تأثیر کود سبز خلر و ماشک بر برخی ویژگی‌های خاک و عملکرد سیب زمینی و گندم

جواد لامعی هروانی[1] و محمداسماعیلی آفتابدری

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان؛ jlh_1336@yahoo.com

کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان؛ aftabdari@yahoo.com

دریافت: 92/8/7 و پذیرش: 93/2/22

چکیده

جهت بررسی امکان کشت گیاهان خلر و ماشک بعد از برداشت گندم و هم چنین تاثیر کود سبز حاصل از این گیاهان بر عملکرد سیب‌زمینی و گندم در چرخه تناوب زراعی، این تحقیق به مدت چهار سال زراعی (1388 – 1384) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقاتی خیرآباد زنجان اجرا گردید. 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 هر دو دوره توالی کشت، بین تیمارهای آزمایش از نظر عملکرد علوفه خشک و میزان تجمع نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی، تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کمترین مقادیر علوفه خشک (1/95-1/63 تن در هکتار) و تجمع نیتروژن (21/22-17/67کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد حاصل شد. بین دو گیاه خلر و ماشک از نظر تولید علوفه خشک، تفاوت معنی‌دار نبود. در نتایج تجزیه مرکب ، تأثیر تیمارها بر میانگین عملکرد سیب‌زمینی، عملکرد بیولوزیک و عملکرد دانه گندم معنی‌دار بود. بیشترین مقادیر این صفات از تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک حاصل شدند. در تیمار افزودن کود سبز ماشک، میانگین عملکرد سیب‌زمینی (38/47 تن در هکتار)، عملکرد دانه گندم (3/71 تن در هکتار)، میانگین وزن - قطر خاکدانه‌ها (1/46) و کربن آلی خاک (0/77 درصد) بیشتر از بقیه تیمارها بود. نتایج این تحقیق موفقیت کشت گیاهان خلر و ماشک در شرایط آیش تابستانی و تأثیر مثبت افزودن کودسبز ناشی از این گیاهان را به خاک، در بهبود عملکرد سیب‌زمینی، گندم و برخی ویژگی‌های خاک نشان داد

واژه‌های کلیدی: آیش تابستانی، گیاهان پوششی، عملکرد ماده خشک، تجمع نیتروژن

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: زنجان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان

مقدمه

امروزه در اثر بهره‌برداری بیش از حد از زمین‌های کشاورزی و تغذیه گیاهان زراعی توسط کودهای شیمیایی بدون توجه به کودهای آلی در تغذیه خاک، وضعیتی به وجود آمده که خاک‌های کشاورزی ما جز خاک‌های فقیر از مواد آلی محسوب، که این موضوع به کارگیری کودهای سبز و دامی را در تناوب زراعی ایران ضروری می‌نماید (تاج بخش و همکاران، 1384؛ کوچکی و همکاران، 1384). کاشت گیاهان علوفه‌ای یک ساله با هدف مصرف کود سبز و به عنوان زراعت اصلی در مناطق سرد، 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 می‌باشد. اگرچه تقریباً هر گیاه زراعی می‌تواند به عنوان کود سبز مورد استفاده قرار گیرد، اما لگوم‌ها به دلیل توانایی بالا در تثبیت نیتروژن جو، برای این منظور ترجیح داده می‌شوند (تاج‌بخش و همکاران، 1384؛ کوچکی و همکاران 1384).

از جمله سیستم‌های زراعی رایج در استان زنجان، توالی کشت گندم – سیب زمینی یا جو- سیب-زمینی بوده و در فاصله برداشت گندم یا جو در (دهه اول تیر ماه لغایت دهه اول مرداد ماه) تا کشت سیب‌زمینی (دهه اول خرداد ماه)، زمین به صورت آیش باقی می‌ماند. استفاده از گیاهان علوفه‌ای یک ساله در فضاهای خالی آیش تابستانی به عنوان گیاه پوششی و کود سبز، علاوه بر کنترل فرسایش و حفاظت خاک و آب، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش مواد آلی، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، کنترل علف‌های هرز و جبران بخشی از کمبود علوفه، استفاده از کود سبز حاصله از این گیاهان ضمن کاهش تقاضا برای مصرف کودهای شیمیایی، در افزایش بهره‌وری محصولات و گیاهانی که متعاقب آن کشت می‌گردد، مؤثر می‌باشد (نگوآجیو و مننن، 2005؛ مننن و همکاران، 2006؛ کرس چنمن، 2007؛ فرانز لوبرز ، 2007 و چو و دایمون، 2008).

خلر و ماشک، گیاهان علوفه‌ای یک ساله‌ای هستند که با توجه به کوتاهی طول مدت دوره رویشی، تحمل به سرما، خشکی، آفات و بیماری‌ها می‌توان آن‌ها را بعد از برداشت گندم، جو و کلزا در برنامه کشت دوم به جای آیش تابستانی قرار داده و ضمن استفاده بهینه از زمین و زمان، اقتصادی کردن تولید، حفاظت خاک از خطر فرسایش آبی و بادی،کنترل علف‌های هرز و بازیافت ضایعات حاصل از ریزش گندم، جو و پسماند کاه و کلش، علوفه حاصل از آن را در مرحله 50 درصد گلدهی (نیمه دوم مهرماه) به عنوان کود سبز جهت افزایش مواد آلی و حاصل خیزی خاک مورد استفاده قرار داد. مقدار تثبیت نیتروژن و سایر عناصر غذایی توسط این گیاهان با توجه به گونه، زمان، تراکم، روش کشت و شرایط محیطی متفاوت می‌باشد (لامعی،1390؛ آندی،2007؛ پرستون، 2003؛ دیوید، 2003).

