مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۲/ شماره ۱/سال ۱۳۹۰/ص ۹۶-۸۳

تأثیر خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی بر عملکرد ذرت در تناوب جو–ذرت

اردشیر اسدی*، مجتبی یحیی‌آبادی و اورنگ تاکی**

* نگارنده مسئول، نشانی: اصفهان، شهرک امیریه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ص.پ. ۱۱۹-۸۱۷۸۵، تلفن: ۷۷۶۰۰۶۱(۰۳۱۱)، پیام‌نگار: asadiardshair@yahoo.com

** اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۸

چکیده

شدت بالای تبخیر از سطح خاک به علت درجه حرارت بالای محیط و پایین بودن رطوبت نسبی هوا، فقیر بودن خاک از نظر مواد آلی و ناپایداری ساختمان خاک از شاخصه‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران محسوب می‌گردد. به نظر می‌رسد در یک مدیریت منطقه‌ای حفظ و نگهداری بقایای گیاهی با عملیات خاک‌ورزی در صورت عدم تأثیر منفی بر عملکرد محصول می‌تواند به مثابه روشی در بهبود شرایط اشاره شده مؤثر باشد. به همین منظور برای تناوب زراعی یکساله جو-ذرت (دو محصول زراعی در یکسال) ٤ مدیریت بقایای‌گیاهی ایستاده جو شامل: سوزاندن، مدفون‌کردن، مخلوط‌کردن و نگهداری در سطح خاک در قالب ٤ تیمار خاک‌ورزی روی تعدادی از شاخص‌های گیاهی ذرت و خاک مورد آزمون قرارگرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار از سال ۱۳۸۰ به مدت ٤ سال زراعی در ایستگاه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان در خاک با بافت لوم رسی سیلتی انجام گرفت. عملیات خاک‌ورزی برای محصول جو در هر سال به روش مرسوم و تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی (خاک‌ورزی) در ذرت در کرت‌های ثابت اعمال شدند. کاشت در تیمارهای خاک‌ورزی شده با ردیف‌کار مرسوم و در تیمار بی‌خاک‌ورزی با ماشین کاشت مخصوص این سیستم انجام شد. نتایج سال اول آزمایش نشان‌دهنده کاهش عملکرد ذرت در تیمار حفظ بقایای گیاهی جو در سطح خاک (بی‌خاک‌ورزی) نسبت به روش‌های دیگر بود. از آنجایی که عدم دستیابی به تعداد مطلوب بوته در واحد سطح به دلیل عدم تماس کافی بذر با خاک علت این کاهش عملکرد شناخته شد، در سال‌های بعد با تأمین تماس بیشتر بذر با خاک دستیابی به تعداد مطلوب بوته در واحد سطح امکان‌پذیرگردید. این امر باعث شد که در سال‌های دوم به بعد تفاوت معنی‌داری در عملکرد محصول و شاخص‌های استقرار گیاهی در بین تیمارهای آزمایش مشاهده نگردد. متوسط میزان موادآلی خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری بعد از ٤ سال در روش‌های مخلوط‌کردن، نگهداری در سطح خاک و مدفون‌کردن بقایا به ترتیب حدود ۲۰، ۱۸، و ۱۳ درصد نسبت به سوزاندن بقایای گیاهی افزایش نشان‌داد. همچنین جمعیت کرم‌های خاکی در تیمار سوزاندن بقایا (خاک‌ورزی مرسوم) به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای حفظ بقایای گیاهی بود. تفاوت معنی‌داری در وزن خشک ریشه تا عمق ٦۰ سانتی‌متری در بین تیمارهای آزمایش مشاهده نگردید. نتایج چهار ساله آزمایش نشان داد که تولید ذرت علوفه‌ای بعد از جو، به هر دو روش حفظ بقایای جو در سطح (در صورت تأمین تماس‌کافی بین بذر و خاک) و یا مخلوط‌کردن بقایای گیاهی با خاک سطحی (کم‌خاک‌ورزی) بدون تأثیر منفی بر عملکرد محصول امکان‌پذیر است. بنابراین یک سیستم تلفیقی یکساله شامل ترکیبی از خاک‌ورزی مرسوم برای جو و بی‌خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی برای تولید ذرت (بعد از جو)، می‌تواند به عنوان یک سیستم جایگزین با توجه به افزایش مواد آلی خاک، بهبود فعالیت بیولوژیکی خاک (افزایش جمعیت کرم‌های خاکی) برای عملیات خاک‌ورزی مرسوم پیشنهاد گردد.

واژه‌های کلیدی

خاک‌ورزی حفاظتی، ماده آلی، مدیریت بقایای گیاهی

مقدمه

مناطق مرکزی ایران آب و هوای خشک با شدت زیاد تبخیر و تعرق دارد و خاک‌های آن از نظر مواد آلی فقیر و بدون ساختمان هستند (Hajabbasi & Hemmat, 2000). محققان، مدیریت بقایای‌گیاهی را یکی از روش‌های اصلاح و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک،کاهش شدت تبخیر قبل

از سایه انداختن کامل گیاه اصلی و حفاظت از محیط زیست در مقابل گرم شدن ذکرکرده‌اند (So *et al*., 2009; Biederbeck *et al*., 1980; Heidari, 2004). ولی در اکثر مناطق ایران کشاورزان، بقایای‌گیاهی که منبع اصلی تأمین کربن تازه برای تولید بیوماس میکروبی، افزایش جمعیت انواع کرم‌های خاکی و بهبود حاصلخیزی خاک هستند (Karlen *et al*., 1994; Lee, 1985; Jacko *et al*., 2009) را از مزرعه بیرون برده و ته ساقه‌های ایستاده را می‌سوزانند و یا به‌عنوان چرای دام از آن استفاده می‌کنند (Hemmat & Taki, 2001). این روش مدیریت بقایای‌گیاهی (سوزاندن) اگر چه روشی راحت، سریع و مؤثر در مبارزه با علف‌های هرز و همچنین با اعمال خاک‌ورزی مرسوم، تأمین کننده تماس کافی بین بذر و خاک است ولی به مرور باعث کاهش حاصلخیزی خاک و آلودگی‌های زیست‌محیطی در این مناطق شده است. همان‌طور که ذکر شد، یکی از روش‌های مؤثر برای حفاظت از منابع تولید نظیر آب و خاک حفظ بقایای گیاهی است. با وجود این از یک سو مزایای خاک‌ورزی حفاظتی با اعمال طولانی مدت آن حاصل می‌گردد (Coppens *et al*., 2007)؛ از سوی دیگر در کوتاه مدت یکی از عوامل مهمی که در پذیرش روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی از طرف کشاورزان نقش دارد، منافع آنی یعنی تأثیر این روش‌ها بر عملکرد محصول است. به طوری که پارسچ و همکاران (Parsch *et al*., 2001) معتقدند برای اینکه یک سیستم کشاورزی (مثلاً خاک‌ورزی حفاظتی) بتواند به‌وسیله تولیدکنندگان مورد پذیرش قرارگیرد باید از نظر اقتصادی (عملکرد محصول) نیز قابلیت رقابت با سیستم مرسوم را داشته باشد.

