

Investigating the effects of Summer Cover Crops in sequence with the Main Crop Wheat on its Yield and some Soil Physical and Chemical Properties

Yousef Yousefi Bejavani¹ , Reza Amirnia^{2*}, Mohammad Reza Mehrvar³,
Alireza Fallah Nosratabad⁴

Received: 20 January 2024

Accepted: 08 February 2024

1-Ph.D. Student, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

2-Professor., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

3-Assist. Prof., Cereal Dept. Seedling and Seed Breeding and Preparation Research Institute, Karaj, Karaj, Iran.

4-Prof., of Soil Science, Soil and Water Research Institute, Karaj, Karaj, Iran.

*Corresponding Author Email: r.amirnia@urmia.ac.ir

Abstract

Background and Objective: This study was conducted to evaluate the effects of summer cover crops used as green manure on wheat yield and selected soil physicochemical properties in a wheat-based rotation system over two growing seasons (2019-2021). The research also examined how different treatments influenced soil organic matter dynamics and their subsequent effects on wheat yield.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a randomized complete block design with three replications over two growing seasons (2019-2020 and 2020-2021) at the Karaj Research Station. The experimental treatments included 16 cover crops that were cultivated after wheat harvest and used as green manure. Wheat was subsequently planted, and the yield of each treatment was measured after harvest. Soil samples were collected from each treatment plot and analyzed in the laboratory to determine organic matter content and physicochemical properties.

Results: The biomass of cover crops showed significant differences. Sudan grass and cowpea had the highest biomass, while barley and rye had the lowest. No significant differences in wheat grain yield were observed among different treatments over the two years. However, the composite analysis revealed a 21% increase in wheat yield in the second year compared to the first year. Soil organic carbon content increased by 0.35% over the two years. Mung bean and cowpea had the highest increase in soil organic matter and the highest effect on C/N ratio, respectively. Safflower had the greatest effect on increasing the amount of absorbable phosphorus in the soil, and clover and mung bean had the greatest effect on increasing the amount of absorbable potassium in soil.

Conclusion: Cover crops have different effects on various soil components. The consecutive use of cover crops as green manure increased yield over two years. High biomass production alone cannot be the sole criterion for selecting cover crops as green manure; attention should be paid to their effects on soil properties, especially soil organic carbon.

Keywords: Cover Crops, Green Manure, Organic Matter, Physical and Chemical, Soil, Wheat, Wheat Yield,



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2025 Reza Amirnia , Email: r.amirnia@urmia.ac.ir

<http://doi.org/10.22034/SAPS.2024.60044.3164>





بررسی تاثیر گیاهان پوششی تابستانه در توالی زراعی با گیاه اصلی گندم بر عملکرد آن و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

یوسف یوسفی بجوانی^۱ , رضا امیرنیا^{۲*}، محمدرضا مهرور^۳، علیرضا فلاح نصرت آباد^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰

۱- دانشجوی دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه،

۲- استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۳- استادیار بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

۴- استاد موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

مسئول مکاتبه: E-mail: r.amirnia@urmia.ac.ir

چکیده

اهداف: این پژوهش با هدف بررسی تاثیر کشت گیاهان پوششی تابستانه به عنوان کود سبز بر عملکرد گندم و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تناوب با گندم طی دو سال زراعی انجام شد. همچنین، تاثیر تیمارهای مختلف بر تغییرات ماده آلی خاک و ارتباط آن با عملکرد گندم مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) در ایستگاه تحقیقاتی کرج اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱۶ گیاه پوششی بود که پس از برداشت گندم به عنوان کود سبز کشت شدند. پس از دوره رشد گیاهان پوششی، گندم کشت گردید و عملکرد آن اندازه گیری شد. همچنین، نمونه‌های خاک از هر تیمار تهیه و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میزان ماده آلی در آزمایشگاه تجزیه و تحلیل شد.

یافته ها: میزان بیوماس گیاهان پوششی تفاوت معنی‌داری داشتند. سودان گراس و ماشک بیشترین میزان بیوماس، جو و چاودار کمترین میزان بیوماس را داشتند. در دو سال اجرای طرح تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه گندم در بین تیمارهای مختلف مشاهده نگردید. ولی در تجزیه مرکب، میانگین عملکرد گندم سال دوم نسبت به سال اول ۲۱ درصد افزایش نشان داد. میزان کربن آلی خاک در دو سال ۰٫۳۵ درصد افزایش یافت. بیشترین افزایش میزان ماده آلی خاک متعلق به ماش (۰٫۹۲ درصد) و بیشترین میزان تاثیر بر نسبت C/N به لوبیا چشم بلبلی (۱۶ درصد) تعلق داشت. گلرنگ بیشترین تاثیر بر افزایش فسفر قابل جذب خاک (۳۲۸ درصد)، ماش و شبدر برسیم بیشترین تاثیر را بر افزایش پتاسیم قابل جذب خاک (به ترتیب ۱۴۶ و ۱۳۳ درصد) داشتند.

نتیجه گیری: گیاهان پوششی تاثیر متفاوتی بر هر یک از اجزای خاک دارند. استفاده متوالی از گیاهان پوششی به عنوان کود سبز در دو سال عملکرد گندم را افزایش داد. تنها تولید بیوماس بالای گیاه پوششی نمی‌تواند معیار انتخاب بعنوان کود سبز باشد، بلکه باید به تاثیرات آن بر خصوصیات خاک، به ویژه کربن آلی خاک توجه شود.

واژه های کلیدی: گندم، گیاهان پوششی، کود سبز، عملکرد گندم، مواد آلی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، خاک

مقدمه

امنیت غذایی جهانی یکی از بزرگترین چالش‌های پیش روی کشاورزی امروز است. این چالش امروزه بیش از پیش تشدید می‌شود زیرا تولید مواد غذایی باید نه تنها بر مواد غذایی ایمن و باکیفیت متمرکز شود، بلکه محصولات نیز باید به طور پایدار تولید شوند. روش‌های متداول کشاورزی فشرده ممکن است به افزایش بهره‌وری محصول کمک کند، اما با استفاده از ماشین‌آلات سنگین، تنوع محدود تناوب و ورودی‌های بیش از حد مواد شیمیایی کشاورزی، کاهش کیفیت خاک و محیط‌زیست مشاهده می‌شود (ویتور و همکاران ۲۰۱۷). کشاورزی فشرده و ناپایدار باعث تخریب زمین و مشکلات زیست محیطی مانند آلودگی، فرسایش خاک، کاهش حاصلخیزی، کاهش تنوع زیستی و افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌شود. روش‌های کشاورزی پایدار مانند کشت گیاهان پوششی کود سبز و حفظ بقایای گیاهی به عنوان راهکارهای مقرون به صرفه معرفی شده‌اند که می‌توانند تخریب زمین، امنیت غذایی و سازگاری با تغییرات آب و هوایی را بهبود بخشند (فرانکاویلا و همکاران ۲۰۲۳). بر خلاف نظام کشاورزی مرسوم، کشاورزی حفاظتی با بهبود شرایط فیزیکی، حاصلخیزی و زیست شناختی خاک از یک طرف و کنترل اکولوژی آفات و بیماری‌ها از طرف دیگر، نه تنها پایداری اکولوژی نظام‌های کشت را افزایش می‌دهد، بلکه در طولانی مدت پایداری اقتصادی و عملکرد محصول را نیز تضمین می‌کند (پیچ و همکاران ۲۰۲۰). در حال حاضر دو سوم خاک‌ها در سطح دنیا کمتر از دو درصد کربن آلی دارند. در واقع با افزایش کربن آلی خاک وابستگی و اتکا به کود نیتروژن کاهش یافته و به کاهش خلاء عملکرد در سطح جهانی کمک می‌نماید (اولدفیلد و همکاران ۲۰۱۹). یک مسیر اصلی برای ایجاد ذخیره‌سازی کربن در خاک، افزایش مقدار ورودی کربن است. براساس گزارش کیم و همکاران (۲۰۱۲) گیاهان پوششی روشی امیدبخش در کشاورزی پایدار است که با کاهش عواقب تخریب خاک می‌تواند سلامت خاک را افزایش دهد.

