مجله کشاورزی بوم‌شناختی ۷ (۱) (۱۳۹۶) ۱۶- ۱

ارزیابی عملکرد و پایداری کشت ذرت علوفه‌ای تحت روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

عباس اسدی سریزدی، هادی ویسی*، رضا میرزایی تالارپشتی، هومان لیاقتی و کورس خوشبخت

گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم‌محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

*نویسنده مسئول: hveisi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۰۱

اسدی سریزدی، ی.، ه. ویسی، ر. میرزایی تالارپشتی، ه. لیاقتی و ک. خوشبخت. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد و پایداری کشت ذرت علوفه‌ای تحت روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۷۰۴. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۷ (۱): ۱۶- ۱.

سابقه و هدف: امروزه کشاورزی حفاظتی با کمترین آسیب و زیان زیست محیطی توجهات زیادی را در سراسر جهان بخود معطوف داشته است. به‌گونه‌ای که کشاورزی حفاظتی در مقیاس‌های گسترده در سطح جهان مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از این روش موجب مصرف بهینه منابع تولید مانند آب و خاک شده و به پایداری تولید در بوم‌نظام (اکوسیستم)های کشاورزی کمک می کند. شخم حفاظتی به عنوان مهم‌ترین جنبه کشاورزی حفاظتی به نظر می‌رسد که در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف متفاوت باشد. در نتیجه ضرورت اولویت‌بندی روش‌های مناسب خاک‌ورزی با توجه به شرایط کشت و شرایط اقلیمی هر منطقه بیش از پیش احساس می‌شود. هدف از تحقیق بالا معرفی سامانه خاک‌ورزی حفاظتی بهینه (شخم حداقل یا کاهش یافته) در تلفیق با مدیریت کودی و بقایا برای رسیدن به بیشترین تولید بوده ضمن اینکه و پایداری بوم‌نظام کارآیی عملیات زراعی به کار گرفته شده در این بررسی با به‌کارگیری شاخص‌های تولید زراعی و ویژگی‌های خاک مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

مواد و روش‌ها: بدین منظور آزمایشی در چهارچوب ۷ روش خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی در کشت ذرت علوفه‌ای پس از کشت گندم به اجرا درآمد و ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی خاک (شامل هدایت الکتریکی، ظرفیت مزرعه، آب قابل دسترس، تخلخل، pH و میزان کربن آلی) و همچنین عملکرد کل و عملکرد بلال مورد سنجش قرار گرفته‌اند. ارزیابی پایداری نظام تولید با استفاده از نرم افزار AEPAT انجام گرفت. داده‌های ارزیابی شده در نرم‌افزار AEPAT تلفیق و پایداری نظام در قالب دو تابع کشاورزی حفاظتی و تولید سنجش شده و از ۰ تا ۱۰۰ امتیازدهی شدند.

نتایج و بحث: نتایج تحقیق نشان داد که تیمار گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره بیشترین میزان رطوبت ظرفیت مزرعه (٪۲۵/۶۳)، آب در دسترس (٪ ۱۵/۶۳)، درصد تخلخل (٪ ۴۹/۲) و کربن آلی (٪ ۰/۷۳) را داشته است. بیشترین میزان عملکرد کل (۸۷/۳ تن در هکتار) و بلال (۲۳/۸ تن در هکتار) نیز در این تیمار به دست آمده است. در مقابل کمترین میزان مربوط به این شاخص‌ها در تیمار "آتش زدن کاه و کلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" به دست آمد. کاهش شاخص‌های بالا در این تیمار رابطه مستقیمی با آتش زدن بقایای گیاهی داشته که افزون بر انباشت عناصر در خاک و افزایش هدایت الکتریکی، کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک را نیز به میزان شایان توجهی کاهش داد. از سوی دیگر بقایای گیاهی در کنترل کیفیت خاک از بعد هدایت الکتریکی و شوری نقش محوری و کلیدی را ایفاء می‌کنند. از یافته‌های آزمایش نتیجه‌گیری می‌شود که میزان ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک با نوع عملیات زراعی و خاک‌ورزی از یکسو و همچنین وجود بقایای گیاهی و افزایش فعالیت میکروبی خاک به منظور ایجاد خلل و فرج و تشکیل ساختار خاکدانه از سوی دیگر ارتباط مستقیم دارد. بهبود ساختار فیزیکی خاک زراعی ضمن افزایش تهویه و نگهداری آب در خاک کیفیت

Archive of SID

www.SID.ir

و سلامت شیمیایی خاک در دراز مدت را به همراه دارد. بنابر نتایج تحلیل پایداری، تیمار گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر + ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار دارای بالاترین نمره از نظر عملکرد بهینه و پایداری (۶۱/۲۱) و تیمار آتش زدن کاه و کلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر دارای پایین‌ترین نمره از نظر عملکرد بهینه و پایداری (۷/۶۳) بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق نشان داد که تلفیق بقایای گیاهی در خاک به همراه خاک‌ورزی حفاظتی نه تنها موجب بهبود عملکرد گیاه ذرت شده بلکه در بهبود کیفیت خاک نیز نقش بسزایی خواهد داشت. ولی اثر بخشی آن مستلزم کاربرد کود اوره به میزان مورد نیاز می‌باشد. افزون براین پایداری نظام تولید نیز تاثیرپذیری مستقیمی از عملیات زراعی داشته و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک می‌تواند به عنوان شاخصی از کارکرد و کارآیی نظام تولید به کار رود.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی حفاظتی، ذرت علوفه‌ای، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، کارایی کشت، توابع خاک، توابع تولید.

مقدمه

امروزه با توجه به محدودیت زمین، تامین امنیت غذایی جمعیت کره زمین به طور فزاینده‌ای با بالا بردن تولید در واحد سطح پیگیری می‌شود. از این رو، با توجه به نقش انکارناپذیر اراضی کشاورزی در جهان در جهت تامین مواد غذایی جمعیت فزاینده جهان، ضرورت مدیریت و استفاده پایدار از اراضی تحت کشت بیش از پیش احساس می‌شود (FAO, 2008). خاک و بستر کشت یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی دخیل در تولید کشاورزی بوده که بدلیل خاک‌ورزی رایج کشاورزی دستخوش تغییرات اساسی ازجمله فرسایش و شوری خاک، کاهش ماده آلی و فعالیت زیستی (بیولوژیکی) و میکروبی خاک شده است. بنابراین توسعه روش‌های کشاورزی حفاظتی به عنوان روشهای جایگزین (Nkala *et al*., 2011) در راستای کم کردن این اثرات در مدیریت پایدار اراضی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در این رابطه، این نوع کشاورزی با مدیریت پایدار و یکپارچه خاک، آب و منابع کشاورزی برای رسیدن به سود آوری اقتصادی پایدار با حفاظت از منابع و بهبود عامل‌های اجتماعی؛ سه راهبرد (استراتژی) ۱- شخم حداقلی و وجود و تامین یک لایه طبیعی برای حفاظت از سطح خاک، ۲- حداقل برهم زدن بستر خاک و در صورت امکان کشت مستقیم بدون خاک‌ورزی و ۳- ایجاد تناوب زراعی مناسب و استفاده از روش‌های بهینه در جهت مدیریت علف هرز و آفات (Claire Mousques, 2007) را دنبال می کند. شخم و خاک‌ورزی زمین‌های زراعی به عنوان یکی از عملیات‌های آن خواهد داشت (Stavi *et al*., 2016). بسته به اقلیم و اولیه زراعی اثرات مستقیمی بر کارکرد خاک و خدمات بوم‌نظامی عامل‌های خاکشناسی منطقه شخم رایج ممکن است که اثرات مثبت و یا منفی روی وضعیت رطوبتی خاک و فراهمی آن برای گیاهان زراعی داشته باشد (Miller *et al*., 2012). با این‌حال، خاک‌ورزی رایج بدلیل کاربرد زیاد ماشین‌ها و ادوات سهم زیادی در انتشار گازهای گلخانه ای به‌ویژه دی اکسید کربن دارد. در مقابل خاک-ورزی حفاظتی در جهت کم کردن اثرات زیانبار کشاورزی بوم‌شناختی (اگرواکولوژی) ناشی از خاک‌ورزی رایج نقش بسزایی را داشته است(Ho, 2011). این نوع کشاورزی به عنوان راهبرد اصلی در برنامه‌ریزی کشاورزی در سده ۲۱ معرفی شده و در بسیاری از کشورها از جمله در آسیا و آفریقا طرح های کشاورزی حفاظتی با نظارت و حمایت سازمان خواربار وکشاورزی ملل متحد اجرا شده است(Kassam and Friedrich, 2011). این طرح هم اکنون در ۱۱۶ میلیون هکتار از اراضی کل جهان در حال اجرا می‌باشد (FAO, 2011). کشاورزی حفاظتی در اراضی استرالیا موجب افزایش رطوبت، پایداری خاک و افزایش عملکرد شده و مهم‌تر از آن پایداری عملکرد را بدنبال داشته است و در بین کشاورزان گسترش روزافزونی داشته است (Llewellyn *et al*., 2012). کشاورزی حفاظتی همچنین در یونان ضمن بهبود عملکرد، سبب کاهش هزینه‌ها و کاهش تخریب و در نتیجه حفظ رطوبت خاک و پایداری کشتزارها شده است (Lithourgidis *et al*., 2009). به‌کارگیری روش-های کشاورزی حفاظتی در ماداگاسکار در یک دوره زمانی ۱۰ ساله سبب بهبود وضعیت خاک و پایداری بازدهی کشتزارها در درازمدت شده و ارائه ادوات مناسب و روش‌های نوین مدیریت زراعی از جمله کشت مخلوط نتایج مثبت را به همراه داشته است (Penot *et al*., 2010). کشاورزان محصولات ارگانیک خاک‌ورزی حفاظتی را برای حفظ کیفیت خاک و باروری و جلوگیری از تخریب خاک جزو اولویت های خود قرار داده اند (Stavi *et al*., 2011)