مواد و روش‌ها

این تحقیق از سال 1384 به مدت چهار سال زراعی (88 – 1384) در ایستگاه تحقیقاتی خیرآباد زنجان اجرا گردید. محل اجرای آزمایش در فاصله 48 درجه و 47 دقیقه طول شرقی و 36 درجه و 31 دقیقه عرض شمالی با ارتفاع 1770 متر از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی این ایستگاه 296 میلی‌متر بوده و با داشتن 119 روز یخبندان در سال، در منطقه نیمه خشک و زیر اقلیم سرد قرار می‌گیرد. آزمایش با اعمال پنج نوع مدیریت شامل 1- کشت گیاه پوششی خلر بعد از برداشت گندم و حذف کامل کود سبز آن، 2- کشت گیاه پوششی خلر بعد از برداشت گندم و افزودن کود سبز آن با خاک، 3- کشت گیاه پوششی ماشک معمولی بعد از برداشت گندم و حذف کامل کود سبز آن، 4- کشت گیاه پوششی ماشک معمولی بعد از برداشت گندم و افزودن کود سبز آن با خاک، و 5- شاهد بدون کشت گیاه پوششی (گندم ریزشی)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد.

گیاهان علوفه‌ای مورد استفاده متعلق به دو گونه خلر (*Lathyrus sativus* L.) و ماشک (*Vicia sativa* L.) بودند. برای اجرای آزمایش در تابستان 1384 قطعه زمینی از اراضی گندم برداشت شده با کمباین که در پاییز 83 کشت گردیده و یکنواختی کامل در آن برقرار بود انتخاب و پس از جمع آوری کلش حاصل از کمباین، اقدام به اجرای پروژه در آن گردید. پس از تعیین محل آزمایش،کرت بندی جهت اعمال تیمارها در هر تکرار انجام و با میخ کوبی تا پایان اجرای طرح ثابت نگه داشته شد. مساحت هر کرت آزمایشی 27 مترمربع بود. قبل از اعمال تیمارها از محل آزمایش یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا 30 سانتی متری تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن توسط آزمایشگاه تعیین گردید. کشت گیاهان خلر و ماشک بدون عملیات خاک ورزی به فاصله خطوط 20 سانتی متر و تراکم 250 دانه در متر مربع در نیمه دوم تیرماه هر توالی کشت با دست انجام و بلافاصله آبیاری گردید. تعداد دفعات آبیاری با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی از 5-4 نوبت متغیر بود. برداشت

علوفه تر در اواخر دهه دوم مهرماه و مرحله 50 درصد گلدهی گیاهان خلر و ماشک همزمان از ارتفاع پنج سانتی متری خاک توسط داس به روش دستی انجام گردید. جهت تعیین عملکرد ماده خشک و عملکرد نیتروژن گیاهان خلر و ماشک، قبل از به زیر خاک بردن آن‌ها، علوفه تر هر یک از تیمار ها از سطح 8 متر مربع برداشت و بعد از تفکیک علوفه برداشت شده به اجزای تشکیل دهنده آن (گیاه خلر یا ماشک + علف هرز + گندم سبز رویشی) وزن آن‌ها جداگانه توزین گردیدند. 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 72 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت تعیین گردید. درصد نیتروژن در ماده خشک هر یک از گیاهان نیز با استفاده از دستگاه کجلدال (Kejeltec Auto Analyzer 1030) مشخص گردید (بریمر، 1965).

پس از تعیین درصد ماده خشک، کل ماده خشک تولیدی هر تیمار محاسبه شد. در ادامه اجرای طرح (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 گاو آهن با خاک مخلوط گردید. در تیمارهای حذف بقایای خلر و ماشک، علوفه تر تمامی سطح کرت-های آزمایشی برداشت و از مزرعه خارج گردید. در نیمه دوم اردیبهشت سال 1385، ابتدا کود اوره و سوپر فسفات به ترتیب به میزان 100 و 100 کیلوگرم در هکتار به هر یک از تیمارها داده شد. پس از انجام یک بار دیسک و ایجاد فاروهای 75 سانتی متری، کاشت سیب‌زمینی رقم آگریا در اندازه غده 55-35 میلی متر به روش دستی با فاصله روی ردیف 25 سانتی متر در وسط پشته‌ها انجام گردید. تعداد و طول خطوط هر یک از کرت‌های آزمایشی شش خط شش متری بود. در طول دوره رشد سیب‌زمینی مقدار 100 کیلوگرم کود اوره به صورت سرک مصرف گردید. مراقبت‌های زراعی در طول داشت سیب-زمینی مطابق عرف معمول اعمال گردید.

جهت رکوردگیری محصول، برداشت سیب-زمینی در نیمه اول مهر ماه پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای خطوط هر کرت در ابعادی به مساحت 12 متر مربع انجام گردید. پس از برداشت سیب‌زمینی، در ادامه اجرای طرح در کلیه تیمارهای آزمایشی در نیمه دوم مهر ماه کاشت یکنواخت گندم رقم شهریار انجام گردید. توالی مورد کشت برای بار دوم در چرخه تناوب تکرار گردید. جهت 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 گردید. اندازه-گیری پایداری ساختمان خاک به روش الک کردن در آب (Wet sieving) انجام گرفت (یودر، 1936). نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری به صورت میانگین وزنی قطر (Mean Weight Diameter) بیان گردید. میانگین وزنی قطر (MWD) از فرمول $MWD=\Sigma_{i=1} X_iW_i$ محاسبه گردید. میانگین وزنی قطر از حاصل ضرب دو عامل زیر به دست آمد.

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

2- 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 گردیدند.