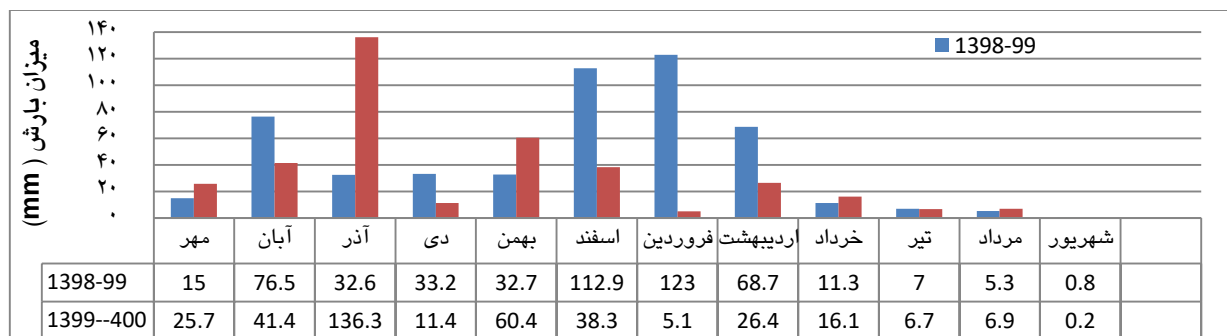
مزایای گیاهان پوششی را در چند بخش شامل: مزایای مربوط به فیزیک خاک از جمله: فرسایش خاک، پایداری خاک‌دانه، خصوصیات هیدرولیکی خاک، تراکم و وزن مخصوص خاک و دمای خاک، بهبود خصوصیات شیمیایی خاک شامل: کربن و ماده آلی خاک، نیتروژن خاک، عناصر غذایی اصلی و ریزمغذی خاک و نیز منافع بیولوژیکی شامل: جمعیت و فعالیت میکروبی خاک، جمعیت کرم‌های خاکی و مدیریت آفات می‌توان برشمرد (ادنانجی و همکاران ۲۰۲۰). اثرات گیاه پوششی با عوامل مختلف مربوط به منطقه شامل اقلیم و مدیریت میدانی متفاوت بوده، خواص خاک نوع گیاه پوششی (حبوبات یا غیر لگوم‌ها) فصل گیاه پوششی (زمستانه یا تابستانه) و نیتروژن ورودی عواملی هستند که بر عملکرد محصول اولیه تأثیر دارند (فان و همکاران ۲۰۲۱). گیاهان پوششی تأثیرات مثبتی بر تولید گیاهان دارند و منجر به افزایش عملکرد محصول تا ۲۴ درصد در سیستم‌های کم خاک-ورزی ارگانیک می‌شود اما در سیستم خاک‌ورزی معمولی این میزان تنها ۲ درصد است (ویتور و همکاران ۲۰۱۷). گیاهان پوششی تابستانه بویژه گیاهان پوششی در کشت گندم، می‌توانند عملکرد گندم را از طریق تغییر ساختار جمعیت میکروبی خاک که به سمت شرایط بهینه خاک بهبود پیدا کرده است، افزایش دهند (سن لی و همکاران ۲۰۱۷). یک مطالعه دیگر گزارش داده که چاودار از خانواده غلات و ماشک به عنوان یک گیاه پوششی معمولی می‌تواند ساختمان خاک را بهبود بخشیده و جوامع میکروبی خاک را تغییر دهد (گو و همکاران ۲۰۰۸)، پافن بارگر و همکاران (۲۰۱۵). علاوه بر این، گیاهان پوششی می‌توانند با افزایش کربن آلی، خصوصیات خاک را در جایی که مخلوط‌هایی با نسبت زیاد کربن به نیتروژن وجود دارد، نیتروژن کل در جایی که مخلوط-های مبتنی بر حبوبات وجود دارد، را تغییر دهند، بنابراین در همه موارد مواد مغذی خاک موجود برای موفقیت برای محصولات زراعی تقویت می‌کنند (هابرد و همکاران ۲۰۱۳). جیان و همکاران (۲۰۲۰) گزارش دادند بهره‌گیری جهانی از گیاهان پوششی موجب افزایش کربن آلی خاک

پوششی کود سبز مناسب برای توالی گندم جهت دستیابی به به عملکرد بالاتر بود. همچنین از جمله اهداف اصلی دیگر این تحقیق بررسی اثرات دو ساله توالی زراعی گندم با گیاهان پوششی کود سبز در کشت تابستانه بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه آزمایشی چمن بخش تحقیقات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی صورت گرفت. با مختصات جغرافیایی ($S, X=492886$ 39 $Y=3960330$) و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا در شهرستان کرج به اجرا در آمد. متوسط کمینه دما در این اقلیم از ۷- تا ۱۵- درجه سانتی‌گراد متغیر بوده و تعداد روزهای یخبندان آن نیز بین ۳۰ تا ۶۰ روز متغیر می‌باشد. وضعیت بارندگی دو سال زمان اجرای پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.

به میزان ۱۵/۵ درصد شده است. جونز و همکاران (۱۹۹۸) نتیجه‌گیری نمودند که مصرف مواد آلی علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، می‌تواند آب را به مدت طولانی‌تری نگه دارد و متناسب با گیاه در اختیار آن قرار دهد. نتایج محمدپور و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد کشت ماش به عنوان کود سبز در تاریخ‌های مختلف تأثیر مثبتی بر روی انباشتگی مواد آلی و عناصر غذایی اصلی ($N, P2O5, K2O$) در خاک داشته است. همچنین استفاده از کودهای سبز و معدنی به طور هم‌زمان باعث افزایش جذب کودهای معدنی و هم چنین افزایش استفاده گندم از عناصر غذایی موجود در کودهای سبز می‌شود. با این حال شیوه‌های سازگار نمودن مدیریت مزرعه با اقلیم، خاک و آب و هوای هر منطقه مهم است. با توجه به نتایج تحقیقات، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از گیاهان پوششی کود سبز مناسب در توالی زراعی گندم می‌تواند بهبود قابل توجهی در عملکرد گندم ایجاد نموده و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را به همراه داشته باشد. هدف اصلی این مقاله، شناسایی و معرفی گیاهان



شکل ۱- نمودار میانگین بارندگی ماهانه استان البرز در دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹.

سانتی‌متری خاک تهیه و جهت تجزیه به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب ارسال گردید. تیمارهای مورد مطالعه در این بررسی شامل ۱۶ گیاه پوششی از جمله سورگوم دانه‌ای، ارزن علوفه‌ای، سورگوم سودان گراس، جو، شبدر برسم، شبدر لاک، لوبیا چشم بلبلی، کلزا، ماش، چاودار، ماشک گل‌خوشه‌ای، یولاف، گلرنگ، سویا، کنجد و اسپرس بود که ۲۰ روز پس از برداشت مزرعه گندم با ایجاد شیار در ردیف‌های کشت گندم و بدون انجام عملیات خاک‌ورزی کشت شدند. پس از رسیدن گیاهان پوششی کود سبز به مرحله شروع

این پژوهش با استفاده از طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۱۶ تیمار گیاهان پوششی کود سبز در کشت خالص بانضمام تیمار شاهد آیش علف هرز و با سه تکرار به اجرا در آمده و در مجموع آزمایش شامل ۴۸ واحد آزمایشی بود، ابعاد هر واحد آزمایشی ۱۱/۵ متر طول، ۴/۸ متر عرض و ۵۵۲/۲ متر مربع مساحت بود. تحقیق در دو سال زراعی ۹۹-۹۸ و ۱۴۰۰-۹۹ اجرا و مزرعه انتخابی در سال قبل به کشت گندم اختصاص داده شده بود. قبل از کاشت گیاهان پوششی از هر بلوک یک نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰

گل‌دهی در برخی از آن‌ها و یا ۶۵ روز (اوایل دهه سوم مهرماه) پس از کاشت بذر، تمامی گیاهان پوششی کود سبز با استفاده از هرس بشقابی سبک با رعایت سرعت پیشروی و نیز در عمق کمتر از ۱۵ سانتی‌متر و به منظور رعایت شرایط خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان کود سبز به درون خاک بازگردانده شدند. قبل از عملیات برگردان از گیاهان پوششی هر کرت نمونه برداری و جهت تعیین صفات بیوماس تر و خشک و همچنین بیوماس علف‌های هرز به آزمایشگاه منتقل شدند. (شکل ۲).

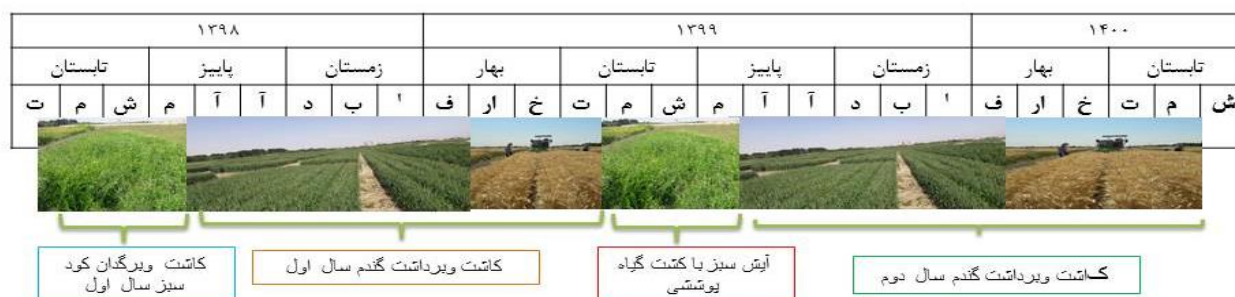
بذرگندم مورد مطالعه رقم بهاران بود که در اوایل آبان‌ماه با تراکم بذری ۴۰۰ عدد در متر مربع و بر اساس وزن هزار دانه در هر سال زراعی کشت شد. عملیات زراعی شامل مصرف کود پایه، کود سرک، مبارزه با آفت سن و آبیاری بر اساس نیاز گیاه انجام شد. پس از رسیدگی کامل در هر سال برداشت محصول گندم جهت تعیین عملکرد، محصول هر کرت با کمباین آزمایشی به عرض ۱/۵ متر شامل ردیف‌های وسط به طور جداگانه انجام شد. محصول گندم گیاهان پوششی کود سبزر در دو بخش رشد به مدت ۶۰ تا ۶۵ روز و در دو هفته پیش از کاشت گندم کاشت شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در ابتدای سال اول

