مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۰، شماره ۱، سال ۱۳۹۳

تاثیر کشت دوم گیاهان خلر و ماشک به عنوان کود سبز بر برخی خصوصیات خاک و عملکرد پیاز و گندم در چرخه تناوب زراعی

Effects of Double Cropping Grass Pea and Common Vetch as Green Manure on some Properties of Soil and Yield of Onion and Wheat in Crop Rotation Cycle

جواد لامعی هروانی[۱] و محمد اسماعیلی[۲]

۱ و ۲- به ترتیب مربی و کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۸

چکیده

لامعی هروانی، ج. و اسماعیلی، م. ۱۳۹۳. تاثیر کشت دوم گیاهان خلر و ماشک به عنوان کود سبز بر برخی خصوصیات خاک و عملکرد پیاز و گندم در چرخه تناوب زراعی. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۰ (۱):** ۱۸- ۱.

این تحقیق به مدت چهار سال زراعی (۱۳۸۷-۱۳۸۳) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقاتی خیرآباد زنجان اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل حذف و افزودن کود سبز خلر و ماشک و هم چنین افزودن کود سبز ناشی از رویش گندم ریزشی (شاهد) در خاک بودند. در نتایج حاصل از اجرای دو دوره تناوب کشت، اگرچه بین دو گیاه خلر و ماشک از نظر تولید ماده خشک تفاوت معنی‌دار نبود، ولی مجموع عملکرد ماده خشک حاصل از کشت خلر در دو دوره تناوب ۲۴/۲ درصد بیشتر از ماشک بود. در هر دو دوره از توالی‌های کشت، بین مقادیر عملکرد ماده خشک و هم چنین تجمع نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی گیاهان خلر و ماشک در مقایسه با شاهد، تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کمترین مقادیر عملکرد ماده خشک (۰/۶۳-۰/۲۶ تن در هکتار) و تجمع نیتروژن (۹/۱۲-۳/۹۸ کیلوگرم در هکتار) در هر دو دوره از تیمار شاهد به دست آمد. تاثیر تیمارها بر عملکرد پیاز، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، درصد کربن آلی خاک، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم معنی‌دار نبود. بیشترین مقادیر این صفات از تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک حاصل شدند. میانگین عملکرد بیولوژیکی گندم (۱۸/۵ تن در هکتار)، عملکرد دانه گندم (۷/۲۳ تن در هکتار)، وزن قطر خاک دانه‌ها (۱/۶۹) و کربن آلی خاک (۰/۹۱۵ درصد) در تیمار افزودن کود سبز خلر به ترتیب ۱۲/۸، ۱۴/۶، ۱۳/۴ و ۰/۲ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود.

واژه‌های کلیدی: آیش تابستانی، گیاهان پوششی، مدیریت کود سبز.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: jlh_336@yahoo.com

مقدمه

نگرانی‌های موجود در محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و افزایش هزینه‌های استخراج آن‌ها، حذف یارانه‌های کود و انرژی، تأثیر نامطلوب و مخرب کودهای شیمیایی بر محیط زیست و کیفیت محصولات کشاورزی، لزوم توجه بیش از پیش به سایر منابع جایگزین و تجدید شونده را با هدف بهره وری پایدار از پتانسیل‌های طبیعیِ موجود ضروری کرده است.

در مناطق سرد کشور کاشت بهاره گیاهان علوفه‌ای یک ساله با هدف تولید کود سبز به دلیل اشغال زمین زراعی به مدت یک فصل زراعی، وجود محصولات رقیب و اقتصادی نبودن تولید آن، از استقبال کشاورزان برخوردار نبوده و بنابراین الگوی کشت در این مناطق فاقد گیاهی به نام کود سبز است. از جمله سیستم‌های زراعی رایج در استان زنجان، توالی کشت گندم- پیاز یا جو- پیاز بوده و از آن‌جا که در فاصله برداشت گندم یا جو (دهه اول تیر ماه لغایت دهه اول مرداد ماه) تا کشت پیاز (دهه اول فروردین ماه)، به دلیل کوتاهی طول فصل رویشی، کاهش دما و احتمال خسارت سرما، امکان کشت دوم گیاهان زراعی مقدور نبوده، بنابراین قطعات زراعی در این مناطق به صورت آیش باقی می‌مانند. گیاهان خلر (Grass pea) و ماشک معمولی (Common vetch) از جمله گیاهان علوفه‌ای یکساله‌ای هستند که به دلیل کوتاهی طول مدت دوره رویشی تا زمان پنجاه درصد گلدهی (۷۰-۶۰ روز)، سازگاری به شرایط نامساعد محیطی، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، تحمل به خشکی، سرما، آفات و بیماری‌های گیاهی و نیاز به نهاده کم، می‌توان آن‌ها را بلافاصله پس از برداشت گندم، جو و کلزا در شرایط آیش تابستانی مناطق سرد کشور به عنوان کود سبز کشت و ضمن استفاده بهینه از زمین و زمان، اقتصادی کردن تولید، بازیافت ضایعات حاصل از ریزش گندم، جو و پسماند کاه و کلش، علوفه حاصل از آن را در نیمه دوم مهرماه به عنوان کود سبز جهت افزایش مواد آلی و حاصل خیزی خاک مورد استفاده قرار داد (Lamei Hervani, 2013؛ Lamei Hervani *et al*., 2013). علاوه بر مصارف کود سبز و گیاه پوششی، از علوفه این گیاهان می‌توان به صورت‌های چرای مستقیم، علوفه تر و علوفه خشک نیز در تغذیه دام استفاده کرد (Lamei *et al*., 2013؛ Lithourgidis *et al*., 2007). زمان برداشت این گیاهان جهت تولید علوفه و یا برگرداندن آن به خاک برای مصرف کود سبز، موقعی است که پنجاه درصد گل‌ها باز شده باشد (Lamei Hervani *et al*., 2013؛ Cho and Daimon, 2008). با کاشت آبی خلر و ماشک در فضاهای خالی آیش تابستانی، علاوه بر حفاظت خاک از خطر فرسایش آبی و بادی، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش مواد آلی، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش فشار علف‌های هرز برای زراعت بعدی و هم چنین جبران بخشی از کمبود علوفه در

