفی می گردند.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار (کود سبز) با زمانهای مختلف نمونه‌برداری از خاک بر صفات مختلف مورد ارزیابی خاک در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش.

کود سبز	زمان نمونه‌برداری	صفات مورد ارزیابی			
		کربن آلی خاک		نیتروژن کل خاک	
		(درصد)			
		۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹
ماشک	۱	۰/۴۶۳ ghijk	۰/۶۵۶ ijkl	۰/۰۵۱ opqrst	۰/۱۱۰ kl
	۲	۰/۶۸۵ efghi	۰/۹۳۴ defgh	۰/۰۵۹ lmnopqr	۰/۲۵۷ de
	۳	۰/۴۴۳ ijkl	۱/۰۰۰ cdefg	۰/۱۳۱ d	۰/۳۳۹ a
	۴	۰/۲۱۲ lm	۰/۶۳۱ ijkl	۰/۱۸۷ b	۰/۳۴۶ a
ارزن مرواریدی	۱	۰/۵۳۴ fghij	۰/۷۶۷ fghijk	۰/۰۴۲ qrstuv	۰/۰۸۰ mnopq
	۲	۰/۵۵۸ fghi	۱/۱۹۱ c	۰/۰۴۷ pqrstu	۰/۰۸۷ klmnop
	۳	۰/۹۶۱ cd	۱/۶۶۲ b	۰/۰۵۵ mnopqrs	۰/۰۹۵ klmn
	۴	۱/۱۱۵ bc	۱/۸۱۱ b	۰/۰۷۲ jklmn	۰/۱۰۳ klmn
گاودانه	۱	۰/۵۸۵ efghij	۰/۶۴۳ ijkl	۰/۰۴۲ qrstuv	۰/۱۱۵ k
	۲	۰/۶۸۴ efghi	۰/۸۲۴ efghij	۰/۰۵۷ lmnopqr	۰/۲۷۷ cd
	۳	۰/۵۳۸ fghij	۱/۰۰۰ cdefg	۰/۱۲۵ de	۰/۲۷۸ cd
	۴	۰/۴۲۴ ijkl	۰/۶۰۴ jkl	۰/۱۶۱ c	۰/۳۰۶ b
یولاف	۱	۰/۵۵۸ fghi	۰/۸۴۱ efghij	۰/۰۳۴ stuv	۰/۰۶۰ pq
	۲	۰/۷۱۹ defgh	۰/۸۵۶ efghi	۰/۰۴۸ pqrst	۰/۰۷۶ nopq
	۳	۰/۷۰۸ defgh	۱/۰۰۹ cdef	۰/۰۵۲ nopqrst	۰/۰۷۷ nopq
	۴	۰/۷۱۹ defgh	۰/۹۶۱cdefg	۰/۰۶۲ lmnopq	۰/۰۸۷ klmnop
منداب	۱	۰/۶۰۷ efghi	۰/۷۷۶ fghijk	۰/۰۴۳ qrstuv	۰/۰۶۶ pq
	۲	۰/۶۸۴ efghi	۰/۷۸۴ fghijk	۰/۰۶۵ klmnop	۰/۰۸۴ lmnopq