در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی عملکرد محصول می‌تواند بیشتر، کمتر یا برابر خاک‌ورزی مرسوم باشد. این تفاوت‌ها ناشی از عوامل مختلفی از جمله تناوب زراعی انتخاب شده، شرایط خاک، اقلیم و فصل‌کاشت است. نتایج بعضی از تحقیقات نشان‌می‌دهد که محصولاتی نظیر گندم و جو در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم عملکرد بیشتری نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی دارند (Martinez *et al*., 2003). به‌طور مثال، در یک آزمایش ۹ ساله در انگلستان گزارش شد که کاشت مستقیم گندم بعد از گندم باعث کاهش عملکرد محصول به میزان یک سوم (به علت تولید مواد سمی) نسبت به سوزاندن شد؛ در حالی که حفظ بقایای سورگوم در سطح باعث افزایش عملکرد این محصول به میزان ۳۹۳ کیلوگرم در هکتار شد و علت آن را به افزایش راندمان مصرف آب به علت مقدار بیشتر آب ذخیره شده و استحصال شده در خاک نسبت به روش‌های مرسوم نسبت دادند (Christensen *et al*., 1994).

یکی از عوامل مؤثر دیگر در ارتباط با عملکرد محصول تأمین درصد مطلوب بوته‌های استقرار یافته مورد نیاز است؛ به‌طوری که در آزمایشی در شمال آمریکا اثر بقایای گیاهی بر رشد و نمو ذرت مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که وضعیت درجه حرارت خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم با کاهش درصد سبز گیاه، تأخیر در سبز شدن و کاکل‌دهی ذرت و افزایش رطوبت در زمان برداشت مواجه بوده‌است. پیشنهاد گردید که اگر هیبریدی زودرس انتخاب گردد و مقدار بذر برای غلبه بر کاهش سبز شدن گیاهچه ذرت افزایش پیدا کند، نظام بدون خاک‌ورزی می‌تواند مفید باشد (Hmholte&Carter,1987). در آزمایشی در اصفهان روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی گندم، در مقادیر مختلف بذر و در کشت گندم بعد از گندم مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد مخلوط کردن و نگهداری بقایای گیاهی گندم باعث کاهش عملکرد محصول نسبت به سوزاندن بقایای گیاهی شد (Hemmat & Taki, 2001). میزان این کاهش عملکرد در روش مخلوط کردن بقایای گیاهی به علت کمبود ازت بیشتر گزارش شد. کشاورزان و

مدیران محلی در مناطق مختلف دنیا به منظور قابل رقابت نمودن خاک‌ورزی حفاظتی با روش مرسوم، دنبال بومی‌کردن سیستم‌های حفاظتی با شرایط اقلیمی خود هستند؛ به‌طور نمونه افزایش هزینه ناشی از مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز (به علت جمعیت بالای آنها و آلودگی‌های زیست‌محیطی) و عدم استقرارگیاهی مطلوب ناشی از کاهش درجه‌حرارت خاک در سیستم بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی دو عامل اساسی برای عدم پذیرش خاک‌ورزی حفاظتی در کمربند کشت ذرت در آمریکا بوده است. خاک‌ورزی پشته‌ای به مثابه یک روش جدید در خاک‌ورزی حفاظتی، در این منطقه ابداع‌گردید. در این سیستم بعد از برداشت محصولات‌ردیفی، روی پشته‌ها در عمق سطحی خراشیده شده که این امر منجر به انتقال بذور علف‌های هرز (محصول قبلی) به کف جوی‌ها می‌شود. این انتقال، امکان مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز در مرحله سبز شدن را فراهم می‌سازد. از طرف دیگر سبزشدن بذور (محصول اصلی) روی پشته‌ها به علت بالاتر بودن درجه حرارت خاک نسبت به کف جوی زودتر انجام می‌شود (Govaerts *et al*., 2007). در کشور ایتالیا کاهش درجه حرارت و افزایش رطوبت خاک به علت حفظ بقایای گیاهی در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی از عوامل کاهش عملکرد ذرت و سویا در این منطقه ذکرشده است (Borin & Sartori, 1995). خاک‌ورزی پشته‌ای به مثابه راه عملی برای اعمال سیستم کم‌خاک‌ورزی برای این محصولات توصیه گردیده‌است (Govaerts *et al*., 2007; Borin, & Sartori, 1995). سازگارکردن خاک‌ورزی پشته‌ای با بعضی از محصولات و مناطق موجب صرفه‌جویی در مصرف بذر، کود نیتروژن، و آب مصرفی گردید (Sharma *et al*., 2004; Jin *et al*., 2007). خاک‌ورزی تلفیقی (ترکیب خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم) به عنوان یک سیستم ترکیبی برای جلوگیری از کاهش عملکرد محصول، مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها در بعضی مناطق برای اعمال خاک‌ورزی حفاظتی پیشنهاد گردیده است (Anon, 1996).