مواقع بحرانی، استفاده از کود سبز حاصله از این گیاهان ضمن تامین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه بعدی و کاهش تقاضا برای مصرف کودهای شیمیایی، در افزایش بهره‌وری محصولات و گیاهانی که متعاقب آن کشت می‌شوند، موثر است (Lamei Hervani *et al*., 2013؛ Cho and Daimon, 2008؛ Kirschenmann, 2007؛ Franzluebbers, 2007؛ Mennan *et al*., 2006؛ Ngouajio and Mennan, 2005). مقدار تجمع نیتروژن در بقولات بستگی به عواملی چون گونه مورد استفاده، مقدار بقایای نیتروژن خاک، عملکرد ماده خشک، درصد نیتروژن موجود در بافت گیاه، کارایی رابطه لگوم با باکتری در گره‌های ریشه، منطقه، دما، آب قابل دسترس، میزان عناصر غذایی خاک و pH مناسب خاک دارد (Samedani and Montazeri, 2009؛ Andy, 2007؛ Preston, 2003؛ David, 2003). عوامل محیطی مثل بارندگی، درجه حرارت، زمان کاشت، تراکم کاشت، تعداد دفعات آبیاری و حاصل‌خیزی خاک می‌توانند روی مقدار نیتروژن تجمع یافته در گیاه پوششی و قابلیت دسترسی آن بر گیاه بعدی تأثیر بگذارند (Lamei Hervani *et al*., 2013؛ Andy, 2007). علاوه بر عوامل محیطی، تصمیمات مدیریتی مثل شخم و زمان برگرداندن گیاه پوششی نیز می‌تواند روی قابلیت دسترسی نیتروژن و مقدار کود نیتروژن مورد نیاز برای تولید حداکثر عملکرد اقتصادی گیاه بعدی، تأثیر بگذارد (Dou *et al*., 1994).

این تحقیق با هدف بررسی امکان کشت گیاهان علوفه‌ای خلر و ماشک در ظرفیت‌های خالی آیش تابستانی و استفاده از کود سبز آن در جهت افزایش مواد آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و دسترسی به حداکثر عملکرد محصولات متعاقب در چرخه تناوب زراعی مناطق سرد، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت چهار سال زراعی (۱۳۸۷–۱۳۸۳) در ایستگاه تحقیقاتی خیرآباد زنجان در یک خاک Fine Loamy Mixed Typic Xerochrept اجرا شد. محل اجرای آزمایش در فاصله ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۷۷۰ متر از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی این ایستگاه ۲۹۶ میلی‌متر بوده و با داشتن ۱۱۹ روز یخ‌بندان در سال، در منطقه نیمه خشک و زیر اقلیم سرد قرار می‌گیرد. آزمایش با اعمال پنج نوع مدیریت شامل ۱- کشت گیاه پوششی خلر بعد از برداشت گندم و حذف کامل کود سبز آن، ۲- کشت گیاه پوششی خلر بعد از برداشت گندم و افزودن کود سبز آن با خاک، ۳- کشت گیاه پوششی ماشک معمولی بعد از برداشت گندم و حذف کامل کود سبز آن، ۴- کشت

گیاه پوششی ماشک معمولی بعد از برداشت گندم و افزودن کود سبز آن با خاک و ۵- شاهد بدون کشت گیاه پوششی (گندم ریزشی)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. گیاهان علوفه ای مورد استفاده متعلق به دو گونه خلر (*Lathyrus sativus* L.) و ماشک (*Vicia sativa* L.) بودند. برای اجرای آزمایش در تابستان ۱۳۸۳ قطعه زمینی از اراضی گندم برداشت شده با کمباین که در پاییز ۱۳۸۲ کشت شده و یکنواختی کامل در آن برقرار بود انتخاب و پس از جمع‌آوری کلش حاصل از کمباین، اقدام به اجرای آزمایش در آن شد. پس از تعیین محل آزمایش،کرت‌بندی جهت اعمال تیمارها در هر تکرار انجام و با میخ‌کوبی تا پایان اجرای طرح ثابت نگه داشته شد. مساحت هر کرت آزمایشی، ۲۱/۶ مترمربع بود. قبل از اعمال تیمارها از محل آزمایش یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن توسط آزمایشگاه تعیین شد. کشت گیاهان خلر و ماشک بدون انجام شخم و دیسک، به فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۲۵۰ دانه در مترمربع در نیمه دوم تیرماه سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ در فواصل بین خطوط کاشت گندم با دست انجام و بلافاصله آبیاری شد. تعداد دفعات آبیاری با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی از ۵-۴ نوبت متغیر بود. برداشت علوفه تر در اواخر دهه دوم مهرماه و مرحله ۵۰ درصد گلدهی گیاهان خلر و ماشک همزمان از ارتفاع پنج سانتی‌متری خاک توسط داس به روش دستی انجام شد. برای تعیین عملکرد ماده خشک و عملکرد نیتروژن گیاهان خلر و ماشک ، قبل از به زیر خاک بردن آن‌ها، علوفه تر هر یک از تیمارها از سطح ۸ مترمربع برداشت و بعد از تفکیک علوفه برداشت شده به اجزای تشکیل‌دهنده آن (گیاه خلر یا ماشک + علف هرز + گندم سبز رویشی) وزن آن‌ها جداگانه توزین شد. با قرار دادن یک نمونه نیم کیلویی از هر یک از اجزای علوفه تر کرت‌ها در درون پاکت، درصد ماده خشک آن‌ها در آون و دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد (Anonymous, 1990). درصد نیتروژن در ماده خشک هر یک از گیاهان نیز با استفاده از دستگاه کجلدال (Kejeltec Auto Analyzer 1030) مشخص شد (Bremner, 1965). پس از تعیین درصد ماده خشک، کل ماده خشک تولیدی هر تیمار محاسبه شد. در ادامه اجرای آزمایش (دهه سوم مهرماه)، علوفه تر برداشت شده از تیمارهای افزودن کودسبز، در داخل همان کرت به طور یکنواخت پخش و پس از سه بار روتیواتور عمود بر هم به وسیله گاوآهن با خاک مخلوط شد. در تیمارهای حذف بقایای خلر و ماشک، علوفه تر تمامی سطح کرت‌های آزمایشی برداشت و از مزرعه خارج شد. در نیمه اول اردیبهشت سال ۱۳۸۴، ابتدا مقادیر

۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۴۸ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منابع کود اوره و سوپر فسفات تریپل به هر یک از تیمارها داده شد. پس از انجام یک بار دیسک و ایجاد فاروهای ۶۰ سانتی‌متری، کاشت پیاز رقم محلی قولی قصه به روش نشایی با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در دو طرف داغ آب پشته‌ها انجام شد. تعداد و طول خطوط هر یک از کرت‌های آزمایشی، شش خط شش متری بود. در طول دوره رشد پیاز مقدار ۴۶ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت سرک و از منبع کود اوره مصرف شد. مراقبت‌های زراعی در طول داشت پیاز از قبیل وجین، سمپاشی بر علیه تریپس و آبیاری بر اساس نیاز گیاه اعمال شد. برای اندازه‌گیری محصول، برداشت پیاز در نیمه اول مهر ماه پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای خطوط هر کرت در ابعادی به مساحت ۹/۶ مترمربع انجام شد. پس از برداشت پیاز، در ادامه اجرای طرح در کلیه تیمارهای آزمایشی در نیمه دوم مهر ماه کاشت یکنواخت گندم رقم شهریار انجام شد. توالی مورد کشت برای بار دوم در چرخه تناوب تکرار شد. برای بررسی تأثیر تیمارهای اعمال شده بر میزان کربن آلی و پایداری ساختمان خاک، در پایان دور دوم اعمال تناوب زراعی (پس از برداشت گندم) نمونه‌های خاک از هر یک از کرت‌های آزمایشی تهیه شد. اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک به روش الک کردن در آب (Wet sieving) انجام شد (Yoder, 1936). نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری به صورت میانگین وزنی قطر (Mean Weight Diameter) بیان شد. میانگین وزنی قطر (MWD) از فرمول $MWD=\Sigma_{i=1} X_i W_i$ محاسبه و میانگین وزنی قطر از حاصل ضرب دو عامل زیر به دست آمد:

۱- میانگین قطر خاک دانه‌هایی که بر روی الک باقی می‌ماند (X_i)

۲- نسبت وزن خاک دانه‌ها در هر الک به وزن کل (W_i)

تجزیه مرکب داده‌های حاصل از صفات مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام و میانگین تیمارها با انجام آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک و میزان تجمع نیتروژن در گیاهان پوششی

در نتایج تجزیه واریانس داده‌های دور اول و دوم تناوب کشت گیاهان پوششی، تاثیر تیمارهای اعمال شده بر میانگین عملکرد ماده خشک گیاهان پوششی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بین تیمارهای آزمایش، کمترین مقادیر عملکرد ماده خشک در دور اول (۰/۶۳ تن در هکتار) و دوم (۰/۲۹ تن درهکتار) تناوب کشت از تیمار شاهد به دست آمد. با وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین دو گیاه خلر و ماشک از نظر عملکرد ماده

جدول۱- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک و میزان تجمع نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی گیاهان پوششی و تأثیر آن‌ها بر عملکرد پیاز

Table 1. Comparison of mean dry matter yield and N accumulation in above ground tissues of cover crops and their effects on onion performance

تیمارها Treatments	عملکرد ماده خشک گیاهان پوششی Cover crops dry matter yield (tha^{-1})		عملکرد نیتروژن Nitogen yield ($kgha^{-1}$)		عملکرد پیاز Onion yield (tha^{-1})			
	دور اول تناوب (۱۳۸۳) First cycle rotation 2004	دور دوم تناوب (۱۳۸۵) Second cycle rotation 2006	دور اول تناوب (۱۳۸۳) First cycle rotation 2004	دور دوم تناوب (۱۳۸۵) Second cycle rotation 2006	دور اول تناوب (۱۳۸۴) First cycle rotation 2005	دور دوم تناوب (۱۳۸۶) Second cycle rotation 2007	میانگین دو تناوب Means two cycle rotation	درصد نسبت به شاهد Percent to check
حذف کود سبز خلر Removal grass pea green manure	2.34a	2.17a	72.09ab	67.30a	60.28	23.13	41.71	100
افزودن کود سبزخلر Add grass pea green manure	3.21a	2.15a	87.13a	59.00a	63.04	24.76	43.9	105.2
حذف کود سبز ماشک Removal commen vetch green manure	1.97ab	2.22a	51.10ab	56.48a	58.12	24.31	41.21	98.8
افزودن کود سبز ماشک Add commen vetch green manure	1.91ab	1.92a	41.24bc	45.33a	65.59	25.75	45.67	109.5
شاهد (افزودن کود سبز گندم ریزشی Add wheat fall green manure (Check)	0.63b	0.29b	9.12c	3.98b	60.75	22.7	41.72	100
LSD 1%	1.54**	1.07**	41.84**	33.01**	ns	ns	ns	-

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

** : Significant at the 1% level of probability.

ns: غیر معنی‌دار

ns: Not significant

خشک، مجموع عملکرد ماده خشک حاصل از اعمال دو دوره تناوب در تیمار افزودن کود سبز خلر (۵/۳۵ تن در هکتار)، ۱/۵۳ تن در هکتار بیشتر از ماشک (۳/۸۲ تن در هکتار) بود. اگرچه نتایج حاصل از این تحقیق مبنی بر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دوگیاه خلر و ماشک از نظر عملکرد ماده خشک، در مقایسه با تحقیق دیگری که توسط لامعی هروانی و همکاران (Lamei Hervani *et al*., 2013) با استفاده از این دو گیاه در ۲۸ ناحیه از ۱۱ استان سردسیر کشور در شرایط آیش تابستانی اجرا شد یکسان بود، ولی مقادیر میانگین عملکرد ماده خشک حاصل از گیاهان خلر (۵/۳۳ تن در هکتار) و ماشک (۵/۶۴ تن در هکتار)در ۲۸ ناحیه، ۱۱۴ و ۱۸۱ درصد بیشتر از میانگین عملکرد ماده خشک به دست آمده از این گیاهان در ایستگاه تحقیقاتی خیرآباد بودند. تفاوت در عملکرد ماده خشک حاصل از این گیاهان را در دو تحقیق مشابه، می‌توان به موقعیت جغرافیایی مناطق اجرای طرح از نظر

اختلاف ارتفاع از سطح دریا، شرایط آب و هوایی، درجه حاصل‌خیزی خاک، تاریخ کاشت، تعداد دفعات آبیاری و مدیریت مزرعه نسبت داد.