	۳	۰/۸۳۶ de	۰/۸۳۶ efghij	۰/۰۷۸ ijkl	۰/۰۹۴ klmno
	۴	۰/۴۶۵ ghijk	۰/۸۲۵ efghij	۰/۰۸۵ hijk	۰/۱۰۷ klm
سورگوم علوفه‌ای	۱	۰/۴۸۰ ghij	۰/۸۱۶ fghij	۰/۰۳۲ tuv	۰/۰۵۸ q
	۲	۰/۷۶۳ def	۰/۸۸۱ efghi	۰/۰۴۷ pqrstuv	۰/۰۶۵ pq
	۳	۱/۳۵۲ b	۱/۱۴۶ cd	۰/۰۴۶ pqrstuv	۰/۰۷۷ nopq
	۴	۱/۵۹۲ a	۱/۹۴۷ a	۰/۰۵۶ lmnopqr	۰/۰۹۴ klmno
اسپرس	۱	۰/۵۷۷ efghi	۰/۷۵۷ ghijk	۰/۰۳۸ rstuv	۰/۰۸۸ klmnop
	۲	۰/۷۴۳ defg	۰/۸۰۱ fghij	۰/۰۶۵ klmnop	۰/۱۴۷ j
	۳	۰/۵۴۹ fghi	۱/۰۶۶ cde	۰/۱۱۰ efg	۰/۱۸۵ hi
	۴	۰/۴۴۷ hijk	۰/۹۴۵ defgh	۰/۱۵۶ c	۰/۲۱۳ fg
شبدر سفید	۱	۰/۶۲۳ efghi	۰/۶۴۱ ijkl	۰/۰۳۳ tuv	۰/۱۱۵ k
	۲	۰/۷۰۲ defgh	۰/۸۷۸ efghi	۰/۰۸۳ hijk	۰/۲۸۳ bcd
	۳	۰/۴۶۷ ghijk	۰/۷۰۰ hijkl	۰/۱۱۹ def	۰/۲۹۸ bc
	۴	۰/۱۷۹ l	۰/۴۹۴ l	۰/۲۲۶ a	۰/۲۹۱ bc
شبدر برسیم	۱	۰/۵۲۳ fghi	۰/۶۶۴ ijkl	۰/۰۴۵ pqrstuv	۰/۰۸۷ klmnopq
	۲	۰/۶۵۱ efghi	۰/۷۸۷ fghijk	۰/۰۷۴ jklm	۰/۱۸۱ i
	۳	۰/۶۸۸ efghi	۰/۶۶۱ ijkl	۰/۰۹۲ ghij	۰/۱۹۵ hi
	۴	۰/۵۳۶ fghi	۰/۵۰۳ l	۰/۱۰۹ efg	۰/۲۰۸ gh
شبدر قرمز	۱	۰/۴۶۲ hijk	۰/۶۶۵ ijkl	۰/۰۳۸ rstuv	۰/۰۹۵ klmn
	۲	۰/۷۶۴ def	۰/۶۹۶ ijkl	۰/۰۷۲ jklmno	۰/۲۳۴ ef
	۳	۰/۵۹۶ efghi	۰/۶۲۸ ijkl	۰/۰۹۶ ghi	۰/۲۹۴ bc
	۴	۰/۵۱۱ fghi	۰/۵۵۱ l	۰/۱۰۱ fgh	۰/۲۸۵ bc
شاهد (بدون گیاه)	۱	۰/۲۴۴ jkl	۰/۸۵۷ efghi	۰/۰۲۶ uv	۰/۰۷۵ nopq
	۲	۰/۲۴۷ jkl	۰/۸۵۶ efghi	۰/۰۲۵ v	۰/۰۷۴ nopq
	۳	۰/۲۴۷ jkl	۰/۸۶۲ efghi	۰/۰۲۵ v	۰/۰۷۴ nopq
	۴	۰/۲۴۰ jkl	۰/۸۵۹ efghi	۰/۰۲۵ v	۰/۰۷۴ nopq

