

تأثیر بقایای گیاهی به‌عنوان کود سبز بر معدنی شدن نیتروژن خاک در شرایط تنش خشکی

سکینه عبدی^{۱*}، مهدی تاجبخش^۱، بابک عبدالهی مندولکانی^۱ و میرحسن رسولی صدقیانی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۳)

چکیده

برگرداندن بقایای گیاهی به خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک از ارکان مهم پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی است. تحقیق حاضر در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا گذاشته شد. در این آزمایش گیاهان شبدر سفید، اسپرس، ارزن مرواریدی، سورگوم علوفه‌ای و منداب به‌عنوان کود سبز در نظر گرفته شد و فرآیند تغییرات کربن آلی خاک، نیتروژن و معدنی شدن آن طی دوره‌های بعد از افزودن گیاهان به خاک بررسی گردید. واحدهای آزمایشی در ۵۰ درصد آب ظرفیت زراعی آبیاری شدند. در هر دو سال اجرای تحقیق، نیتروژن کل و آمونیومی خاک تحت تاثیر نوع کود سبز قرار گرفتند. هم‌چنین لیگنین و سلولز بقایا، عوامل اصلی کنترل‌کننده معدنی شدن نیتروژن و میزان تجزیه بقایا بودند. در هر دو سال اجرای تحقیق بیشترین مقدار کربن آلی خاک در اثر تجزیه بقایای ارزن مرواریدی حاصل شد. نسبت C/N خاک در ماه‌های اول، سوم و پنجم بعد از اختلاط بقایای گیاهان اسپرس و شبدر سفید با خاک، کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. نیتروژن نیتراتی نیز بیشترین مقدار را بعد از افزودن بقایای اسپرس و شبدر سفید داشت. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق گیاهان شبدر سفید و اسپرس به‌دلیل افزایش نیتروژن کل و معدنی قابل استفاده برای گیاه بعدی، می‌تواند به‌عنوان بهترین کود سبز در بین گیاهان مورد مطالعه معرفی گردد.

واژه‌های کلیدی: آمونیوم، سلولز، کود سبز، لیگنین، نسبت C/N خاک، نیترات

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sakineh_abdi58@yahoo.com

مقدمه

یکی از مشکلات مهمی که امروزه کشاورزی با آن رو به رو است کاهش میزان هوموس خاک و کیفیت آن می باشد که به وسیله کاهش در کربن آلی و میزان نیتروژن کل مشخص می شود (۷). کربن آلی خاک به عنوان عامل تأمین کننده کربن و انرژی میکروارگانیسم های هتروتروف و تولید مواد گیاهی در اکوسیستم های کشاورزی مورد توجه می باشد (۲۲). نیتروژن آلی خاک پس از شرکت در فرآیند معدنی شدن شامل آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون به صورت یون های آمونیوم و نترات در آمده که برای گیاهان قابل جذب می باشند (۳۱). شواهد قابل توجهی در دست است که نشان می دهد جذب مولکول های آلی نیتروژن دار به وسیله گیاهان در اکوسیستم های کشاورزی چندان قابل توجه نیست (۲)، بنابراین جذب نیتروژن به وسیله گیاهان عمدتاً محدود به یون های معدنی می باشد که در طی فرآیند معدنی شدن حاصل می گردند (۱۵) از طرفی مقدار زیادی از نیتروژن در اکوسیستم های کشاورزی توسط جذب به وسیله گیاهان کشت شده و آبشویی از دسترس خارج می شود (۳۸ و ۱۶). مطابق نظریه آلیسون (۱) کود سبز، شامل هر نوع گیاهی است که قبل از رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و با هدف اولیه اصلاح خاک به آن برگردانده شود. به طور کلی، کود سبز به گیاهان خانواده لگوم گفته می شود که به صورت کوتاه مدت باعث ارتقاء نیتروژن خاک می شوند (۲۴). با این حال گیاهان خانواده های غیرلگوم نیز در مرحله سبز به عنوان کود سبز مورد استفاده قرار می گیرند (۱۶).

گیاهان مورد استفاده به عنوان کود سبز از طریق افزایش سرعت نفوذ آب، کاهش تبخیر و اصلاح ساختمان خاک، سبب افزایش ذخیره آب خاک در اراضی خشک می شوند (۳۵). برگشت گیاهان کود سبز در خاک در نتیجه فرآیندهای میکروبیولوژیکی باعث افزایش مواد آلی خاک و آزاد سازی عناصر غذایی موجود در آنها برای گیاهان می شوند (۲۹). مطالعات انجام شده توسط مای سنین و آراسکین (۱۸)، در مورد اثر گیاهان شبدر قرمز، یونجه معمولی، ماشک و یولاف

به عنوان کود سبز بر نیتروژن قابل دسترس از نظر بیولوژیکی دیده شد که میزان نیتروژن خاک در شرایط استفاده از یونجه معمولی افزایش زیادی نشان داد و میزان پروتئین بذرها ی گندم در کشت بعدی بالاترین مقدار را داشته است. ماتوس و همکاران (۱۹)، نشان دادند که با استفاده از کودهای سبز لگوم، میزان عناصر غذایی خاک و نیتروژن معدنی افزایش یافته است. این در حالی است که معدنی شدن نیتروژن به نسبت C/N به ویژه در هفته های اول تجزیه بستگی دارد (۵).

کود سبز در کشور ما تنها در بعضی مناطق و در حد بسیار محدودی استفاده می شود. کودهای حیوانی نیز به طور صحیحی نگه داری و مصرف نمی شوند. علاوه بر این، گران بودن کودهای دامی و عدم رواج مصرف آنها نیز موجب گردیده تا کودهای آلی نقش بسیار ناچیزی در افزایش حاصل خیزی و اصلاح خاک های ایران داشته باشند. این موضوع به خصوص در زراعت های وسیع می تواند مشکلات جدی در برنامه ریزی و عملیات زراعی به وجود آورد. ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می شود و از طرفی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن گیاهان لگوم در اثر تنش کم آبی کاهش می یابد (۲۶ و ۲۷). با توجه به موارد مذکور و معطل مهم خشکی در کشور، هدف از این تحقیق بررسی امکان به کارگیری گیاهان خانواده های گرامینه و براسیکاسه در کنار گیاهان خانواده لگومینوز به عنوان کود سبز، بررسی کم آبی به عنوان رایج ترین تنش محیطی مؤثر در گیاهان و نیز بررسی تغییرات عناصر غذایی خاک و معدنی شدن نیتروژن طی دوره های بعد از افزودن بقایای سبز گیاهان به خاک و در نهایت معرفی گیاه یا گیاهان مطلوب به عنوان کود سبز در شرایط مورد مطالعه می باشد.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر در سال های زراعی ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه واقع در ۱۱ کیلومتری شمال غرب ارومیه، به طول جغرافیایی ۵° و ۴۵°

با هم مخلوط شدند. نمونه‌های خاک به‌طور جداگانه در هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. کربن آلی نمونه‌های خاک به روش اکسیداسیون در مجاورت بی‌کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ (۴۰) و نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال و به کمک دستگاه Kjeltac Analyzer Unit 2300 تعیین گردید (۱۲). برای اندازه‌گیری نیتروژن معدنی خاک، از نمونه‌های مورد آزمایش به‌وسیله محلول ۲ مولار KCl عصاره‌گیری و آمونیوم و نیترات نمونه‌ها به‌وسیله روش تقطیر و تیتراسیون با HCl اندازه‌گیری شد.

به‌منظور پی بردن به اثر متقابل زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک با تیمار، تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌صورت طرح اسپلیت پلات در زمان انجام گرفت که در این حالت گیاهان به‌عنوان فاکتور اصلی و زمان به‌عنوان 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 (۴۲) و هنگامی که واریانس خطای صفات در دو سال متوالی کاشت با یکدیگر همگون بودند مقایسه میانگین این صفات با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۱٪ و یا ۵٪ به‌صورت تجزیه مرکب انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

صفات عملکرد کل گیاهان، نسبت C/N گیاه، سلولز، لیگنین، نیتروژن کل خاک و نیتروژن آمونیومی، در دو سال انجام آزمایش مزرعه‌ای اندازه‌گیری و بر اساس آزمون بارتلت، تجزیه مرکب شدند هم‌چنین صفاتی که در دو سال اجرای تحقیق براساس آزمون بارتلت، تجزیه مرکب نشدند شامل کربن آلی گیاه، نیتروژن کل گیاه، همی سلولز، کربن آلی خاک، نسبت C/N خاک و نیتروژن نیتراتی خاک بودند.