Archive of SID

www.SID.ir

اگرچه ممکن است مشکلات افزایش هجوم علف‌های هرز به‌ویژه در نظام‌های بدون شخم را در کشتزار بدنبال داشته باشد (Harker *et al*., 2013). در این راستا مدیریت زراعی: شخم چرخشی، تناوب زراعی، گیاهان پوششی جزء روش‌های مهم اجرای بهینه و پایدار کشاورزی حفاظتی می‌شود (Peigne *et al*., 2007). در کل استفاده از خاک-ورزی حفاظتی کاهش یافته بدلیل برخورداری همزمان از سودمندی‌های شخم‌های رایج و بدون شخم موجب کنترل علف‌های هرز، بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، کنترل فرسایش، تثبیت کربن در خاک، کنترل آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شوند (Stavi *et al*., 2016). فرسایش خاک در ایران سالانه ۲ میلیارد متر مکعب برآورد می‌شود (FAO, 2011). ادامه این روند اسیب‌های جبران ناپذیری به همراه دارد. از آنجا که بخش مهمی از فرسایش خاک به سبب خاک‌ورزی غیر اصولی اراضی کشاورزی و مدیریت نادرست و سازوکار نامناسب در این زمینه می‌باشد؛ اجرای طرح‌های کشاورزی حفاظتی می‌تواند در روند پایداری منابع آبی و خاکی موثر واقع شود. از آنجا که ارائه الگوهای کشاورزی حفاظتی به ارتقای سلامت و ارتقاء کیفیت خاک کمک کرده و سبب افزایش عملکرد، پایداری و افزایش طول عمر مفید زمین و کاهش هزینه‌های تولید می‌شود در نتیجه در دراز مدت سبب افزایش درآمد و بهبود معیشت کشاورزان شده و در حصول به امنیت غذایی پایدار نقش بسزایی خواهد داشت. افزایش قیمت نهاده‌ها به سبب هدفمندی یارانه ها، هزینه تولید را در کشاورزی رایج که به نهاده های بیرونی وابسته بوده را به شدت افزایش داده است. لذا استفاده از روش کشاورزی حفاظتی که در بیشتر موارد سبب کاهش هزینه های تولید با استفاده بهینه از ماشین‌ها و ادوات و کاهش ورود نهاده های خارجی مانند کود و آب آبیاری به دلیل وجود مواد آلی وحفظ رطوبت خاک می‌شود و به طور موثری به پایداری مدیریت کشتزار کمک می‌کند. بنابراین اهمیت بررسی روش‌های مختلف کشاورزی حفاظتی در ایران و سنجش شاخص‌های پایداری با معیار استاندارد معتبر بین‌المللی بیش از پیش احساس می‌شود. هدف از تحقیق فوق معرفی سامانه خاک‌ورزی حفاظتی (شخم حداقل یا کاهش یافته) بهینه در تلفیق با مدیریت کودی و بقایا برای رسیدن به بیشینه تولید و پایداری بوم‌نظام می‌باشد. همچنین کارآیی عملیات زراعی به کار گرفته شده در این بررسی با به‌کارگیری شاخص‌های تولید و خاک مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران واقع در ورامین و در قالب طرح عملیاتی سازمان به اجرا درآمد. طرح در قطعه زمینی به گستره تقریبی دو هزار متر مربع که زیر کشت گندم با تراکم ۴۰۰ دانه در مترمربع و با روش کشت فاروبی بوده است. عملیات برداشت گندم در خرداد ماه صورت گرفته و گیاه ذرت علوفه‌ای پس از آن کشت شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل مدیریت بقایای گندم به شرح زیر می باشند:

۱- آتش زدن کاه و کلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر.
۲- جمع آوری کاه و کلش گندم + دیسک و فاروئر.
۳- گردآوری کاه و کلش گندم + خاک ورز مرکب (حفاظتی).
۴- گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ دیسک و فاروئر.
۵- گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر + ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.
۶- گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر.
۷- گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ ساقه خرد کن + خاکورز مرکب (حفاظتی).

خاک‌ورز مرکب یکی از ادوات خاک‌ورزی حفاظتی می باشد که تیغه های چیزل در جلو، دیسک در وسط و غلطک درانتهای دستگاه تعبیه شده است. این دستگاه ضمن ایجاد حداقل بهم زدن خاک خرد کردن یکنواخت و تسطیح سطح خاک را به‌طور همزمان انجام می دهد. پیش از اجرای آزمایش (بعداز برداشت گندم) از خاک محل طرح نمونه‌گیری به عمل آمده و میزان عنصرهای غذایی و ویژگی-های خاک مانند هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، کربن آلی (OC) خاک و ویژگی‌های فیزیکی شامل آب در دسترس در عمق ۳۰ سانتی متری خاک اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ و ۲ آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- ویژگی‌های شیمیایی و غلظت عنصرهای خاک.

Table 1. Soil chemical properties and the concentration of its components.

عمق نمونه برداری Sampling depth (cm)	اسیدیته pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC (ds m^{-1})	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر P (mg kg^{-1})	پتاسیم K (mg kg^{-1})	آهن Fe (mg kg^{-1})	منگنز Mn (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	مس Cu (mg kg^{-1})
0-30	7.3	3.4	0.52	10.6	300	4.4	12.3	0.9	1.4

EC:Electrical conductivity; OC: Organic carbon; P: Phosphorus; K: Potassium; Fe: Iron; Mn: Manganese; Zn: Zinc; Cu:Cupper

جدول۲- ویژگی‌های فیزیکی خاک.

Table 2. Soil physical properties.

عمق نمونه برداری Sampling depth (cm)	درصد ذرات در بافت خاک Soil texture particle size (%)			بافت خاک Soil texture	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr cm^{-3})	درصد وزنی رطوبت خاک Gravimetric soil moisture (%)		آب قابل استفاده در خاک Soil available water (mm m^{-1})
	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay			ظرفیت زراعی Field capacity	نقطه پژمردگی Wilting point	
0-30	12	54	34	سیلتی لوم Silt loam	1.5	22.25	10.6	17.12