ظرفیت تبادل کاتیون	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	هدایت الکتریکی	اسیدیته گل اشباع	درصد ازت کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	درصد کربن آلی	درصد مواد آلی
CEC	Clay%	Silt%	Sand%	EC	PH	N%	P%	K%	OC%	SOC%
۱۶/۳۴	۲۴/۳۳	۳۸/۶۷	۳۷	۱/۲۷	۷/۹۸	۰/۰۴	۷/۴	۱۴۸/۳۳	۰/۴۵	۰/۷۷

این عملیات در سال دوم نیز عیناً تکرار و ۲۰ روز پس از برداشت محصول گندم کشت گیاهان پوششی بعد از برداشت گندم انجام و در مهرماه به خاک برگردانده شد و دو هفته بعد کشت، گندم سال دوم مطابق کشت سال اول انجام شد. پس از برداشت محصول گندم سال دوم به منظور ارزیابی اثرات گیاهان پوششی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از هر کرت نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و نمونه برداری از گیاهان پوششی کود سبز و خاک انجام شد.

نمونه‌ها به آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب ارسال و پس از تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل، کربن آلی خاک، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، نیتروژن کل، تخلخل، پایداری خاکدانه‌ها و ظرفیت تبادل کاتیونی اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق با استفاده از آزمون‌های آماری مناسب مورد تحلیل قرار گرفتند و تفاوت میانگین‌ها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه دانکن مورد بررسی قرار گرفتند.



شکل ۲- نمودار تصویری از مراحل کشت گندم و کود سبز در دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹.

نتایج و بحث

تولید بیوماس خشک گیاهان پوششی

تجزیه مرکب نشان داد میانگین دو ساله، بیوماس خشک (گیاه پوششی + علف‌هرز) بیوماس گیاه پوششی

خالص و بیوماس علف‌هرز تفاوت معنی‌دار آماری داشتند (جدول ۳). تأثیر سال بر تفاوت تیمارها معنی‌دار نبوده و نشان داد که بیوماس در سال اول و دوم تفاوت قابل توجهی نداشته و گیاهان پوششی کود سبز در دو سال پیاپی از نظر تولید بیوماس تفاوت معنی‌داری نداشتند. بیشترین میزان بیوماس خشک تولیدی به گیاه پوششی سودان گراس تعلق داشت. در رتبه بعدی گیاهان ماشک گل‌خوشه‌ای و گیاه ماش قرار گرفتند. همچنین، کمترین میزان بیوماس خشک به جو تعلق داشت. در مقایسه با دیگر گیاهان غیر لگوم، گیاهان لگوم بیشترین تولید بیوماس را نسبت به سایر گیاهان داشتند. در آزمایشی که توسط دبیقی و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کود سبز شامل مخلوط (ماش + ارزن)، ماش و ارزن در میزان زیست توده تولید شده مشاهده نشد و کمترین وزن خشک تولیدی مربوط به کود سبز جو بود، که احتمالاً این موضوع به علت درجه حرارت بالا در این دوره کشت و عدم تحمل به دمای بالا در جو بوده است که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. در مطالعات رز و همکاران (۲۰۰۸) شبدر برسیم یک‌ساله بیوماس بیشتری نسبت به سایر لگوم‌ها و چاودار تولید کرد. تاربرت و همکاران (۱۹۹۶) تولید بیوماس بیشتر در گیاهان لگوم در مقایسه با گیاهان غیر لگوم را گزارش نمودند.

بیوماس علف‌هرز در دو سال زراعی تفاوت معنی‌دار آماری داشت. تفاوت‌های معنی‌دار بین تیمارها در دو سال زراعی مشاهد شده و اثر سال نیز معنی‌دار بود. بیشترین میزان بیوماس علف‌هرز به تیمار گیاه اسپرس تعلق داشت و در رتبه بعدی ماشک گل‌خوشه‌ای و سویا قرار گرفتند. کمترین میزان بیوماس علف‌هرز به تیمارهای ارزن علوفه‌ای و سودان‌گراس تعلق داشت. نتایج نشان داد که استفاده از گیاهان پوششی کود سبز باعث کاهش قابل توجهی در جمعیت علف‌های هرز می‌شود. برخی از گیاهان پوششی کود سبزمانند سورگوم سودان‌گراس، سورگوم دانه‌ای و ارزن علوفه‌ای به دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیکی خود و مزیت چهار کربنه بودن، توان مهار مؤثر علف‌های هرز را دارا بودند. کاهش ماده خشک علف‌های هرز در حضور گیاهان پوششی در بین ردیف‌های گیاه اصلی توسط بسیاری از محققین گزارش شده است (آچینو و همکاران ۲۰۱۱، غفاری و همکاران ۲۰۰۹). بنابراین انتخاب گیاه پوششی مناسب که همچنین توانایی کنترل علف‌های هرز را داشته باشد و میزان علف‌های هرز را کاهش دهد گزینه بهتری است. سورگوم سودان‌گراس به عنوان یکی از گیاهان پوششی کود سبز در کشت تابستانه، با تولید بیوماس فراوان و قدرت کنترل علف‌های هرز مورد توجه قرار دارد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله مربوط به گیاهان پوششی مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	بیوماس خشک علف-هرز و گیاه پوشش	بیوماس گیاه پوششی	بیوماس علف‌هرز	عملکرد گندم
سال	۱	۴۲۴۱۳۷/۰۹ ^{ns}	۴۵۹۳۷/۵ ^{ns}	۱۹۱۵۳۰ ^{ns}	۱۱۵۰۴۷۲۷۷/۶**
سال در تکرار	۴	۱۵۲۴۴۱/۸ ^{ns}	۲۱۴۶۷۱/۹*	۸۰۴۴۴/۶۱۵ ^{ns}	۸۶۴۶۴۷۷/۷۱**
تیمار	۱۵	۲۷۰۱۸۳/۰۱*	۵۸۵۴۱۱/۹**	۲۷۵۴۶۰/۷**	۹۳۸۰۹۳/۶ ^{ns}
سال*تیمار	۱۵	۱۰۲۰۷۹/۹۸ ^{ns}	۲۴۱۳۴۱/۹**	۱۷۸۱۲۹/۴**	۱۰۸۷۲۸۵/۵ ^{ns}
خطا	60	۹۸۷۷۹/۵۷۲	۷۹۵۳۸/۶۹	۴۸۸۷۸/۱۴	۶۷۳۷۵۲/۱
ضریب تغییرات (%)		۳۵/۴	۴۵/۲	۶۵/۴	۱۱/۷

در این مطالعه، میزان بیوماس گیاه پوششی در کشت خالص در تیمارهای مورد بررسی در دو سال تفاوت معنی‌داری نشان دادند. بیشترین میزان بیوماس گیاه

پوششی در کشت خالص به گیاه سورگوم سودان‌گراس تعلق داشته، در رتبه‌های دوم و سوم گیاهان ارزن علوفه‌ای و ماش قرار گرفتند. کمترین میزان بیوماس گیاه

می‌تواند از هدر رفت نیترات در خاک جلوگیری کند و در افزایش عملکرد دانه گندم مؤثر باشد. استفاده از ارزن علوفه‌ای به عنوان یک گیاه پوششی کود سبز در کشت تابستانی، بهبود عملکرد گندم را نشان داده که نکته‌ای مهم در تحول سامانه‌های زراعی گندم بنیان آبی است.