نتایج تجزیه واریانس صفات کربن آلی، نیتروژن کل و همی سلولز گیاهان مختلف کود سبز در شرایط تنش کم‌آبی در

شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲° و ۳۷° شمالی و با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا، به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار (۲۹) به اجرا گذاشته شد. در این آزمایش گیاهان شبدر سفید (*Trifolium repens* L.)، اسپرس (*Onobrychis viciaefolia* Scop.)، ارزن مرواریدی (*Panicum miliaceum*)، سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) و منداب (*Eruca sativa* L.) به‌عنوان 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 ۸۸ و بیستم اردیبهشت برای سال ۸۹ به‌صورت دست‌پاش و در واحدهای آزمایشی ۴×۳ متر مربعی صورت گرفت. آبیاری واحدهای آزمایشی بر اساس آب ظرفیت زراعی (FC) انجام گرفت، برای این کار در واحدهای آزمایشی از تانسیمتری استفاده شد که قبلاً واسنجی شده بود و به‌صورت روزانه کنترل شده و زمانی که واحدها در ۵۰ درصد آب ظرفیت زراعی بودند به‌صورت غرقابی آبیاری شدند.

تمام بقایای سبز گیاهان در هر واحد آزمایشی بسته به رقم و گونه گیاهی در مراحل اولیه گلدهی (در فاصله ۳۰ تیر تا ۱۶ مرداد برای آزمایش سال ۸۸ و ۱ مرداد تا ۱۴ مرداد برای آزمایش سال ۸۹) به تکه‌های کوچک خرد شده و به کمک شخم دستی در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک برگردانده شدند. قبل از برگرداندن گیاهان به خاک نمونه‌گیری از آنها جهت برآورد عملکرد، به کمک یک پلات ۱ متر مربعی در هر کرت انجام شد. پس از توزین، گیاهان در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. تعیین میزان همی سلولز، سلولز و لیگنین نمونه‌های گیاهی، با استفاده از روش وان سوست و گوئرینگ و به کمک شوینده‌های خثی واسیدی انجام شد (۳۷). نمونه‌برداری از خاک نیز در زمان برگرداندن گیاهان به خاک (نمونه‌برداری اول، T₁)، یک (نمونه‌برداری دوم، T₂)، سه (نمونه‌برداری سوم، T₃) و پنج ماه (نمونه‌برداری چهارم، T₄) بعد از برگرداندن گیاهان به خاک صورت گرفت بدین ترتیب که نمونه‌ها از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک و از سه مکان در هر کرت برداشته شده و

سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش نشان داد که اثر تیمار در این صفات در سطح احتمال ۱ درصد ($P \leq 0/01$) معنی‌دار است (جدول ۱) به طوری که بیشترین و کمترین درصد کربن آلی گیاهان کود سبز در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ بترتیب مربوط به سورگوم علوفه‌ای و شبدر سفید بود در حالی که بیشترین درصد نیتروژن کل مربوط به گیاه اسپرس بوده و بقیه گیاهان کود سبز مورد استفاده در تحقیق مقدار کمتر نیتروژن کل را نشان دادند هر چند که در سال اول آزمایش شبدر سفید اختلاف معنی‌داری با اسپرس نداشت (جدول ۲). مقدار نیتروژن کل حاصل از گیاهان کود سبز لگوم با یکدیگر متفاوت بود که دلیل آن را غیر از متفاوت بودن نوع و مقدار تثبیت نیتروژن اتمسفر، می‌توان به مقدار ماده خشک تولیدی (عملکرد کل) آنها نیز نسبت داد که این نکته در مورد گیاهانی از یک خانواده (مانند شبدر سفید و اسپرس مورد استفاده در این تحقیق) حائز اهمیت بیشتری می‌باشد (۶ و ۹).

تجزیه بقایای گیاهان کود سبز مورد آزمایش نشان داد که در هر دو سال آزمایش گیاه سورگوم علوفه‌ای و گیاهان لگوم به ترتیب بیشترین و کمترین درصد همی سلولوز را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). نتایج جدول ۳ نشان‌دهنده تجزیه واریانس مرکب دوساله صفات مورد ارزیابی گیاهان کود سبز در شرایط کم‌آبی می‌باشد که حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل تیمار و زمان در مورد صفات عملکرد کل، درصد سلولوز، درصد لیگنین، نسبت C/N در سطح احتمال ۱٪ است (جدول ۳).

جدول مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار و زمان (جدول ۴)، نشان داد که عملکرد کل سورگوم علوفه‌ای در سال ۱۳۸۹ اختلاف معنی‌داری با سال اول نداشته و در یک گروه قرار گرفتند در حالی که از نظر عملکرد کل ارزن مرواریدی در سال اول و دوم و اسپرس در سال دوم آزمایش، بعد از سورگوم علوفه‌ای قرار گرفتند (جدول ۴).

کمترین مقدار نسبت C/N در هر دو سال اجرای آزمایش مربوط به شبدر سفید و اسپرس بود و اختلاف معنی‌داری بین دو سال اجرای تحقیق در این صفت دیده نشد. در این تحقیق

درصد سلولوز و لیگنین گیاهان گرامینه بیشتر از گیاهان لگوم بود (جدول ۴). بالا بودن درصد لیگنین نشان‌دهنده دیر تجزیه بودن این گیاهان می‌باشد. تاثیر بالا بودن درصد لیگنین در کاهش مقدار تجزیه گیاهان کود سبز توسط سومرل و بورگس (۲۸) نیز گزارش شده است.

بیان این مطلب ضروری به نظر می‌رسد که گیاهان مورد مطالعه از نظر مقدار عملکرد (جدول ۴) با یکدیگر متفاوت بوده و می‌توان این گونه بیان کرد که برخی گیاهان (مانند سورگوم علوفه‌ای و ارزن مرواریدی در این تحقیق) قادرند فقط بخشی از نیتروژن و عناصر دیگر موجود در خاک را در بافت‌های (بیوماس) خود ذخیره کرده و در طی دوران تجزیه به شکل‌های قابل استفاده‌تر در اختیار خاک و گیاه بعد از خود قرار دهند، در حالی که در مورد گیاهان لگوم که قادر به همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم هستند امکان تثبیت نیتروژن و به تبع آن دسترسی به سایر عناصر افزایش می‌یابد که البته این امر به شرایط خاک و اقلیم نیز بستگی داشته و در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت می‌باشد که گاه مقدار تثبیت نیتروژن را می‌تواند تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز برساند (۱۳).

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف مورد ارزیابی خاک شامل درصد کربن آلی خاک، نسبت کربن به نیتروژن و نیتروژن نیتراتی بعد از اختلاط گیاهان کود سبز در شرایط تنش در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش (جدول ۵) نشان داد که غیر از درصد کربن آلی خاک در سال دوم، در مورد سایر صفات مورد ارزیابی، اثر متقابل نوع گیاه (تیمار) با زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار با زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک (جدول ۶) مشاهده شد که در سال اول آزمایش، نمونه‌برداری سوم (سه ماه بعد از اختلاط بقایا با خاک) گیاهان ارزن مرواریدی (۱/۲٪) و سورگوم علوفه‌ای (۰/۹٪) بیشترین درصد کربن آلی را داشته و این مقادیر اختلاف معنی‌داری با نمونه‌برداری چهارم (پنج ماه بعد از اختلاط بقایا با خاک) این گیاهان نداشتند (جدول ۶) که از

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

میانگین مربعات سال اول (۱۳۸۸)			درجه آزادی	منابع تغییرات
همی سلولز	نیتروژن کل گیاه	کربن آلی گیاه		
۰/۱۰ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۳	بلوک
۶۵۰/۱۱ ^{**}	۵/۸۱ ^{**}	۸۹۲/۱۲ ^{**}	۵	تیمار (گیاه)
۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۳۹	۱۵	اشتباه آزمایشی
۲/۴۳	۱۷/۸۳	۲/۱۵		ضریب تغییرات(%)
میانگین مربعات سال دوم (۱۳۸۹)			درجه آزادی	منابع تغییرات
همی سلولز	نیتروژن کل گیاه	کربن آلی گیاه		
۱۴/۰۹ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۳	بلوک
۴۸۴/۱۹ ^{**}	۵/۹۴ ^{**}	۱۰۲۳/۵۶ ^{**}	۵	تیمار (گیاه)
۱۵/۳۸	۰/۰۲	۰/۱۲	۱۵	اشتباه آزمایشی
۳۷/۴۷	۱۰/۱۰	۱/۱۲		ضریب تغییرات(%)