در نتایج تجزیه واریانس داده‌های دور اول و دوم تناوب، تاثیر تیمارهای اعمال شده بر میزان تجمع نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی گیاهان پوششی در سطح احتمال یک معنی‌دار بود (جدول ۱). بین تیمارهای آزمایش، کمترین مقادیر تجمع نیتروژن در دور اول (۹/۱۲ کیلوگرم در هکتار) و دوم تناوب (۳/۹۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد به دست آمد. مجموع مقادیر عملکرد نیتروژن حاصل از دو دوره تناوب کشت گیاهان پوششی در تیمار افزودن کود سبز خلر (۱۴۶/۱۳ کیلوگرم در هکتار) ۶۸/۸ درصد بیشتر از تیمار افزودن کود سبز ماشک (۸۶/۵۷ کیلوگرم در هکتار) بود. تفاوت در مقادیر عملکرد نیتروژن این دو گیاه را می‌توان به تفاوت در مقادیر عملکرد ماده خشک و درصد نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی این گیاهان نسبت داد. در این بررسی، مقادیر غلظت نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی خلر (۳/۹۳ گرم در صد گرم ماده خشک) ۱۲/۶ درصد بیشتر از ماشک (۳/۴۹ گرم در صد گرم ماده خشک) اندازه‌گیری شد. مجموع عملکرد ماده خشک حاصل از اعمال دو دوره تناوب کشت در تیمار افزودن کود سبز خلر (۵/۳۵ تن در هکتار) نیز ۴۰ درصد بیشتر از تیمار افزودن کود سبز ماشک (۳/۸۲ تن در هکتار) بود. پرستون (Preston, 2003)، دیوید (David, 2003) و صمدانی و منتظری (Samedani and Montazeri, 2007) در مطالعات خود روی گیاهان پوششی بیان کردند که مقدار تجمع نیتروژن در بقولات بستگی به عواملی چون گونه مورد استفاده، مقدار بقایای نیتروژن خاک، عملکرد ماده خشک، درصد نیتروژن موجود در بافت گیاه، کارآیی رابطه لگوم با باکتری در گره‌های ریشه، منطقه، دما، آب قابل دسترس، میزان عناصر غذایی خاک و pH مناسب خاک خاک دارد. در این مطالعه به دلیل یکسان بودن دما، آب در دسترس و نحوه مدیریت اختلاف در میانگین عملکرد نیتروژن دو گیاه خلر و ماشک را می‌توان به نوع گونه و عملکرد ماده خشک این گیاهان نسبت داد. کمترین مقدار غلظت نیتروژن در این تحقیق از گیاه پوششی گندم سبز ریزشی (۲/۲۲ گرم در صد گرم ماده خشک) حاصل که به ترتیب ۴۳/۵ و ۳۶/۴ درصد کمتر از گیاهان خلر و ماشک بود.

تأثیر کود سبز گیاهان خلر و ماشک بر عملکرد پیاز

در نتایج تجزیه واریانس ساده و مرکب داده‌های دور اول و دوم تناوب کشت، تأثیر مدیریت‌های مختلف کود سبز گیاهان پوششی بر عملکرد پیاز معنی‌دار نبود. در بین تیمارهای اعمال شده، بیشترین مقادیر عملکرد پیاز از تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک حاصل

شدند (جدول ۱). میانگین عملکرد پیاز در تیمارهای افزودن کود سبز خلر (۴۳/۹ تن در هکتار) و ماشک (۴۵/۶۷ تن در هکتار) به خاک به ترتیب ۵/۲ و ۱۰/۸ درصد بیشتر از تیمارهای حذف کود سبز این گیاهان بودند (جدول ۱). دلیل این امر را می‌توان به اثر تیمار و یا به اثر عناصر رها شده از تجزیه کود سبز افزوده شده به خاک و استفاده بوته‌های پیاز از این عناصر نسبت داد. در تیمارهای حذف کود سبز خلر و ماشک به دلیل عدم برگشت کود سبز حاصل از این گیاهان به خاک و هم چنین مصرف بخشی از عناصر خاک توسط این گیاهان، میانگین عملکرد پیاز کمتر از تیمارهای افزودن کود سبز این گیاهان بود. نتایج حاصل از این بررسی با مطالعات صباحی و همکاران (Sabahi *et al*., 2006) و کو و جلوم (Kuo and Jellum, 2000) مشابه بود. این پژوهشگران نیز اثر کشت گیاهان علوفه‌ای یک ساله را بر عملکرد محصولات متعاقب مفید ارزیابی کردند.

میانگین عملکرد پیاز در تیمار شاهد (۴۱/۷۲ تن در هکتار) به ترتیب ۵/۲ و ۹/۵ درصد کمتر از تیمارهای افزودن کود سبز گیاهان خلر و ماشک بود. دلایل این موضوع را نیز می‌توان به پایین بودن مقادیر ماده خشک (۰/۶۳-۰/۲۹ تن درهکتار) و نیتروژن برگشتی به خاک (۹/۱۲- ۳/۹۸ کیلوگرم در هکتار) در این تیمار کشت، قدرت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در گیاهان خلر و ماشک و همچنین نسبت بالای C/N در گیاه پوششی گندم نسبت داد. در این بررسی، مقادیر نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در گیاهان خلر، ماشک و گندم سبز به ترتیب ۱۱، ۱۲/۱ و ۱۹/۱۵ اندازه‌گیری شد. پایین بودن مقادیر نسبت کربن به نیتروژن در گیاهان خلر و ماشک از مزیت‌هایی است که معدنی شدن نیتروژن را در بقایای این گیاهان تسریع و زمینه را برای افزایش قابلیت دسترسی این عنصر به محصولات متعاقب فراهم می‌کند. این فرضیه در بیشتر مطالعات علمی محققین تایید شده است (Samedani and Montazei, 2009؛ Tajbakhsh *et al*., 2005؛ Sabahi *et al*., 2006؛ Kuo and Jellum, 2002).

در مجموع دو دوره تناوب کشت، مقادیر نیتروژن برگشتی به خاک در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک به ترتیب ۱۴۶/۱۳ و ۸۶/۵۷ کیلوگرم در هکتار بودند با توجه به مقادیر بالای نیتروژن و مواد گیاهی برگردانیده شده به خاک در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک، پیش‌بینی می‌شد که میزان عملکرد پیاز استحصالی از این تیمارها، به طور معنی‌داری بیشتر از بقیه تیمارها باشد، ولی با این حال میزان افزایش عملکرد پیاز در تیمارهای افزودن کود سبز متناسب با تزریق مقادیر مواد گیاهی اضافه شده نبود. دلایل این امر را می‌توان به طولانی بودن مدت زمان تجزیه بقایا در مناطق سرد، عدم انطباق زمانی بین نیاز گیاه به عناصر غذایی و فراهمی عناصر رها شده از تجزیه بقایا،