نتایج

الف: تأثیر گیاهان پوششی بر عملکرد سیب‌زمینی:

در نتایج تجزیه مرکب داده‌های حاصل از دو دوره توالی کشت، تأثیر مدیریت‌های مختلف کود سبز گیاهان پوششی بر عملکرد سیب‌زمینی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. در بین تیمارهای اعمال شده بیشترین مقادیر عملکرد سیب‌زمینی از تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک حاصل شدند (جدول-1). عملکرد سیب‌زمینی در تیمارهای افزودن کود سبز خلر (36/99 تن در هکتار) و ماشک (38/47 تن در هکتار)، به ترتیب 11/5 و 13/6 درصد بیشتر از تیمارهای حذف کود سبز این گیاهان بودند (جدول 1). دلایل این امر را می‌توان به قدرت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و هم چنین برگشت مقادیر بالای عناصر پر مصرف و کم مصرف تجمع یافته در بافت اندام های هوایی این گیاهان به خاک عنوان کرد. به طوری که در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک، به دلیل دریافت کود سبز، بخشی از نیاز غذایی سیب زمینی به این عناصر تأمین گردید. در تیمارهای حذف کود سبز خلر ماشک به دلیل برداشت و مصرف بخشی از عناصر خاک توسط این گیاهان و همچنین عدم برگشت کود سبز حاصل از آن ها در خاک، میانگین عملکرد سیب‌زمینی کمتر از تیمارهای افزودن کود سبز این گیاهان بود. نتایج حاصل از این بررسی با مطالعات صباحی و همکاران، 1385؛ اوز یازیکی و منگا،2000 و کو و جلوم، 2002 نسبتاً مشابه بود. این محققین نیز اثر کشت گیاهان علوفه‌ای یک ساله را بر عملکرد محصولات متعاقب مفید ارزیابی کردند. در بررسی‌های صباحی و همکاران

(1385) در بین سه گیاه پوششی شبدر، ماشک معمولی و لوبیا بیشترین عملکرد اقتصادی سیر (8660 کیلوگرم در هکتار) از کرت‌هایی که قبلاً شبدر به عنوان کود سبز کشت گردیده بود حاصل شد. اوز یازیکی و منگا (2000) در آزمایشی تأثیر کود سبز ناشی از تعدادی از گیاهان علوفه‌ای را بر صفات کمی و کیفی ذرت و آفتابگردان در استان سمسان واقع در سواحل دریای سیاه ترکیه مورد بررسی قرار دادند. گیاهان علوفه‌ای مورد استفاده در این بررسی در شرایط آیش زمستانی کشت شده و متعلق به گونه‌های باقلا (*Vicia narbonensis*)، ماشک معمولی (*Vicia sativa L.*)، خلر (*Lathyrus sativus L.*)، نخود علوفه‌ای (*Pisum . arvense L*)، شبدر ایرانی (*Trifolum .resipinatum L*) و لوپن (*Lupinus albus L.*) بودند. در نتایج حاصل بیشترین مقادیر عملکرد دانه ذرت (9742 کیلوگرم در هکتار) و آفتابگردان (4938 کیلوگرم در هکتار) از تیمارهای کود سبز باقلا بدست آمد. عملکرد دانه ذرت و آفتابگردان بعد از کود سبز باقلا به ترتیب 51/7 و 50 درصد و بعد از کود سبز ماشک معمولی 36/8 و 36/4 درصد افزایش نشان دادند. این محققین در مطالعات خود نتیجه گیری نمودند که در مناطق مرطوب دریای سیاه، کود سبز خلر کم‌ترین تأثیر را بر عملکرد دانه ذرت و آفتابگردان دارد. کو و جلوم (2002) متوسط عملکرد چهار ساله ذرت بعد از سه گیاه پوششی ماشک گل خوشه‌ای، چاودار و ریگراس را به ترتیب 14/45، 9/77 و 8/75 تن بر هکتار گزارش کردند. در تیمار شاهد که پوشش گیاهی آن عمدتاً کیسه کشیش بود، متوسط عملکرد چهار ساله ذرت9/45 تن بر هکتار به دست آمد. در این آزمایش متوسط تجمع نیتروژن در تیمارهای چاودار، ریگراس، ماشک، ماشک + چاودار، ماشک + ریگراس و شاهد به ترتیب 20/8، 17/9، 58، 48، 57 و 9 کیلوگرم نیتروژن بر هکتار بود. میانگین عملکرد سیب‌زمینی در تیمار شاهد (35/04 تن در هکتار) به ترتیب 5/6 و 9/8 درصد کمتر از تیمارهای افزودن کود سبز گیاهان خلر و ماشک بود. دلیل این موضوع را می‌توان به پایین بودن مقادیر ماده خشک برگشتی به خاک در این تیمار کشت و همچنین نسبت بالای کربن به نیتروژن در بافت اندام‌های گیاه پوششی گندم (19/15) نسبت داد. با اعمال دو دوره توالی کشت، مجموع مقادیر ماده خشک برگشتی در تیمار افزودن کود سبز گندم ریزشی در خاک (3/58 تن در هکتار) بوده که به ترتیب 94/7 و 102 درصد کمتر از مجموع ماده خشک برگشتی در تیمارهای افزودن کود سبز خلر (6/97 تن در هکتار) و ماشک (7/23 تن در هکتار) بود (جدول 1).