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

صفات مورد ارزیابی						
همی سلولز		نیتروژن کل گیاه		کربن آلی گیاه		کود سبز
(درصد)						
۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	
۱۶/۷ ^b	۲۵/۷ ^b	۱/۲ ^c	۱/۲ ^c	۴۱/۴ ^b	۳۹/۲ ^b	ارزن مرواریدی
۱۴/۲ ^b	۱۱/۵ ^c	۱/۳ ^c	۲/۲ ^b	۳۲/۳ ^d	۳۳/۰ ^c	منداب
۲۷/۸ ^a	۲۹/۵ ^a	۱/۱ ^c	۱/۱ ^c	۴۳/۳ ^a	۴۰/۹ ^a	سورگوم علوفه‌ای
۱/۹ ^c	۴/۲ ^d	۳/۶ ^a	۲/۹ ^a	۳۸/۰ ^c	۳۲/۵ ^c	اسپرس
۲/۱ ^c	۱/۴ ^e	۲/۱ ^b	۳/۱ ^a	۲۸/۰ ^e	۲۹/۸ ^d	شبدر سفید

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ($P \leq 0/01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه تحت شرایط تنش است (۴۳). در مناطق خشک و نیمه خشک مشکل هم‌زمان کم‌آبی و فقر مواد آلی خاک می‌تواند رشد و عملکرد گیاهان را شدیداً تحت تأثیر قرار دهد. با افزایش میزان عملکرد گیاه مقدار بقایای اضافه شده به خاک افزایش یافته و به تبع آن

دلایل این پدیده می‌توان به توانایی بالای این گیاهان در تولید بیوماس و استفاده از منابع و توانایی بالا در بازده بیولوژیکی و تبدیل این منابع به مواد خشک حتی در شرایط تنش کم‌آبی اعمال شده در آزمایش اشاره کرد. تنش خشکی همانند بسیاری از تنش‌های غیرزیستی دیگر، رشد گیاهان را محدود می‌کند.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله صفات مختلف مورد ارزیابی گیاهان مختلف کود سبز در شرایط تنش کم آبی

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
لیگنین	سلولز	نسبت C/N گیاه	عملکرد کل		
۰/۸۹**	۰/۱۳ ^{ns}	۱۰۴/۰۲**	۱۹۹۰۵/۲ ^{ns}	۱	سال
۰/۰۴۴ ^{ns}	۰/۰۸۷ ^{ns}	۱۳/۰۱ ^{ns}	۸۳۹۵۸/۴ ^{ns}	۶	بلوک × سال
۱۵۷/۱۷**	۹۳۵/۵۲**	۱۶۸۵/۹۷**	۲۰۸۷۲۹۶/۸**	۵	تیمار (گیاه)
۲/۰۳**	۵/۶۲**	۳۳/۹۶**	۶۳۴۱۱۱/۳**	۵	گیاه × سال
۰/۰۴	۰/۰۹	۶/۵۳	۱۶۰۳۵۶/۷	۳۰	اشتباه آزمایشی
۳/۵۸	۱/۶۱	۱۳/۳۹	۱۹/۹۷		ضریب تغییرات (%)

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سال با تیمار (کود سبز) بر صفات مختلف مورد ارزیابی

این گیاهان در شرایط تنش کم آبی

صفات مورد ارزیابی				کود سبز	سال
لیگنین	سلولز	نسبت C/N گیاه	عملکرد کل		
(درصد)	(درصد)	(درصد)	(کیلوگرم/هکتار)		
۷/۶ ^d	۲۸/۹ ^a	۳۲/۳ ^b	۲۳۸۶/۴ ^c	ارزن مرواریدی	
۵/۷ ^f	۲۴/۷ ^c	۱۴/۹ ^d	۱۹۳۴/۱ ^{cd}	منداب	
۱۲/۳ ^b	۲۶/۷ ^b	۳۷/۰ ^{ab}	۴۷۶۱/۰ ^a	سورگوم علوفه‌ای	۱۳۸۸
۶/۱ ^f	۱۸/۳ ^e	۱۱/۲ ^d	۱۵۰۹/۳ ^d	اسپرس	
۲/۰ ⁱ	۱۶/۰ ^f	۱۰/۰ ^d	۱۳۱۳/۷ ^d	شیدر سفید	
۸/۱ ^c	۲۸/۴ ^a	۳۵/۸ ^{ab}	۳۳۱۳/۶ ^b	ارزن مرواریدی	
۴/۱ ^g	۲۷/۰ ^b	۲۵/۵ ^c	۱۱۴۰/۱ ^d	منداب	
۱۳/۲ ^a	۲۷/۱ ^b	۳۷/۹ ^a	۴۶۹۳/۳ ^a	سورگوم علوفه‌ای	۱۳۸۹
۶/۶ ^e	۱۹/۴ ^d	۱۰/۵ ^d	۱۸۰۴/۲ ^{cd}	اسپرس	
۳/۳ ^h	۱۳/۳ ^g	۱۳/۲ ^d	۱۱۹۷/۷ ^d	شیدر سفید	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

شیدر سفید) به دلیل نسبت C/N پایین آنها (جدول ۴) و سرعت تجزیه بالایی بقایا، بعد از گذشت یک ماه از اختلاط بقایا با خاک تغییر معنی‌داری در میزان درصد کربن آلی خاک نشان ندادند. در مورد گیاه منداب نیز روند مشابهی دیده شد. در حالی که در واحدهای آزمایشی مربوط به سورگوم علوفه‌ای و

کربن آلی زیادی به خاک اضافه می‌گردد. در آزمایشی که توسط بایدریک (۳) با هدف مقایسه دو نوع خلر، نخود و عدس به‌عنوان کود سبز انجام شد، گیاهان نخود و خلر به دلیل تولید بیوماس بالا به‌عنوان کود سبز مناسب برای خاک‌های نیمه خشک معرفی شدند. کودهای سبز خانواده بقولات (اسپرس و

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف مورد ارزیابی خاک بعد از اختلاط گیاهان مختلف کود سبز در شرایط تنش کم‌آبی در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش

میانگین مربعات سال اول (۱۳۸۸)				
منابع تغییرات	درجه آزادی	کربن آلی خاک	نسبت C/N خاک	نیتروژن نیتراتی
بلوک	۳	۰/۰۲ ^{ns}	۱۳/۴۳ ^{ns}	۱۲۹/۴۷ ^{ns}
فاکتور اصلی (گیاه)	۵	۰/۶۹ ^{**}	۸۱۳/۵۹ ^{**}	۲۸۵۲۴/۰۲ ^{**}
بلوک × گیاه	۱۵	۰/۰۱ ^{ns}	۸/۹۴ ^{ns}	۱۴۸/۴۶ ^{ns}
فاکتور فرعی (زمان)	۳	۰/۰۶ ^{**}	۱۲۴/۷۰ ^{**}	۷۸۳۷/۴۵ ^{**}
گیاه × زمان	۱۵	۰/۱۲ ^{**}	۶۹/۹۲ ^{**}	۱۴۵۵/۴۰ ^{**}
بلوک × زمان	۹	۰/۰۱ ^{ns}	۱۰/۳۹ ^{ns}	۱۴۴/۱۱ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۵	۰/۰۱	۱۰/۷۴	۷۸/۵۷
ضریب تغییرات (/.)		۱۹/۱۷	۲۱/۸۸	۶/۰۸
میانگین مربعات سال اول (۱۳۸۹)				
بلوک	۳	۰/۱۲ ^{**}	۰/۱۳ ^{ns}	۳۶/۴۳ ^{ns}
فاکتور اصلی (گیاه)	۵	۰/۰۱ ^{**}	۱۵۲/۳۲ ^{**}	۱۲۰۷۷/۱۲ ^{**}
بلوک × گیاه	۱۵	۰/۰۱ ^{**}	۰/۶۱ ^{ns}	۲۰/۲۳ ^{ns}
فاکتور فرعی (زمان)	۳	۰/۱۱ ^{**}	۱۱/۲۷ ^{**}	۴۳۸۸/۱۹ ^{**}
گیاه × زمان	۱۵	۰/۰۱ ^{ns}	۴/۸۹ ^{**}	۳۶۵/۷۸ ^{**}
بلوک × زمان	۹	۰/۰۱ ^{**}	۰/۲۳ ^{ns}	۵۴/۸۲۹ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۵	۰/۰۱	۰/۴۱	۴۶/۱۷
ضریب تغییرات (/.)		۵/۷۶	۷/۸۹	۴/۶۵