تحقیقات زیادی نشان از تأثیر مثبت حفظ بقایای گیاهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد، به‌طوری‌که گزارش شده است حفظ بقایا موجب افزایش کربن آلی و خلل و فرج خاک شد (Ismail *et al*., 1994). نتایج یک تحقیق انجام شده در همین راستا نشان داد که اثر متقابلی بین روش‌های خاک‌ورزی و تناوب محصولات زراعی بر افزایش درصد کربن آلی خاک وجود داشته است (Liang, *et al*., 2008). در آزمایشی در همدان به مدت ۴ سال زراعی مدیریت بقایای گیاهی و عمق شخم در تناوب گندم و ذرت مورد بررسی قرارگرفت، در تیمارهایی که بقایای ذرت به خاک برگردانده شده بود، بعد از ۱۸ ماه کربن آلی حدود ۲۵ درصد افزایش یافت. تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و عمق شخم بر عملکرد گندم و دانه ذرت معنی‌دار نبود (Heidari, 2004). فعالیت کرم‌های خاکی با تغییر وضعیت خاک می‌تواند برای رشد محصولات مفید باشد. کرم‌های خاکی سبب بهبود نفوذ آب، افزایش تخلخل خاک و پایداری ساختمان خاک می‌گردند.

در آزمایشی اثر خاک‌ورزی بر جمعیت کرم‌های خاکی مورد بررسی قرارگرفت و گزارش شد کاهش تدریجی جمعیت کرم‌های خاکی پس از شخم‌های متوالی، نتیجه تغییرات شرایط خاک، تخریب ساختمان خاکدانه‌ها و کاهش مقدار مواد آلی خاک بوده است. بنابراین خاک‌ورزی می‌تواند مستقیماً توسط عملیات مکانیکی یا غیر مستقیم به‌واسطه تغییر شرایط خاک بر جمعیت کرم‌های خاکی و سایر موجودات زنده خاک اثرگذارد (Munwar *et al*., 1990; Lee, 1985). نتایج تحقیقات وست (Wust, 2001) نشان داد که در سیستم‌های بدون شخم، جمعیت کرم‌های خاکی افزایش یافته است. در همین ارتباط در آزمایشی با تناوب نخود فرنگی-گندم، جایی‌که عمق شخم محدود به ۲/۵ سانتی‌متر بود، جمعیت

کرم‌های خاکی به ۲۵ عدد در متر مربع رسید. در پلات‌های با عمق شخم ۲۵ سانتی‌متر یا چیزل با عمق ۳۵ سانتی‌متر، متوسط تعداد کرم‌ها به ۴ عدد در هر مترمربع کاهش‌یافت. چان در تحقیقی (Chan, 2004) اثرات عملیات شخم و فعالیت کرم‌های خاکی آنسیک[1] را بر خصوصیات هیدرولوژیک خاک مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیقات وی نشان داد که کانال‌های ایجاد شده در اثر فعالیت کرم‌ها باعث بهبود شرایط فیزیکی و نفوذپذیری خاک شده است.

با توجه به اثرات نامطلوب زیست‌محیطی سوزاندن بقایای گیاهی و مزایای حفظ آنها در مناطق خشک از جمله افزایش موادآلی خاک و بهبود ساختمان خاک و از آنجایی‌که در ارتباط با این تأثیرات اطلاعاتی در اصفهان در دسترس نبود، تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم در حضور بقایای ایستاده جو بر عملکرد ذرت و تعدادی از شاخص‌های خاک در تناوب جو-ذرت مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش از سال ۱۳۸۰ به مدت ۴ سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کبوترآباد اصفهان در بافت خاک لوم رسی سیلتی (در تناوب جو-ذرت) با متوسط مواد آلی ۰/۸۸ درصد انجام شد. در این تحقیق اثر ۴ مدیریت بقایای گیاهی ایستاده جو شامل: سوزاندن، مدفون‌کردن، مخلوط‌کردن و نگهداری در سطح خاک، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بر تعدادی از شاخص‌های گیاهی ذرت و خاک مورد آزمون قرارگرفت. تعداد ۴ کرت هر یک به مساحت ۷۰ مترمربع (۲۰×۳/۵) در هر بلوک (۳ بلوک) به منظور بررسی عوامل مورد نظر در تحقیق ایجاد شد. فاصله تکرارها از هم ۶ متر بود. عملیات خاک‌ورزی در کشت جو هر ساله به روش مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار در عمق ۲۵ سانتی‌متر + دیسک و کاشت به روش پخشی با دست) و تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی در ۴ سال طرح در کرت‌های ثابت اعمال‌گردید. تیمارهای آزمایش بعد از برداشت جو و خارج‌کردن کلش‌های آن (میزان بقایای ایستاده جو حدود ۷ تن در هکتار اندازه‌گیری شد.) در هر سال به شرح ذیل بود:

- سوزاندن بقایای جو + شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۲۵سانتی‌متر + دیسک (روش مرسوم؛ MPB)
- خردکردن بقایای ایستاده جو با ساقه خردکن + مدفون کردن بقایای خردشده با گاوآهن‌برگردان‌دار در عمق ۲۵ سانتی‌متری خاک + دیسک (روش مدفون کردن؛ MPC)
- خردکردن بقایای ایستاده جو با ساقه‌خردکن + شخم با گاوآهن قلمی به عمق ۱۰ سانتی‌متر + مخلوط کردن بقایا با خاک توسط خاک‌همزن (روش مخلوط کردن؛ CPC)
- خردکردن بقایای ایستاده جو با ساقه‌خردکن + کاشت مستقیم روی زمین مسطح با خطی‌کار آمازون (روش حفظ بقایا در سطح؛ NCM)

رقم جو و ذرت مورد استفاده در مدت ۴ سال، به ترتیب کارون‌درکویر و سینگل کراس ۷۰۴ بود. در کرت مربوط به تیمار مرسوم بقایای گیاهی سوزانده شد. در تیمارهای دیگر، بقایای گیاهی خارج شده از کمباین از کرت‌های آزمایش خارج گردید. ارتفاع اولیه بقایای ایستاده جو از ۲۵-۲۲ سانتی‌متر در دو تردد ساقه خردکن به ۴-۳ سانتی‌متر در تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی کاهش یافت. مقدار ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به منظور تسریع فرایند پوسیدگی بقایا قبل از عملیات خاک‌ورزی اولیه در تمامی تیمارها به‌جز MPB به خاک اضافه شد. عملیات خاک‌ورزی مطابق با تعریف تیمارها اعمال‌گردید. در هر کرت آزمایش ۴ خط کاشت به فواصل ۷۵ سانتی‌متر و به طول ۲۰ متر ذرت کاشته شد. در تیمارهای خاک‌ورزی شده کاشت با ردیف‌کار روی پشته و در تیمارهای بدون خاک‌ورزی توسط ماشین کاشت آمازون روی زمین مسطح انجام شد. کوددهی، در تیمارهای

1- Anecic

خاک‌ورزی شده به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیم در هکتار قبل از عملیات خاک‌ورزی و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در دو نوبت قبل از اولین آبیاری و در مرحله پنج برگی داده شد. در تیمار NCM، همین مقدار کود فسفات آمونیم با خطی‌کار آمازون و همزمان با کاشت در زیر بذر قرار داده شد. نحوه دادن کود اوره در این تیمار مانند سایر تیمارها بود.