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ($P\leq0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

۱ : نمونه برداری در زمان زیر خاک کردن گیاهان ۲ : نمونه برداری یک ماه بعد از زیر خاک کردن گیاهان ۳ : نمونه برداری سه ماه بعد از زیر خاک کردن گیاهان ۴ : نمونه برداری پنج ماه بعد از زیر خاک کردن گیاهان.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار (کود سبز) با زمانهای مختلف نمونه‌برداری از خاک بر صفات مختلف مورد ارزیابی خاک در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹)

کود سبز	زمان نمونه‌برداری	صفات مورد ارزیابی: نسبت C/N خاک ۱۳۸۸	نسبت C/N خاک ۱۳۸۹	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) ۱۳۸۸	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) ۱۳۸۹
ماشک	۱	۹/۱۶۴defghijklm	۶/۰۱۲ hijkl	۱۹/۵۰۰ klmnop	۲۹/۰۰۰ ghijk
	۲	۱۱/۴۴bcdefghijk	۳/۶۴۰ klmno	۲۷/۵۰۰ cd	۳۲/۲۵۰ cdef
	۳	۳/۵۱۹ lmn	۳/۰۰۳ lmno	۳۰/۷۵۰ abc	۳۳/۷۵۰ bcd
	۴	۱/۲۶۳ n	۱/۸۴۲ no	۳۲/۵۰۰ ab	۳۸/۲۵۰ a
ارزن مرواریدی	۱	۱۲/۶۶ bcdefghi	۹/۵۹۴ efg	۱۷/۰۰۰ nop	۲۶/۵۰۰klmno
	۲	۱۵/۰۵ bcdef	۱۳/۹۹۱ d	۱۸/۵۰۰ lmnop	۲۴/۰۰۰ nop
	۳	۱۷/۴۲ bc	۱۷/۴۳۱ bc	۲۰/۰۰۰ jklmno	۲۱/۲۵۰ pq
	۴	۱۵/۹۷ bcde	۲۰/۸۸۳ a	۲۱/۵۰۰ ijklm	۲۰/۲۵۰ q
گاودانه	۱	۱۴/۷۷ bcdef	۵/۷۰۰ ijklm	۱۹/۵۰۰ klmnop	۲۸/۵۰۰hijkl
	۲	۱۱/۹۳bcdefghijk	۲/۹۸۶ lmno	۲۳/۷۵۰ efghi	۳۱/۲۵۰ cdefgh
	۳	۴/۶۲۸ jlmn	۳/۶۲۲ klmno	۳۰/۰۰۰ bc	۳۳/۲۵۰ cde
	۴	۲/۶۵۳ mn	۱/۹۷۸ no	۳۱/۷۵۰ ab	۳۳/۰۰۰ cde
یولاف	۱	۱۶/۴۰ bcde	۱۴/۳۶۷ cd	۱۷/۲۵۰ nop	۲۷/۲۵۰jklm
	۲	۱۵/۱۰ bcde	۱۱/۲۷۹ def	۱۸/۷۵۰ lmnop	۲۷/۰۰۰klmn
	۳	۱۴/۰۸ bcdefg	۱۲/۴۵۵ de	۲۰/۰۰۰ jklmno	۳۰/۲۵۰ efghij
	۴	۱۲/۰۹ bcdefghij	۱۱/۵۲۰ def	۱۸/۵۰۰ lmnop	۳۰/۲۵۰ efghij