وجـود شـرایط دنیتریفیکاسـیون در پـاییز و زمـستان، آب شـویی عناصـر غـذایی در بهـار، ویژگی‌های رشـد پیـاز در مراحـل اولیـه رشـد و توفیق بیـشتر علـف‌هـای هـرز در جـذب عناصـر غـذایی رهـا شـده از تجزیـه بقایـا نـسبت داد (Samedani and Montazeri, 2009). با توجه به این که در مناطق سرد، زمان برگردانیدن کود سبز گیاهان پوششی به خاک در دهه سـوم مهـر ماه انجام می‌شود، از این رو در چنین مناطقی بـه دلیل کاهش دمـا، شـروع بارنـدگی‌هـای پـاییزه، افزایش رطوبـت خـاک و طـولانی بـودن مـدت زمان یخبنـدان (حـدود ۷ مـاه)، شـرایط محیطـی مناسب برای فعالیت میکـرو ارگانیـسم‌هـا فـراهم نیست. در چنین شرایطی تجزیه بقایای گیـاهی و رهـاسازی عناصـر غـذایی از فـرم آلـی بـه فـرم معدنی متوقف و یا با سرعت بسیار کمتری انجام می‌شود، به طـوری کـه مـی‌تـوان گفـت فرآینـد تجزیه بخش بیشتری از مواد گیاهی افزوده شـده به خاک در بهار سـال بعـد پـس افـزایش دمـا و کاهش رطوبت خـاک اتفـاق مـی‌افتـد. طـولانی شدن سرعت تجزیه بقایـا در منـاطق سـرد، عـدم انطبـاق زمـانی بـین نیـاز غـذایی گیـاه زراعـی و فراهمی عناصـر غـذایی از بقایـای گیـاهی را بـه همراه داشته و سبب می‌شود در دوره‌ای از رشـد گیاه زراعی که به مقدار زیادی از عناصر غذایی نیاز دارد، تأمین بخش زیادی از این نیاز به دلیـل کنـدی فرآینـد تجزیـه، از محـل مـواد گیـاهی اضافه شده فراهم نشود. بررسی داده‌هـای تعـداد روزهـای یخبنـدان و میـزان بارنـدگی در محـل اجرای آزمایش نیز تایید دیگری بر عـدم وجـود شـرایط محیطـی مناسـب بـرای تجزیـه بقایـای گیاهی برگردانیده شده به خاک در طول فصول پاییز و زمستان است. تعداد روزهای یـخبنـدان و میـزان بارنـدگی در سـال‌هـای اجـرای آزمـایش (۱۳۸۷-۱۳۸۳) از ابتـدای مهـر لغایـت پایـان فروردین ماه بـه ترتیـب ۱۵۲، ۱۳۸، ۱۳۷، ۱۴۱ و ۱۳۳روز و ۱۹۵/۶، ۲۳۴/۳، ۲۹۵/۳، ۱۵۹/۶ و ۱۵۳/۳ میلی‌متر ثبت شده است (جـدول ۲). ایـن مقادیر از بارندگی به ترتیب ۵۲/۳، ۵۸/۱، ۶۲/۸، ۳۵ و ۶۵/۳ درصـد از کـل میـزان بارنـدگی در سـال‌هـای مـذکور را بـه خـود اختـصاص مـی داد. تـاج بخـش و همکـاران (Tajbakhsh *et al*., 2005) در مطالعـات خـود بیان کردند که، دما، اکسیژن، دسترسی بـه منـابع غـذایی و شـرایط فیزیکـی و شـیمیایی خـاک از عوامل مهم و اثرگذار بر فعالیت‌های بیولوژیکی خـاک بـوده و موجـودات ریـز مـسئول تجزیـه اندام‌هـای گیـاهی در خـاک در دماهـای بـالا و رطوبت کافی با شدت بیشتری تکثیر می‌شوند.

ویژگی‌های رشد پیاز می‌تواند یکی دیگـر از عوامـل مـوثر در کـاهش کـارایی ایـن گیـاه در جذب عناصر غذایی رها شده از بقایـای گیـاهی اسـت. ریـشه پیـاز کـم عمـق بـوده (۱۵-۱۰ سانتی‌متر) و از انشعابات اندکی برخوردار است. این گیاه در مراحل اولیه رشد به هر گونـه تـنش آبـی حـساس و بـرای سـبز شـدن و اسـتقرار موفقیت‌آمیز به آب بیشتری نیاز دارد. بوتـه‌هـای پیـاز در مراحـل اولیـه رشـد، یـک دوره کنـد و

جدول ۲- مجموع تعداد روزهای یخبندان و میزان بارندگی در ایستگاه تحقیقاتی خیرآباد به تفکیک فصل‌ها و سال‌های اجرای آزمایش

Table 2. Total freezing days and rainfall in Khair-Abad Research Station separated by seasons and during the experiment years

		میانگین بارندگی Mean of rainfall (mm)							تعداد روزهای یخبندان Freezing days						
		سال ۱۳۸۳	سال ۱۳۸۴	سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۸۶	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸	میانگین ۱۶ ساله	سال ۱۳۸۳	سال ۱۳۸۴	سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۸۶	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸	میانگین ۱۶ ساله
Season	فصل	Year 2004	Year 2005	Year 2006	Year 2007	Year 2008	Year 2009	Means of sixteen years	Year 2004	Year 2005	Year 2006	Year 2007	Year 2008	Year 2009	Means of sixteen years
Spring	بهار	132.2	116.9	108.2	180.1	31.3	99.3	110.9	23	13	11	16	14	21	17.0
Summer	تابستان	32.4	12.7	3.4	88.6	33.8	36.1	28.0	0	0	0	0	0	0	0.0
Autumn	پاییز	96.3	58.7	98.1	90.0	62.5	94.4	73.2	47	46	43	46	44	44	46.0
Winter	زمستان	84.5	121.3	90.3	55.1	60.1	93.5	71.0	82	79	82	79	75	53	79.0
Total	مجموع	354.4	309.6	300.0	413.8	187.7	323.3	283.2	152	138	137	141	133	125	142.3

طولانی را تا رسیدن به مرحله سه برگی که در شرایط آب و هوایی استان زنجان تقریباً به مدت ۵۰ تا ۷۰ روز بعد از کاشت به طول می‌انجامد،سپری می‌کند. بنابراین پیازی که در اواخر فروردین یا اوایل اردیبهشت کاشته می‌شود، معمولاً در نیمه دوم خرداد به مرحله رشد سه برگی خود می‌رسد. به طوری که در برخی مواقع طولانی بودن رشد کند اولیه، به اشتباه به کمبود مواد غذایی در این گیاه نسبت داده می‌شود. نیاز بالای آبی در مراحل اولیه رشد به همراه نیاز غذایی اندک و سیستم ریشه‌ای کم عمق در پیاز شرایطی را فراهم می‌نماید که عناصر غذایی حاصل از فرآیند معدنی شدن بقایای گیاهی بیشتر درمعرض استفاده علف‌های هرز بهاره قرار گرفته و یا از طریق آب شویی از دسترس ریشه خارج شود. بنابراین اگرچه که در اثر افزودن کود سبز گیاهان پوششی خلر و ماشک به خاک عملکرد پیاز بیشتر از تیمارهای حذف کود سبز و هم چنین شاهد (افزودن گیاه پوششی گندم) به دست آمد، ولی عدم وجود برتری معنی‌دار بین عملکرد پیاز در تیمارهای حذف و افزودن کود سبز گیاهان خلر و ماشک را می‌توان به عوامل ذکر شده در بالا نسبت داد. ملکوتی و همکاران (Malakouti *et al.*, 2004) در مطالعات خود بیان کردند که سرعت رشد پیاز در مراحل اولیه رویشی نصف سرعت رشد محصولاتی نظیر کلم و چغندرقند است.