ویژگی‌های خاک محل آزمایش

هر کرت آزمایش ۱۰ متر عرض و ۲۰ متر طول داشت. اجرای تیمارها بی‌درنگ پس ازبرداشت گندم آغاز شد. پس از آبیاری و آغاز فرایند پوسیده شدن بقایا، عملیات آماده سازی زمین انجام و ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ کشت شد. گیاه ذرت با تراکم کشت ۷ بوته در متر مربع و با فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی متر کشت شد. پس از برداشت پارامترهای اجزاء عملکرد از جمله عملکرد کل، عملکرد بلال اندازه گیری شد. همچنین پس از برداشت از خاک تا عمق ۳۰ سانتی متر نمونه گیری انجام شده و پس از انتقال به آزمایشگاه به روش‌های استاندارد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. عملکرد بلال در واقع وزن بلال‌های موجود در بوته های ذرت می‌باشد. داده‌های عملکرد و ویژگی‌های خاک به منظور سنجش کارآیی نظام تولید با روش ارزیابی AEPAT (AgroEcosystem Performance Assessment Tool) تلفیق شد و نمره دهی به کشتزار بر پایه ساختار نرم افزار و در قالب دو تابع تولید بهینه محصول و کشاورزی حفاظتی مورد بررسی قرار گرفت. نرم افزار AEPAT یک رویکرد ساده برای ارزیابی عملکرد زراعی و محیط زیست از کشت بوم می‌باشد. این نرم افزار با دریافت داده‌ها در قالب شاخص‌های شایان پذیرش و پس از طرح توابع مورد بررسی و استانداردسازی داده‌ها میزان عملکرد کشتزار را با رویکرد پایدار که همان تولید بهینه بر پایه حفظ منابع بوده را ارائه می‌دهد (Leibig *et al.*, 2004). نرم افزار شاخص‌ها را با الگوریتم تعیین شده خود بررسی و بازنویسی کرده و آن‌گاه بر پایه تابع‌های ارائه شده و وزن‌دهی به شاخص‌ها و توابع میزان کارایی کشتزار را بر پایه نمره ۱ تا ۱۰۰ مشخص می‌نماید. وزن‌دهی به شاخص‌ها و تابع‌ها بر پایه مدل نظری تحقیق و با مشورت و مکاتبه با طراحان نرم‌افزار و متخصصان و نهادهای بین‌المللی تحقیقاتی پیرامون کشاورزی حفاظتی ارائه شد.

شاخص‌های وارد شده در نرم افزار در قالب ۷ تیمار مطرح شده عبارت‌اند از: قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، میزان اسیدیته خاک (soil pH)، عملکردکل، عملکرد بلال، میزان کربن آلی(OC)، میزان آب در دسترس (AW) که اختلاف میزان رطوبت در نقطه پژمردگی (pwp) و نقطه ظرفیت

Archive of SID

www.SID.ir

مزرعه (FC) بوده و بر پایه درصد بیان می‌شود (Hillel, 1982). تخلخل(P) که میزان حجمی از خاک که توسط دانه‌های جامد اشغال نشده باشد را می‌گویند که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$P = \frac{PD-BD}{PD} \qquad (۱)$$

که در این رابطه P تخلخل، PD وزن مخصوص حقیقی خاک و BD وزن مخصوص ظاهری خاک می‌باشد. ظرفیت مزرعه میزان آبی است که وزن یا حجم معینی از خاک در شرایط آزاد زهکشی می‌تواند در خود نگه دارد و دسترس گیاه قرار دهد. میزان رطوبت ظرفیت مزرعه نیز بر حسب درصد بیان می‌شود (Foth, 1990). داده های آزمایش دراغاز در نرم افزار اکسل ثبت و مرتب شدند و مقایسه میانگین بین تیمارها با استفاده از نرم افزار Sigma Stat version 4 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقایسه میانگین شاخص‌های فیزیکی خاک در تیمارهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که ویژگی‌های فیزیکی خاک در بین تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد ($P<0.01$) وجود دارد. تیمار "آتش زدن کاه و کلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" بالاترین و نامطلوب ترین میزان هدایت الکتریکی را نشان داده است. این میزان حتی از میزان اولیه هدایت الکتریکی خاک پیش از کشت نیز بیشتر بود. دلیل آن سوزاندن بقایای گیاهی بوده که سبب آزاد شدن کربن بافت گیاهی در هوا و انباشت عنصرهای باقی‌مانده درخاک زراعی می‌شود. کمترین میزان مربوط به تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن + خاک ورز مرکب" بوده که در مقایسه با تیمار پیشین ۷۱ درصد کاهش نشان داده است. دیگر تیمارها نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با تیمار "آتش زدن کاه و کلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" نشان دادند که این کاهش از ۶۳ تا ۶۹ درصد متغیر بوده است. یافته‌های به دست آمده از هدایت الکتریکی نشان می‌دهد، بقایای گیاهی در کنترل کیفیت خاک از بعد هدایت الکتریکی و شوری نقش محوری و کلیدی را ایفاء می‌کنند. قابلیت هدایت الکتریکی خاک به طور کلی بیانگر یک صفت نامطلوب برای رشد گیاه می‌باشد (Hillel, 1982). بنابراین از اصول کشاورزی پایدار کنترل میزان هدایت الکتریکی خاک با روش‌های اصلاح خاک می‌باشد. هدایت الکتریکی خاک با پایداری خاک و عملکرد زراعی رابطه معکوس دارد. در حالت معمول هدایت الکتریکی خاک زراعی پس از کشت به دلیل آبیاری پی‌درپی و آبشویی می‌بایست پایین‌تر از سطح اولیه پیش از کشت باشد. اما همان طور که از نتایج مشخص است عامل‌های دیگری نیز در تغییرات میزان هدایت الکتریکی موثر می‌باشند. از جمله این عامل‌ها می‌توان به مدیریت بقایای گیاهی و عملیات خاک‌ورزی اشاره کرد.

همانند هدایت الکتریکی تیمار "آتش زدن کاه و کلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" کمترین میزان رطوبت ظرفیت مزرعه را به میزان ۱۸/۵۳ نشان می‌دهد. در مقابل تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن + دیسک + ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" بالاترین میزان بوده که ۲۸ درصد افزایش نشان داده است. همچنین میزان رطوبت مزرعه در تیمارهای " گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر"، " عدم جمع آوری کاه و کلش + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر +۱۰۰کیلوگرم اوره در هکتار" و تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+خاک ورز مرکب+کشت" از میزان اولیه پیش از کشت آن بیشتر بوده واین روند نشان از اصلاح ساختار فیزیکی خاک پس از کشت دارد. میزان رطوبت ظرفیت مزرعه به قدرت خاک در جهت حفظ رطوبت مورد استفاده گیاه، توانایی خاک در حفظ آب آبیاری، کاهش میزان آب مصرفی و در نهایت مدیریت بهینه منابع اشاره دارد (Hillel, 1982). ظرفیت مزرعه صفتی مطلوب بوده و بالاتر بودن آن نشانه ثبات وضعیت کشتزار در تولید بهینه می‌باشد.

میزان آب در دسترس که میزان رطوبت میان ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی بوده که بیشتر بودن آن بر افزایش میزان رطوبت در دسترس گیاه دلالت دارد. این شاخص فیزیکی خاک در حفظ گیاه از تنشهای خشکی و کاهش شمار بارهای آبیاری موثر می‌باشد. این ویژگی خاک در کشت ذرت که گیاهی با فرآیند فتوسنتز (نورساخت) ۴ کربنه بوده و به تنش‌های آبی حساس می‌باشد دارای اهمیت است (Aydinsakir *et al*., 2013). بنابر نتایج تحقیق بالاترین میزان رطوبت در دسترس در تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" و کمترین میزان آن

Archive of SID

www.SID.ir

در تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر"، "گردآوری کاه کلش گندم + دیسک و فاروئر" بوده که میزان ۴۵ درصد افزایش نشان داده است. تیمارهای شماره ۶ (۱۳/۳۶)، شماره ۴ (۱۳/۲۴)، شماره ۷ (۱۲/۱۴)، شماره ۳ (۱۱/۶۱) به ترتیب میزان آب در دسترس بیشتری در مقایسه با تیمارهای ۱ و ۲ نشان دادند. در مقایسه با میزان آب در دسترس پیش از کشت همه تیمارها به جز تیمارهای "آتش زدن کاه وکلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" و تیمار" گردآوری کاه کلش گندم + دیسک و فاروئر " افزایش نشان دادند.

به‌طور همسان تیمار ساقه " گردآوری نکردن کاه و کلش + خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" در مقایسه با دیگر تیمارها بالاترین میزان تخلخل را داشته (۴۹/۲ ٪) و در مقابل تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" پایین‌ترین میزان تخلخل (۳۶/۷ ٪) را

جدول۳- مقایسه میانگین شاخص های فیزیکی خاک تحت روش های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا.

Table 3. A mean comparison of soil physical properties under different tillage methods and crop residue management.