به‌منظور مبارزه با آفات خاکزی در کشت ذرت سم سوین به روش دستی بعد از آبیاری اول به کرت‌های آزمایش داده شد.

جدول ۱ – مشخصات فنی ادوات به کاربرده شده در آزمایش

نوع ماشین	مشخصات
خطی‌کار آمازون	کشیدنی، شیار بازکن چکمه‌ای، دارای مخزن کود و بذر مجزا با قابلیت قراردهی کود ۵ سانتی-متر در زیر بذر، عرض کار ۲/۵ متر، موزع استوانه‌ای دندانه‌دار و ماشین دارای قابلیت کاشت بذور دانه درشت و ریز
ردیف‌کارT71	مجهز به شیار بازکن دو دیسکی، موزع صفحه‌ای کنار ریز و عرض کار ۲/۵ متر
ساقه‌خردکن	سوارشونده، حرکت از محور تواندهی تراکتور، عرض‌کار ۱/۸متر، تیغه‌ها چکشی، حرکت تیغه‌ها به صورت عمودی، دارای دو کفشک جهت تنظیم ارتفاع از سطح خاک و جعبه دنده افزاینده دور به نسبت ۱به ۲
خیش‌چی	سوار شونده، ۱۵ بازوی صلب و عمودی که در دو ردیف با فاصله مؤثر ۱۴ سانتی‌متر روی شاسی قرار دارند، تیغه مثلثی شکل با پهنای ۵ سانتی‌متر، عرض کار ۱/۹۵متر
خاک‌همزن (روتیواتور)	سوار شونده، تیغه L شکل و ۳۶ عدد، و عرض کار ۱/۵ متر
گاوآهن برگردان‌دار	سوار شونده، ۳ خیشه، عرض برش هر خیش ۳۹ سانتی‌متر، خیش عمومی و عرض کار ۱/۲ متر

رطوبت خاک در تیمارهای خاک‌ورزی شده در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری ۸ درصد در زمان کاشت و در تیمارهای بی‌خاک‌ورزی ۲ درصد در عمق ۵-۰ سانتی‌متری (بر پایه خشک) بود. میزان بذر برای دو ماشین کاشت ۲۵ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج آزمایش در سال اول، در تیمار NCM در سال‌های دوم، سوم و چهارم بعد از کاشت بذر با ماشین، مقداری خاک جهت تماس بذر با خاک به‌وسیله دست روی خطوط کاشت، ریخته شد. در تیمارهای آزمایش آب به‌طور مساوی به‌وسیله پارشال فلوم و زمان اندازه‌گیری شده به کرت‌ها داده‌شد. اولین آبیاری در تابستان هر سال و از تیر ماه تا برداشت محصول حدود ۱۵ نوبت آبیاری انجام می‌شد.

در این تحقیق فواصل بین بوته‌ای، تعداد بوته‌های سبز شده (از دو خط وسط کاشت در دو طول ۲۰متری) عملکرد کل‌تر در دو طول پنج متری (از دو خط کاشت میانی) در زمان برداشت برای محصول ذرت در هر کرت تعیین شد. شاخص‌جمعیت کرم‌های خاکی در مساحتی به ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی‌متر و به عمق ۲۵ سانتی‌متر در لایه سطحی خاک در هر کرت به روش دستی در هر سال در زمان برداشت ذرت شمارش‌گردید. همچنین وزن زنده کرم‌ها و تعداد کوکون[1] (تخم) آنها در هر تیمار به

1- Coccon

روش دستی تعیین شد. میزان ماده آلی (OC) در زمان برداشت در سه عمق ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ سانتی‌متری خاک در هر سال بعد از برداشت ذرت اندازه‌گیری شد.

به‌منظور ارزیابی سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر عمق نفوذ ریشه، تأثیر این سیستم‌ها بر وزن خشک ریشه تا عمق ۶۰ سانتی‌متری با فرو کردن استوانه فلزی به قطر ۱۵ وارتفاع ۶۰ سانتی‌متر و به‌طور جداگانه در اعماق۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰، ۴۰-۳۰، ۵۰-۴۰ و ۶۰-۵۰ سانتی‌متری خاک مورد بررسی قرارگرفت. به منظور تخلیه آسان خاک متراکم درون استوانه برای قسمت انتهایی استوانه قطر بیشتری در نظر گرفته شد.

محاسبات آماری توسط نرم‌افزارهای Excel و SAS انجام شد. به‌منظور بررسی یکنواختی واریانس آزمایش، آزمون بارتلت انجام گردید. یکی از مفروضات تجزیه واریانس مرکب (آزمایش چند ساله یا چند منطقه‌ای) یکنواختی واریانس تیمارهای آزمایش است. در صورت یکنواختی واریانس آزمایش تجزیه مرکب انجام می‌گردد، در غیر این‌صورت عامل غیر یکنواختی یک سال خاص یا یک منطقه خاص شناخته شده با خارج کردن آنها از آزمون تجزیه مرکب برای آن مناطق و یا سال‌هایی که دارای واریانس مشابهی بوده انجام می‌گردد.

تجزیه واریانس شاخص‌های عملکرد بیوماس و تعداد بوته‌های سبز شده برای سطح یک مترمربع و مقایسه میانگین تیمارها برای شاخص‌های اشاره شده در سطح یک هکتار انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر استقرار بوته‌های ذرت و عملکرد بیوماس

ازآنجایی‌که آزمون همگنی واریانس آزمایش (بارتلت) دلالت بر عدم یکنواختی واریانس آزمایش در سال اول با سه سال دیگر داشت، به‌همین منظور در تجزیه واریانس شاخص‌های مورد ارزیابی سال اول به طور مجزا مورد بررسی قرار گرفت.