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

مولچرجی (۴)، استفاده از کود سبز باعث افزایش درصد کربن آلی می‌گردد که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق در مورد گیاهان سورگوم علوفه‌ای و ارزن مرواریدی مطابقت دارد. موسوی و همکاران (۲۱) کاهش درصد کربن آلی را در اثر افزودن کود سبز به خاک گزارش کردند.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در هر دو سال اجرای آزمایش (جدول ۶)، نسبت C/N خاک در تمام گیاهان مورد تحقیق سیر نزولی داشته و کمترین میزان نسبت C/N، سه و پنج ماه بعد از برگرداندن بقایای گیاهان اسپرس و شبدر سفید

ارزن مرواریدی به‌دلیل وجود لیگنین بالا و نسبت C/N پایین آنها، سرعت تجزیه بقایا پایین بوده و تا سه ماه پس از برگرداندن بقایا، کربن آلی خاک روند افزایشی داشت. کربن آلی خاک از طریق پر کردن فضاهای خالی بین اجزای خاک باعث اصلاح بافت خاک می‌شود که پر شدن این فضاها باعث افزایش قدرت نگه‌داری آب و مواد غذایی در خاک خواهد شد. تانیمو و همکاران (۳۰) گزارش کرده‌اند که کربن آلی باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و در نتیجه افزایش قدرت نگه‌داری آب و فعالیت بیولوژیکی خاک می‌شود. به گزارش بیسواس و

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار (کود سبز) با زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک بر صفات مختلف مورد ارزیابی خاک در شرایط تنش کم‌آبی در سال اول (۱۳۸۸) و دوم (۱۳۸۹) آزمایش

صفات مورد ارزیابی						زمان نمونه‌برداری	کود سبز
نیترژن نیتراتی		نسبت C/N خاک		کربن آلی خاک			
(میلی‌گرم در کیلوگرم)		خاک		(درصد)			
۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۸۸		
۱۱۵/۵ ^{hi}	۱۳۵/۶ ^{ef}	۹/۸ ^{bcd}	۲۲/۷ ^{bcd}	۰/۸ ^{ab}	۰/۵ ^{def}	۱	ارزن
۱۳۰/۰ ^{fgh}	۱۲۰/۷ ^f	۹/۲ ^{de}	۲۱/۴ ^{bcd}	۰/۸ ^{ab}	۰/۷ ^{cd}	۲	
۱۴۳/۵ ^{ef}	۱۳۷/۳ ^{def}	۱۰/۵ ^{abc}	۲۶/۱ ^{ab}	۰/۹ ^a	۰/۹ ^b	۳	
۱۶۷/۱ ^d	۱۴۵/۲ ^{cde}	۹/۴ ^{cd}	۲۵/۱ ^{ab}	۰/۸ ^{ab}	۱/۲ ^a	۴	
۱۱۴/۶ ⁱ	۱۳۷/۳ ^{def}	۶/۴ ^{gh}	۲۴/۲ ^{abc}	۰/۸ ^b	۰/۶ ^{de}	۱	منداب
۱۲۶/۰ ^{ghi}	۱۴۸/۷ ^{cde}	۹/۱ ^{de}	۳۰/۱ ^a	۰/۸ ^{ab}	۰/۷ ^{cd}	۲	
۱۳۳/۰ ^{fg}	۱۵۵/۷ ^{cd}	۷/۹ ^{ef}	۲۲/۱ ^{bcd}	۰/۸ ^{ab}	۰/۷ ^{dc}	۳	
۱۴۰/۸ ^f	۱۵۰/۵ ^{cde}	۴/۸ ⁱ	۱۲/۱ ^{efgh}	۰/۷ ^b	۰/۵ ^{def}	۴	
۱۱۷/۲ ^{hi}	۱۲۱/۶ ^f	۱۱/۰ ^{ab}	۱۶/۰ ^{def}	۰/۸ ^{ab}	۰/۵ ^{def}	۱	سورگوم
۱۲۴/۲ ^{ghi}	۱۵۰/۵ ^{cde}	۱۰/۵ ^{abc}	۱۶/۰ ^{def}	۰/۸ ^{ab}	۰/۷ ^{cd}	۲	
۱۳۰/۰ ^{fgh}	۱۵۲/۲ ^{cde}	۱۱/۰ ^{ab}	۱۷/۱ ^{de}	۰/۸ ^{ab}	۰/۸ ^{bc}	۳	
۱۴۳/۵ ^{ef}	۱۵۹/۲ ^c	۱۱/۴ ^a	۱۷/۴ ^{cde}	۰/۸ ^{ab}	۰/۹ ^{bc}	۴	
۱۵۵/۷ ^{ed}	۱۲۳/۳ ^f	۶/۹ ^{fg}	۱۱/۸ ^{efgh}	۰/۸ ^{ab}	۰/۵ ^{def}	۱	اسپرس
۱۶۸/۰ ^d	۱۶۳/۶ ^c	۶/۵ ^{gh}	۹/۲ ^{fghi}	۰/۸ ^{ab}	۰/۷ ^{cd}	۲	
۱۸۳/۷ ^c	۱۹۱/۶ ^b	۴/۸ ⁱ	۵/۳ ^{hij}	۰/۹ ^a	۰/۵ ^{def}	۳	
۲۱۰/۸ ^a	۲۰۴/۷ ^b	۳/۵ ^j	۲/۳ ^j	۰/۵ ^{ab}	۰/۴ ^{efg}	۴	
۱۶۶/۲ ^d	۱۳۶/۵ ^{def}	۵/۵ ^{hi}	۱۶/۴ ^{def}	۰/۷ ^{ab}	۰/۶ ^{def}	۱	شبدر سفید
۱۶۸/۸ ^d	۲۰۲/۱ ^b	۵/۲ ^{hi}	۷/۸ ^{ghij}	۰/۸ ^{ab}	۰/۷ ^{cd}	۲	
۱۹۰/۷ ^c	۲۳۲/۷ ^a	۳/۳ ^{jk}	۳/۸ ^{ij}	۰/۸ ^{ab}	۰/۴ ^{efg}	۳	
۱۹۸/۶ ^{ab}	۲۳۱/۸ ^a	۲/۲ ^k	۲/۶ ^j	۰/۷ ^b	۰/۳ ^{fg}	۴	
۱۲۰/۰ ^{ghi}	۷۲/۶ ^g	۱۱/۵ ^a	۱۱/۹ ^{efgh}	۰/۹ ^{ab}	۰/۲ ^g	۱	شاهد (بدون گیاه)
۱۱۸/۱ ^{ghi}	۷۴/۳ ^g	۱۱/۶ ^a	۱۲/۳ ^{efgh}	۰/۹ ^{ab}	۰/۲ ^g	۲	
۱۱۷/۰ ^{hi}	۷۵/۲ ^g	۱۱/۶ ^a	۱۲/۷ ^{efg}	۰/۹ ^{ab}	۰/۳ ^g	۳	
۱۱۶/۵ ^{hi}	۷۴/۳ ^g	۱۱/۶ ^a	۱۲/۳ ^{efgh}	۰/۹ ^{ab}	۰/۲ ^g	۴	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