جدول 1- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک،میزان تجمع نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی گیاهان پوششی و تأثیر آن بر عملکرد سیب زمینی

تیمارها	عملکرد ماده خشک (تن در هکتار)		میزان جذب کل نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)		عملکرد سیب‌زمینی (تن در هکتار)			
	دور اول تناوب (84)	دور دوم تناوب (86)	دور اول تناوب (84)	دور دوم تناوب (86)	دور اول تناوب (85)	دور دوم تناوب (87)	میانگین دو تناوب	درصد به شاهد
حذف کود سبز خلر	3/27ab	4/43a	104a	156/9a	27/98b	38/33	33/16b	94/6
افزودن کود سبزخلر	2/82ab	4/15ab	92a	135/7a	29/82b	44/16	36/99ab	105/6
حذف کود سبز ماشک	3/77a	3/1ab	94a	77/3b	29/3b	38/44	33/87b	96/7
افزودن کود سبز ماشک	4/07a	3/16ab	97/1a	75/17b	33/5a	43/44	38/47a	109/8
شاهد (کود سبز گندم)	1/63b	1/95b	17/67b	21/22b	28/7b	41/39	35/04ab	100
LSD	**	**	**	**	+	ns	*	-

**، *، + و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد، ده درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشند

در این بررسی مقادیر نسبت کربن به نیتروژن در گیاهان خلر، ماشک و گندم سبز به ترتیب 11، 12/1 و 19/15 حاصل گردید. پائین بودن مقادیر نسبت کربن به نیتروژن در گیاهان خلر و ماشک سبب می‌شود که بافت-های این گیاهان در صورت استفاده به عنوان کود سبز، زودتر از گندم سبز در خاک تجزیه شده و بخش زیادی از نیاز نیتروژن گیاهان بعدی در تناوب را تأمین نماید. کلارک و همکاران (2004) و دکر و همکاران (1994) گزارش کردند که بقولاتی مثل ماشک گل خوشه‌ای و شبدرها به علت داشتن غلظت بالای نیتروژن و نسبت پایین C/N، خیلی سریع در خاک تجزیه شده و باعث همزمانی آزادسازی نیتروژن از بقایای گیاهی با تقاضای گیاه برای نیتروژن می‌شوند. کو و جلوم (2002) و یو و همکاران (2004) در بررسی‌های خود گزارش نمودند که

ماشک معمولی تحت شرایط محیطی مناسب استعداد تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را دارا بوده، که حدود 50 درصد آن توسط خود گیاه مصرف و مابقی در اختیار گیاهان مورد کشت بعدی قرار می‌گیرد. میانگین عملکرد سیب‌زمینی حاصل از اعمال دو دوره توالی کشت در تیمار افزودن کود سبز ماشک (38/47 تن در هکتار) علیرغم عدم تفاوت معنی‌دار با تیمار افزودن کود سبز خلر (36/99 تن در هکتار) 1/48 تن در هکتار و یا به عبارت دیگر 4 درصد بیشتر از تیمار افزودن کود سبز خلر بود. دلیل تفاوت را می‌توان به تفاوت در نسبت کربن به نیتروژن، سرعت تجزیه بقایای این گیاهان در خاک و مقدار نیتروژن قابل دسترس گیاهان خلر و ماشک برای گیاه بعدی نسبت داد. دکر و همکاران (1994)، توربرت و همکاران (1996) و وین و همکاران (1999) در بررسی‌های خود بیان کردند که مقدار نیتروژن قابل دسترس گیاه پوششی برای گیاه بعدی وابسته به نوع گیاه پوششی بوده و معمولاً در گیاهان بقولات مقدار آن بیشتر از گیاهان غیر بقولات است. بین لگوم‌ها هم تغییرات قابل توجهی از نظر قابلیت دسترسی نیتروژن می‌تواند وجود داشته باشد (واگر، 1989 و دکر و همکاران، 1994).

اگرچه میانگین عملکرد سیب‌زمینی در تیمارهای افزودن کود سبز، در هر دو دوره از توالی‌های کشت بیشتر از تیمارهای حذف کود سبز گیاهان خلر و ماشک و شاهد بود، ولی این افزایش عملکرد متناسب با مقادیر ماده خشک و نیتروژن تزریق شده از گیاهان پوششی به خاک 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، وجود شرایط دنیتریفیکاسیون در پاییز و زمستان، احتمال آب شویی عناصر غذایی در بهار، ویژگی‌های رشد سیب زمینی در مراحل اولیه رشد و توفیق بیشتر علف‌های هرز در جذب عناصر غذایی رها شده از تجزیه بقایا نسبت داد. کوچکی و همکاران (1384) در مطالعات خود بیان نمودند که عواملی مانند مقدار مواد آلی، میزان اکسیژن، مقدار رطوبت، pH، و درجه حرارت خاک اثر قابل ملاحظه‌ای بر فرایند دنیتریفیکاسیون دارند.

با توجه به اینکه در مناطق سرد و در شرایط کشت تابستانی گیاهان خلر و ماشک، زمان برگردانیدن کود سبز این گیاهان به خاک در دهه دوم و یا سوم مهر ماه انجام می‌گیرد، از این رو در چنین مناطقی به دلیل کاهش دما و تبخیر، شروع بارندگی‌های پاییزه، افزایش رطوبت خاک و طولانی بودن مدت زمان یخبندان، شرایط محیطی مناسب برای فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها فراهم نبوده که در چنین شرایطی تجزیه بقایای گیاهی و رها سازی عناصر غذایی از فرم آلی به فرم معدنی متوقف و یا با سرعت بسیار کمتری انجام می‌گیرد. به طوری که می‌توان گفت فرایند تجزیه بخش زیادی از مواد گیاهی افزوده شده به خاک در بهار سال بعد پس افزایش دما و کاهش رطوبت خاک اتفاق می‌افتد. طولانی شدن سرعت تجزیه بقایا در مناطق سرد، عدم انطباق زمانی بین نیاز غذایی گیاه زراعی و فراهمی عناصر غذایی از بقایای گیاهی را به همراه داشته و سبب می‌شود در دوره‌ای از رشد گیاه زراعی، که به مقدار زیادی از عناصر غذایی نیاز دارد، تأمین بخش زیادی از این نیاز به دلیل کندی فرایند تجزیه، از محل مواد گیاهی اضافه شده فراهم نگردد.