با خارج کردن سال اول و یکنواختی واریانس آزمایش در سه سال دیگر (بر اساس آزمون همگنی واریانس آزمایش) در تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها این سه سال با هم بررسی گردیدند.

مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های سبز محصول به تفکیک سال‌های آزمایش در جدول ۲ و نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین سال‌های دوم تا چهارم آزمایش در جدول‌های ۳ و ۴ آمده است.

اثر تیمارهای آزمایش در سال اول بر تعداد بوته‌های استقرار یافته معنی‌دار بود (جدول ۲)؛ ولی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش در شاخص‌های اشاره شده در ۳ سال دیگر آزمایش مشاهده نشد (جدول‌های ۲ و ۴).

در سال اول بین تیمارهای خاک‌ورزی شده و تیمار بدون خاک‌ورزی این تفاوت معنی‌دار بود.

کمترین تعداد بوته استقرار یافته در تیمار بدون خاک‌ورزی (NCM) مشاهده گردید. در این سال میانگین و انحراف معیار فواصل بین بوته‌ای و فراوانی نسبی بوته‌های سبزشده در گستره بالاتر از فاصله بین بوته‌ای مطلوب (۲۰ سانتی‌متر) در تیمار بدون خاک‌ورزی به مقدار زیادی بیشتر از تیمارهای خاک‌ورزی بود؛ به طوری که تعداد بوته‌های سبز شده در این تیمار ۴۶ درصد تیمارهای خاک‌ورزی شده بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد عدم استقرار کافی بوته‌ها در تیمار بدون‌خاک‌ورزی در این سال را بتوان به خشک بودن خاک در زمان کاشت (۲ درصد بر پایه خشک در عمق ۵-۰ سانتی‌متری) و کافی نبودن وزن منتقل شده بر روی شیاربازکن ماشین‌کاشت برای ایجاد خاک نرم در این شرایط خاک و

جدول ۲- اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر شاخص‌های استقرار بوته‌ای و عملکرد بیوماس ذرت

تیمارهای آزمایش	تعداد بوته سبز شده در هکتار	میانگین فواصل بین بوته‌ای	انحراف معیار فواصل بین بوته‌ای	فراوانی بوته‌های سبز شده در گستره بالاتر از ۲۰ سانتی‌متر	عملکرد بیوماس (تن در هکتار)
	۱۳۸۰				
MPB[1]	۱۰۲۸۸۰a	۱۳/۷۴b	۸/۳۵b	۱۷/۳۷b	۶۲/۳۷ab
MPC[2]	۱۰۴۷۳۶a	۱۳/۸۹b	۹/۳۹b	۱۶/۶b	۶۴/۵۱ab
CPC[3]	۱۰۱۷۲۴a	۱۵/۱۵b	۷/۴۷b	۱۸/۳۳b	۶۵/۸۱a
NCM[4]	۴۷۸۱۳b	۲۸/۴۷a	۳۰/۰۰a	۵۳/۰۷a	۴۹/۲۲b
	۱۳۸۱				
MPB[1]	۷۴۶۶۷a	۱۷/۴۹a	۷/۲۵a	۳a	۶۷/۴۰ a
MPC[2]	۸۰۰۰۰a	۱۷/۵۵a	۶/۹۱a	۳a	۶۸/۱۰ a
CPC[3]	۸۴۵۳۳a	۱۶/۲۴a	۶/۶۳a	۲a	۶۹/۷۰ a
NCM[4]	۷۶۸۰۰a	۱۸/۰۶a	۶/۶۸a	۳a	۶۶/۵۰ a
	۱۳۸۲				
MPB[1]	۶۰۹۰۰a	۲۲/۱۶a	۷/۰۰a	۳a	۵۱/۵۰ a
MPC[2]	۶۲۷۰۰a	۲۱/۵a	۶/۲۹a	۲a	۵۲/۶۰ a
CPC[3]	۵۹۱۰۰a	۲۲/۶۴a	۷/۱a	۲a	۵۳/۲۰ a
NCM[4]	۶۴۷۰۰a	۲۱/۹۲a	۶/۵۱a	۳a	۵۰/۰۰ a
	۱۳۸۳				
MPB[1]	۵۹۵۵۴a	۲۲a	۷a	۲a	۶۸/۶۰a
MPC[2]	۶۲۲۲۱a	۲۲a	۷a	۳a	۷۱/۳۰a
CPC[3]	۶۱۳۳۳a	۲۱a	۴a	۳a	۷۰/۹۱a
NCM[4]	۶۱۷۷۸a	۲۱a	۶a	۲a	۶۸/۴۹a

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

۱- روش مرسوم ۲- روش مدفون کردن ۳- روش مخلوط کردن بقایا ۴- حفظ بقایا در سطح

در نتیجه عدم ایجاد تماس کافی بین بذر و خاک نسبت داد. به‌طوری که شیاربازکن ماشین که در عمق ۵ سانتی‌متری تنظیم شده بود تنها قادر به ایجاد یک شیار باریک در خاک‌شده و خاک نرم برای تماس بذر و خاک ایجاد نمی‌کرد. هرچند در یک تحقیق در همین منطقه مورد آزمایش به کاهش استقرار گیاهچه‌های گندم در روش بی‌خاک‌ورزی به علت جمع شدن بقایای گیاهی در جلوی شیاربازکن ماشین کاشت اشاره شده است (Hemmat & Taki, 2001)؛ ولی در این آزمایش خردکردن بقایای‌گیاهی و کاشت ذرت به فواصل ردیف ۷۵ سانتی‌متر اخلالی در کار شیاربازکن ماشین کاشت ایجاد نکرد. از آنجایی‌که عدم تماس کافی بذر با خاک علت پایین بودن شاخص‌های سبز محصول در سال اول در تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به تیمارهای خاک‌ورزی شناخته شده بود (جدول۲)، در سال‌های بعدی ضمن تنظیم عمق‌کاشت ماشین به میزان ۸ سانتی‌متر، پوشش بذور با ریختن خاک نرم به صورت دستی روی خطوط کاشت نیز انجام گردید. به‌نظر می‌رسد این امر سبب