تأثیر کود سبز گیاهان خلر و ماشک بر عملکرد گندم

تأثیر تیمارهای مختلف کود سبز گیاهان پوششی بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم در تجزیه واریانس داده‌های دور اول و دوم تناوب کشت و هم چنین در نتایج تجزیه مرکب معنی‌دار نبود. بیشترین مقادیر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه از دور دوم توالی کشت گندم حاصل شد. بین میانگین عملکرد دانه گندم در دور اول (۵/۴۶ تن در هکتار) و دوم (۷/۶۷ تن در هکتار) تناوب کشت تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. میانگین عملکرد دانه گندم در دور دوم توالی کشت، ۴۰/۵ درصد بیشتر از دور اول توالی کشت بود (جدول ۳). تفاوت در میانگین عملکرد دانه گندم در دور اول و دوم تناوب‌های کشت را می‌توان به طبقه بذر مورد استفاده، زمان کاشت، شرایط آب و هوایی، مواظبت‌های زراعی و هم چنین تأثیر کود سبز گیاهان خلر و ماشک در تامین بخشی از عناصر مورد نیاز گندم و یا به عبارت دیگر اثر دوره تناوب نسبت داد. بین تیمارهای مورد بررسی، بیشترین و کم‌ترین مقادیر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه به ترتیب از تیمارهای افزودن و حذف کود سبز گیاهان حاصل شدند. میانگین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم در تیمار افزودن کود سبز خلر در دور اول تناوب کشت به ترتیب ۷/۹، ۱۲/۵ و در دور دوم ۱۸/۲

جدول ۳- تأثیر مدیریت‌های مختلف کود سبز گیاهان پوششی بر میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها، درصد کربن آلی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم در دور اول و دوم تناوب

Table 3. Effect of different management approaches of cover crops green manure on mean weight of soil particles diameters, organic carbon %, biological performance and wheat grain yield in first and second cycles of the crop rotation

تیمارها Treatments	عملکرد بیولوژیک گندم Wheat biological yield (tha^{-1})				عملکرد دانه گندم Wheat grain yield (tha^{-1})				میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها Mean weight diameter	درصد کربن آلی Organic carbon (%)
	دور اول تناوب ۱۳۸۵ First cycle Rotation 2006	دور دوم تناوب ۱۳۸۷ Second cycle rotation 2008	میانگین دو تناوب Means two cycle rotation	درصد نسبت به شاهد Percent to check	دور اول تناوب ۱۳۸۵ First cycle Rotation 2006	دور دوم تناوب ۱۳۸۷ Second cycle rotation 2008	میانگین دو تناوب Means two cycle rotation	درصد نسبت به شاهد Percent to check		
حذف کود سبز خلر Removal grass pea green manure	16.28	16.5	16.4	100	5.12	7.26	6.19	98.1	1.59	0.88
افزودن کود سبزخلر Add grass pea green manure	17.57	19.5	18.5	112.8	5.76	8.69	7.23	114.6	1.69	0.915
حذف کود سبز ماشک Removal commen vetch green manure	16.93	16.3	16.6	101.2	5.41	7.09	6.25	99	1.37	0.855
افزودن کود سبز ماشک Add commen vetch green manure	17.19	18.7	17.9	109.1	5.7	8.02	6.86	108.7	1.53	0.910
شاهد (افزودن کود سبز گندم) Add wheat fall green manure(زاثرن)	16.56	16.2	16.4	100	5.3	7.32	6.31	100	1.49	0.913
میانگین Mean	16.91	17.4	17.2	-	5.46	7.67	6.57	-	1.53	0.895
LSD1%	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	-	ns	ns

ns: Not significant.

ns: غیر معنی‌دار.

و ۱۹/۷ درصد بیشتر از تیمار حذف کود سبز این گیاه بودند (جدول ۳). اگرچه در مقایسه مقادیر این صفات در دو تیمار افزودن و حذف کودسبز ماشک نیز روند نتایج مشابه با گیاه پوششی خلر بود، ولی در مجموع مقادیر درصد افزایش این صفات در گیاه پوششی خلر، ۶-۳/۳ درصد بیشتر از ماشک بود. دلیل بالا بودن مقادیر این صفات در گیاه خلر را می‌توان به تفاوت در نوع گونه گیاهی، غلظت نیتروژن، پتاسیم و سایر عناصر غذایی ذخیره شده در بافت اندام‌های هوایی، کارآیی رابطه بقولات با باکتری در گره‌های ریشه و هم چنین به مقادیر بالای ماده خشک حاصل از گیاه پوششی خلر در مقایسه با ماشک نسبت داد. در این تحقیق، میانگین عملکرد ماده خشک و غلظت نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی گیاه خلر به ترتیب ۱۵/۳ و ۱۲/۸ درصد بیشتر از ماشک به دست آمد. در نتایج تجزیه مرکب داده‌ها، مقادیر عملکرد بیولوژیکی (۱۸/۵ تن در هکتار) و عملکرد دانه گندم (۷/۲۳ تن در هکتار) در تیمار افزودن کود سبز خلر به ترتیب ۱۲/۸ و ۱۴/۶ و در تیمار افزودن کود سبز ماشک ۹/۱ و ۸/۷ درصد بیشتر از شاهد بودند. پایین بودن عملکرد ماده خشک، عملکرد نیتروژن و هم‌چنین بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی گیاه پوششی گندم می‌توانند از عوامل موثر در پایین بودن عملکرد این صفات در تیمار شاهد به شمار آیند.