جدول شماره 2 میزان بارندگی و تعداد روزهای یخ‌بندان، را در محل اجرای طرح نشان می‌دهد. تعداد روزهای یخ‌بندان از ابتدای مهر لغایت پایان فروردین ماه به ترتیب در سال 1384 (138)، 1385 (137)، 1386 (141) و 1387 (133) روز بودند. در این فاصله زمانی (مهر لغایت فروردین) میزان بارندگی به ترتیب در سال‌های 1384 (234/3)، 1385 (295/3)، 1386 (159/6)، 1387 (153/3) میلی متر ثبت، که به ترتیب 58/1، 62/8، 35 و 65/3 درصد کل میزان بارندگی در سال‌های مذکور را به خود اختصاص می‌دادند. داده های ثبت شده در ایستگاه تحقیقاتی خیراباد تأییدی بر نامناسب بودن شرایط اقلیمی برای فعالیت میکروبی و هم چنین تجزیه سریع بقایای گیاهی به مدت هفت ماه می‌باشد. تاج بخش و همکاران (1384) در مطالعات خود بیان داشتند که میکرو ارگانیسم‌های مسئول تجزیه اندام‌های گیاهی در خاک، در دماهای بالا و رطوبت کافی با شدت بیشتری تکثیرمی‌یابند این محققین دما، اکسیژن، دسترسی به منابع غذایی و شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را از عوامل مهم و اثر گذار بر فعالیت‌های بیولوژیکی ذکر نمودند.

طولانی بودن مدت یخبندان در مناطق سرد و وجود شرایط بی هوازی در خاک، که لازمه انجام فرایند دنیتریفیکاسیون است، می‌تواند یکی دیگر از عوامل اثر گذار در عدم کارایی کود سبز خلر و ماشک برای کشت بعدی (سیب‌زمینی) بشمار آید. در این مناطق وجود یخبندان مانع ورود اکسیژن (O_2) به خاک گردیده و شرایط را برای فعالیت میکروب‌های غیر هوازی، تصعید نیترات و هدر روی عنصر غذایی نیتروژن فراهم می‌نمایند. نتایج بدست آمده از برخی پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد که ممکن است بیش از 60 درصد ازت موجود در مواد آلی بر اثر دنیتریفیکاسیون به هدر رود (تاج بخش و همکاران، 1384). 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 بقایای گیاهی 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.

اگرچه هم‌زمان با افزایش دما و تبخیر در بهار شرایط لازم برای فعالیت هوازی میکروب‌های خاک زی در مناطق سرد فراهم می‌گردد، ولی به دلیل عدم هم‌زمانی تقاضای گیاه با آزادسازی عناصر غذایی از بقایای گیاهی و همچنین برتری علف‌های هرز در جذب عناصر غذایی، بوته‌های سیب‌زمینی به میزان کمتری از عناصر غذایی رها شده استفاده می‌نمایند. نظر به اینکه در مناطق سرد کشور به منظور کاهش احتمال خسارت سرما و هم چنین آفات و بیماری‌های گیاهی مناسب‌ترین زمان کاشت سیب‌زمینی دهه سوم اردیبهشت لغایت دهه اول خرداد توصیه شده است، بنابراین در چنین مناطقی تا زمان کاشت سیب‌زمینی قطعات زراعی اختصاص یافته به کشت سیب‌زمینی به مدت 60 روز خالی از کشت بوده و علف‌های هرز سبز شده در بهار فرصت زیادی را برای استفاده از عناصر غذایی رها شده از بقایای گیاهی دارا می‌باشند. ویژگی‌های رشد سیب‌زمینی یکی دیگر از عوامل تأثیر گذار در عدم هم‌زمانی تقاضای گیاه با آزادسازی عناصر غذایی از بقایای گیاهی به شمار آید بدین ترتیب که غده‌های سیب-زمینی پس از کاشت تا جوانه زنی، ظهور ریشه و استقرار آن در خاک به مدت حدود40-35 روز از اندوخته غذایی غده‌ها استفاده نموده و در این مدت بخش بسیار ناچیزی از نیاز غذایی خود را از خاک تأمین می‌نماید. بنابراین این احتمال وجود دارد که بخشی از عناصر غذایی رها شده از تجزیه بقایای گیاهی به دلیل عدم استقرار ریشه‌های گیاه سیب‌زمینی در خاک قابل استفاده گیاه نبوده و این احتمال وجود دارد که با آبیاری مزارع سیب‌زمینی و یا بارندگی-های بهاره شستشو و به اعماق غیر قابل دسترس از ناحیه ریشه سیب‌زمینی منتقل گردد.

در تجزیه واریانس ساده و مرکب داده‌های حاصل از درجه‌بندی غده‌های سیب‌زمینی، اثر تیمارهای آزمایش بر میانگین مقادیر اندازه غده در درجات کمتر از 35، 55 -35 و بیشتر از 55 میلی متر در هیچ یک از دوره‌های توالی کشت معنی‌دار نبود (جدول 3). در هر دو دوره از توالی‌های کشت، میانگین درصد غده‌های بذری (55 – 35 میلی متر) و درشت در تیمارهای مورد مطالعه بیشتر از درصد غده‌های ریز (کمتر از 35 میلی‌متر) بود. میانگین درصد غده‌های بذری در نتایج تجزیه مرکب داده ها 50/98 درصد بودند. دامنه تغییرات درصد غده‌های ریز در دوره‌های توالی کشت از (20/53 – 12/41) درصد متفاوت بودند.