تماس کافی بین بذر و خاک در عمق ۵-۴ سانتی‌متری خاک در تیمار بی‌خاک‌ورزی شد و به همین لحاظ از نظر شاخص‌های سبز محصول تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش در این ۳ سال مشاهده نگردید (جدول‌های ۳ و ۴). اثر عمق خاک‌ورزی در تیمارهای خاک‌ورزی شده بر تعداد بوته‌های استقرار یافته در ۴ سال آزمایش معنی‌دار نبود. خردکردن (حدود ۷ تن در هکتار) بقایای ایستاده جو با ساقه خردکن، اضافه کردن ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به منظور تسریع فرایند پوسیدگی بقایا قبل از عملیات خاک‌ورزی اولیه، شخم با گاوآهن قلمی در عمق ۱۰ سانتی‌متری و مخلوط‌کردن بقایا با خاک سطحی (عمق ۵ سانتی‌متری) با خاک‌همزن در تیمار کم‌خاک‌ورزی (CPC) اثر منفی بر استقرار بوته‌های ذرت و یکنواختی سبز شدن آنها نداشت (جدول ۲). هر چند در بعضی از تحقیقات به کاهش درصد سبز در روش‌های کم‌خاک‌ورزی به علت عدم تماس کافی بین بذر و خاک و علائم کمبود ازت اشاره داشته‌اند (Christensen *et al.*, 1994) ولی به نظر می‌رسد در این آزمایش خردکردن بقایا در تیمار مخلوط‌کردن و اضافه نمودن کود ازته برای ثابت نگه‌داشتن نسبت کربن به ازت خاک محدودیتی برای تماس بذر و خاک و نشان دادن علایم کمبود ازت ایجاد نکرد. مطالعه میانگین عملکرد بیوماس در جدول ۲ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری همانند تعداد بوته‌های سبز شده بین تیمارهای خاک‌ورزی شده وجود نداشت. عملکرد محصول در سیستم کم‌خاک‌ورزی در این سال به طور معنی‌داری بیشتر از روش بدون خاک‌ورزی بود. پایین بودن عملکرد محصول در تیمار NCM نسبت به تیمارهای خاک‌ورزی شده در سال اول را می‌توان به میزان سبزشدن ذرت در این تیمار ارتباط داد. با این وجود در برخی نقاط دنیا به ناموفق بودن سیستم بی‌خاک‌ورزی در سبزکردن بوته‌ها به دلایل پایین‌آوردن درجه حرارت خاک در زمان کاشت و عدم ایجاد تماس کافی بین بذر و خاک (به‌علت حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک) و وجود علف‌های هرز اشاره کرده‌اند (Borin & Sartori, 1995). ولی همان‌طور که اشاره شد به‌نظر می‌رسد در این آزمایش پایین بودن درصد سبز در تیمار NCM به سخت‌بودن خاک در زمان کاشت و در نتیجه عدم توانایی این ماشین کاشت در ایجاد تماس کافی بین بذر و خاک مربوط بود. معنی‌دار بودن اثر سال در آزمایش و معنی‌دار نبودن اثر متقابل بین سال و تیمار (جدول ۳) در سال‌های دوم تا چهارم آزمایش نشان از روند یکسان تیمارهای آزمایش در طی این ۳ سال داشت.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سال‌های دوم، سوم و چهارم آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد بوته سبزشده در هکتار	میانگین فواصل بین بوته‌ای	انحراف معیار فواصل بین بوته‌ای	عملکرد بیوماس
سال	۲	۳۰۱**	۱۰۹/۹۹	۴/۰۵	۱۵۳/۶۷
اشتباه الف	۶	۰/۶۰	۰/۹۳	۱/۱۲	۲/۷۲
تیمار	۳	۲/۴۸	۰/۱۳	۲/۳۳	۱/۴۴
تیمار× سال	۶	۵/۲۶	۲/۵۹	۱/۸۰	۰/۸۷
اشتباه ب	۱۸	۴/۱۰	۲/۰۶	۱/۵۱	۳/۸۱

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی طی سه سال آزمایش

تیمارهای آزمایش	تعداد بوته سبزشده در هکتار	میانگین فواصل بین بوته‌ای	انحراف معیار فواصل بین بوته‌ای	فراوانی بوته‌های سبزشده در گستره بالاتر از ۲۰ سانتی‌متر	عملکرد بیوماس (تن در هکتار)
MPB[1]	۶۵۰۴۰a	۱۳/۷۴a	۸/۳۵a	۱۷/۳۷a	۶۲/۵۰a
MPC[2]	۶۸۳۰۷a	۱۳/۸۹a	۹/۳۹a	۱۶/۶a	۶۴a
CPC[3]	۶۸۳۲۲a	۱۵/۱۵a	۷/۴۷a	۱۸/۳۳a	۶۴/۶۰a
NCM[4]	۶۷۷۵۹a	۲۸/۴۷a	۳۰/۰۰a	۵۳/۰۷a	۶۱/۶۶a

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

۱- روش مرسوم ۲- روش مدفون کردن ۳- روش مخلوط کردن بقایا ۴- حفظ بقایا در سطح

اثرمدیریت بقایای‌گیاهی بر کربن آلی

میزان ماده آلی خاک در اعماق ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری خاک در جدول ۵ آورده شده است. اثر مدیریت بقایای گیاهی جو بعد از چهار سال بر میزان مواد آلی خاک در اعماق ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متری معنی‌دار بود. این افزایش در میزان مواد آلی خاک هر چند در اعماق اشاره شده نسبت به سوزاندن بقایای گیاهی در سال سوم هم مشاهده‌گردید، ولی این تفاوت‌ها در سال سوم به علت تغییرات کمتر، معنی‌دار نبود. افزایش میزان ماده آلی خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری بعد از چهار سال در روش‌های مخلوط‌کردن، نگهداری در سطح خاک و مدفون کردن به ترتیب حدود ۲۰، ۱۸، و ۱۳ درصد نسبت به سوزاندن بقایای ایستاده جو بیشتر بود.