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

C/N بالا و معدنی شدن پایین ارتباط دارد که نتایج حاصل از این تحقیق نیز موید همین امر است. تفاوت‌های مشخصی که بین گیاهان مختلف کود سبز از نظر بیوماس و ترکیبات شیمیایی آنها وجود دارد (جدول ۲ و ۴) بر تجزیه مواد آلی آنها مؤثر واقع شده و حتی انتقال نیتروژن به پروفیل خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بررسی زمان و مقدار معدنی شدن نیتروژن به شکل نیتروژن نیتراتی بعد از گیاهان کود سبز لگوم نشان‌دهنده افزایش مقدار آن بعد از گذشت حتی چهار هفته از زیر خاک کردن بقایا بوده است. مطابق آزمایشات تریپوسکایا و روموسکایا (۳۶) مقدار نیتروژن معدنی در لایه‌های تحتانی خاک نیز افزایش یافته است. استفاده از گیاهان کود سبز باعث افزایش محتوای نیتروژن خاک می‌شود (۸)، هم‌چنین مطالعات راینه و همکاران (۲۳) نشان داده است که استفاده از کود سبز ماشک باعث افزایش نیتروژن شده است در این تحقیقات هم‌بستگی مثبتی بین کود سبز و باکتری‌های ریزوبیوم مشاهده شده که باعث افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله صفات مختلف مورد ارزیابی خاک بعد از اختلاط بقایای گیاهان مختلف کود سبز در شرایط تنش (جدول ۷) نشان می‌دهد که در مورد صفات نیتروژن کل خاک و نیتروژن آمونیومی، اثر متقابل نوع گیاه (تیمار) با زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک و سال، اثر متقابل زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک با سال، اثر متقابل نوع گیاه (تیمار) با زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک و اثر متقابل نوع گیاه (تیمار) با سال معنی‌دار است ($P \leq 0.01$).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار با زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در مورد صفت نیتروژن آمونیومی نشان می‌دهد که این صفت نیز در تمام گیاهان مورد آزمایش غیر از منداب با گذشت زمان حالت افزایشی داشته و گیاه اسپرس بیشترین مقدار نیتروژن آمونیومی را به خود اختصاص داده است هر چند که در نمونه‌برداری چهارم بین این گیاهان با شبدر سفید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲). افزودن بقایای

در خاک حاصل شد که دلیل این امر، بالا بودن میزان نیتروژن حاصل از فرآیند تثبیت نیتروژن توسط این گیاهان می‌باشد. کود سبز در اصل به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک و منبع غذایی برای گیاهان بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر خلاف کودهای نیتروژن‌دار، لگومهای مورد استفاده به‌عنوان کود سبز، قادرند نیتروژن را به‌صورت بیولوژیکی تثبیت کرده، هم‌چنین ممکن است در مقدار انبوه، کربن را نیز در سیستم کشت اضافه کنند (۲۵). تجزیه ماده آلی در خاک به‌صورت وسیعی به‌وسیله نسبت C/N تعیین می‌گردد. 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 (۱۷).

واگر (۳۹) نشان داد در صورت برگرداندن گیاهان لگوم قبل از مرحله رسیدگی کامل به خاک، به‌دلیل پایین بودن مقدار ماده خشک و میزان نیتروژن بالا، نسبت C/N پایین‌تر بوده و این بقایای گیاهی سریع‌تر تجزیه می‌شوند. به‌عبارت دیگر محتوای بالای سلولز، همی‌سلولز و لیگنین در این گیاهان در مرحله رسیدگی کامل سرعت تجزیه را کاهش می‌دهد. گیاهان کود سبز قبل از مرحله رسیدگی کامل دارای سطوح بالایی از قند، نشاسته، اسیدهای آمینه و پروتئین و میزان پایین نسبت C/N می‌باشند که برای میکروارگانیسم‌ها قابل تجزیه می‌باشند (۴۱).

با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) بیشترین میزان نیتروژن نیتراتی در سال اول آزمایش، سه و پنج ماه بعد از برگرداندن بقایای شبدر سفید به خاک مشاهده گردید. پس از شبدر سفید، گیاه اسپرس نیتروژن نیتراتی بیشتری را نسبت به سایر گیاهان مورد تحقیق داشت در حالی که در سال ۱۳۸۹ نیتروژن نیتراتی اسپرس و شبدر سفید پنج ماه پس از برگرداندن بقایای این گیاهان به خاک حاصل شد (جدول ۶). گیاهان ارزن مرواریدی و سورگوم علوفه‌ای به‌دلیل بالا بودن میزان C/N حاصل از کربن آلی بالا و نیتروژن کل پایین، افزایش نیتروژن نیتراتی محسوسی را نشان ندادند. هارمسن و وان چرون (۱۱)، بیان نمودند که مقدار کربن آلی بالا اغلب با نسبت

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله صفات مختلف مورد ارزیابی خاک بعد از اختلاط گیاهان مختلف کود سبز در شرایط تنش کم آبی

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
نیترژن آمونیومی	نیترژن کل خاک		
۴۰۵۵۶/۷۱**	۰/۱۳**	۱	سال
۵۰/۹۲ ^{ns}	۰/۰۱*	۶	بلوک × سال
۱۵۴۴/۲۱**	۰/۰۴**	۵	فاکتور اصلی (گیاه)
۱۳۸۱/۲۴**	۰/۰۲**	۵	گیاه × سال
۳۴/۶۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۳۰	بلوک × گیاه × سال
۲۱۹۶/۸۱**	۰/۰۲**	۳	فاکتور فرعی (زمان)
۲۲۱/۳۹**	۰/۰۱**	۱۵	گیاه × زمان
۲۲۰/۲۹**	۰/۰۱**	۳	زمان × سال
۲۵۶/۷۱**	۰/۰۱**	۱۵	گیاه × زمان × سال
۲۵/۰۰	۰/۰۱	۱۰۸	اشتباه آزمایشی
۶/۰۱	۴/۹۵		ضریب تغییرات (%)

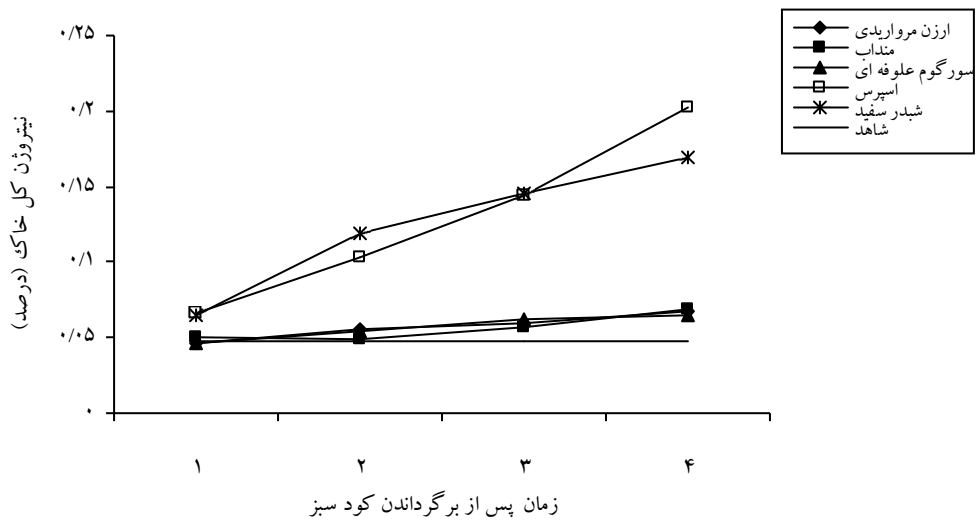
ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

نیترژن کل افزوده شده در خاک در شرایط خشکی آب و هوا ۱۰ تا ۲۰ درصد کمتر از حالت بدون تنش است (۳۳). با توجه به شکل ۴ (نشان دهنده اثر متقابل گیاهان کود سبز با سال‌های انجام آزمایش) مشاهده شد که نیترژن آمونیومی افزوده شده به خاک در سال دوم تحقیق (۱۳۸۹) بیشتر از سال اول بوده است در حالی که مقدار افزوده شده در گیاهان مختلف در کل اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند غیر از اسپرس در سال دوم که بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