تیمار Treatments	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($ds\ m^{-1}$)	رطوبت ظرفیت مزرعه(درصد) Field capacity (%)	میزان آب در دسترس(درصد) Available water content (%)	تخلخل (درصد) Porosity (%)
قبل از انجام آزمایش Before applying treatments	3.4	22.25	-	-
آتش زدن کاه و کلش + دیسک و فاروئر (۱) Wheat residue Burning +Disk-farrowing	4.14 a*	18.53 f	8.53 f	36.7 f
گردآوری کاه وکلش + دیسک و فاروئر (۲) Wheat residue removal + Disk-farrowing	1.43 b	19.81 e	9.81 e	41.4 e
گردآوری نکردن کاه و کلش + دیسک و فاروئر (۳) Wheat residue retention + Disk-farrowing	1.52 b	21.61 d	11.61 d	43.4 d
گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر (۴) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-farrowing	1.3 c	23.24b	13.24 b	45.3 c
گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر+۱۰۰کیلوگرم اوره در هکتار (۵) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-farrowing+ 100 kg Urea	1.29 c	25.63 a	15.63 a	49.2 a
گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+خاک ورز مرکب (۶) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-harrow cultivator	1.22 c	23.36 b	13.36 b	47.3 b
گردآوری نکردن کاه و کلش + خاک ورز مرکب (۷) Wheat residue retention + Disk-harrow cultivator	1.28 c	22.14 c	12.14 c	45.3 c

*مقایسه میانگین بین تیمارها در سطح ۱٪ و با استفاده از آزمون LSD می‌باشد. تیمارهای با حرف‌های انگلیسی همسان نشاندهنده معنی‌دار نبودن می‌باشد.

* Mean comparison between treatments at probability level 1% using LSD test. The same letter indicates there is no significant difference between treatments..

Archive of SID

www.SID.ir

دارد. از یافته‌های آزمایش نتیجه‌گیری می‌شود که میزان تخلخل با نوع عملیات زراعی و خاک‌ورزی از یکسو و همچنین وجود بقایای گیاهی و افزایش فعالیت میکروبی خاک به منظور ایجاد خلل و فرج و تشکیل ساختار خاکدانه از سوی دیگرارتباط مستقیم دارد. افزایش این شاخص در خاک زراعی به سبب بهبود تهویه خاک و همچنین نگهداری آب حائز اهمیت می‌باشد. خاک دارای تخلخل بالاتر از لحاظ کیفی دارای سلامت بالاتر بوده و بهبود شرایط کشتزار در دراز مدت را به همراه دارد (Foth, 1990).

ممکن است این پرسش مطرح شود که افزایش کربن آلی خاک در تیمار ۵ (۰/۷۳) نسبت به پیش از انجام آزمایش (۰/۵۲) زیادتر از حد انتظار می باشد. میزان کاهش کربن آلی در تیمار شاهد (۰/۲۶) نسبت به پیش از انجام آزمایش هم همین حالت را دارد. با توجه به محاسبات عددی در زمینه تثبیت کربن خاک، میزان افزایش کربن آلی در تیمار ۷ نسبت به پیش از آزمایش ۰/۲۱٪ درصد می باشد. در نتیجه با در نظر گرفتن میزان افزایش ۰/۲۱ ٪ یا ۲/۱ گرم کربن در کیلوگرم خاک با وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۵ $g\ cm^{-3}$ در عمق ۳۰ سانتی متری خاک، در یک هکتار خاک (۴۹۵۰۰۰۰ کیلوگرم) میزان ۹۹۰۰ کیلو گرم کربن افزوده شده است و با فرض اینکه ۵۰ درصد بقایا کربن باشد ما نیاز به ۱۹۸۰۰ کیلوگرم بقایا داشتیم. این میزان بقایای بیش از حد انتظار بیوماس کاه و کلش گندم اضافه شده به خاک است. دلیل این اختلاف فاحش را موارد زیر می توان مطرح کرد. اول اینکه در هر زراعتی علف‌های هرز زیادی حضور دارند که به همراه بقایا وارد خاک می شوند که مورد محاسبه قرار نگرفته اند. دوم اینکه در تیمار ۵ نسبت به شاهد بدلیل استفاده از بقایا و شخم حفاظتی میزان هدررفت کربن به صورت گازی به کمترین میزان می رسد و در نتیجه موجب اختلاف با تیمار شاهد و پیش از کاشت می‌شود (Noel and Bloodworth, 2000; Wan and Lin, 2004). سوم اینکه کود اوره به کار رفته در تیمار ۵ نیز به نوبه خود هنگامی که با بقایا ترکیب می شود ممکن است بدلیل فراهمی نیتروژن موجب افزایش نسبت کربن به نیتروژن بقایا شده و افزایش فعالیت میکروبی را به همراه داشته باشد. که در نهایت موجب افزایش کربن آلی خاک نیز می‌شود. در نهایت افزایش زیست‌توده ریشه در نتیجه کاربرد کود اوره را هم می توان به این دلایل اضافه کرد (Wang *et al.*, 2015). دلایل کاهش زیادتر از حد انتظار کربن آلی خاک در تیمار شاهد نسبت به پیش از انجام

جدول۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت روش های مختلف خاک ورزی و مدیریت بقایا.

Table 4. A mean comparison of soil chemical properties under different tillage methods and crop residue management.

تیمار Treatment	اسیدیته‌ی خاک Soil pH	میزان کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
پیش از انجام آزمایش Before applying treatments	7.3	0.52
آتش زدن کاه و کلش + دیسک و فاروئر (۱) Wheat residue Burning +Disk-farrowing	7.72 b*	0.26 e
گردآوری کاه وکلش + دیسک و فاروئر (۲) Wheat residue removal + Disk-farrowing	7.26 a	0.35 d
گردآوری نکردن کاه و کلش + دیسک و فاروئر (۳) Wheat residue retention + Disk-farrowing	7.22 a	0.4 c
گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر (۴) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-farrowing	7.29 a	0.56 b
گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر+۱۰۰کیلوگرم اوره در هکتار (۵) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-farrowing+ 100 kg Urea	7.26 a	0.73 a
گردآوری نکردنکاه و کلش + ساقه خرد کن+خاک ورز مرکب (۶) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-harrow cultivator	7.24 a	0.56 b
گردآوری نکردن کاه و کلش + خاک ورز مرکب (۷) Wheat residue retention + Disk-harrow cultivator	7.24 a	0.55 b

*مقایسه میانگین بین تیمارها در سطح ۱٪ و با استفاده از آزمون LSD می‌باشد. تیمارهای با حرف‌های انگلیسی همسان نشاندهنده معنی‌دارنبودن می‌باشد.

* Mean comparison between treatments at probability level 1% using LSD test. The same letter indicates there is no significant difference between treatments.

Archive of SID

www.SID.ir

خاک، با تاثیر بر فراهمی فسفر قابل دسترس خاک برای آزمایش را هم می توان به برهنه بودن سطح زمین بدلیل آتش زدن بقایا و بهم زدن خاک اشاره کرد. بدلیل این امر فرایند کانی (معدنی) شدن نیتروژن در خاک افزایش یافته و در نتیجه موجب افزایش انتشار گاز دی اکسید کربن در اتمسفر و تخلیه کربن از خاک می شود (Zhao *et al.*, 2012). بنابراین در نظام‌های زراعی بدن حفظ بقایا و برگردان خاک در مقایسه با نظام های زراعی که مبادرت به حفظ بقایا در زمین می کنند هدررفت کربن خاک به صورت گازی زیادتر خواهد بود.

ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج مربوط به پارمترهای شیمیایی خاک شامل اسیدیته و کربن آلی در جدول ۴ نشان داده شده است. مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد میزان اسیدیته و درصد کربن آلی خاک اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد ($P<0.01$) نشان دادند. بنابر یافته‌های تحقیق کمترین و مطلوب‌ترین میزان اسیدیته خاک مربوط به تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ ساقه خرد کن + خاک‌ورز مرکب " و " گردآوری کاه و کلش گندم + خاک ورز مرکب " (۷/۲۴) و بیشترین میزان مربوط به تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقیمانده + دیسک و فاروئر" (۷/۷۲) بوده است. همچنین مشخص شد تنها تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" میزان اسیدیته بالاتر از میزان پیش از کشت داشته که این افزایش سبب آسیب‌زدن به خاک شده و عامل آن سوزاندن بقایای گیاهی می‌باشد. میزان اسیدیته‌ی خاک در مناطق مختلف بیانگر میزان یون هیدروژن فعال در خاک بوده و تغییرات محدود و نزدیک بودن به میزان خنثی (عدد ۷) جزء صفات مطلوب در این شاخص می‌باشد (Foth, 1990). با توجه به شرایط خاکی ایران به طور کلی و خاک منطقه ورامین به طور خاص، پایش میزان اسیدیته خاک لازم بوده و از هر اقدامی که سبب افزایش pH می‌شود باید پرهیز شود. همچنین میزان کربن آلی در تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار " دارای بالاترین میزان(۰/۷۳ ٪) بوده و پس از آن به ترتیب در تیمارهای دارای بقایا شامل " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ ساقه خرد کن + خاک‌ورز مرکب"، " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ ساقه خرد کن + دیسک

جدول۵- مقایسه میانگین عملکرد ذرت تحت روش های مختلف خاک ورزی و مدیریت بقایا.