جدول 2- مجموع تعداد روزهای یخبندان و میزان بارندگی در ایستگاه تحقیقاتی خیرآباد

فصل	میانگین بارندگی						تعداد روزهای یخبندان					
	سال 1384	سال 1385	سال 1386	سال 1387	سال 1388	میانگین 16 ساله	سال 1384	سال 1385	سال 1386	سال 1387	سال 1388	میانگین 16 ساله
بهار	116/9	108/2	180/1	31/3	99/3	110/9	13	11	16	14	21	17
تابستان	12/7	3/4	88/6	33/8	36/1	28/0	0	0	0	0	0	0
پاییز	58/7	98/1	90/0	62/5	94/4	73/2	46	43	46	44	44	46
زمستان	121/3	90/3	55/1	60/1	93/5	71/0	79	82	79	75	53	79
مجموع	309/6	300/0	413/8	187/7	323/3	283/2	138	137	141	133	125	142/3

جدول 3- مقایسه تأثیر مدیریت‌های مختلف گیاهان پوششی بر میانگین درصد غده‌های ریز، درشت و اندازه بذری سیب‌زمینی به تفکیک دوره‌های توالی کشت

تیمارها	میانگین درصد غده‌های ریز میلی متر ≤ 35			میانگین درصد غده‌های اندازه بذری میلی متر 55 - 35			میانگین درصد غده‌های اندازه درشت میلی متر ≥ 55		
	دور اول 1385	دور دوم 1387	میانگین دو ساله	دور اول 1385	دور دوم 1387	میانگین دو ساله	دور اول 1385	دور دوم 1387	میانگین دو ساله
حذف کود سبز خلر	13/28	22/13	17/7	64/38	37/73	51/05	22/36	40/14	31/25
افزودن کود سبزخلر	13/62	19/53	16/57	66/48	38/93	52/7	19/87	41/55	30/71
حذف کود سبز ماشک	12/38	26/05	19/21	66/63	30/28	48/45	21	43/68	32/34
افزودن کود سبز ماشک	11/5	18/6	15/05	67/78	37/68	52/73	20/73	43/73	32/22
شاهد (کود سبز گندم)	11/3	16/33	13/81	66/4	43/5	54/95	22/3	40/18	31/24
میانگین	12/41	20/53	16/47	66/33	37/62	51/98	21/25	41/85	31/55
LSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشند

ب: تأثیر گیاهان کود سبز بر عملکرد گندم:

در نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها تأثیر مدیریت‌های مختلف کود سبز گیاهان پوششی بر میانگین عملکرد بیولوژیکی و دانه گندم به ترتیب در سطح احتمال پنج و ده درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقادیر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه از دور دوم توالی کشت حاصل شدند (جدول 4). مقادیر میانگین عملکرد بیولوژیکی (12/17 تن در هکتار) و عملکرد دانه گندم (4/22 تن در هکتار) در دور دوم توالی کشت به ترتیب 12/16 و 85 درصد بیشتر از دور اول توالی کشت بودند. بخشی از تفاوت مشاهده شده در میانگین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم در توالی‌های کشت را می‌توان به زمان کشت، شرایط آب و هوایی، جمعیت علف‌های هرز، طبقه بذر گندم مورد استفاده، مواظبت‌های زراعی و بخشی دیگری از آن را به تجزیه میکروبی بقایای گیاهی، فرایند معدنی شدن کود سبز گیاهان پوششی در طول زمان و افزایش توانایی خاک در فراهم کردن عناصر مورد نیاز در طول فصل رشد برای گیاه بعدی نسبت داد.

جدول 4- تأثیر مدیریت‌های مختلف کود سبز گیاهان پوششی بر میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها، درصد کربن آلی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم به تفکیک دوره‌های اول و دوم تناوب

تیمارها	عملکرد بیولوژیکی گندم (تن در هکتار)				عملکرد دانه گندم (تن در هکتار)				میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها	درصد کربن آلی
	دور اول تناوب 1386	دور دوم تناوب 1388	میانگین دو دوره تناوب	درصد نسبت به شاهد	دور اول تناوب 1386	دور دوم تناوب 1388	میانگین دو دوره تناوب	درصد نسبت به شاهد		
حذف کود سبز خلر	10/13	11/9ab	11b	102/1	2/03	3/65	2/84c	91/6	1/323	0/732
افزودن کود سبز خلر	11/18	13/4a	12/29a	113/7	2/52	4/48	3/5ab	112/9	1/413	0/765
حذف کود سبز ماشک	10/73	12ab	11/36ab	105/1	2/13	4/11	3/12bc	100/6	1/313	0/743
افزودن کود سبز ماشک	11/46	12/8a	12/13a	112/1	2/85	4/57	3/71a	119/7	1/462	0/770
افزودن کود سبز گندم (شاهد)	10/76	10/8b	10/8b	100	1/89	4/31	3/1bc	100	1/320	0/715
میانگین	10/85	12/17	11/51	-	2/28	4/22	3/25	-		
Lsd	ns	*	*	-	ns	ns	+	-	ns	ns

*، + و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، سطح احتمال ده درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشند

در نتایج تجزیه ساده و مرکب داده‌های حاصل از دور اول و دوم توالی کشت، بیشترین و کم‌ترین مقادیر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم به ترتیب از تیمارهای افزودن و حذف بقایا حاصل شدند. میانگین عملکرد بیولوژیکی گندم در تیمار افزودن کود سبز خلر و در دور های اول (11/18 تن در هکتار) و دوم (13/38 تن در هکتار) توالی کشت به ترتیب 10/4 و 12/15درصد و در تیمار افزودن کود سبز ماشک 6/8 و 6/5 درصد بیشتر از تیمار حذف بقایای این گیاهان بودند (جدول 4). مقادیر درصد افزایش عملکرد دانه گندم در تیمار افزودن بقایای خلر نیز در دورهای اول (2/52 تن در هکتار) و دوم (4/48 تن در هکتار) توالی کشت به ترتیب 24/1 و 22/7 درصد و در تیمار افزودن کود سبز ماشک 33/8 و 11/2درصد بیشتر از تیمار حذف بقایای این گیاهان بودند.