پوششی در کشت خالص به گیاهان اسپرس و سویا تعلق داشت. گیاه سورگوم سودان‌گراس با داشتن ویژگی چهار کربنه بودن و توان بالای کنترل علف‌های هرز، در رتبه اول قرار داشت. همچنین، گیاه ارزن علوفه‌ای به دلیل توانایی ممانعت بیولوژیکی نیترات‌سازی از طریق ترشحات ریشه، به خصوص در شرایط تنش خشکی،

جدول ۳- میانگین دو ساله صفات مربوط به گیاهان پوششی در تیمارهای آزمایشی

ردیف	تیمار گیاه پوششی	میانگین دو ساله صفات گیاه پوششی			میانگین دو ساله عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
		بیوماس خشک علف‌هرز و گیاه پوشش (g.m ⁻²)	بیوماس علف‌هرز (g.m ⁻²)	بیوماس گیاه پوششی خالص (g.m ⁻²)	
۱	سورگوم دانه‌ای	bcd۸۷۴/۲	c۷۱۸	bc۷۱۸	c۶۲۸۷/۵
۲	ارزن علوفه‌ای	abc۱۰۷۷/۲	c۹۶۵	b۹۶۵	abc۷۳۱۷/۷
۳	سورگوم سودان-گراس	a۱۵۰۶/۳	c۱۳۹۵	a۱۳۹۵	abc۷۳۳۰/۳
۴	جو	d۵۹۱/۳	bc۲۹۹	edf۲۹۹	abc۷۰۶۹
۵	شبدر برسیم	bcd۹۲۳/۵	bc۶۷۳	bd۶۷۳	abc۶۹۹۸/۷
۶	شبدر لاک	bcd۸۰۹/۳	ab۳۳۰	edf۳۳۰	abc۷۱۸۶/۷
۷	لوبیا چشم بلبلی	bcd.۹۲۷/۵۵	bc۷۱۲	bc۷۱۲	bc۶۸۶۳/۸
۸	کلزا	bcd۸۰۷/۸۵	c۶۲۶	bcd۶۲۶	abc۷۲۰۴/۳
۹	ماش	abc۱۱۳۳۲/۵۵	bc۸۹۶	bc۸۹۶	a۸۱۰۵/۲
۱۰	چاودار	dc۶۹۹/۸۵	c۶۰۸	bcde۶۰۸	ab۷۴۷۷/۲
۱۱	ماشک گل خوشه‌ای	ab۱۷۷۸/۳	a۵۶۹	cdef۵۶۹	abc۷۲۵۷
۱۲	یولاف	bcd۱۰۲۲/۵	ab۵۳۲	cdef۵۳۲	abc۷۳۳۷/۲
۱۳	گلرنگ	abc۱۰۸۴	abc۸۶۵	bc۸۶۵	abc۷۵۳۵/۲
۱۴	سویا	bcd۸۸۲/۸	a۲۴۲	ef۲۴۲	ab۷۴۱۱/۵
۱۵	کنجد	bcd۹۳۱/۲	a۳۱۷	ef۳۱۷	ab۷۵۹۷
۱۶	اسپرس	bcd۹۳۱/۳	a۲۷۷	f۲۷۷	ab۷۶۵۴/۳
۱۷	شاهد	-	-	-	ab۶۹۲۴

در هر ستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک با هم تفاوت معنی‌دار ندارند

عملکرد گندم

محصول گندم نداشت. همچنین در سال دوم نیز تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه گندم مشاهده نشد (جدول ۴).

در سال اول از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای مورد مطالعه مشاهده نشد و کشت گیاهان پوششی در سال اول تاثیر معنی‌داری بر عملکرد

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس ساده عملکرد گندم در سال اول و دوم

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد گندم سال اول	عملکرد گندم سال دوم
بلوک	۲	۱۶۰۳۱۷۴۴/۶**	۴۸۲۲۰/۷ ^{ns}
تیمار	۱۶	۲۳۴۹۷۵/۷ ^{ns}	۱۷۳۱۶۱۶/۹ ^{ns}
خطا	۳۲	۳۸۸۸۹۴/۸	۹۶۷۳۴۲
ضریب تغییرات	-	۱۰/۰۸	۱۱/۷۸

ns غیر معنی دار * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

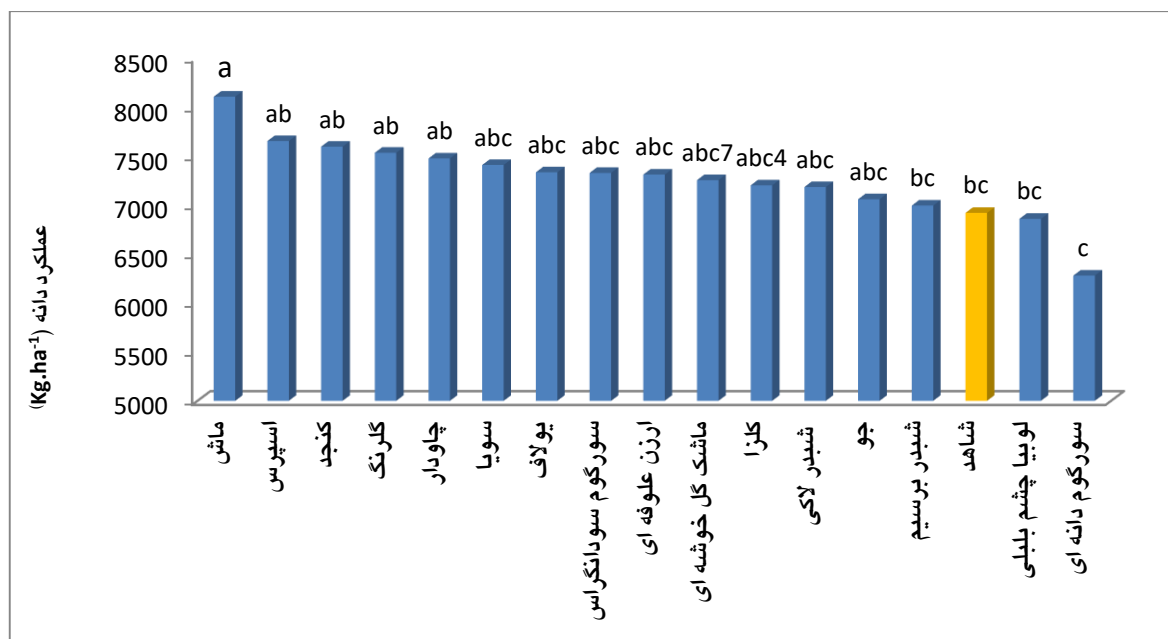
تجزیه واریانس مرکب دو ساله عملکرد دانه گندم نشان داد تیمارها از نظر عملکرد دانه تفاوت‌های معنی‌داری باهم ندارند. اثر سال معنی‌دار بوده و نتایج عملکرد سال اول و دوم تفاوت معنی‌داری باهم دارند. اثر سال تیمار در سال نیز معنی‌دار نشد و این به این معنی است که گیاهان پوششی در دو سال مورد بررسی تفاوت‌های یکسانی از خود نشان دادند (جدول ۲). میانگین عملکرد دانه در دو سال بررسی تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند. میانگین عملکرد گندم سال دوم (۸۱۳۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سال اول (۶۱۹۵ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۱۳۵۱ کیلوگرم معادل ۲۱ درصد افزایش نشان داد. میانگین تیمارهای گیاهان پوششی مورد مطالعه در دو سال، تفاوت معنی‌داری از خود نشان ندادند. علیرغم معنی‌دار نشدن تفاوت بین تیمارها، گروه‌بندی تیمارها با آزمون دانکن از نظر نتایج عملکرد تیمارها در گروه‌بندی‌ها متفاوت قرار داد (شکل ۳) میانگین حداکثر مقدار عملکرد دانه در دو سال به میزان ۸۱۰۵ کیلوگرم در هکتار به تیمار پس از کشت ماش اختصاص داشت. همچنین تیمارهای پس از کشت ماش، کنجد و اسپرس دارای عملکرد دانه بالاتری بود و عملکرد دانه تیمار گیاه پوششی سورگوم دانه‌ای کم‌ترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. در این بررسی دو ساله علی‌رغم معنی‌دار نشدن تفاوت عملکرد تیمارها، اختلاف بالاترین عملکرد با شاهد، میزان ۱۱۸۱ کیلوگرم در هکتار (۱۷ درصد) افزایش نشان می‌دهد که از نظر اقتصادی عدد قابل توجهی است (نمودار ۳). لذا علیرغم معنی‌دار نشدن تفاوت بین تیمارهای مورد مقایسه و تفاوت نتیجه سال

اول و دوم می‌توان کشت گیاهان پوششی به عنوان کود سبز را بهبود عملکرد دانه گندم توصیه نمود. در مطالعه مشابهی نتایج گیمیری و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد تیمارهای گیاهان پوششی در دو سال مطالعه نداشتند. عملکرد گندم در سال ۲۰۱۷ بیشتر از سال ۲۰۱۶ بود که احتمالاً به دلیل بهبود شرایط محیطی خاک طی سال‌ها با اتخاذ خاک‌ورزی بدون خاک‌ورزی بوده است. تفاوت معنی‌دار در عملکرد گندم زمستانه در بین محصولات پوششی و تیمار آیش نیز نیاز به مطالعه طولانی مدت را نشان می‌دهد. که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در خصوص افزایش عملکرد گیاه ماش می‌توان اشاره نمود که این گیاه از خانواده لگومینوز بوده و این گیاهان اثرات مهم در بهسازی خاک دارند.