Table 5. A mean comparison of yield components of maize under different tillage methods and crop residue management.

تیمار Treatment	عملکرد کل (تن درهکتار) Total biomass yield (t ha^{-1})	عملکرد بلال (تن درهکتار) Ear yield (t ha^{-1})
آتش زدن کاه و کلش + دیسک و فاروئر (۱) Wheat residue Burning +Disk-farrowing	45 f*	7.3 f
گردآوری کاه وکلش + دیسک و فاروئر (۲) Wheat residue removal + Disk-farrowing	52 e	10.6 e
گردآوری نکردن کاه و کلش + دیسک و فاروئر (۳) Wheat residue retention + Disk-farrowing	58.5 d	10.8e
گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر (۴) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-farrowing	66 b	15.1 c
گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر+۱۰۰کیلوگرم اوره در هکتار (۵) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-farrowing+ 100 kg Urea	87.3 a	23.8 a
گردآوری نکردن کاه و کلش + ساقه خرد کن+خاک ورز مرکب (۶) Wheat residue retention +Chopper+ Disk-harrow cultivator	67 b	16.3 b
گردآوری نکردن کاه و کلش + خاک ورز مرکب (۷) Wheat residue retention + Disk-harrow cultivator	64.3 c	14.1 d

*مقایسه میانگین بین تیمارها در سطح ۱٪ و با استفاده از آزمون LSD می‌باشد. تیمارهای با حرف‌های انگلیسی همکسان نشان دهنده معنی‌دارنبودن می‌باشد.

* Mean comparison between treatments at probability level 1% using LSD test. The same letter indicates there is no significant difference between treatments.

Archive of SID

www.SID.ir

و فاروئر" و " گردآوری کاه و کلش گندم + خاک‌ورز مرکب " مشاهده شده است. در نهایت تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" کمترین میزان کربن آلی را دارا بوده که در مقایسه با تیمار بیشترین (تیمار ۵) ۶۴ درصد کاهش نشان داده است. درنتیجه حفظ بقایای گیاهی به طورکلی سبب افزایش میزان کربن آلی شده و همچنین خردکردن بقایا به منظور آسانگری در فرایند تجزیه و همچنین اضافه کردن نیتروژن به منظور ایجاد تعادل در نسبت کربن به نیتروژن (C/N ratio) و تحرک و فعالیت بیشتر موجودهای خاکزی می‌تواند بالاترین میزان کربن آلی را به همراه داشته باشد. کربن آلی خاک محصول فعالیت موجودهای زنده در خاک زراعی روی بقایای آلی موجود در خاک می‌باشد (Giller *et al*., 2009). افزایش میزان کربن آلی خاک نشان دهنده تجزیه مناسب و بهینه بقایایی آلی موجود در خاک می‌باشد. این شاخص می‌تواند یکی از عامل‌های مهم تعیین کیفیت خاک قرار گرفته و در پایداری کشت بوم‌زراعی مطرح شود. حفظ بقایای گیاهی در کشتزار، مدیریت بقایا با ادوات مناسب و همچنین فراهم کردن بستر مناسب فعالیت موجودهای خاکزی از عامل‌های مهم تاثیرگذار در میزان کربن آلی خاک زراعی می باشد (Kienzler *et al*., 2012).

عملکرد ذرت

عملکرد کل و بلال: از آنجایی‌که ذرت کشت شده در این آزمایش علوفه‌ای بوده و کل اندام‌های هوایی گیاه بدین منظور برداشت می‌شود، بنابراین وزن همه‌ی اجزاء اندام‌های هوایی گیاه به عنوان عملکرد کل محاسبه می‌شود (Hassan Amin, 2011). یافته‌های عملکرد آزمایش نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد ($P<0.01$) بین تیمارهای مورد بررسی در رابطه با عملکرد کل و عملکرد بلال وجود داشته است (جدول ۵). تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" دارای بالاترین و در مقابل تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" کمترین عملکرد کل را به خود اختصاص داده‌اند. این میزان عملکرد بسیار شایان توجه بوده و معادل دو برابر افزایش نشان داده است. دیگر تیمارها شامل " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر"، " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + خاک‌ورز مرکب" و "گردآوری کاه و کلش گندم + خاک‌ورز مرکب" اختلاف معنی داری در مقایسه با تیمار کمترین داشتند. تیمارهای "گرد آوری و انتقال کاه و کلش به بیرون از زمین" (تیمارهای ۲ و ۳) و نیز پس از تیمار کمترین، عملکرد پایینی را به خود اختصاص دادند. اختلاف بین تیمارها در زمینه عملکرد بلال نیز معنی دار بوده و تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" دارای بالاترین عملکرد بلال (۲۳/۸تن در هکتار) بوده که در مقایسه با تیمار کمترین (آتش زدن کاه وکلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر) افزایش تقریبی سه برابری را داشته است. همانند عملکرد کل سایر تیمارها شامل " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر"، " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + خاک‌ورز مرکب" و "گردآوری کاه و کلش گندم + خاک‌ورز مرکب" اختلاف معنی‌داری در مقایسه با تیمار کمترین داشتند (جدول ۵). شمار بلال موجود در اندام‌های هوایی یکی از اجزاء مهم عملکرد به لحاظ کمی و کیفی در ذرت علوفه ای بوده و سبب افزایش ارزش تغذیه ای علوفه می‌شود (Mollahosseini *et al*., 2006). بنابراین حفظ و نگهداری بقایای گیاهی و مدیریت و آسانگری فرایند تجزیه بقایا همچنین کمک به موجودهای فعال در خاک به منظور تجزیه بقایا با اضافه کردن نیتروژن و تعادل نسبت کربن به نیتروژن (C/N ratio) از یکسو و همچنین خاک‌ورزی بهینه به منظور حفظ ساختار خاک و کاهش تبخیر سطحی می‌تواند عملکرد را به طور شایان توجهی افزایش دهد (Bahrani *et al*., 2007). اثرگذاری‌های بقایای گیاهی و خاک‌ورزی حفاظتی در بررسی‌های چندی مورد ارزیابی قرا گرفته است. دراصل کاربرد بقایا به همراه خاک‌ورزی حفاظتی در گام اول، همان‌گونه که در این تحقیق مشخص شد، سبب بهبود کیفیت فیزیکی خاک شده و به نوبه خود میزان آب قابل دسترس گیاه را افزایش می‌دهد. مهم‌ترین تأثیر فیزیکی آن افزایش تخلخل خاک بوده که ضمن فراهم آوردن محیط مناسب برای ریزموجودهای خاکزی، زمینه افزایش کیفیت خاک مانند افزایش کربن آلی خاک را موجب می‌شود (Lal and Pimentel, 2009; Govaerts *et al*., 2009; Dendooven *et al*., 2012). افزون بر افزایش کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک به‌طور مستقیم و غیر مستقیم موجب کاهش فرسایش خاک شده و از این حیث در هنگام