منداب	۱	۱۴/۲۷ bcdefg	۱۱/۹۹۴ def	۱۷/۰۰۰ nop	۲۷/۰۰۰ klmn
	۲	۱۰/۷۷ cdefghijkl	۹/۳۵۵ efgh	۱۸/۷۵۰ lmnop	۲۵/۲۵۰ mno
	۳	۱۰/۸۹ cdefghijkl	۸/۸۶۷ fghi	۲۰/۲۵۰ ijklmno	۲۳/۷۵۰ op
	۴	۵/۷۴۷ hijklmn	۷/۷۲۶ ghij	۲۱/۵۰۰ hijklm	۲۱/۷۵۰ pq
سورگوم علوفه‌ای	۱	۱۶/۳۷ bcde	۱۴/۷۴۰ cd	۱۶/۰۰۰ p	۲۵/۷۵۰ lmno
	۲	۱۶/۹۹ bcd	۱۳/۷۳۵ d	۱۶/۵۰۰ op	۲۵/۵۰۰ lmno
	۳	۲۹/۸۹ a	۱۴/۸۰۲ cd	۲۲/۰۰۰ fghijkl	۲۹/۵۰۰ fghijk
	۴	۲۹/۱۸ a	۱۹/۲۴۹ ab	۲۳/۵۰۰ efghi	۳۰/۲۵۰ efghij
اسپرس	۱	۱۵/۲۶ bcdef	۸/۶۳۹ fghi	۱۸/۲۵۰ lmnop	۲۸/۵۰۰ hijkl
	۲	۱۱/۵۸ cdefghijk	۵/۴۴۹ ijklmn	۲۰/۵۰۰ ijklmn	۳۱/۷۵۰ cdefg
	۳	۵/۰۴۸ ijklmn	۵/۷۴۲ ijklm	۲۵/۵۰۰ def	۳۴/۲۵۰ bc
	۴	۳/۲۲۰ lmn	۴/۴۴۳ jklmno	۲۶/۷۵۰ defg	۳۶/۲۵۰ ab
شبدر سفید	۱	۱۹/۵۰ b	۵/۶۱۱ ijklm	۱۹/۲۵۰ lmnop	۲۸/۰۰۰ ijklm
	۲	۸/۵۰۱ efghijklmn	۳/۱۰۲ lmno	۲۳/۵۰۰ efghij	۳۰/۷۵۰ defghi
	۳	۳/۹۸۳ klmn	۲/۳۴۷ mno	۳۰/۲۵۰ bc	۳۴/۰۰۰ bc
	۴	۰/۷۹۹ n	۱/۶۹۷ o	۳۴/۰۰۰ a	۳۳/۷۵۰ bcd
شبدر برسیم	۱	۱۱/۶۹ bcdefghijk	۷/۷۶۳ ghij	۱۸/۷۵۰ lmnop	۲۸/۲۵۰ hijklm
	۲	۹/۶۴۸cdefghijklm	۴/۳۳۸ jklmno	۱۹/۵۰۰ klmnop	۳۰/۷۵۰ defghi
	۳	۷/۶۹۳ fghijklmn	۳/۳۹۲ lmno	۲۳/۲۵۰ efghijk	۳۱/۲۵۰ cdefgh
	۴	۵/۰۱ ijklmn	۲/۴۱۵ lmno	۲۵/۵۰۰ def	۳۱/۲۵۰ cdefgh
شبدر قرمز	۱	۱۳/۰۰ bcdefgh	۶/۹۶۳ ghijk	۱۹/۰۰۰ lmnop	۲۸/۵۰۰ hijkl
	۲	۱۱/۷۶ bcdefghijk	۲/۹۷۷ lmno	۲۴/۲۵۰ defgh	۳۲/۲۵۰ cdef
	۳	۶/۵۳۶ ghijklmn	۲/۱۵۰ mno	۲۵/۲۵۰ defg	۳۳/۵۰۰ bcd
	۴	۵/۰۰۹ ijklmn	۱/۹۳۶ no	۲۷/۷۵۰ cd	۳۳/۷۵۰ bcd
شاهد (بدون گیاه)	۱	۹/۶۰ cdefghijklm	۱۱/۳۹۳ def	۱۷/۷۵۰ mnop	۲۶/۵۰۰ klmno
	۲	۹/۹۳ cdefghijklm	۱۱/۴۵۷ def	۱۷/۷۵۰ mnop	۲۶/۵۰۰ klmno
	۳	۹/۹۳ cdefghijklm	۱۱/۵۴۲ def	۱۶/۷۵۰ nop	۲۶/۷۵۰ klmn
	۴	۹/۴۹۴cdefghijklm	۱۱/۴۹۶ def	۱۷/۰۰۰ nop	۲۷/۲۵۰ jklm