استفاده از گیاهان پوششی کود سبز مانند ماش باعث افزایش تعداد دانه در سنبله و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گندم شد. گرامی و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند که بین تیمارهای کود سبز برای صفت عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کود سبز لوبیا چشم‌بلبلی بهترین تأثیر را دارا بود. مدحج و محمدپور (۲۰۱۴) گزارش نمودند، افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود سبز (گیاه ماش) نسبت به تیمار آیش به دلیل افزایش تعداد دانه در واحد سطح و عملکرد بیولوژیکی بود. به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای سبز و معدنی به طور همزمان باعث افزایش جذب کودهای معدنی و همچنین افزایش استفاده گندم از عناصر غذایی موجود در کودهای سبز شد. نتایج بررسی شریفی و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد نوع گیاه پوششی اثر معنی‌داری بر

عامل مهم اکولوژیک در روند افزایش محتوای مواد آلی و مواد غذایی اصلی در خاک شد. گرامی و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند که بین تیمارهای کود سبز برای صفت عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کودسبز لوبیا

عملکرد دانه دارد. محمدپور و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که کاشت ماش جهت استفاده به عنوان کود سبز باعث افزایش عملکرد دانه گندم نسبت به شرایط آیش شد. کشت ماش در تاریخ‌های مختلف به عنوان کود سبز



شکل ۳- مقایسه میانگین دو ساله نتایج عملکرد دانه گندم پس از کشت گیاهان پوششی

مانند ماشک گل خوشه‌ای، یولاف و سویا می‌تواند بهبود عملکرد گندم را در این صفات ارائه دهد (جدول ۳).

صفات مربوط به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک
در جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس مربوط به خصوصیت فیزیکی، شیمیایی خاک مورد مطالعه آورده شده است. هیچ‌کدام از صفات مربوط به خاک در این بررسی معنی‌دار نبود و تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۵). با توجه به ماهیت خاک ایجاد تغییرات در خاک بسیار بطئی بوده و نیاز به مدت زمان طولانی دارد. مقایسه میانگین صفات در جدول ۶ آورده شده است. بیشترین مقدار کربن آلی خاک به تیمارهای لوبیا چشم بلبلی و ماش تعلق داشته و کم‌ترین مقدار آن به تیمارهای سویا و چاودار متعلق بود. در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی کود سبز تفاوت معنی‌داری نداشتند.

چشم بلبلی بهترین تأثیر را دارا بود. نتایج تحقیق عبیدی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد گیاهان شیدر سفید و ماشک به دلیل داشتن نسبت C/N پایین، افزایش میزان فسفر قابل جذب خاک و نیتروژن کل قابل استفاده برای گیاه بعدی، می‌توانند به عنوان مناسب‌ترین کود سبز در بین گیاهان مورد مطالعه معرفی شوند. بلاچو و آبرنا (۲۰۱۱) گزارش دادند که کشت لگوم‌ها به عنوان کود سبز از طریق افزایش میزان عناصر غذایی قابل دسترس و میزان مواد آلی خاک باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد. نتایج فرزادی و سیدنورالدین (۲۰۱۳) نشان داد که گیاه پوششی ماش ضمن کنترل وزن خشک علف‌های هرز گندم باعث افزایش تعداد دانه در سنبله (۱۴۸ سنبله در متر مربع)، افزایش تعداد دانه در سنبله (۸ دانه در هر سنبله) و در نهایت موجب افزایش عملکرد گندم رقم چمران به میزان ۱۳۴۱ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار آیش شد. بنابراین، استفاده از گیاهان پوششی کود سبز

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس ماده آلی خاک گیاهان پوششی مورد مطالعه

میانگین مربعات									منابع تغییر	درجه آزادی
پایداری خاکدانه ها	تخلخل	جرم مخصوص ظاهری خاک	ظرفیت تبادل کاتیونی	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	نسبت کربن به نیتروژن	نیتروژن کل	ماده آلی خاک		
۹۰۹/۲	۰/۰۰۵۶۸	۲۱۱۶/۲۷	۳۴/۱۲۹	۱۳۹۰/۱۹/۱	۳۱۴/۴۲۴	۰/۱۹۲۹۳۲۷۱	۰/۰۱۸۶۱۲۵	۰/۰۱۰۲۴	۲	بلوک
۱/۵۸۴ ^{ns}	۰/۰۰۳۵۰ ^{ns}	۱۹۷۴/۷ ^{ns}	۱۱/۲۸۹ ^{ns}	۵۳۳۰/۵ ^{ns}	۸۴/۱۹ ^{ns}	۰/۸۷۸۲۵۰۷ ^{ns}	۰/۰۱۶۹۹۸۷۳ ^{ns}	۰/۰۱۲۰۶ ^{ns}	۱۵	تیمار
۱/۸۴۴۶۵	۰/۰۰۴۴۱	۲۰۴۰	۲۴۲/۸۵۴	۳۹۰۶/۸	۱۵۰/۵۳۰ ^{ns}	۰/۱۰۰۸۹۶۶۳ ^{ns}	۰/۱۸۴۸۷۱۶	۰/۱۱۶۳۰	۳۰	خطا
۸/۱۳۰	۱۵/۶۲	۵۷۷/۳۳	۱۸/۲۷	۲۳/۰۱	۴۸/۵۶	۳/۲۶	۱۳۲	۱۳/۳۵	-	ضریب تغییرات (%)

ns غیر معنی دار * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

بررسی نتایج آزمون خاک قبل (جدول ۱) و بعد از استفاده از گیاهان پوششی کود سبز (جدول ۶) نشان داد که میانگین درصد کربن آلی خاک در آخرین سال زراعی ۰/۸۱ درصد بوده است، در حالی که در سال شروع تحقیق این میزان ۰/۴۵ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهد که در یک دوره کوتاه دو ساله می‌توان درصد کربن آلی خاک را حدود ۸۰ درصد افزایش داد.

استفاده از گیاهان به عنوان کود سبز تأثیر مثبتی بر افزایش کربن آلی خاک و میزان نیتروژن در خاک دارد (سابینیت و همکاران ۲۰۱۰) که نتایج تحقیق حاضر نیز این اثر را تأیید می‌کند. ماندل و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند کود سبز ماش باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش میزان مواد آلی و میزان نیتروژن موجود در خاک و افزایش میزان عملکرد دانه گندم شد. میزان نیتروژن کل خاک در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی کود سبز تفاوت معنی‌داری نداشتند. تیمارهای لوبیا چشم بلبلی و ماش بیشترین مقدار نیتروژن کل در خاک را نشان دادند، که بر این واقعیت تأکید داشته که این گیاهان یاد شده به خوبی در دمای بالای نیمه تابستان رشد و نمو داشته‌اند و نیتروژن را در بیوماس خود ذخیره کرده‌اند تا برای گندم قابل استفاده باشد. در مقابل، تیمار سویا کم‌ترین مقدار نیتروژن کل را نشان داد، که نشان می‌دهد سویا به عنوان گیاه پوششی کود سبز رشد مطلوبی را در دوره نیمه دوم تابستان به بعد نداشته است. اهمیت افزودن

گیاهان کود سبز در خاک، آزادسازی عناصری مانند نیتروژن از این گیاهان می‌باشد. نیتروژن آزاد شده از گیاهان کود سبز می‌تواند توسط گیاهان کشت بعدی مورد استفاده قرار گیرد و چون این میزان نیتروژن به تدریج از مواد آلی رها می‌شود بنابراین خطر آبشویی آن کاهش می‌یابد (واد و سانکز ۱۹۸۳). عبدی و همکاران (۲۰۱۵) طی یک آزمایش دوساله اعلام نمودند 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. استفاده از ارزن علوفه‌ای به عنوان یک گیاه پوششی کود سبز در کشت تابستانی، بهبود عملکرد گندم را نشان داده که نکته‌ای مهم در تحول سامانه‌های زراعی گندم بنیان آبی است. در خصوص گیاه ارزن قابل ذکر است که براساس نتایج آخرین تحقیقات در این زمینه گیاه ارزن علوفه‌ای به دلیل دارا بودن توانایی ممانعت بیولوژیکی نترات‌سازی (Inhibition nitrification Biological) از طریق ترشحات ریشه این گیاه بویژه در شرایط تنش خشکی که در ماه‌های گرم تابستان ممکن است رخ دهد از هدر رفت نترات ذخیره شده در خاک جلوگیری نمود که این انباشت می‌تواند توسط گندم پس از آن مورد استفاده قرار گیرد (گتاک و همکاران ۲۰۲۲). نتایج جدول ۶ نشان داد که نسبت کربن به نیتروژن خاک در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی کود سبز

تفاوت معنی داری نداشتند. تیمارهای ماشک گل خوشه‌ای و سورگوم سودان‌گراس بیشترین نسبت کربن به نیتروژن را داشتند، در حالی که شبدر برسیم و گلرنگ کمترین نسبت یاد شده را داشتند. با این حال، نسبت کربن به نیتروژن به تنهایی نمی‌تواند نشان دهنده وضعیت کربن و نیتروژن خاک باشد و بایستی به اعداد مربوط به کربن و نیتروژن و همچنین نسبت C/N خاک توجه کرد. مطابق تحقیقات گذشته، بالا بودن نسبت C/N می‌تواند

باعث کاهش معدنی شدن و افزایش پدیده آلی شدن شود (کومار و گاه ۲۰۰۲) بر اساس نتایج یک آزمایش دوساله، گیاهان شبدر سفید و ماشک به دلیل نسبت C/N پایین، میزان فسفر قابل جذب خاک و نیتروژن کل قابل استفاده برای گیاهان بعدی را افزایش می‌دهد (کوچکی و همکاران ۲۰۰۵) و به عنوان بهترین کود سبز در بین گیاهان مورد مطالعه معرفی می‌شوند.