Archive of SID

www.SID.ir

رخداد سیلاب یا آبیاری از فرسایش خاک به میزان شایان توجهی جلوگیری می‌کند (Lal and Pimentel, 2009). این مسئله در شرایط ایران که بدلیل کمبود آب در دسترس و نیز میزان قابل ملاحظه فرسایش زمینه کاربردی فراوانی را به همراه خواهد داشت. عملکرد ذرت نیز همانگونه که در نتایج اشاره شد تحت تاثیر مستقیم خاک‌ورزی و بقایا قرار گرفته و تاثیر مثبت این عامل‌ها به روشنی مشاهده شد. بدیهی است که کاربرد بقایا به تنهایی نمی‌تواند زمینه افزایش عملکرد بالا را فراهم کند ولی فراهمی بخشی از نیاز غذایی گیاه با کودهای شیمیایی مانند آنچه در این تحقیق انجام گرفت زمینه استفاده بیشینه‌ای از برتری‌های بقایای گیاهی و شخم حفاظتی کاهش یافته را فراهم می‌آورد. این بدین معناست که اگرچه کاربرد بقایا در تلفیق با خاک‌ورزی حفاظتی ممکن است کیفیت خاک را بهبود بخشد ولی دسترسی به پایداری نسبی و دستیابی به عملکرد شایان پذیرش و به صرفه اقتصادی متکی به تامین بخشی از نیازهای غذایی گیاه با کودهای شیمیایی می‌باشد. از نکات شایان تأمل در این زمینه می‌توان به افزایش کارآیی کودهای شیمیایی در شرایط کاربرد بقایا و خاک‌ورزی حفاظتی اشاره کرد که به موجب آن آبشویی نیتروژن و آلودگی آبهای زیرزمینی به میزان شایان توجهی کاسته خواهد شد که زمینه تحقیقاتی مناسبی را در آینده در راستای کشاورزی پایدار فراهم خواهد کرد. مقایسه عملکرد کل و بلال در این تحقیق نشان می‌دهد تیمارهای خاک-ورزی حفاظتی با حفظ بقایا در مقایسه با دیگر تیمارها عملکرد بالاتری داشتند. در ضمن در رابطه با تیمار آتش زدن کاه و کلش باقی‌مانده و دیسک و فاروئر میزان عملکرد بلال به‌رغم عملکرد زیست‌توده بالا کاهش چشمگیری داشته است که دلالت بر شاخص برداشت پایین در این تیمار می باشد. ممکن است در زمینه داده های عملکرد این پرسش مطرح شود که دلایل اختلاف عملکرد دانه زیاد بین تیمار ۵ و شاهد چیست؟ در تیمار شماره ۵ (ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر+۱۰۰کیلوگرم اوره در هکتار) که بالاترین عملکرد مشاهده شد اختلاف ۳/۵ برابری آن در مقایسه تیمار ۱ (آتش زدن کاه و کلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر) را در درجه اول می توان به استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نسبت داد. جایی که هیچ کودی در تیمار ۱ استفاده نشده بود. همچنین در تیمار ۱ بقایا آتش زده شد که این خود باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک و عملکرد را تحت تاثیر قرار داده است (Bahrami *et al.*, 2007; Dendooven *et al.*, 2012). در ضمن گیاه ذرت استفاده شده در این تحقیق از رقم‌های علوفه ای و سیلویی بوده و هر بوته ذرت در تیمار ۵ بیش از یک عدد بلال تولید کرده بود در صورتی‌که در تیمار ۱ حتی بعضی از بوته ها بدون بلال بودند. همچنین اگر داده های زیست‌توده کل در این دو تیمار را مقایسه کنیم مشاهده می شود که در واقع شاخص برداشت در تیمار اول بسیار پایین بوده است. در واقع گیاه در تیمار اول تا حد شایان پذیرشی زیست‌توده تولید کرده است ولی در تشکیل بلال و انتقال مواد فتوسنتزی به بلال ناتوان بوده است.

ارزیابی کارایی زمین زراعی

کارآیی زمین زراعی در قالب دو تابع تولید و تابع کشاورزی حفاظتی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور داده های خاک و عملکرد محصول به دست آمده از این تحقیق وارد توابع شدند و در نهایت کارآیی زمین زراعی در تیمارهای مختلف مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تابع‌های به کارگرفته شده این امکان را فراهم آورد تا اثرگذاری مدیریت‌های زراعی مختلف را روی کارآیی زمین زراعی مورد ارزیابی قرار دهیم. نتایج به دست آمده از کاربرد تابع‌های کشاورزی بوم‌شناختی (آگرواکوسیستمی) در جدول ۶ نشان داده شده است.

ارزیابی تابع‌های کشاورزی بوم‌شناختی (تابع‌های کشاورزی حفاظتی و تولید): در تابع کشاورزی حفاظتی ۵ شاخص هدایت الکتریکی با ۲۰٪ تاثیر گذاری در تابع، اسیدیته ی خاک با ۱۰٪تاثیر گذاری، میزان کربن آلی با ۳۰٪، رطوبت ظرفیت مزرعه با۱۵٪تخلخل با ۱۵٪ و میزان آب در دسترس با ۱۰٪ اثرگذاری درتابع کشاورزی حفاظتی طبقه بندی شده‌اند. بر پایه داده های ورودی و الگوریتم های نرم افزار، بر پایه کشاورزی حفاظتی به تیمار از ۰ تا ۱ نمره دهی خام شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که به لحاظ رعایت اصول کشاورزی حفاظتی و پایداری خاک زراعی تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" با ۰/۴۵ بالاترین نمره را داشته و تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقی مانده + دیسک و فاروئر"کمترین نمره (۰/۱) را به لحاظ رعایت اصول کشاورزی حفاظتی به دست آوردند. تیمارهای "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر"، "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم

Archive of SID

www.SID.ir

+ ساقه خرد کن+خاک‌ورز مرکب" و "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + دیسک و فاروئر" به ترتیب با ۰/۲۳، ۰/۲۷ و ۰/۲۳ پایداری متوسطی از خود نشان دادند. تابع تولید: در تابع تولید ۲ شاخص عملکرد کل با وزن اثر گذاری ۶۰٪ و عملکرد بلال با وزن اثرگذاری ۴۰٪ طبقه بندی شده و بر پایه عملکرد تیمارها و الگوریتم‌ها با نرم افزار به تیمارها از ۰ تا ۱ نمره دهی شد. هر دو شاخص مورد ارزیابی از اجزاء مهم عملکرد در ذرت سیلویی می باشد (Amoozadeh *et al.*, 2012). همسان با تابع کشاورزی حفاظتی تیمار "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" با ۰/۹۸ بالاترین نمره را داشته و تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقی-مانده + دیسک و فاروئر" کمترین نمره (۰/۰۲) را به لحاظ پایداری تولید به دست آوردند. تیمارهای "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر"، "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن+خاک ورز مرکب" و "ساقه خرد کن+خاک ورز مرکب+کشت" به ترتیب با ۰/۴۹، ۰/۵۳ و ۰/۴۴ پایداری تولید متوسطی از خود نشان دادند.

کارایی کشاورزی بوم‌شناختی: در نهایت و با تجزیه و تحلیل آماری نمره های خام تابع‌های بررسی شده کشاورزی حفاظتی و تابع تولید، نرم افزار عدد نهایی کارایی زمین زراعی را با رویکرد تولید پایدار و بر مبنای اصول کشاورزی بوم‌شناختی ارائه می‌دهد. این نمره به عنوان عدد کارایی کشاورزی بوم‌شناختی در نرم افزار ارائه شده و بازه نمره ۰ تا ۱۰۰ می‌باشد. بر این پایه بالاترین نمره کارایی زمین زراعی به تیمار "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" با میزان ۶۱/۲۱ اختصاص یافته و پس از آن تیمار "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن+خاک‌ورز مرکب" با اختلافی شایان توجه عدد ۳۴/۸۲را دارا بوده است. تیمار "آتش زدن کاه وکلش باقی‌مانده + دیسک و فاروئر" با عدد ۷/۶۳ کمترین کارآیی کشاورزی بوم‌نظام را نشان داده است. تیمارهای "عدم جمع آوری کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن+دیسک و فاروئر" و "گردآوری نکردن کاه و کلش گندم + ساقه خرد کن+خاک‌ورز مرکب" با امتیاز ۳۰/۸ و ۲۹/۰۲ کارآیی کشاورزی بوم‌نظام متوسطی از خود نشان دادند. استفاده از تابع‌های همسان در بررسی‌های دیگر نیز برای ارزیابی کارآیی کشاورزی بوم‌نظام به کار رفته است (Leibig *et al.*, 2001; Stavi *et al.*, 2016). در تحقیق Leibig *et al.* (2001) کارآیی دو نظام زراعی متداول و جایگزین با استفاده از یک چند تابع بوم‌نظامی محاسبه شد. بنابر یافته‌های تحقیق بالا نظام کشاورزی جایگزین با میزان عددی ۹۴/۵ کارآیی بالاتری داشت در حالی‌که نظام رایج کارآیی پایین‌تری (۷۹/۵) از خود نشان داده بود. در بررسی Stavi *et al.* (2016) نیز سه نظام کشت شامل متداول، تلفیقی و حفاظتی برای برآورد کردن خدمات بوم‌نظامی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد، کارآیی کل کشاورزی بوم‌نظامی در نظام حفاظتی با میزان عددی ۷۱/۹ بالاترین میزان بوده است. نظام‌های تلفیقی (۶۸/۸) و متداول (۵۲/۱) کمترین کارآیی را نشان دادند. در این تحقیق نیز تابع‌های به کار رفته بخوبی توانستند کارآیی کشاورزی بوم‌نظامی را درجه‌بندی کنند و اثرگذاری مدیریت‌های خاک‌ورزی و بقایا به نحو شایسته‌ای ازریابی شد. در کل کارآیی کشاورزی بوم‌نظام بیانگر عملکرد بهینه کشت بوم با توجه به رعایت اصول بوم‌شناختی در جهت حفاظت از منابع بوده که رویکرد تلفیقی تولید و حفاظت از منابع تولید در دراز مدت می‌شود. بنابراین با توجه به شرایط خاک و اقلیم منطقه حفظ بقایای گیاهی اولویت برنامه‌های خاک‌ورزی بوده و بایستی از سوزاندن بقایای گیاهی پس از کشت پرهیز کرد. همچنین مدیریت بقایای گیاهی از جمله خرد کردن، تعدیل در نسبت کربن/نیتروژن و به طور کلی آسانگری در روند تأثیر وجود بقایا بر عملکرد زمین زراعی و همچنین پایداری و حفظ حاصل‌خیزی خاک اثرگذار می باشد. ضمن اینکه نوع خاک‌ورزی و کاهش بارهای تردد ماشین‌ها و ادوات در زمین نیز سبب بهبود شاخص های فیزیکی خاک می‌شود. با این‌حال برای ارزیابی دقیق‌تر نظام‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بهتر است که توابع دیگری نیز را مورد بررسی قرار داد. تابع‌هایی مانند کیفیت محصول تولیدی، چرخه عنصرهای غذایی و انتشار گازهای گلخانه ای نیز باید لحاظ شود تا بتوان ارزیابی دقیق‌تری از کارآیی کشاورزی بوم‌نظامی داشته باشیم.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶ - تحلیل کلی شاخص های محیط زیستی و زراعی ذرت با نرم افزارAEPAT