مقادیر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم در تیمار شاهد (گندم ریزشی) در حد واسط بین تیمارهای افزودن و حذف کود سبز گیاهان خلر و ماشک بود. در مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تجزیه مرکب این صفات مقادیر عملکرد بیولوژیکی (12/28 تن در هکتار) و عملکرد دانه گندم (3/5تن در هکتار) در تیمار افزودن کود سبز خلر به ترتیب 13/7 و 12/9 و در تیمار افزودن کود سبز ماشک به ترتیب 12/13، 19/7 درصد بیشتر از شاهد به دست آمدند. دلیل برتری میانگین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک نسبت به شاهد را می‌توان به پایین بودن عملکرد ماده خشک، عملکرد نیتروژن، پتاسیم و همچنین بالا بودن نسبت C/N موجود در بقایای حاصل از گیاه پوششی گندم (گندم ریزشی) نسبت داد. با اعمال دو دوره توالی کشت، دامنه تغییرات میانگین عملکرد نیتروژن تولیدی در تیمارهای افزودن کود سیز خلر، ماشک و گندم ریزشی به ترتیب 135/7-92، 97/1-75/17 و 21/22-17/67 کیلو گرم در هکتار بودند (جدول 1).

اگرچه مجموع مقادیر بقایای گیاهی اضافه شده به خاک در دو دوره توالی کشت در تیمارهای افزودن کود سبز خلر (6/97 تن در هکتار) و ماشک (7/23 تن در هکتار) به ترتیب 94/7 و 102 درصد بیشتر از شاهد (3/58 تن درهکتار) بودند، ولی میزان افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک متناسب با حجم مقادیر بقایای گیاهی اضافه شده نبود. دلیل این موضوع را می‌توان به آب شویی نیتروژن و سایر عناصر غذایی رها شده از فرایند معدنی شدن کود سبز این گیاهان نسبت داد. اگرچه پیش‌بینی می‌شد با انجام شخم جهت کشت گندم، بخشی از عناصر غذایی شستشو شده به اعماق خاک، به سطح رویی انتقال و بدین ترتیب در ناحیه قابل دسترس ریشه گندم قرار گیرد، ولی به دلیل سرد بودن هوا و هم چنین ویژگی‌های رشد گندم این پیش بینی محقق نگردید. در مناطق سرد پس از کشت پاییزه گندم در نیمه دوم مهرماه، با انجام یک تا دو نوبت آبیاری بذور جوانه زده و سبز می‌گردند. بذور سبز شده گندم بر اثر کاهش دما و شروع یخبندان تا اوایل اردیبهشت سال بعد به مدت 7 ماه مرحله توقف رشد و پنجه‌زنی را سپری می‌نمایند. 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 موجود در ناحیه ریشه، مورد استفاده گندم قرار نمی‌گیرد. بنابراین به نظر می‌رسد 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 اینکه در تیمارهای افزودن کود سبز گیاهان خلر و ماشک در مقایسه با شاهد مقادیری زیادی از ماده خشک به خاک برگردانیده شد، ولی به دلیل آب شویی عناصر غذایی و ناتوانی ریشه‌های گندم در جذب عناصر غذایی از اعماق خاک به دلیل کم عمق بودن آن، بین روش‌های مختلف مدیریت کود سبز از نظر قابلیت فراهمی عناصر غذایی تفاوت بسیار معنی‌داری وجود نداشت. البته این احتمال وجود دارد که عناصر غذایی شستشوی شده به اعماق خاک، پس از برداشت گندم و کشت خلر و ماشک در شرایط آیش تابستانی، به دلیل گستردگی و نافذ بودن ریشه این گیاهان در اعماق تحتانی خاک مجدداً مورد استفاده همین گیاهان قرار گیرد.

تاج بخش و همکاران (1384) در مطالعات بیان کردند که حجم هدر روی عناصر غذایی از طریق آب شویی تحت کنترل اقلیم، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نوع محصول و نوع عنصر غذایی و غلظت آن در خاک است. اثرات متقابل این عوامل نیز موجب می‌شود که تلفات عناصر غذایی از راه آب شویی دارای دامنه‌ای وسیع باشد. از آن جا که عناصر غذایی به وسیله آب از محدوده ریشه و نهایتاً از چرخه خارج می‌شوند لذا نوع نزولات جوی و نحوه توزیع آن‌ها بر میزان هدر روی عناصر غذایی از طریق آب شویی تأثیر می‌گذارد. البته مقدار آب شویی و هدر رفت عناصر غذایی در پاییز و زمستان به دلیل یخبندان کمتر از بهار خواهد بود.

ج: 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 1/06 و 0/7 درصد بودند (جدول 5). با افزودن کود سبز گیاهان پوششی به خاک، میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها و میزان کربن آلی خاک در پایان دور دوم توالی کشت، در تیمارهای افزودن کود سبز خلر، ماشک و کود سبز گندم ریزشی به ترتیب 33/3 و 9/3، 37/9 و10 و 24/5، 2/1 درصد بیشتر از مقادیر این صفات در ابتدای اعمال تیمارها بودند. کمترین مقادیر این صفات از تیمارهای حذف کود سبز خلر و ماشک حاصل گردیدند.

جدول 5–خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل آزمایش قبل از کاشت

هدایت الکتریکی	واکنش گل اشباع	مواد خنثی شونده	کربن آلی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	میانگین وزنی قطر خاکدانه ها
dS.m-1		%		mg.kg-1			%		
0/877	7/9	4/1	0/7	12/2	378	34	34	32	1/06

در نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین تأثیر تیمارهای مختلف مدیریت کود سبز گیاهان خلر و ماشک بر میانگین این صفات در خاک تفاوت معنی‌دار نبود (جدول 4). 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 (6/8 و 4/5) و (11/3 و 3/6) 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 کوچک‌تر تبدیل گردیدند (Slaking)، ولی در تیمارهای افزودن کود سبز خلر و ماشک این تأثیر نسبتاً کمتر نمایان بوده و مقادیر زیاد میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در این تیمارها نشانه پایداری نسبتاً بیشتر ساختمان خاک می‌باشد. 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، فعالیت‌های بیولوژیکی خاک در مقایسه با تیمارهای حذف کود سبز این گیاهان تشدید و بدین ترتیب 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 گردیده است (نگوآجیو و مننن، 2005؛ مننن و همکاران، 2006؛ کرس چنمن، 2007؛ فرانز لوبرز، 2007 و چو و دایمون، 2008).