جدول ۶- میانگین صفات مربوط به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک

میانگین دوساله صفات خاک									
تیمار گیاه پوششی	میزان کربن آلی (%)	نیتروژن کل	نسبت کربن به نیتروژن	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	ظرفیت تبادل کاتیونی	جرم مخصوص ظاهری خاک	تخلخل	پایداری خاکدانه ها
سورگوم دانه ای	۰/۸۹ a	۰/۰۹ a	۹/۹ a	۲۲/۹۳ a	۳۰۳/۳ abc	۱۸/۳ ab	۱/۵۷ a	۰/۴۲ ab	۰/۹۷ a
ارزن علوفه ای	۰/۸۷ a	۰/۰۹ a	۹/۷ a	۲۴/۳۳ a	۲۷۳/۳ abc	۲۰/۳ a	۱/۵۲a	۰/۴۳ ab	۰/۸۷a
سورگوم سودان گراس	۰/۸۴ a	۰/۰۸۳ a	۱۰ a	۲۶/۸۷ a	۲۵۸/۳ abc	۱۸/۵ ab	۱/۵۸ a	۰/۴۳ ab	۰/۹۶ a
جو	۰/۷۸ a	۰/۰۸ a	۹/۷ a	۱۸/۴ a	۲۴۸/۳ abc	۱۵/۳ ab	۱/۶۷a	۰/۴۱ ab	۰/۹۳ a
شبدر برسیم	۰/۸۶ a	۰/۰۹ a	۹/۵ a	۲۹/۲ a	۳۴۶/۶۷ ab	۱۷/۱ ab	۱/۵۳a	۰/۳۸ b	۰/۷۴ a
شبدر لاکی	۰/۹۱ a	۰/۰۹۳ a	۹/۷ a	۲۱/۷۳ a	۲۵۱/۷ abc	۱۵/۵ ab	۱/۴۸ a	۰/۳۸ b	۰/۷۹ a
لوبیا چشم بلبلی	۰/۷۵ a	۰/۱ a	۹/۴ a	۲۷/۶۷ a	۱۸۵/۰ c	۱۴/۴ b	۱/۵۹ a	۰/۵۲ a	۰/۶۸ b
کلزا	۰/۷۳ a	۰/۰۷۳ a	۹/۸ a	۲۷/۴۷ a	۲۴۳ abc	۱۶/۳ ab	۱/۴۷ a	۰/۴۳ ab	۰/۹۶ a
ماش	۰/۹۲ a	۰/۰۹۵ a	۹/۷ a	۲۷/۷۳ a	۳۶۵ a	۱۳/۶ b	۱/۵۶ a	۰/۴۰ ab	۰/۷۶a
چاودار	۰/۷۵ a	۰/۰۷۷ a	۹/۸ a	۲۴/۴ a	۲۹۷/۷ abc	۱۶/۵ ab	۱/۴۴ a	۰/۴۵ ab	۰/۹۰ a
ماشک گل خوشه ای	۰/۷۶ a	۰/۰۸ a	۹/۵ a	۲۱/۶۷ a	۲۷۶/۷ abc	۱۵/۱ ab	۱/۷۴ a	۰/۳۹ ab	۰/۸۱ a
یولاف	۰/۷۵ a	۰/۰۷۷ a	۹/۸ a	۳۰/۸۷ a	۲۵۸/۳ abc	۱۶/۰ ab	۱/۵۳ a	۰/۴۳ ab	۰/۷۵ a
گلرنگ	۰/۸۱ a	۰/۰۸۳ a	۹/۷ a	۳۱/۱۷ a	۲۸۶/۷ abc	۱۴/۳ b	۱/۵۸ a	۰/۴۰ ab	۰/۸۵ a
سویا	۰/۸۴ a	۰/۰۸۳ a	۱۰ a	۲۸/۹۳ a	۳۲۶/۷ab	138 b	۱/۵۳a	۰/۴۴ ab	۰/۸۲a
کنجد	۰/۷۴ a	۰/۰۷۷ a	۹/۷a	۲۰/۳۷a	۲۳۰ bc	۱۳/۷ b	۱/۵۰a	۰/۴۳ab	۰/۸۸a
اسپرس	۰/۷۷a	۰/۰۸ a	۹/۷a	۱۴/۵۳ a	۲۲۶/۷bc	۱۲/۰ b	۱/۴۵ a	۰/۴۳ab	۰/۸۶a

فسفر قابل جذب خاک در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی تفاوت معنی داری را نشان نداد. بیشترین میزان فسفر قابل جذب مربوط به تیمار گیاه پوششی کود سبز گلرنگ بود که به نظر می‌رسد با توانایی این گیاه در توسعه سطح جذب ریشه از طریق ارتباط با قارچ‌های میکوریزا در خاک مربوط باشد. کمترین فسفر قابل جذب خاک به تیمار اسپرس تعلق داشت که نشان می‌دهد این گیاه به دلیل سازگاری کمتر با دمای بالای محیط در

تابستان نمی‌تواند در ارتقاء و بهبود فسفر قابل جذب خاک موفق باشد. آزاد شدن فسفر بعد از زیر خاک نمودن بقایای گیاهان پوششی موجب توسعه مناسب ریشه‌ها شده و منجر به جذب بیشتر عناصر غذایی و گیاهچه‌های قوی می‌گردد (جمشیدیان و خواجه‌پور ۱۹۹۸). مقایسه میانگین میزان فسفر بعد از کشت گیاهان پوششی با نتایج قبل از استفاده از گیاهان پوششی حاکی از افزایش ۱۱۱ درصدی آن می‌باشد (جدول ۷). اگر کود سبز (نسبت

زیر کشت گیاهان کود سبز لوبیا چشم‌بلبلی و کم‌ترین آن به شبدر برسیم و شبدر لاکی تعلق داشت. بقایای گیاهی در خاک باعث افزایش مواد آلی شده و مواد آلی خاک باعث دانه بندی بهتر خاک بهبود دانه‌بندی خاک تخلخل آن را افزایش داده و باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود. عظیم زاده و همکاران (۲۰۰۲). سیدل و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که کاشت گیاهان پوششی تاثیر معنی‌داری بر تخلخل خاک نداشته، همچنین کاکاییان و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که نوع گیاه پوششی تاثیر معنی‌داری بر تخلخل خاک نداشت.

پایداری خاکدانه در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۶). بیشترین پایداری خاکدانه به روش الک مرطوب با کیفیت فیزیکی بسیار عالی (حدود ۹۷ درصد) به ترتیب به تیمارهای سورگوم دانه‌ای، سورگوم سودان‌گراس و سویا و کم‌ترین آن با کیفیت فیزیکی متوسط تا خوب (حدود ۶۷ درصد) به تیمار گیاه پوششی کود سبز کلزا تعلق داشت. پایداری خاکدانه‌های زیر ۲۵ درصد کیفیت فیزیکی ضعیف، ۳۰ تا ۵۰ درصد کیفیت فیزیکی پایین تا متوسط، ۵۰ تا ۷۵ درصد کیفیت فیزیکی متوسط تا خوب و بالای ۸۰ درصد کیفیت فیزیکی عالی در نظر گرفته می‌شود که بر روی خاک‌های بافت مشابه مقیاس‌بندی شده است (ورهایست و همکاران ۲۰۱۰).

همبستگی صفات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک
بر اساس نتایج همبستگی بین صفات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک محل اجرای آزمایش در سال آخر اجرای آزمایش، بین کربن آلی با نیتروژن کل و با پتاسیم قابل جذب، پایداری خاکدانه و نسبت C/N همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، در حالی‌که بین وزن مخصوص ظاهری خاک با تخلخل همبستگی منفی و معنی‌دار بود. همچنین بین وزن مخصوص ظاهری خاک با پتاسیم قابل جذب و بین پتاسیم قابل جذب با نیتروژن کل و نیز بین کربن آلی با نسبت کربن به نیتروژن خاک همبستگی‌ها مثبت و معنی‌دار بودند (جدول ۸).

C/N پایین) مانند شبدر سفید، شبدر قرمز، شبدر برسیم، اسپرس، ماشک و گاودانه داشته باشد، تجزیه سریع انجام می‌گیرد و در طی این فرآیند، اسید کربنیک آزاد می‌شود و اسیدیته خاک کاهش می‌یابد و با اسیدی شدن خاک قابلیت دسترسی فسفر افزایش می‌یابد (کوچکی و همکاران ۲۰۰۵).

میزان پتاسیم قابل جذب خاک در در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. بیشترین میزان پتاسیم قابل جذب مربوط به تیمار گیاه پوششی کود سبز شبدر برسیم و سویا بود و کم‌ترین میزان پتاسیم قابل جذب خاک به تیمار اسپرس تعلق داشت که نشان می‌دهد این گیاه به دلیل سازگاری کمتر با دمای بالای محیط در تابستان نمی‌تواند در ارتقاء و بهبود پتاسیم قابل جذب خاک موفق باشد. مقایسه میانگین میزان پتاسیم بعد از کشت گیاهان پوششی با نتایج قبل از استفاده از گیاهان پوششی حاکی از افزایش ۸۰ درصدی این عنصر می‌باشد (جدول ۷).