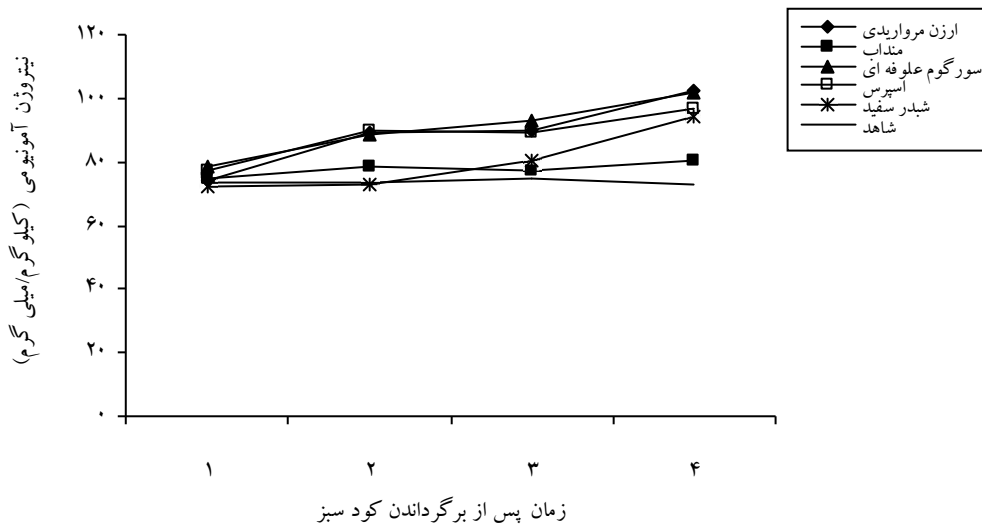
زمان‌های مختلف نمونه برداری از خاک در هر دو سال اجرای آزمایش اختلاف معنی دار با یکدیگر داشته و نمونه برداری از خاک، پنج و سه ماه بعد از اختلاط بقایای گیاهان کود سبز با خاک بیشترین درصد نیترژن کل در خاک را ایجاد کرده‌اند. به طور کل در مورد اثر متقابل سال با زمان‌های مختلف نمونه برداری دیده شد که نیترژن کل در زمان‌های مختلف نمونه برداری در سال دوم تحقیق بیشتر از سال اول بوده

گیاهان کود سبز به خاک باعث وقوع فرآیند معدنی شدن نیترژن به میزانی بیش از تیمار شاهد شده که بیانگر آنست که حتی در مورد گیاهان ارزن مرواریدی و سورگوم علوفه‌ای که به اندازه لگوم‌ها غنی از نیترژن نمی‌باشند نیز می‌توان انتظار داشت که پس از گذشت چند ماه از اختلاط این گیاهان در خاک نیترژن قابل دسترس گیاهان به سطحی بالاتر از خاک شاهد رسیده باشد. این موضوع بار دیگر اهمیت استفاده از کودهای سبز را در تأمین نیترژن مورد تأکید قرار می‌دهد.

نیترژن کل اندازه‌گیری شده در خاک طی دو سال متوالی انجام تحقیق حاکی از بالا بودن درصد نیترژن در سال دوم آزمایش است. در بین گیاهان مورد تحقیق نیز در هر دو سال آزمایش بیشترین درصد متعلق به اسپرس و شبدر سفید بوده است (اشکال ۱ و ۳) و سال ۱۳۸۹ نسبت به ۱۳۸۸ برتری داشته است. اگر چه گیاهان لگوم در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی رشد می‌کنند، لیکن مقدار



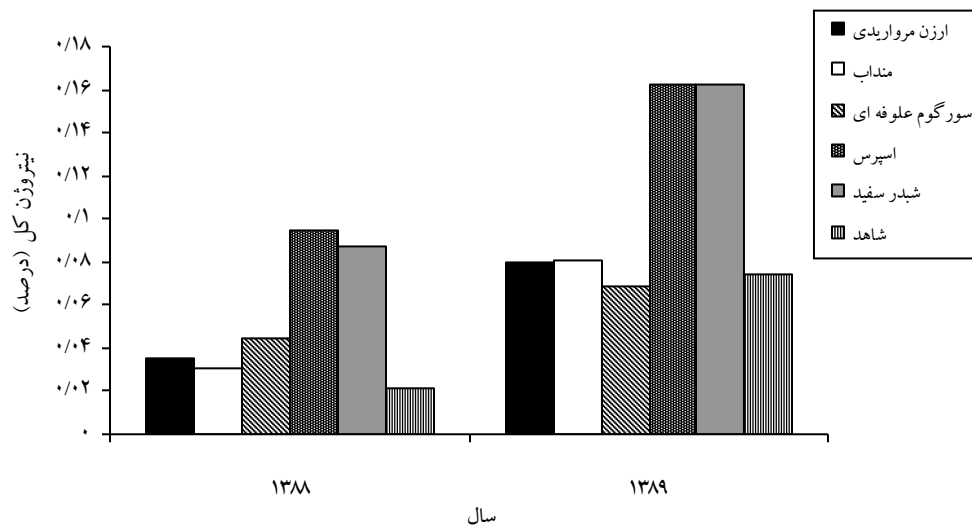
شکل ۱. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار (کود سبز) با زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک بر نیتروژن کل خاک در شرایط تنش کم‌آبی



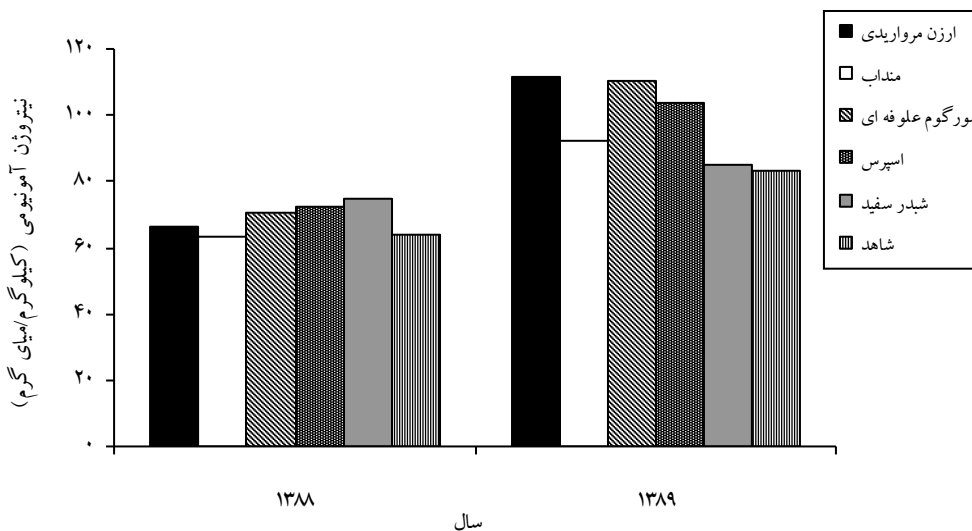
شکل ۲. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار (کود سبز) با زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک بر نیتروژن آمونیومی خاک در شرایط تنش کم‌آبی

نسبت به سال ۱۳۸۸ بیشتر است. در سال دوم تحقیق بین نمونه‌برداری اول با نمونه‌برداری دوم، سوم و چهارم اختلاف معنی‌دار وجود داشت لیکن نیتروژن آمونیومی، یک، سه و پنج ماه بعد از اختلاط بقایا با خاک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۶).

است (شکل ۵). در مورد نیتروژن آمونیومی در سال اول تحقیق بین نمونه‌برداری‌های اول، دوم و سوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت در حالی که نمونه‌برداری چهارم نسبت به سه نمونه‌برداری اول افزایش معنی‌داری را نشان داد از طرفی با توجه به شکل ۶ مشاهده شد که مقدار این صفت در سال ۱۳۸۹



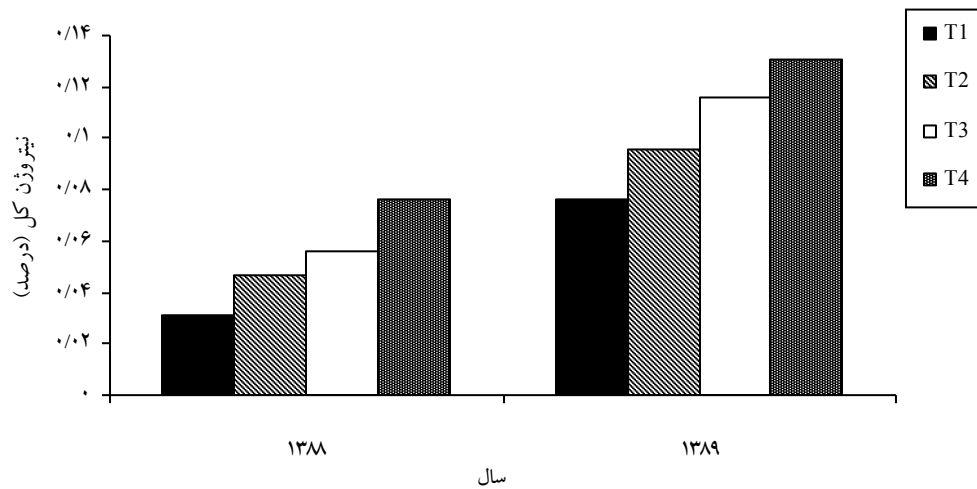
شکل ۳. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار (کود سبز) با سال‌های آزمایش بر نیتروژن کل خاک در شرایط تنش کم‌آبی