جدول ۵- میزان کربن آلی خاک در سال‌های سوم و چهارم در اعماق مختلف خاک

	عمق ۱۰- ۰ (سانتی‌متر)		عمق ۲۰- ۱۰ (سانتی‌متر)		عمق ۳۰- ۲۰ (سانتی‌متر)	
تیمار	سال سوم (درصد)	سال چهارم (درصد)	سال سوم (درصد)	سال چهارم (درصد)	سال سوم (درصد)	سال چهارم (درصد)
MPB[1]	۰/۹۴a	۰/۹۴b	۰/۹۳a	۰/۹۲b	۰/۹۶b	۰/۹۳a
MPC[2]	۰/۹۶a	۱/۰۲ab	۱/۰۰a	۱/۰۲ab	۱/۰۲ab	۱/۰۹a
CPC[3]	۰/۹۴a	۱/۲۰a	۱/۰۸a	۱/۱۰ab	۱/۲۰a	۱/۰۷a
NCM[4]	۰/۹۵a	۱/۱۱ab	۰/۹۹a	۱/۸۱a	۱/۱۱ab	۱/۰۲a

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

۱- روش مرسوم ۲- روش مدفون کردن ۳- روش مخلوط کردن بقایا ۴- حفظ بقایا در سطح

اثر مدیریت بقایای‌گیاهی بر جمعیت کرم‌خاکی

متوسط جمعیت و وزن زنده کرم‌های خاکی و تعداد تخم آنها در تیمارهای مدیریت بقایای‌گیاهی با خاک‌ورزی در طی ۴ سال آزمایش در جدول۶ آورده شده‌است. تعداد کرم‌های خاکی، وزن زنده کرم‌ها و تعداد تخم آنها در تیمار حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک (بدون خاک‌ورزی) نسبت به تیمارهای خاک‌ورزی شده به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. وجود بقایای‌گیاهی در سطح خاک و عدم دست‌خوردگی خاک می‌تواند از عوامل افزایش جمعیت کرم‌های خاکی در این تیمار باشد. مخلوط‌کردن بقایای‌گیاهی در عمق سطحی خاک (CPC) و نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک (NCM) به‌طور معنی‌داری باعث افزایش جمعیت کرم‌های خاکی نسبت به سوزاندن بقایای‌گیاهی شد. همچنین نتایج مشاهدات نشان داد که بخش عمده کرم‌های بزرگ (آنسیک) عمدتاً در تیمارهای با حداقل به هم‌خوردگی (NCM و CPC) در خاک و کرم‌های کوچک (اندوجیک)[1] در تیمارهای با مدیریت مدفون‌کردن بقایای گیاهی با خاک‌ورزی مرسوم مشاهده گردیده است.

جدول ٦- فراوانی جمعیت، تعداد کوکون و وزن زنده کرم‌های‌خاکی در تیمارهای آزمایش

تیمار	جمعیت کرم‌ها (تعداد/مترمربع)	تعداد کوکون (تعداد/مترمربع)	وزن زنده (گرم/مترمربع)
CPC[1]	۱۳۰b	۱۱۵a	۳۷b
MPC[2]	۶۵bc	۶۸b	۱۶c
NCM[3]	۲۱۹a	۱۲۰a	۸۲a
MPB[4]	۳۳c	۲۹c	۱۳c

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

۱- روش مخلوط کردن بقایا ۲- روش مدفون کردن ۳- حفظ بقایا در سطح ۴- روش مرسوم

تأثیر تیمارهای آزمایش بر عمق نفوذ ریشه

به‌منظور ارزیابی سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر عمق نفوذ ریشه تأثیر این سیستم‌ها بر وزن خشک ریشه تا عمق ۶۰ سانتی‌متری و به‌طور جداگانه در اعماق ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰، ۴۰-۳۰، و ۵۰-۴۰ سانتی‌متری خاک مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری در وزن خشک ریشه تا عمق ۶۰ سانتی‌متری در بین تیمارهای آزمایش مشاهده نگردید (شکل ۲). بیشترین مقدار نسبی وزن ریشه در تمام تیمارهای آزمایش در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک بود. این مقدار در تیمارهای بی‌خاک‌ورزی ۸۵، در تیمار کم‌خاک‌ورزی ۸۳ و در تیمارهای حداکثر خاک‌ورزی ۷۸ درصد بود. اشاره شده است، رطوبت، اکسیژن، درجه حرارت و مقاومت مکانیکی خاک از جمله عواملی هستند که به طور مستقیم بر رشد ریشه گیاه تأثیر می‌گذارند (Qin *et al.*, 2005) و این فاکتورها خود تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی هستند (Kochakei, 1996). به نظر می‌رسد در این آزمایش در تیمارهای بی‌خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی حداقل شرایط لازم برای رشد و نمو ریشه فراهم بود.

1- Endogac

شکل ۱- مقایسه وزن خشک ریشه در واحد حجم خاک در اعماق مختلف بین سیستم‌های خاک‌ورزی

نتیجه گیری

۱- تولید ذرت علوفه‌ای بعد از جو در اصفهان تحت مدیریت کم‌خاک‌ورزی (شخم در عمق ۱۰ سانتی‌متری و مخلوط‌کردن بقایای ایستاده جو) و بی‌خاک‌ورزی (نگهداری بقایا در سطح خاک) بدون تأثیر منفی بر عملکرد محصول امکان‌پذیر است.

۲- در روش بی‌خاک‌ورزی در منطقه اصفهان دسترسی به تماس کافی بین بذر و خاک ضروری است.

۳- افزایش ماده آلی خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری تحت اعمال خاک‌ورزی تلفیقی (خاک‌ورزی مرسوم برای محصول اول و مدیریت بقایای گیاهی برای محصول دوم شامل مخلوط‌کردن، نگهداری در سطح خاک و مدفون‌کردن) امکان‌پذیر خواهد بود.

۴- فعالیت بیولوژیکی خاک (جمعیت کرم‌های خاکی) با اعمال خاک‌ورزی حفاظتی بهبود خواهد یافت.

مراجع

Anon. 1996. Economics of conservation tillage. cropsoil.psu.edu/extension/ct/ct.cfm.

Biederbeck, V. O., Campbel, C. A., Bowren, K. E., Schnitzer and Mclver, R. N. 1980. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in Saskatchewan. Soil Sci. Soc. Am. J. 44, 103-111.

Borin, M. and Sartori, L. 1995. Barley, Soybean and maize production using ridge tillage, no-tillage and conventional tillage in North-East Italy. Agric. Eng. Res. 62, 229-236.

Chan, K. Y. 2004. Impact of tillage practices and burrows of a native Australian anecic earthworm on soil hydrology. Appl. Soil Ecol. 27, 89–96.