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد در این بررسی بیشترین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به تیمارهای گیاهان پوششی کود سبز ارزن علوفه‌ای و سورگوم سودان‌گراس و کم‌ترین میزان به اسپرس و چاودار تعلق داشت. مقایسه میانگین میزان فسفر بعد از کشت گیاهان پوششی با نتایج قبل از استفاده از گیاهان پوششی حاکی از ۴/۵ درصدی این عامل می‌باشد (جدول ۷).

جرم مخصوص ظاهری خاک در در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد در این بررسی بیشترین جرم مخصوص ظاهری به تیمارهای گیاهان پوششی کود سبز ارزن علوفه‌ای و سورگوم سودان‌گراس و کم‌ترین میزان به اسپرس و چاودار تعلق داشت. (نوع و میزان بقایای گیاهی در خاک می‌تواند سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شود (ژانگ و همکاران ۲۰۰۹)

درصد تخلخل خاک در تیمارهای مختلف گیاهان پوششی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۵). بیشترین میزان تخلخل خاک واحدهای ثابت آزمایشی

جدول ۷- مقایسه نتایج میانگین کربن آلی درصد ازت کل خاک، ماده آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک قبل و بعد از کاربرد گیاهان پوششی در مزرعه

شرح	درصد کربن آلی	درصد ماده آلی خاک	درصد نیتروژن کل	نسبت کربن به نیتروژن (C/N)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	ظرفیت تبادل کاتیونی
قبل از تیمار گیاه پوششی	۰/۴۵	۰/۷۸	۰/۰۴	۱۱/۲۵	۷/۴	۱۴۸/۳	۱۶/۳۴
پس از تیمار گیاه پوششی	۰/۸۱	۱/۴	۰/۰۸۴۴	۹/۶	۱۷/۳	۲۷۵/۵	۱۵/۶
میزان افزایش (%)	۸۰	۸۰	۱۱۱	-۱۴/۶۹	۱۳۳/۸	۸۵/۸	-۴/۵

جدول ۸- ضرایب همبستگی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

کربن آلی %	فسفر قابل جذب	ظرفیت تبادل کاتیونی خاک	جرم مخصوص ظاهری	تخلخل %	پتاسیم قابل جذب	پایداری خاکدانه	نیتروژن کل %	نسبت کربن به نیتروژن
۱	۰/۲۷۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
فسفر قابل جذب	۰/۲۷۴	۰/۰۱۴	۰/۰۹۹	-۰/۰۴۸	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۵۹	-۰/۱۹۹
ظرفیت تبادل کاتیونی	-۰/۱۰۳	۰/۲۲۷	۰/۰۹۹	-۰/۰۴۸	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۵۹	-۰/۱۹۹
جرم مخصوص	۰/۱۷۹	۰/۲۲۷	۱	-۰/۰۴۸	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۵۹	-۰/۱۹۹
تخلخل %	-۰/۱۸۸	۰/۲۱۲	-۰/۰۴۸	-۰/۰۴۸	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۵۹	-۰/۱۹۹
پتاسیم قابل جذب	۰/۴۲۳**	۰/۰۵۸	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۵۹	-۰/۱۹۹
پایداری خاکدانه	۰/۲۲۶**	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۵۹	-۰/۱۹۹
نیتروژن کل %	۰/۹۷۵**	۰/۲۵۷	-۰/۰۵۹	-۰/۰۵۹	-۰/۰۵۹	-۰/۰۵۹	-۰/۰۵۹	-۰/۱۹۹
نسبت کربن به نیتروژن	۰/۳۷۹**	۰/۱۳۷	-۰/۱۹۹	-۰/۰۹۴	-۰/۰۸۳	-۰/۰۲۰۲	-۰/۱۴۸	-۰/۱۶۶

ns غیر معنی دار * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

نتیجه گیری کلی

نتایج تحقیق نشان در بررسی دوساله اکثر تیمارها عملکرد بالاتری نسبت به گیاه شاهد داشتند لذا علی رغم معنی دار نشدن تفاوت بین تیمارها به علت بالا بودن تفاوت عملکرد گیاه ماش (۱۱۸۱ کیلوگرم در هکتار) این گیاه را می توان جهت بهبود شرایط خاک و افزایش عملکرد دانه گندم معرفی نمود. کشت این گیاه پوششی برای کاشت و به زیر خاک بردن در نیمه دوم تابستان تا اواخر مهرماه یعنی پیش از کاشت گندم توصیه می شود. کاشت گیاهان پوششی کود سبز، قبل از گندم اصلی به دلیل ثبات واحدهای آزمایشی در دو سال، تأثیرات مثبتی

بر رشد، عملکرد و کیفیت گندم و همچنین خاک داشت. افزایش قابل توجه درصد کربن آلی خاک به میزان ۸۱ درصد (از ۰/۴۵ درصد در ابتدا به ۰/۸۱ درصد در سال زراعی انتهایی) نشان می دهد. استفاده از کودهای سبز باعث افزایش میزان فسفر و پتاسیم خاک می شود. بسته به هدف از گیاهان پوششی می توان برای اهداف مشخصی استفاده نمود. برای بالا بردن میزان ماده آلی خاک برای گیاه پوششی ماش، افزایش میزان ازت کل و میزان تخلخل گیاه پوششی لوبیا چشم بلبلی، برای بالا بردن نسبت C/N، پایداری خاکدانه ها و افزایش میزان نگهداری رطوبت خاک و افزایش پایداری خاک دانه ها گیاه

گیاهان پوششی کود سبز در اواسط تابستان توصیه نمی‌شوند.

سپاسگزاری

برخود لازم می‌دانیم از آقایان دکتر اسماعیل زاده، نجفی میرک، قزوینی، جاسمی، سرکار خانم دکتر نقی پور، اعضای هیات علمی و آقای دکتر قربانی و سرکار خانم مهندس رضوانی کارشناسان موسسه تحقیقات و پرسنل مزرعه تحقیقاتی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر اصلاح و تهیه نهال و بذر که در اجرای طرح پژوهشی ما را یاری نمودند تقدیر و تشکر نماییم. همچنین از آقایان دکتر اصغر رحیمی، مهندس علی بیگلی، مهندس ناصر پیمانی، مهندس مهران دادخواهی، سرکار خانم کبری دهقانی نژاد سپاسگزاری می‌نماییم.

سورگوم علوفه‌ای، افزایش میزان فسفر قابل جذب خاک گیاه گلرنگ، میزان پتاسیم قابل جذب خاک گیاهان شبدر برسیم و سویا، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک گیاه پوششی ارزن علوفه‌ای و افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک گیاه ماشک گل خوشه‌ای و توصیه می‌شود. گیاهان خانواده لگومینوز (پروانه آسا) مانند لوبیا چشم بلبلی، ماش و ماشک گل خوشه‌ای اهمیت ویژه‌ای در افزایش ماده آلی خاک دارند. همچنین، تیمارهای سورگوم دانه‌ای، سورگوم سودان گراس و ارزن علوفه‌ای نیز تولید بیوماس بالایی دارند. این نتایج نشان می‌دهند که تنها تولید بیوماس بالا نمی‌تواند مبنای انتخاب کود سبز باشد، بلکه باید به تأثیرات آن بر خصوصیات خاک، به ویژه کربن آلی خاک توجه شود. همچنین، نتایج نشان می‌دهند که دمای بالا در ماه مرداد برای رشد و نمو لوبیا چشم بلبلی مناسب نیست، بنابراین این گیاهان به عنوان

منابع مورد استفاده

- Abdani F, Farzaneh M and Meskarbashee M. 2017. The effect of cover crop rye, hairy vetch and residuals on weeds, yield and yield components of wheat. *Plant Ecophysiology (Arsanjan Branch)*, 10 (35): 221-233. DOR: 20.1001.1.20085958.1397.10.35.20.
- Abdi S, Tajbakhsh M, 2 Abdollahi Mandoulakani B and Rasouli M H. 2015. The effect of different green manures on availability of phosphor, total nitrogen and organic carbon content. *Applied Field Crops Research*, 107:48-57. (In Persian). DOI: 10.22092/AJ.2015.105685.
- Adetunji A, Tomiwa B, Ncube R, Mulidzi F and Bayo L. 2020. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. *Soil and Tillage Research*, 204: 104717. . doi: 10.1016/j.still.2020.104717
- Azimzadeh, M., A. Kochi, and M. Top. 1381. Investigating the effect of different plowing methods on apparent specific gravity, porosity, soil moisture and wheat yield in rainfed conditions. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, 4)3:(209-224. DOR: 20.1001.1.15625540.1381.4.3.7.2
- Belachew, T. and Abera, Y. 2011. Effect of green manuring in combination with nitrogen on soil fertility and yield of bread wheat (*Triticum aestivum*) under double cropping system of Sinanadinsho, Southeast Ethiopia *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 1 (1): 1-11.
- Dabighi Kh Esfandiar F and Ayenehband A. 2016. Different green manure on soil fertilization and weed density reduction. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)*, 39: 1-10. (In Persian). DOI: 10.22055/ppd.2016.12069
- Fan F, Vander W, Makowski D, Cong W and Zhang F. 2021. Cover crops promote primary crop yield in China: A meta-regression of factors affecting yield gain. *Field Crops Research*, 271: 108237. DOI:10.1016/j.fcr.2021.108237
- Farzadi H and Seyed Masoum S N. 2013. Effect of cover crops on weeds dry matter and grain yield of wheat cv. chamran in north Khuzestan in Iran. *Seed and Plant Production*, 29: 569-581. (In Persian). DOI:10.22092/SPPJ.2017.110531.
- Francaviglia, R, Almagro M and Vicente-Vicente J L. 2023. Conservation agriculture and soil organic carbon: principles, processes, practices and policy options. *Research on Soil Management and Conservation*, 7: 17-30. doi:10.3390/7010017