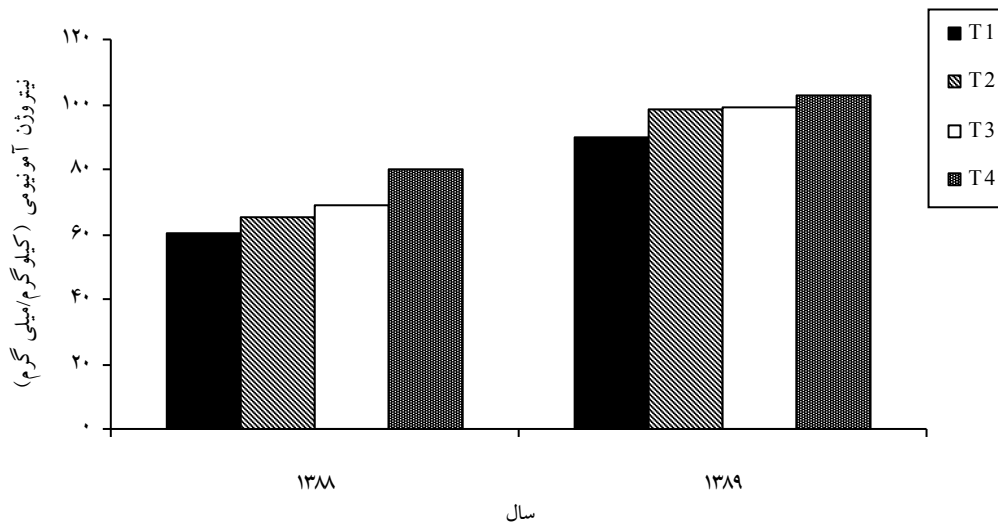
شکل ۴. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمار (کود سبز) با سال‌های آزمایش بر نیتروژن آمونیومی خاک در شرایط تنش کم‌آبی

و همکاران (۳۴)، نشان دادند که بین معدنی‌شدن نیتروژن و مقادیر نیتروژن موجود در گیاهان کود سبز رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. این محققین هم‌چنین رابطه معنی‌داری منفی را بین مقادیر نیتروژن معدنی‌شده و نسبت‌های C/N گزارش کردند. نتایج حاصل از مطالعه تایلور و همکاران (۳۲)

گیلبرتسون و همکاران (۱۰)، بیان کردند که معدنی‌شدن خالص نیتروژن در نسبت C/N پایین به سرعت رخ می‌دهد که نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز موید همین مطلب است. کارهای ایریتانی و آرنولد (۱۴)، نشان داد که هر چه نسبت C/N کوچک‌تر باشد بازبایی نیتروژن بیشتر خواهد شد. ترینسوتورت



شکل ۵. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک پس از برگرداندن کود سبز در آن با سال‌های آزمایش بر نیتروژن کل خاک در شرایط تنش کم‌آبی



شکل ۶. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک پس از برگرداندن کود سبز در آن با سال‌های آزمایش بر نیتروژن آمونیومی خاک در شرایط تنش کم‌آبی

بقایا دارد. در یک دید کلی، بقایای گیاهی لگوم دارای مقادیر نیتروژن معدنی بیشتری نسبت به گیاهان گرامینه و منداب مورد استفاده در تحقیق بودند به‌ویژه این امر در مورد بقایای اسپرس حائز اهمیت بسیاری است. غلات کمترین مقدار نیتروژن کل را در ساختار خود نشان دادند.

روی معدنی شدن نیتروژن در بقایای گیاهی، نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند. نتایج آنها نشان داد که مقدار اولیه نیتروژن نسبت به C/N، شاخص بهتری جهت پیش بینی وضعیت معدنی شدن نیتروژن می‌باشد و معدنی شدن خالص نیتروژن ارتباط زیادی با نسبت لیگنین به نیتروژن موجود در

اغلب خاک‌های کشاورزی به دلیل ناپایداری شکل‌های معدنی نیتروژن، از نظر میزان نیتروژن فقیر هستند. به علاوه به‌هنگام آبشویی خاک‌ها درصد بالایی از نیترات شسته شده و هم‌چنین ظرفیت نگه‌داری آمونیوم در چنین خاک‌هایی محدود می‌باشد. تخریب خاک و عدم جایگزینی کافی نیتروژن برداشت شده توسط گیاهان، منجر به کاهش فراهمی نیتروژن در خاک و افزایش نیاز به کوددهی نیتروژنه می‌گردد که با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان با اعمال کود سبز نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش داد که این امر می‌تواند زمینه‌ساز رسیدن به کشاورزی پایدار باشد (۲۰).

به‌طور کلی هدف از کاربرد گیاهان کود سبز افزایش کربن آلی و عناصر غذایی خاک است که با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق دو ساله، گیاهان شبدر سفید و اسپرس به دلیل تثبیت بالای نیتروژن و داشتن کیفیت بالا، C/N و لیگنین پایین حتی یک‌ماه بعد از برگرداندن این گیاه به خاک و در نتیجه افزایش نیتروژن معدنی در خاک و برای گیاه کشت شده بعد از کود سبز، به‌عنوان مطلوب‌ترین کود سبز در بین گیاهان مورد مطالعه معرفی می‌گردد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق در مورد نیتروژن کل و معدنی خاک سه نکته قابل توجه است:

۱. پدیده معدنی شدن پدیده‌ای بیولوژیکی است و توسط میکروارگانیسم‌ها صورت می‌گیرد. بنابراین انتظار می‌رود به‌علت اثر محدودکنندگی عوامل محیطی بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌های مؤثر بر معدنی شدن نیتروژن، این پدیده کاهش یابد (۱۳). نتایج تحقیق حاضر نیز مؤید همین امر است.

۲. همان‌طور که در جدول ۶ و شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، اضافه کردن گیاهان کود سبز به خاک باعث وقوع فرآیند معدنی شدن به میزان بیشتر از تیمار شاهد است. که این نکته به این مطلب اشاره دارد که افزودن هر نوع گیاهی به‌عنوان کود سبز به خاک و حتی گیاهانی که دارای میزان معدنی شدن پایین هستند، باعث افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن نسبت به تیمار شاهد می‌شود.

۳. میزان معدنی شدن در همه تیمارهای کود سبز با گذشت زمان افزایش می‌یابد. که بیانگر این مطلب است که با گذشت زمان میزان معدنی شدن در خاک افزایش یافته است.

منابع مورد استفاده

- Allison, F.E. 1973. Soil Organic Matter and Its Role in Crop Production. Elsevier Scientific Pub.Co., Amsterdam.
- Aulakh, M.S., T.S. Khera., J.W. Doran and K.F. Bronson. 2001. Managing crop residue white green manure, urea and tillage in a rice-wheat rotation. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:820-827.
- Biederbeck, V. O. 1993. Productivity of four annual legumes as green manure in dryland cropping systems. Agron. J. 85: 1035-1043.
- Biswas, T.D. and S.K. Mukherjee. 1991. Textbook of Soil Science. Tata McGraw – Hill Pub. Co. , New Delhi.
- Cabrera, M.L., D.E. Kissel and M.F. Vigil. 2005. Nitrogen mineralization from organic residues. Reserch opportunities. J. Environ. Qual. 34:75-79.
- Cherr, C. M and J. M. S. Scholberg. 2006. Green manure as nitrogen source for sweet corn in a warm-temperate environment. Agron. J. 98: 1173-1180.
- Dabkowska-Naskret, H., J. Dlugosz and M. Kobierski. 1997. Aggregation of soil particles in relation to iron oxides and organic matter content in black earths (Gleyic Phaeozems) of kujawy upland. Fragmenta. Agron. 97: 167-170.
- Elfstrand, S., B. Ba and M. Rtensson. 2007. Influence of various forms of green manure amendment on soil microbial community composition, enzyme activity and nutrient levels in leek. Appl. Soil Ecol. 36: 70-82.
- Fowler, C. J. E and L. M. Condron. 2004. Effects of green manures on nitrogen loss and availability in an organic cropping system. New Zeal. J. Agric. Res. 47: 95-100.
- Gilbertson, C.B., F.A. Norstadt, A.C. Mathuos, F. Holtr, A.P. Barnett, T.M. Mccalle, C.A. Onstad and R.A. Young. 1979. Animak waste utilization on cropland and pastureland: A manual for evaluation agronomic and environmental effects. USDA Utilization Research Report. No. 6.
- Harmsen, G.W. and D. A. Van Schreven. 1955. Mineralization of organic nitrogen in soil. Adv. Agron. 7: 299-398.