اگرچه در مجموع در دو دوره تناوب کشت، مقادیر بقایای گیاهی اضافه شده به خاک در تیمارهای افزودن کود سبز خلر (۵/۳۵ تن در هکتار) و ماشک (۳/۸۱ تن در هکتار) به ترتیب ۵/۸ و ۴/۱۴ برابر بیشتر از شاهد (۰/۹۲ تن درهکتار) بودند، ولی میزان افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک متناسب با مقادیر بقایای گیاهی اضافه شده نبود. انتظار می‌رفت پس از برداشت پیاز و انجام شخم جهت کشت گندم، بخشی از عناصر غذایی رها شده از تجزیه کود سبز که به احتمال زیاد طی فرایند آب شویی در فصول بهار و تابستان به دلیل آبیاری‌های مکرر پیاز به اعماق پایینی خاک شستشو شده، به سطح رویی انتقال و بدین ترتیب با فراهم شدن عناصر غذایی در ناحیه قابل دسترس ریشه گندم، میزان محصول برداشت شده در این تیمارها بیشتر از مقادیر، به دست آید، ولی دلیل عدم دست‌یابی به مقادیر عملکرد بیشتر در تیمارهای افزودن کود سبز گیاهان خلر و ماشک را، می‌توان به وجود ریشه‌های سطحی و افشان در گندم ، ویژگی‌های رشد این گیاه در پاییز و هم چنین شرایط آب و هوایی مناطق سرد نسبت داد. در مناطق سرد پس از کشت پاییزه گندم در نیمه دوم مهرماه با انجام یک تا دو نوبت آبیاری، بذرها جوانه زده و سبز می‌شوند. بذرهای سبز شده گندم بر اثر کاهش دما و شروع یخبندان تا اوایل اردیبهشت سال بعد به مدت هفت ماه مرحله توقف رشد و پنجه‌زنی را سپری می‌کنند.

در طول این مدت از مرحله رشد، بوته‌های گندم دارای ریشه‌های سطحی و کم عمق بوده و به دلیل ضعیف بودن ریشه و پایین بودن دما، عناصر غذایی در دسترس مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، بنابراین به نظر می‌رسد بخش زیادی از این عناصر به دلیل بارندگی‌های پاییزه و بهاره مجدداً به خارج از ناحیه دسترس ریشه انتقال یابد. بر همین اساس می‌توان چنین نتیجه گرفت که با وجود برگشت مقادیر متنابهی از کود سبز گیاهان خلر و ماشک در تیمارهای افزودن کود سبز به خاک، به دلیل آب شویی عناصر غذایی و کم عمق بودن ریشه‌های گندم در جذب عناصر غذایی از اعماق خاک، بین تیمارهای مورد بررسی از نظر قابلیت فراهمی عناصر غذایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و بنابراین بخشی از علل عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای آزمایش و هم چنین عدم تناسب بین میزان افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی با حجم مقادیر بقایای برگشتی را می‌توان به این عوامل نسبت داد. تاج بخش و همکاران (Tajbakhsh *et al.*, 2005) در مطالعات خود بیان کردند که حجم هدر روی عناصر غذایی از طریق آب شویی تحت کنترل اقلیم، نوع نزولات جوی و نحوه توزیع آن، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نوع محصول، نوع عنصر غذایی و غلظت آن و هم چنین اثرمتقابل این عوامل در خاک دارد.

زیاد بودن بارندگی در پاییز و زمستان به همراه بالا بودن تعداد روزهای یخبندان (۱۵۲-۱۲۵ روز) در مناطق سرد که شرایط لازم را برای عدم ورود اکسیژن به خاک و انجام فرآیند دنیتریفیکاسیون فراهم می‌سازد، می‌توانند از عوامل دیگر موثر در کاهش کارآیی عناصر غذایی آزاد شده از کود سبز خلر و ماشک بر عملکرد گندم را به شمار آیند. در چنین شرایطی با فعالیت میکروب‌های غیر هوازی، تصعید نیترات و هدر روی عنصر غذایی نیتروژن در خاک فراهم می‌شود.

تاج‌بخش و همکاران (Tajbakhsh *et al.*, 2005) در مطالعات خود بیان کردند که ممکن است بیش از ۶۰ درصد نیتروژن موجود در مواد آلی بر اثر دنیتریفیکاسیون به هدر رود. بر این اساس می‌توان چنین نتیجه گرفت که با کشت گیاهان پوششی خلر و ماشک در شرایط آیش تابستانی مناطق سرد و مخلوط کردن کود سبز حاصل از آن با خاک در نیمه دوم مهر ماه این امکان وجود دارد که بخشی از نیتروژن آزاد شده از بقایای این گیاهان در اثر شرایط رطوبتی ناشی از بارندگی‌های پاییزه و هم چنین یخ‌زدگی خاک در طول زمستان، در اثر فرایند دنیتریفیکاسیون به هدر رفته و مورد استفاده گیاه قرار نگیرد.

تأثیر مدیریت گیاهان پوششی بر میزان کربن آلی و پایداری ساختمان خاک

مقادیر وزن قطر خاک دانه‌ها (MWD) و کربن آلی خاک در ابتدای اجرای آزمایش و

قبل از اعمال تیمارها به ترتیب ۱/۲۱ و ۰/۸۵ درصد بودند (جدول ۴). با افزودن کود سبز گیاهان پوششی به خاک، میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها و میزان کربن آلی خاک در پایان دور دوم توالی کشت، به ترتیب در تیمارهای کشت خلر(۳۹/۷ و ۷/۶)، ماشک (۲۶/۴ و ۷) و کودسبز گندم ریزشی (۲۳/۱ و ۷/۴) درصد بیشتر از مقادیر این صفات در ابتدای اعمال تیمارها بودند. کمترین مقادیر این صفات از تیمارهای حذف کود سبز خلر و ماشک حاصل شدند.

جدول ۴– خصوصیات فیزیکو شیمیایی نمونه خاک محل آزمایش قبل از کاشت
Table 4. Soil physico-chemical properties of the experimental field before planting

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها Mean weight diameter MWD	درصد شن Sand (%)	درصدلای Silt (%)	درصد رس Clay (%)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (mg kg^{-1})	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (mg kg^{-1})	درصد کربن آلی Organic carbon O.C %(%)	درصد مواد خنثی شونده T.N.V*	واکنش گل اشباع PH	هدایت الکتریکی EC (ds m^{-1})
1.21	38	30	32	526	7.6	0.85	3	7.91	0.63

Total Neutralizing Value = T.N.V*

در نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین تیمارهای مدیریت کود سبز گیاهان پوششی از نظر میانگین این صفات تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۳). علیرغم عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها، مقادیر میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها و میزان کربن آلی خاک در تیمار های افزودن کود سبز گیاهان خلر و ماشک به خاک به ترتیب (۶/۳ و ۳/۹۷) و (۱۱/۷ و ۶/۴) درصد بیشتر از تیمارهای حذف کود سبز این گیاهان بودند. اگر چه در کلیه تیمارها، خاک دانه‌های بزرگ در اثر خیس شدن شکسته شده و به خاک دانه‌های کوچک تر تبدیل شدند (Slaking)، ولی در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک این تأثیر نسبتاً کمتر نمایان بوده و مقادیر زیاد MWD در این تیمارها نشانه پایداری نسبتاً بیشتر ساختمان خاک است. افزایش پایداری ساختمان خاک در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک به خاک با افزایش میزان ماده آلی خاک همراه بوده و در تیمارهایی که مقادیر زیادی از ماده خشک به خاک برگردانیده شده، به دلیل تشدید فعالیت‌های بیولوژیکی، پایداری ساختمان خاک بهبود یافته است. افزایش مواد آلی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در اثر استفاده از کودسبز گیاهان علوفه‌ای در بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه گزارش شده است (Cho and Daimon, 2008؛ Franzluebbers, 2007؛ Kirschenmann, 2007؛ Mennan *et al.*, 2006؛ Ngouajio and Mennan, 2005).