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ($P\leq0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

۱: نمونه برداری در زمان زیر خاک کردن گیاهان ۲: نمونه برداری یک ماه بعد از زیر خاک کردن گیاهان ۳: نمونه برداری سه ماه بعد از زیر خاک کردن گیاهان ۴: نمونه برداری پنج ماه بعد از زیر خاک کردن گیاهان.

منابع مورد استفاده

1. Biederbeck, V.O. (1993). Productivity of four annual legumes as green manure in dryland cropping systems. *Agronomy Journal*, 85: 1035-1043.
2. Cabrera, M.L., Kissel, D.E. and Vigil, M.F. (2005). Nitrogen mineralization from organic residues. *Journal of Environmental Quality*. 34: 75-79.
3. Campbell, L.C. (1998). *Managing soil fertility decline. Nutrient Use in Crop Production*. Z. Rengel. New York. Food Products Press: 29-52.
4. Cherr, C.M. and Scholberg, J.M.S. (2006). Green manure as nitrogen source for sweet corn in a warm-temperate environment. *Agronomy Journal*. 98: 1173-1180.
5. Christensen, B.T. (2004). *Tightening the nitrogen cycle*. Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture. S. Schjonning, S. Elmholt and B. T. Christensen. Oxon, UK, CABI Publishing: 47-67.
6. Fageria, N.K. and Baligar, V.C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advance in Agronomy*. 88: 97-185.
7. Fowler, C.J.E. and Condron, L.M. (2004). Effects of green manures on nitrogen loss and availability in an organic cropping system. *New Zeal Journal of Agricultural Research*. 47: 95-100.
8. Giller, K.E. and Wilson, K.J. (1991). *Nitrogen fixation in tropical cropping systems*, CAB International, Wallingford, UK.
9. Hesse, P.R. (1971). *A text book of soil chemical analysis*, John Murray, London.
10. Hoghjensen, H. and Schjoerring, J.K. (2001). Rihizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology and Biochemistry*. 33: 439–448.
11. Kirchmann, H. and Johnston, A.E. (2002). Possibilities of reducing nitrate leaching from agricultural land. *American Biology*. 31(5): 404-408.
12. Koocheki, A., Gholami, A., Mahdavi Damghani, A. and Tabrizi, L. (2005). *Organic field crop*. Ferdowsi University of Mashhad Publisher. 385pp. (Translated in persian).
13. Koocheki, A., Nakhforosh, A. R., and Zarif Ketabi, H. (1997). *Organic farming*. Ferdowsi University of Mashhad Publisher. 331pp. (Translated in persian).
14. Kuma,r 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.
15. Kumar, K. and Goh, K.M. (2000). Crop residues and management practices: effects of soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. *Advance in Agronomy*. 68: 197-319.
16. 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.
17. 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. *Revista Brsasileiva de Ciencia do Solo*. 32: 2027-2035.
18. Ohno, T. and Gannell, B.S. (1996). Green and animal manure-derived dissolved organic matter effects on phosphorus sorption. *Journal of Environmental Quality*. 25: 1137-1143.
19. Peoples, M.B., Heridge, D.F. and Ladha, J.K. (1995). Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. *Plant and Soil*. 174: 3–28.
20. Sabiene, N., Kusliene, G. and Zaleckas, E. (2010). The influence of land use on soil organic carbon and nitrogen content and redox potential. *Agriculture*. 97(3): 15-24.
21. Sharma, A.R. and Mittra, B.N. (1988). Effect of green manuring and mineral fertilizer on growth and yield of crops in rice-based cropping system on acid lateritic soil. *Journal of Agricultural Science*. 110: 605-608.
22. Sharpley, A.N. and Smith, S.J. (1989). Mineralization and leaching of phosphorus from soil incubated with surface-applied and incorporated crop residue. *Journal of Environmental Quality*. 18: 101–105.
23. Singh, Y., Singh, B., Meelu, O.P. and Khind, C.S. (2000). Long-term Effects of Organic Manuring and Crop Residues on the Productivity and Sustainability of Rice-Wheat Cropping System in Northwest India. *Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains*. 149-162.
24. Summerell, B.A. and Burgess, L.W. (1989). Decomposition and chemical composition of cereal straw. *Soil Biology and Biochemistry*. 21(4): 551-559.
25. 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.
26. 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.
27. Tisdale, S.L., Nelson, W.L. and Beaton, J.D. (1985). *Soil fertility and fertilizers*. 4th ed. Macmillan, New York.
28. 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.
29. Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
30. 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.

31. Walky, A. and Black, I.A. (1934). An examination of Degtgareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. 1. Experimental. *Soil Science Society of America*. 79: 459-465.
32. Wasaki, J. and Kojima, S. (2008). Localization of acid phosphatase activities in the roots of white lupin plants grown under phosphorus-deficient conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*. 54: 95-102.
33. Wild, A. (2003). *Maintaining and improving soil fertility*. Soils, Land and Food: Managing the Land during the Twenty-first Century. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
34. Yilmaz, S. (2008). Effects of increased phosphorus rates and plant densities on yield and yield-related traits of Narbon vetch lines. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 32: 49-56.