Christensen, N. B., Jones, T. L. and Kauta, G. J. 1994. Infiltration characteristics under no till and clean-till furrow irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 1495-1500.

Coppens, F., Garnier, P., Merckx, R. and Recous, S. 2007. Decomposition of mulched versus incorporated crop residues: Modeling with PASTIS clarifies interactions between residue quality and location. Soil Biol. and Biochem. 39, 2339-2350.

Dubetz, S., Kozu, G. C. and Doymaar, J. F. 1975. Effects of fertilizer, barnyard manure, and crop residues on irrigated crop yield and soil chemical properties. Can. J. Soil Sci. 55, 481-490.

Govaerts, B., Sayre, K. D., Lichter, K., Dendooven, L. and Deckers, J. 2007. Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. Plant Soil. 291(1-2): 39-54.

Hajabbasi, M. A. and Hemmat, A. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in central Iran. Soil Till. Res. 56, 205-212.

Heidari, A. 2004. Effect of resiual management and tillage depth on wheat yield and soil organic matter in corn-wheat rotation. Agric. Eng. Res. J. 19, 81-93. (in Farsi)

Hemmat, A. and Taki, O. 2001. Grain yield of irrigated winter wheat as affected by stubble-tillage management and seeding rates in central Iran. Soil Till. Res. 63, 58-64.

Hmholte, A. A. and Carter, P. R. 1987. Planting date tillage effects on corn following corn. Agron. J. 79, 746-751.

Ismail, I., Blevins, R. L. and Frye, W. W. 1994. Long-term no tillage effects on soil properties and corn yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 193-198.

Jin, H., Qingjie, W., Hongwen, L. I., Lijin, L. and Huanwen, G. 2007. Soil loosening on permanent rasied-bed in arid northwest China. Soil Till. Res. 97, 172-183.

Jocko, M., Gebbers, R., Barkusky, D., Rogasik, J., Hohn, W., Hierold, W., Fox, C. and Timmer, J. 2009. Location-dependency of earthworm response to reduced tillage on sandy soil. Soil Till. Res. 102, 55–66.

Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erach, D. C. and Berry, E. C. 1994. Long term tillage effects on soil quality. Soil Till. Res. 32, 313-327.

Kochakei, G. H. 1996. Farming in arid area. University of Mashade pub.(Book in Farsi) 202pp.

Lee, K. E. 1985. Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use. Sydney Orlando Academic Press Books. 428pp.

Liang, Y., Gollany, H. T., Rickman, R. W., Albrecht, S. L., Follett, R. F., Wilhelm, W. W., Novak, J. M. and Douglas, C. L. 2008. Imulation of management practice effects on long-term soil organic carbon. Soil. Sci. Soc. Am. J. 72(5):1486 – 1492.

Martinez, C., Angas, P. and Lampurlanes. J. 2003. Growth yield and water productivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by tillage and N fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed conditions of Spain. Field Crops Res. 84, 341–357.

Munwar, A., Blevens, R. L., Frye, W. W. and Saul, M. R. 1990. Tillage and cover crop management for soil water conservation. Agron. J. 82, 773-777.

Parsch, L. D., Terry, C. K., Patricia, A., Sauer, L., Oliver, R. and Nathan, S. 2001. Economic analysis of conservation and conventional tillage cropping systems on Clayey Soil in Eastern Arkansas Agron. J. 93, 1296-1304.

Qin, R., Stamp, P. and Richner, W. 2005. Impact of tillage and bander starter fertilizer on maize root growth in the top 25 centimeters of the soil. Agron. J. 97, 674-683.

Sharma, R. K., Srinivasa Babu, K., Chokar, R. S. and Sharma. A. K. 2004. Effect of tillage on termites, weed incidence and productivity of spring wheat in rice-wheat system of North Western Indina plans. Crop Protection. 23, 1049-1054.

So, H. B., Grabski, A. and Desborough, P. 2009. The impact of 14 years conventional and no-till cultivation on the physical properties and crop yield of a loam soil at Grafton NSW, Australia. Soil Till. Res.104, 180-184.

Wuest, S. 2001. Earthworm, infiltration, and tillage relationships in a dry land pea–wheat rotation. Appl. Soil Ecol. 18, 187–192.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.12/No.1/2011/P: 83-96

The Effect of Conventional and Conservation Tillage on Forage Corn Yield in a Barley-Corn Rotation

A. Asadi*, M. Yahyaabadi and O. Taki

* Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 81785-199, Isfahan, Iran. E-mail: Asadiardshair@yahoo.com
Received: 14 February 2010, Accepted: 30 October 2010

High intensity evaporation from the soil surface due to low air humidity and poor soil structure and organic matter are constraints of agriculture in arid and semi-arid regions of Iran. Regionally, maintaining plant residue with tillage management is one method to improve these conditions. In this study, for a barley-corn rotation, four barley residue management methods for standing stubble (burning, burying, incorporating and leaving on the surface) were compared over four years at Isfahan Kabootar Abad Agricultural Research Station. The experiment was conducted using a randomized complete block design with six treatments and three replications. The tillage treatments for corn (second crop) were applied to the same plot every year and the plots were conventionally plowed every year for the first crop (barley). The first year results showed that no-tillage treatments reduced the yield due to insufficient contact of seed and soil which caused an inadequate number of seedlings per square meter. However, providing better seed-soil contact in subsequent years resulted in no significant difference in the yield of the no-tillage treatment with other treatments. There was also no significant difference in yield and other crop establishment parameters between the other treatments during the four years of the study. Incorporation, leaving the residue on the surface and burying to a depth of 25 cm resulted in 20%, 18%, 13% increases, respectively, in the average organic matter compared with burning after four years of testing. Results also showed that the earthworm population under the conventional method was significantly lower than for the no-till and reduced-till treatments. No significant difference in root dry weight to a depth of 60 cm was observed between treatments. After four years, the results of the study indicated that the forage corn production under no-tillage and reduced tillage had no adverse effect on biomass yield and can be an alternative method to the current tillage method. Therefore, an annual compilation system that combines conventional tillage for barley and reduced tillage for corn production (after barley) is an alternative to reduce soil moisture evaporation in summer, increase soil organic matter and improve soil structure (increase population of earthworms) instead of conventional tillage operations.

Keywords: Conservation tillage, Organic matter, Residue management