12. Hesse, P.R. 1971. A Text Book of Soil Chemical Analysis. John Murray, London.
13. Høgh-Jensen, H and J. K. Schjoerring. 2001. Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biol. Biochem.* 33: 439-448.
14. Iritani, W.M. and C.Y. Arnold. 1960. Nitrogen release of vegetable crop residues during incubation as related to their chemical composition. *Soil Sci.* 9: 74-82.
15. Isac, L., C.W. Wood and D.A. Shannon. 2000. Decomposition and nitrogen release of prunings from hedgerow species assessed for alley cropping in Haiti. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 92: 501-511.
16. Kumar, K. and K.M. Goh. 2000. Crop residues and management practices: effects of soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. *Adv. Agron.* 68: 197-319.
17. Kumar, K. and K.M. Goh. 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. *Euro. J. Agron.* 16: 295-308.
18. Maiksteniene, S. and A. Arlauskienė. 2004. Effect of preceding crops and green manure on the fertility of clay loam soil. *Agron. Res.* 2(1): 87-97.
19. Matos, E.D.S., E.D.S. Mendonça, P.C.D. Lima, M.S. Coelho, R.F. Mateus and I.M. Cardoso. 2008. Green manure in coffee system in the region of Zona Da Mata, Minas Gerais: Characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. *R. Bras. Ci. Solo.* 32:2027-2035.
20. Melero, S., J.C.R. Porras, J.F. Herencia and E. Madejon. 2006. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. *Soil and Till. Res.* 90: 162-170.
21. Mosavi, S.B., A.A. Jafarzadeh, M. R. Nishabouri, Sh. Ostan and V. Feziasl. 2008. Effects of Rye Green Manure Application in Soil Physical and Chemical Characteristics in Maragheh Dryland Condition Zone. *Intl. Meeting on Soil Fert. Land Manage. and Agroclimatology, Turkey*, PP. 599-608.
22. Puget, P. and L. Drinkwater. 2001. Short-term dynamics of root and shoot driven carbon from a leguminous green manure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:771-779.
23. Rynne, F.G., A.R. Glenn and M.J. Dilworth. 1994. Effect of mutations in aromatic catabolism on the persistence and competitiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. *Trifolii*. *Soil Biol. Biochem.* 26: 703-710.
24. Sarrantonio, M. and E. Gallandt. 2003. The role of cover crops in North American cropping systems. *Cropping Systems: Trends and Advances*. A. Shrestha. New York, Food Products Press: 53-74.
25. Sharma, A.R. and B.N. Mitra. 1988. Effect of green manuring and mineral fertilizer on growth and yield of crops in rice-based cropping system on acid lateritic soil. *J. Agric. Sci.* 110:605-608.
26. Sinclair, T.R., R.C. Muchow, J.M. Bennett and L.C. Hammond. 1987. Relative sensitivity of nitrogen and biomass accumulation to drought in field grown soybean. *Agron. J.* 79: 986-991.
27. Sprent, J.I. 1972. The effects of water stress on nitrogen fixing root nodules. *New Phytol.* 71: 451-460.
28. Summerell, B. A and L. W. Burgess. 1989. Decomposition and chemical composition of cereal straw. *Soil Biol. Biochem.* 21(4): 551-559.
29. Talgre, L., E. Lauringson, H. Roostalu and A. Astover. 2009. The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat. *Agron. Res.* 7(1): 125-132.
30. Tanimu, J.I., E.N.O. wuafor, A.C. Odunze and G. Tian. 2007. Effect of incorporation of leguminous cover crops yield and yield compositions of maize. *World J. Agric. Sci.* 3(2): 243-249.
31. Tate, R.L. 2000. *Soil Microbiology*. 2nd ed., John Wiley and Sons, NY.
32. Taylor, B. R., D. P. Parkinson and W. J. Parson. 1989. Nitrogen and lignin constant as predictors of litter decay rates: A microcosm test. *Ecol.* 70: 97-104.
33. Thonissen, M.C. 1996. Nitrogen fertilizer substitution for tomato by legume green manures in tropical vegetable production systems. Thesis ETHZ No. 11626. Swiss Fed. Inst. of Technology, Zurich.
34. Trinsoutrot, I., S. Recous, B. Bentz, M. Lineres, D. Cheneby and B. Nicolardot. 2000. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. *Soil Sci. Soc. Am.* 64: 918-926.
35. Triplett, G.B., D.M. Jr. VanDoren and B.L. Schmidt. 1968. Effect of corn (*Zea mays* L.) stover mulch on no tillage corn yield and water infiltration. *Agron. J.* 60: 236-239.
36. Tripolskaya, L. and D. Romanovskaya. 2006. A study of nitrogen migration affected by different plants for green manure in sandy loam soil. *The Russ. J. Ecol.* 4: 89-97.
37. Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
38. Vinten, A.J.A. and K.A. Smith. 1993. Nitrogen cycling in agricultural soils. pp. 39-73. *In: T. P. Burt, A. L. Heathwaite and S. T. Trudgill. (Eds.), Nitrate: Processes, Patterns and Management*. Chichester, John Wiley & Sons, England.

39. Wagger, M.G. 1989. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agron. J.* 81: 236-241.
40. Walky, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. 1. Experimental. *Soil Sci. Soc. Am.* 79: 459-465.
41. Wolf, B. and G.H. Snyder. 2003. *Sustainable Soils: The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and their Productivity*. Binghamton, Food Products Press., NY.
42. Yilmaz, S. 2008. Effects of increased phosphorus rates and plant densities on yield and yield-related traits of Narbon vetch lines. *Turk. J. Agric. Forest.* 32: 49-56.
43. Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. *Trend. Plant Sci.* 6: 2.66-71.

Effect Of Different Green Manures on Nitrogen Mineralization under Water Deficit Conditions

S. Abdi^{1*}, M. Tajbakhsh¹, B. Abdollahi Mandolakani¹
and M. Rasouli Sadaghiani²

(Received Aug. 28-2011 ; Accepted : Feb. 22 -2012)

Abstract

The incorporation of plant residues in soils of arid and semiarid regions is a major principle of sustainable agriculture. This study was conducted at the research farm of Urmia University (37° 32'N and 45° 5' E), Urmia, Iran during the 2009 and 2010 growing seasons. Five green manure crops were grown in four replications arranged in a randomized complete block design. The treatments included white clover (*T.repens*), sainfoin (*Onobrychis viciaefolia*), pearl millet (*Panicum miliaceum*), sorghum (*Sorghum bicolor*) and turnip (*Eruca sativa*). Changes in soil nutrient elements and nitrogen mineralization were measured during different time periods after plant residues incorporation to soil. The plants were irrigated 50% of field capacity during growing period. The results showed that the total nitrogen and NH₄-N were influenced by type of green manure in both years. The lignin and cellulose were the main factors controlling N mineralization and residue decomposition. In the first and second year, the results indicated that pearl millet green residues resulted in the highest amount of soil organic carbon. Nitrate-N content reached the highest amount in sainfoin and white clover. In conclusion, white clover and sainfoin due to increasing total and mineral nitrogen for subsequent plants could be introduced as a proper green manure in water deficit conditions.

Keywords: Ammonium-N, Cellulose, Green manure, Lignin, Soil C/N ratio, Nitrate-N.

1. Dept. of Agron. and Plant Breed. College of Agric., Urmia Univ., Urmia, Iran.

2. Dept. of Soil Sci., College of Agric., Urmia Univ., Urmia, Iran.

*: Corresponding Author, Email: sakineh_abdi58@yahoo.com