فرهودی و همکاران (Farhoodi *et al*., 2008) گزارش کردند که انجام فعالیت‌های بیولوژیکی در خاک وابسته به حضور مواد آلی بوده و قارچ‌های خاک با ترشح ترکیبی به نام گلومالین سبب افزایش چسبندگی میان ذرات خاک شده که این عمل در بلندمدت منجر به استحکام خاک دانه‌ها و چسبندگی آن‌ها می‌شود. افزایش چسبندگی خاک، افزایش تخلخل و نفوذپذیری خاک و همچنین مقاومت خاک در مقابل فرسایش را سبب می‌شود. بالا بودن مقادیر میزان کربن آلی و میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک نیز تأییدی بر اظهارات این محققین است.

جمع‌بندی نتایج این تحقیق، موفقیت کشت گیاهان خلر و ماشک را در شرایط آیش تابستانی زنجان به اثبات رساند. اگرچه در دوره چهار ساله مورد مطالعه در این آزمایش، بین تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در میزان کربن آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و هم چنین عملکرد محصولات گندم و پیاز حاصل نشد، ولی میانگین این صفات در تیمارهای افزودن کودسبز خلر و ماشک به خاک، ۱۰-۵ درصد بیشتر از تیمارهای حذف کود سبز این گیاهان بود. البته باید توجه داشت که دوره چهار ساله مورد مطالعه، یک دوره کوتاه مدت بوده و یقینا در دراز مدت مزایای حاصل از مصرف کود سبز، تاثیر معنی‌دار خود را بر عملکرد محصولات بعدی نشان خواهد داد. به نظر می‌رسد یکی از راه‌های دسترسی به تاثیر سریع کود سبز بر عملکرد محصولات متعاقب کشت در شرایط اقلیمی مناطق سرد، ایجاد تغییرات در زمان برگرداندن کود سبز باشد. به طوری که زیر خاک کردن کود سبز این گیاهان را تا بهار سال بعد به تاخیر انداخت. در چنین شرایطی به دلیل ایجاد پوشش در طول پاییز و زمستان توسط گیاهان خلر و ماشک ضمن کاهش فرسایش و افزایش رطوبت خاک، مشکلات مربوط به هدر رفت بخشی از نیتروژن از طریق دنیتریفیکاسیون و آبشویی نیز مرتفع می‌شود.

References

Andy, C. 2007. Managing Cover Crops Profitably (3rd ed.). Published by Sustainable Agriculture Network Handbook Series (SAN), Beltsville, MD. Available at: www.sare.org

Anonymous 1990. Official Methods of Analysis, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA. 28pp.

Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. pp.1149-1178. In: Black, C.A. *et al*. (eds.),

Method of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.

Cho, B., and Daimon, H. 2008. Effect of hairy vetch incorporated as green manure on growth and N uptake of sorghum crop. Plant Production Science 11 (2): 211-216.

David, F. S. 2003. New green manuring *Lathyrus sativus* variety AC Greenfix available in USA. Lathyrus Lathyrism Newsletter 3(2003)

Dou, Z., Fox, R. H., and Toth, J. D. 1994. Tillage effect on seasonal nitrogen availability in corn supplied with legume green manures. Plant and Soil 162: 203-210.

Farhoodi, R., Chaichi, M. R., Majnoun Hosseiini, N., and Savabaghe, G. R .2008. Effect of wheat residue management on soil properties and on sunflower yield in double cropping system. Iranian Journal of Field Crop Science 39: 11-21 (in Persian).

Franzluebbers, A. J. **2007.** Integrated crop-livestock systems in the southeastern USA. Agronomy Journal 99: 349-355.

Kirschenmann, F. L. 2007. Potential for a new generation of biodiversity in agro-ecosystems of the future. Agronomy Journal 99: 373-376.

Kuo, S., and Jellum, E. J. 2002. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn yield. Agronomy Journal 94: 501-508.

Lamei Hervani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed comditions of Zanjan province in Iran**.** Seed and Plant Production Journal 29-2 (2): 169-183 (in Persian).

Lamei Hervani, J., Jahansooz, M. R., Kaboli, M. M., Rahmani, A., Sadeghi, J., Damghani, H., Gholdoost, F., Mousavi, M., Edalatian, F., and Sohrabi, Sh. 2013. Alternative summer fallow cropping rotation in cold regions of Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 2 (2): 103-118 (in Persian).

Lithourgidis, A. S., Dhima, K. V., Vasiliakoglou, I. B., Dordas, C. A., and Yiakoulaki, M. D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development 27: 95-99.

Malakouti, M. J., Bybordi, A., and Tabatabaee, S. J. 2004. Balanced Fertilization of

Vegetable Crops, an Approach to Enhance Yield and Quality of Vegetables, Reduce Contaminants and Improve Human Health.Vegetable and Summer Crops Bureau, Agronomy Department, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. 338pp. (in Persian).

Mennan, H., Ngouajoo, M., Isik, D., and Kaya, E. 2006. Effects of alternative management systems on weed populations in hazelnut (*Corylus avellona* L.). Crop Protection 25: 835-841.

Ngouajio, M., and Mennan, H. 2005. Weed populations and pickling cucumber (*Cucumis sativus*) yield under summer and winter cover crop systems. Crop Protection 24: 521-526.

Preston, S. 2003. Overview of cover crops and green manures. Available at: www.attra.ncat.org

Sabahi, H., Minoyi, S., and Liaghati, H. 2006. A comparison between summer cover crop and inorganic nitrogen on garlic yield and the condition of weeds. Environmental Science Journal 13: 23-32 (in Persian).

Samedani, B., and Montazeri, M. 2009. The Use of Cover Crop in Sustainable Agriculture. Iranian Research Institute of Pant Protectin Publications. Tehran, Iran. 186pp. (in Persian).

Tajbakhsh, M., Hassanzadeh, A., and Darvishzadeh, B. 2005. Green Manuring in Sustainable Agriculture. Orumieh Jahad-e-Daneshgahi Publisher, Orumieh, Iran.

Yoder, R. E. 1936. A direct method of aggregate analysis and study of the physical nature of erosion losses. Journal of the American Society of Agronomy 28: 337-351.