- Gerami F, Ayneh band A and Fateh E. 2013. Effect of Green Manures and Nitrogen Fertilizer Levels on Early Growth, Yield and Yield Components of Wheat (*Triticum aestivum* L.), Agricultural Science and Sustainable Production, 23(1): 1-17. (In Persian).
- Ghafari, M., Elahi panah, F., Soghani, M., Nadali, A. and Morovati, A. 2011. Ecological control of weed by cover crops: effect on winter weed and weed stabilized in potato culture. Proc. the National Conf. of New Achievements in Agronomy. Islamic Azad University of Shahre-Qods, Iran. (In Farsi).
- Ghatak A, Schindler F, Bachmann G, Chaturvedi P and Weckwerth W. 2022. Root exudation of contrasting drought-stressed pearl millet genotypes conveys varying biological nitrification inhibition (BNI) activity ,Biology and Fertility of Soils, 2022, 58(3), pp. 291–306. doi.org/10.1007/s00374-021-01578-w
- Ghimire R, Binod G, Abdel O, Upendra M and Omololu J. 2019. Soil health response of cover crops in winter wheat–fallow system. Agronomy Journal. 111: 2108-2115. doi: 10.2134/agronj2018.08.0492
- Guo R, Li P, ChristieQ, Chen R, and Zhang F. 2008. Influence of root zone nitrogenmanagement and a summer catch crop on cucumber yield and soil mineral nitrogen dynamicsin intensive production systems. Plant Soil, 313:55–70. Doi:10.1007/s11104-008-9679-0
- Hesami, E., Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., & Farhoodi, R.. (2020). Evaluation of the effect of the return of different types of plant residues to soil on the yield of maize and some soil characteristics in Shoushtar weather conditions. PLANT ECOPHYSIOLOGY (ARSANJAN BRANCH), 12(41), 134-147. SID. <https://sid.ir/paper/188441/en>
- Heydarzadeh S and Jalilian J.. 2020. Effect of fertilizers and cover crops on weed control and some quality characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius*). Iranian Journal of Field Crops. 51(2): 105-120. (In Persian). DOI: 10.22059/IJFCS.2019.223288.654231
- Hubbard, R. K., Strickland, T. C., and Phatak, S. 2013. Effects of cover crop systems on soil physical properties and carbon/nitrogen relationships in the coastal plain of southeastern USA. Soil Tillage Research, 126, 276–283. doi: 10.1016/j.still.2012.07.009
- jamshidian, R. and M. R. Khajapour. 1999. Investigating the effects of different tillage methods on soil compaction and nutrients and establishment of mung bean after wheat harvest. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of Isfahan University of Technology. Volume 2, Number 3. . (in Persian).Dor: 20.1001.1.22518517.1377.2.3.4.2
- Jian B, Xuan C, Mark S. Reiter A , Ryan D and Stewart A. 2020. A meta-analysis of global cropland soil carbon changes due to cover cropping. Soil Biology and Biochemistry. 143: 107735. Doi:10.1016/j.soilbio.2020.107735
- Jones, A. J., R. D. Grisso and C. A. Shapire. 1988. Soil compaction: Fact and fiction. Common questions and their answers. NE. Coop. Ext. Serv.342. Neb, USA. Journal of Crop Products. 7(1): 131-156
- Kakaiyan, Ali Mohammad, Mohammadi, Gholamreza, Qabadi, Mohammad Iqbal, and Najafi, Abdullah. (2014). The effect of pure and mixed rye and vetch cover plants on soil physicochemical properties. Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 25(2), 47-64. SID <https://sid.ir/paper/180641/fa>
- Kim, S.Y., J. Gutierrez, and P.J. Kim. 2012. Considering winter cover crop selection as green manure to control methane emission during rice cultivation in paddy soil. Agriculture, Ecosystems and Environment, 161:130-136. DOI: 10.1016/j.agee.2012.07.026
- Koocheki, A., Gholami, A., Mahdavi Damghani, A. and Tabrizi, L. (2005). Organic field crop. Ferdowsi University of Mashhad Publisher. 385pp. (in Persian).
- Kumar K and Goh, 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. DOI: 10.1016/S1161-0301(01)00133-2
- Mandal U, Singh G, Victor U and Sharma K. 2003. Green manuring: its effect on soil properties and crop growth under rice/wheat cropping system. European Journal of Agronomy. 19: 225-237. Doi:10.1016/S1161-0301(02)00037-0

- Modhej A and Mohammad pour A R. 2014. The effect of green manure and different amounts of phosphorus and nitrogen fertilizers on grain yield of wheat in Dezful environmental conditions. *Crop Physiology Research Quarterly - Islamic Azad University, Ahvaz Branch*. 19: 73-84. (In Persian).
- Mohammadpour A , Hunanyan S and Modhej A. 2023, Investigating the possibility of increasing effectiveness of different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers by changing the planting date of mungbean green manure in autumn wheat cultivation. *Soil Management and Sustainable Production*. 12: 113-131. (In Persian). DOI: 10.22069/ejsms.2022.19933.2052
- Oldfield.E, Mark B and Stephen B. 2019. Wood Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields, *Soil Geoscience Union*. 5: 15–32. Doi: 10.5194/soil-5-15-2019
- Page, K.L., Dang, Y.P., & Dalal, R.C. (2020). The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4: 31. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>
- Poffenbarger H, Mirsky S, Weil R, Maul J, Kramer M, Spargo J, Cavigelli M. 2015. Biomass and nitrogen content of hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures as influenced by species proportions. *Agronomy journal*. 107: 2069–208. DOI: 10.2134/agronj14.0462
- Ross S M, King R , Izaurrealde C and O'Donovan T. 2008. The green manure value of seven clover species grown as annual crops on low and high fertility temperate soils. *Canadian Journal of Plant Science*, 89: 465-476. DOI: 10.4141/CJPS08173
- Sabienet, 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.
- Sen Li I, Danmei G, Xiao G, Xingang Z and Fengzhi W .2017. Effects of Different Summer Cover Crops and Residue Management on Plant Growth and Soil Microbial Community. *International Journal of Agriculture and Biology*. 19: 1350-1356. DOI: 10.17957/IJAB/15.0416
- Sharefee Z, Eslami S V, and Jami Al-Ahmadi M. .2018. Effect of different tillage methods and cover crop types on yield and yield components of wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 49: 217-228. (In Persian). DOI: 10.22067/GSC.V16I1.62248
- Seidel EP, da Silva SC, da Silva LPE and Spaki AP, 2012. Effect of cover crops on common bean yield and soil physical properties under no-till system. *Acta Scientiarum*, 34: 399-404. Doi: 10.4025/actascitechnol.v34i4.11989
- Torbert H, Reeves W and Mulvaney L. 1996. Winter legume cover crop benefits to corn: rotation vs. fixed nitrogen effects. *Agronomy Journal*, 88: 527-535. DOI: <https://doi.org/10.2134>
- Uchino H, Iwama K, Jitsuyama Y, Yudate T and Nakamura S. 2011. Yield losses of soybean and maize by competition with interseeded cover crops and weeds in organic – based cropping systems. *Field Crops Research*, 113: 342-351. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.06.013
- Verhulst , N., Goverts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalma, M., Wall, P., Deckers, J. and Sayre, K. D. 2010. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems? In: Lal, R. and Stewart, B. A. (Eds.). *Advances in soil science: Food security and soil quality*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp: 137-208. DIO:10.1201/EBK1439800577-7
- Wade M K and Sanchez A.1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon Basin. *Agronomy Journal*, 75: 39-45. DOI: <https://doi.org/10.2134>
- Wittwer, R. A., Dorn, B., Jossi, W., and van der Heijden, M. G. A. 2017. Cover crops support ecological intensification of arable cropping systems. *Scientific Report*. 7:41911. doi: 10.1038/srep41911
- Zhang, X. R., H. W. Li, J. He, Q. J. Wang and M. H. Golabi. 2009. Influence of conservation tillage practices on soil properties and crop yields for maize and wheat cultivation in Beijing, China. *Australian Journal of Soil Research*, 47: 362-371. DoI: 10.1071/SR08110.