Table 6. General analysis of the indexes of agronomic and environmental performance of forage Maize using AEPAT software.

تیمار Treatment	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (ds m^{-1})	اسیدیته خاک Soil pH	عملکرد زیست‌توده کل Total biomass yield (Mg ha^{-1})	آب در دسترس Available water (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	تخلخل Porosity (%)	رطوبت ظرفیت مزرعه Field capacity (%)	عملکرد بلال Ear yield (Mg ha^{-1})	شاخص تولید غذا Food production index	شاخص کشاورزی حفاظتی Conservation agriculture index	کارایی زمین زراعی Agroecosystem Performance Score (Scaled to 100)
*۱	0.002	0.992	0.023	0	0.001	0.001	0	0.018	0.02	0.1	7.63
۲	0.431	0.948	0.182	0	0.001	0.016	0	0.212	0.19	0.19	18.91
۳	0.361	0.796	0.318	0.001	0.001	0.042	0	0.224	0.28	0.16	19.46
۴	0.556	0.998	0.5	0.015	0.001	0.106	0.009	0.476	0.49	0.23	30.8
۵	0.567	0.984	0.977	0.579	0.002	0.684	0.541	0.988	0.98	0.45	61.21
۶	0.65	0.939	0.523	0.019	0.001	0.277	0.011	0.547	0.53	0.27	34.82
۷	0.578	0.939	0.455	0.003	0.001	0.106	0.001	0.418	0.44	0.23	29.02
وزن شاخصها Weight indicators	0.2	0.1	0.6	0.1	0.03	0.15	0.15	0.4	0.3	0.7	

*تیمارهای آزمایش که در قسمت مواد و روش توضیح داده شده است.

See the test for more details about the treatments.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

این نوشتار از یک سو روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی در ذرت علوفه‌ای پس از کشت گندم را بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک بررسی کرده و از سویی دیگر به ارزیابی پایداری و کارآیی کشاورزی بوم‌نظامی در قالب دو تابع کشاورزی حفاظتی و تولید می‌پردازد. نتایج این تحقیق نشان دادند، باقی ماندن بقایای گیاهی در زمین به همراه خاک‌ورزی حفاظتی مانند دیسک و فاروئر می تواند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را به طور شایان ملاحظه ای در مقایسه با شخم رایج و استفاده نکردن از بقایای گیاهی بهبود بخشد. این اثر در درجه اول بدلیل بهبود ساختار خاکدانه ای خاک بوده که در ادامه شرایط خاک را برای رشد و نمو گیاهان زراعی مساعد می سازد. با این‌حال به‌صرف استفاده از بقایای گیاهی در ذرت نمی تواند تضمین کننده عملکرد مطلوب در این گیاه باشد و بخشی از نیاز غذایی گیاه می بایست با کودهای شیمیایی و منابع دیگر تامین شود. نتایج این تحقیق ثابت کرد که تیمار " گردآوری نکردن کاه و کلش گندم+ ساقه خرد کن + دیسک و فاروئر + ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار" افزون بر بهبود کیفی خاک، عملکرد کل زیست‌توده و دانه را در ذرت به میزان شایان توجهی بهبود بخشید. ضمن اینکه، تولید به‌طورمستقیم از عملیات زراعی صورت گرفته در کشاورزی بوم‌نظامی تاثیر می پذیرد. نتایج این تحقیق نشان داد که توابع کشاورزی حفاظتی و تولید بعنوان مولفه های پایداری و کارآیی کشاورزی بوم‌نظامی به طور شایسته ای توانستند کارآیی کشاورزی بوم‌نظامی را درجه بندی کنند. همانند اثرگذاری بر ویژگی‌های خاک و عملکرد محصول، روش خاک‌ورزی حفاظتی به همراه استفاده از بقایا بالاترین کارآیی و سوزاندن بقایا کمترین کارآیی را در کشاورزی بوم-نظامی نشان دادند. بنابراین با توجه به شرایط خاک و اقلیم منطقه حفظ بقایای گیاهی اولویت برنامه‌های خاکورزی بوده و بایستی از سوزاندن بقایای گیاهی پس از کشت پرهیز کرد. با این‌حال برای ارزیابی دقیق‌تر نظام‌های خاک-ورزی و مدیریت بقایا بهتر است که توابع دیگری مانند کیفیت محصول تولیدی، چرخه عنصرهای غذایی و انتشار گازهای گلخانه ای نیز باید لحاظ شود تا بتوان ارزیابی دقیق‌تری از کارآیی کشاورزی بوم‌نظامی داشته باشیم.

سپاسگزاری: بدین وسیله از همکاری‌های اعضای محترم هیأت علمی، مسئولان و کارکنان محترم آزمایشگاه و مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران که در انجام این تحقیق ما را صمیمانه یاری دادند، قدردانی می‌شود.

منابع

Amoozadeh, M., Baghestani, M.A., Barary, M., Nasrollahnejad, A. and Poursiahbidi, M., 2012. Effect of planting pattern and plant density of maize (*Zea mays* L.) on the morphophysiological characteristics and growth indices of maize and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L) under competition conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 4, 44-57. (In persian with English abstract).

Anastasios, S., Lithourgidis, A., Damalas, C.A. and Eleftherohorinos, I., 2009. Conservation tillage: A promising perspective for sustainable agriculture in Greece. Journal of Sustainable Agriculture.33, 85-95.

Aydinsakir, K., Erdal, S., Buyuktas, D., Bastug, R. and Toker, R., 2013. The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. Agricultural Water Management. 128, 65-71.

Bahrani, M.J., Raufat, M.H. and Ghadiri, H., 2007. Influence of wheat residue management on irrigatedcorn grain production in a reduced tillage system. Soil and Tillage Research. 94, 305-309.

Dendooven, L., Patiño-Zúñiga, L., Verhulst, N., Luna-Guido, M., Marsch, R.and Govaerts, B., 2012. Global warming potential of agricultural systems with contrasting tillage and residue management in the central highlands of Mexico. Agriculture, Ecosystems and Environment. 152, 50–58.

FAO, 2008. FAOSTAT. Available online at: http://faostat.fao.org/

FAO, 2011. FAOSTAT. Available online at: http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf

Foth, H.D., 1990. Fundamentals of Soil Science, (8th ed.) John Wiley and Sons. Michigan State University, USA.

Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M. and Tittonell, P., 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. Field Crops Research. 114, 23-34.

Govaerts, B., Sayre, K.D.,Goudesuene, B., Corte, P.D., Lichter, K., Dendooven, L. and Deckers, J., 2009. Conservation agriculture

Archive of SID

www.SID.ir

as a sustainable option for the central Mexican highlands. Soil and Tillage Research.103, 222-230.

Harker, K.N., O'Donovan, J.T., Turkington, T.K., Blackshaw, R.E., Johnson, E.N., Brandt, S.A., Kutcher, H.R. and Clayton, G.W., 2013. Weed interference impacts and yield recovery after four years of variable crop inputs in no-till barley and canola. Weed Technology. 27, 281–290.

Hassan Amin, M.E.-M., 2011. Effect of different nitrogen sources on growth, yieldand quality of fodder maize (*Zea mays* L.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 10, 17-23.

Hillel, D., 1982. Introduction to Soil Physics.. University of Massachusetts. Amherst, Massachusetts.