فرهودی و همکاران (1387) گزارش کردند که انجام فعالیت‌های بیولوژیک و افزایش جمعیت میکرو ارگانیسم‌ها 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 بلند مدت منجربه استحکام خاک دانه‌ها و چسبندگی آن‌ها می‌گردد. افزایش چسبندگی خاک، افزایش تخلخل و نفوذپذیری خاک و همچنین مقاومت خاک در مقابل فرسایش را سبب می‌گردد. 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 پژوهشگران می‌باشد. جمع‌بندی نتایج این تحقیق موفقیت کشت گیاهان خلر و ماشک را در شرایط آیش تابستانی مناطق سرد نشان داد. با این روش مدیریت، ضمن استفاده بهینه از فضای خالی نظام‌های زراعی موجود در جهت تولید اقتصادی کود سبز و علوفه و هم چنین استفاده بهینه از ضایعات حاصل از ریزش گندم و جو، شرایط مناسبی برای حفاظت خاک از خطر فرسایش آبی و بادی، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی، افزایش مواد آلی خاک و بهبود عملکرد محصولات بعدی فراهم می‌شود.

فهرست منابع:

1. تاج بخش،م.،ع.حسن زاده قورت تپه و ب.درویش زاده.1384.کودهای سبز در کشاورزی پایدار.انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.215 صفحه.
2. صباحی، ح.؛ س. مینویی و ه. لیاقتی. 1385. مقایسه اثرات گیاه پوششی و کود شیمیایی بر عملکرد سیر و وضعیت علف‌های هرز. مجله علوم محیطی. 13 : 32-23.

3. فرهودی، ر؛ م. ر. چایی‌چی، ن. مجنون حسینی و غ.ثواقبی. 1387. تأثیر مدیریت بقایای گیاهی گندم بر خصوصیات خاک و عملکرد آفتابگردان در سیستم کشت دوگانه. مجله علوم گیاهان زراعی ایران.39 (1): 20 – 11.
4. کوچکی،ع. ر.، ا. غلامی،ع. م. مهدوی دامغانی و ل.تبریزی.1384. اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.385 صفحه.
5. لامعی هروانی،ج.1387. گزارش نهایی پروژه معرفی دو توده محلی خلر و ماشک به عنوان گیاه پوششی در مناطق سرد و معتدل سرد کشور. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان. 69 صفحه.
6. Andy, C. 2007. Managing cover crops profitably (3rd.ed). Published by Sustainable Agriculture Network handbook series (SAN) .Beltsville, MD.www.sare.org.
7. Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. In: Black, C.A., et al. (Eds), Methods of soil analysis. Part2. Agron. Monogr. vol. 9 .ASA, Madison, WI, pp.1149-1178.
8. Ceglarek, F., R. Rudzinski. & D. Buraczynska. 2004. The effect of the amount of seeds sown on the crop structure elements and seed yields of common vetch grown as pure and mixed crops with supporting plants. Annales Universitatis Mariae Curie –Sklodowska, Section E, Agricultura. 59(3): 1147-1154.
9. Cho, B and H. Daimon. 2008. Effect of hairy vetch incorporated as green manure on growth and N uptake of sorghum crop. Plant Prod .Sci.11 (2): 211-216
10. David, F.S. 2003.New green manuring *Lathyrus sativus* variety AC Greenfix available in USA. Lathyrus Lathyrism Newsletter 3.
11. Dekker, A.M., A.J. Clark, J.J. Meisinger, F.R. Mulford, and M.S. McIntosh. 1994. Legume cover crop contributions to no-tillage corn production. Agron. J. 86:126- 135.
12. Franzluebbers, A.J. 2007.Integrated crop-livestock systems in the southeastern USA. Agron.J. 99:349-355.
13. Kirschenmann. F.L. 2007. Potential for a new generation of biodiversity in agro-ecosystems of the future. Agron.J. 99:373-376.
14. Kuo, S and E.J. Jellum. 2002. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn yield. Agron.J. 94: 501-508.
15. Mennan, H., M. Ngouajoo, D. Isik, and E. Kaya. 2006. Effects of alternative management systems on weed populations in hazelnut (Corylus Avellino L.). Crop Port. 25: 835-841.
16. Ngouajio, M and H. Mennan. 2005. Weed populations and pickling cucumber (Cucumis sativus) yield under summer and winter cover crop systems. Crop Port. 24: 521-526.
17. Őzyazici, M.A. and I. Manga. 2000. The effects of some annual forage legumes used as the green manure crop on the yield and quality of the sunsequentmaize and sunflower crops under the irrigated conditions Bafra basin. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 24: 95-103.
18. Preston, S.2003.Overview of Cover Crops and Green Manures.www.attra.ncat.org
19. Torbert, H.A., D.W. Reeves, and R.L. Mulvaney. 1996. Winter legume cover crop benefits to corn: rotation vs. fixed-nitrogen effects. Agron. J. 88:527-535.
20. Yau, S.K., J.R.Yan, M. Pala, M. Nimah and A. Nassar. 2004. Common vetch in rotation with barley: a sustainable farming system for a cool, semi – arid Mediterranean area. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia. 26 Sep-1 Oct
21. Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis and study of the physical nature of erosion losses. J. Am. Soc. Agron. 28: 327-351.
22. Vyn, T.J., K.J. Janovicek, M.H . Miller and E.G. Beauchamp. 1999. Spring soil nitrate accumulation and corn yield response to preceding small grain N fertilization and cover crops. Argon. J. 91:17-24.
23. Wagger, M.G. 1989. Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no till corn. Agron. J. 81:533-538.