Ho, J.A., 2011. Calculation of the carbon footprint of Ontario wheat. Studies by Undergraduate Researchers at Guelph. 4, 49–55.

Kassam, A.H. and Friedrich, T., 2011. Conservation Agriculture: Principles, Sustainable Land Management and Ecosystem Services. In Proceedings 1st Società Italiana de Agronomia XL Convegno Nazionale, 7th-9th September, Rome, Italy. pp. 1-4.

Kienzler, K.M., Lamers, J.P.A., McDonald, A., Mirzabaev, A., Ibragimov, N., Egamberdiev, O., Ruzibaev, E. and Akramkhanov, A., 2012. Conservation agriculture in Central Asia—What do we know and where do we go from here? Field Crops Research. 132, 95-105.

Lal, R. and Pimentel, D., 2009. Biofuels: Beware crop residues. Science. 326, 1345–1346

Liebig, M.A., Miller, M.E., Varvel, G.E., Doran, J.W. and Hanson, J.D., 2004. AEPAT: Software for assessing agronomic and environmental performance of management practices in long-term agroecosystem experiments. Agronomy Journal. 96, 109-115.

Liebig, M.A., Varvel, G. and Doran, J., 2001. A simple performance-based index for assessing multiple agroecosystem functions. Agronomy Journal. 93, 313-318.

Llewellyn, R.S., D'Emden, F. H. and Kuehne, G., 2012. Extensive use of no-tillage in grain growing regions of Australia. Field Crops Research.132 , 204-212.

Miller, T.P., Peterson, J.R., Lenhart, C.F. and Nomura, Y., 2012. The agricultural BMP handbook for Minnesota. Minnesota Department of Agriculture, St. Paul, Minnesota, USA.

Mollahosseini, H., Zand, B. and Silsepoor, M., 2006. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and plant density on quantitative and qualitative yield of silage maize (cv. SC 704) in Varamin. Iranian Journal of Crop Sciences. 3, 250-258. (In persian with English abstract).

Nkala, P., Mango, N. and Zikhali, P., 2011. Conservation agriculture and livelihoods of smallholder farmers in Central Mozambique. Journal of Sustainable Agriculture.35 (7), 757-779.

Noel, D.U. and Bloodworth, H., 2000. Global climate change and the effect of conservation practices in US agriculture. Global Environmenal Change. 10,197-209.

Peigné, J., Ball, B.C., Roger-Estrade, J. and David, C., 2007. Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. Soil Use Management. 23, 129–144.

Penot, E., Macdowan, C., Poletti, S. and Domas, E.T.R., 2010. Modeling impact of Conservation Agriculture adoption on farming systems agricultural incomes. The case of Lake Alaotra Region, Madagascar. Cirad-00766325.

Stavi, I., Bel, G. and Zaady, E., 2016. Soil functions and ecosystem services in conventional, conservation, and integrated agricultural systems. A review. Agronomy Sustainable Development. 36 (32), 1-12.

Stavi, I., Lal, R. and Owens, L.B., 2011. On-farm effects of no-till versus occasional tillage on soil quality and crop yields in eastern Ohio. Agronomy Sustainable Development. 31, 475–482.

Wan, Y.F. and Lin, E.D., 2004. The influence of tillage on CH_4 and CO_2 emission flux in winter fallow cropland. Chinese Journal of Agrometeorology 3, 8-10.

Wang, Y., Hu, N., Xu, M., Li, Z., Lou, Y., Chen, Y., Wu, C. and Wang, Z.L., 2015. 23-year manure and fertilizer application increases soil organic carbon sequestration of a rice–barley cropping system. Biology and Fertility of Soils. 51, 583-591

Zhao, H., Tong, D.Q., Lin, Q., Lu, X. and Wang, G., 2012. Effect of fires on soil organic carbon pool and mineralization in a Northeastern China wetland. Geoderma. 189–190, 532–539.

Archive of SID

www.SID.ir

A performance assessment of the agroecosystem of forage maize under different tillage methods and crop residue management

Abass Asadi saryazdi, Hadi Veisi,*Reza Mirzai Talarposhti, Huoman Liaghati and Khoros khoshbakht
Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran.
*Corresponding author: hveisi@gmail.com
Submitted: 2016.06.19
Accepted: 2016.10.22

Asadi saryazdi, A., Veisi, H., Mirzai Talarposhti, R., Liaghati H. and Khoshbakt, K., 2017. A performance assessment of the agroecosystem of forage Maize under different tillage methods and crop residue management. Journal of Agroecology. 7 (1), 1-16.

Introduction: Conservative agriculture with minimal adverse effects on the environment has been the subject of great interest recently as a means of promoting sustainable crop production and food security (Nkala *et al*., 2011). The approach is practiced in large-scale commercial agriculture. Conservative agriculture also encourages the optimal utilization of resources such as soil and water and helps the sustainability of products in the agroecosystem (Stavi *et al*., 2016). Nonetheless, due to the diversity of conservation farming operations around the world, it is critical to prioritize different tillage methods according to cultivation conditions and climatic conditions (Miller *et al.*, 2012). The main objective of this study was i) to assess the efficacy of different conservative soil tillage (minimum and/or zero tillage) in combination with crop residue and fertilizer management in achieving maximum crop production; and ii) to assess the effects of management practices on agroecosystem performance using agronomic and environmental data and scoring function descriptions.

Materials and methods: To achieve the goals, a field experiment was carried out involving 7 treatments with varying combinations of different tillage methods, crop residues and fertilizer management on a field of maize which was planted after the cultivation of a wheat crop. At the end of the growing season, the chemical and physical soil properties as well as the total yield of corn were measured. The physical and chemical parameters measured in the soil included electrical conductivity, field capacity, available water, porosity, pH, soil organic carbon, total crop biomass and maize yield. Agroecosystem performance was assessed using a computer program entitled the AgroEcosystem Performance Assessment Tool (AEPAT). It utilizes performance-based index methodology to derive a relative ranking of agroecosystem performance among management practices for functions and indicators included in the procedure. Data measured by the software AEPAT are rated from 0-100 to calculate two agroecosystem functions including conservation agriculture and food production.

Results and discussion: The results showed that "stalk chopper+disc+100 kg N-fertilizer+ditcher" treatment resulted in the maximum amounts for field capacity (25.63%), available water (15.63%), porosity (49.2%) and organic carbon (0.73%). The highest total biomass (87.3 th^{-1}) and ear yield (23.8 tha^{-1}) was also obtained using this treatment. In contrast, the lowest amounts for these parameters were obtained with the "stubble burning + disc + ditcher" treatment. This was due to the stubble burning which increased the soil electrical conductivity and reduced the physical and chemical soil quality. On the other hand, leaving the on-farm residue in place plays an important role in regulating electrical conductivity and soil salinity. It can be concluded that the type of agriculture practiced affects the soil physicochemical properties to a high extent. Leaving crop residue in the field may increase the soil biological activity resulting in soil porosity and aggregation. The analysis on sustainability of agricultural practices showed that "stalk chopper+disc+100 kg N-fertilizer+ditcher" treatment had the highest score for agroecosystem performance (61.21) in terms of both optimum yield and sustainability. The lowest score of 7.63 was obtained with "stubble burning+disc+ditcher" treatment.

Conclusion: In conclusion, it was demonstrated that conservative tillage in combination with crop residue not only led to a higher maize yield but also improved the soil quality. Nonetheless, for conservative tillage to be effective adequate N-fertilizer, as a starter to provide needed crop growth nutrients, must be applied. In addition, the efficiency of the indexing score is critical in discriminating between different agricultural practices within and across agroecosystem functions. The agricultural practices had a direct effect on agroecosystem performance and the soil physicochemical properties can be used as an index to assess agroecosystem function and performance.

Archive of SID

www.SID.ir

Keywords: Conservative tillage, Forage maize, Physicochemical properties, Agroecosystem performance, Soil function, Yield function.

References:

Miller, T.P., Peterson, J.R., Lenhart, C.F. and Nomura, Y., 2012. The agricultural BMP handbook for Minnesota. Minnesota Department of Agriculture, St. Paul, Minnesota, USA.

Nkala, P., Mango, N. and Zikhali, P., 2011. Conservation agriculture and livelihoods of smallholder farmers in Central Mozambique. Journal of Sustainable Agriculture.35 (7), 757-779.

Stavi, I., Bel, G. and Zaady, E., 2016. Soil functions and ecosystem services in conventional, conservation, and integrated agricultural systems. A review. Agronomy Sustainable Development. 36 (32), 1-12.

Archive of SID

www.SID.ir