

تأثیر چهار روش خاک ورزی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) در کشت دوم زمینهای شالیزاری

محمود شعبانپور^{۱*}، فرشته غلامی^۲، سید حسین پیمان^۳، هاجر ایران خواه^۲، مینا رسولی^۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۱

۱- دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه گیلان

۲- دانش آموختگان کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه گیلان

۳- دانشیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه گیلان

مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: shabanpour@guilan.ac.ir

چکیده

خاک‌ورزی از اجزای مهم مدیریت خاک است، انتخاب روش مناسب خاک‌ورزی به عواملی نظیر ساختمان خاک، پایداری خاکدانه‌ها، بافت خاک، تناوب زراعی، پتانسیل فرسایشی، شرایط رطوبتی خاک و زمان انجام خاک‌ورزی بستگی دارد. آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در کرت‌هایی به ابعاد ۱۰ متر انجام شد. چهار تیمار خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی اولیه با گاوآهن برگردان‌دار + خاک‌ورزی ثانویه با روتیواتور (T1)، دو بار خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار در جهت عمود بر هم (T2)، بدون خاک‌ورزی (T3) و یک بار خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (T4) بودند. شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) به‌عنوان کشت دوم پس از برداشت برنج انتخاب شد. پنج ماه پس از برداشت برنج نمونه‌برداری مجدد از خاک صورت گرفت و عملکرد شبدر تعیین شد. نتایج نشان داد که میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)، میانگین هندسی قطر خاکدانه (GMD)، عملکرد شبدر، مقاومت فرو روی و جرم مخصوص ظاهری در روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری دارد. کم‌ترین عملکرد و بیش‌ترین مقدار MWD، GMD، مقاومت فرو روی و جرم مخصوص ظاهری خاک مربوط به تیمار T3 بود. تیمار T1 بیش‌ترین عملکرد محصول را داشت، علت آن هم تخلخل بیشتر، مقاومت فرو روی و جرم مخصوص ظاهری کمتر و کوچکتر بودن اندازه خاکدانه‌های ایجادشده به‌وسیله روتیواتور است. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه روش بدون خاک‌ورزی باعث افزایش قطر و بهبود پایداری خاکدانه شد، ولی افزایش جرم مخصوص ظاهری و مقاومت فرو روی خاک به دلیل فشردگی خاک منجر به افت عملکرد محصول گردید، درحالی‌که استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و روتیواتور نسبت به سایر روش‌ها باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش عملکرد محصول کشت دوم در اراضی شالیزاری گردید.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، خصوصیات فیزیکی خاک، شبدر برسیم، شالیزار، عملکرد محصول، کشت دوم

Effects of Four Tillage Methods on Some Soil Physical Properties and Yield of Berseem Clover (*Trifolium alexandrinum* L.) in the Second Cropping in Paddy Fields

M Shabanpour^{1*}, F Gholami², SH Peiman³, H Irankhah², M Rasoli²

Received: January 30, 2021

Accepted: May 22, 2019

¹Assoc. Prof., Soil Sciences Department, University of Guilan, Iran

²M.Sc. Student of Soil Science, University of Guilan, Iran

³Assoc. Prof., Agricultural Mechanization Engineering Department, University of Guilan, Iran

*Corresponding Author, Email: shabanpour@guilan.ac.ir

Abstract

Soil tillage is an important element of soil management. Suitable tillage type implement depends on several factors, such as soil structure, aggregate stability, texture, crop rotation, erosion potential, moisture conditions and time of cultivation. This experiment was carried out with four treatments and three replications as a completely randomized design in 10×10 m plots. The treatments were tillage with moldboard plow plus rotavator (T1), twice crossover tillage with moldboard plough (T2), no-tillage (T3) and once tillage with moldboard plow (T4). Berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) was selected for the second cropping following the rice harvest. The soil samples were taken and yield of crop was determined after five months. The results showed that mean weight diameter (MWD), geometric mean diameter (GMD), yield of crop, soil penetration resistance, bulk density and porosity in different tillage methods had significant differences. The minimum yield and the maximum values of MWD, GMD, soil penetration resistance and bulk density all were occurred in no-tillage treatment. The maximum yield obtained from T1 treatment, probably due to the soil higher porosity, lower penetration resistance and bulk density and smaller size of aggregates resulted by the rotavator application. Results showed that, although the no-tillage treatment led to increase of soil aggregates diameter and improved of their stability, but the increase of bulk density or penetration resistance caused the yield reduction in T3 treatment. Use of moldboard plow and rotavator (T1) led to better result than the other methods by improvement of the soil physical conditions in paddy fields, which was employed for the second cropping.

Keywords: Berseem clover, Paddy fields, Product performance, Second crop, Soil physical properties, Tillage

خاک که به منظور تهیه بستر کشت، حفاظت آب و خاک، از بین بردن فشردگی خاک و کنترل علف‌های هرز صورت می‌گیرد (مصدقی و همکاران ۲۰۰۱). سیستم خاک‌ورزی به‌طور مستقیم بر ذخیره رطوبتی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارد (دی ویتا و همکاران ۲۰۰۷). انتخاب سیستم مناسب خاک‌ورزی در نهایت عملکرد محصول را افزایش می‌دهد (سینگر و همکاران ۲۰۰۴). خاک‌ورزی حفاظتی اغلب باعث کاهش فرسایش و افزایش مقدار آب قابل‌استفاده

مقدمه

حفظ منابع آب و خاک کشور و امکان دستیابی به کشاورزی پایدار با حفظ خصوصیات مفید فیزیکی و شیمیایی خاک میسر است. بنابراین کاربرد فناوری‌های مطلوب به‌منظور حفظ این خصوصیات، ضروری می‌باشد. از جمله این فناوری‌ها می‌توان به سیستم‌های خاک‌ورزی مناسب اشاره نمود، که یکی از روش‌های کاربردی در کشاورزی پایدار به شمار می‌آید (محبوبی ۱۹۹۴). خاک‌ورزی عبارت است از به هم‌خوردگی فیزیکی

گزارش نمودند که تراکم کمتر ریشه در سیستم بدون شخم (به دلیل مقاومت فرو روی بالای خاک) باعث محدودیت جذب آب توسط ریشه خواهد شد و عملکرد کمتر سیستم بدون شخم به این موضوع نسبت داده می‌شود. طبق گزارش اوسیبیل و همکاران (۱۹۹۲) در سیستم بدون شخم فشردگی لایه زیر ریشه‌ها باعث کاهش عملکرد دانه و گاه گندم می‌شود، آنها عقیده دارند که کاهش عملکرد مستقیماً تحت تأثیر مقاومت فرو روی خاک و یا تحت تأثیر کمبود اکسیژن و یا رطوبت و یا قابلیت دسترسی عناصر غذایی می‌باشد. بانترین و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که استفاده از ادوات شخم متفاوت بر عملکرد کتان تأثیر معنی‌دار دارد. بلیدو و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند، تیمار بدون شخم دارای کم‌ترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد گاه و دانه بود و بین سه تیمار شخم برگردان‌دار، قلمی و چیزل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از مهم‌ترین محاسن خاک‌ورزی حداقل و حفاظتی، ذخیره رطوبت در خاک در مقایسه شخم با گاواهن برگردان‌دار می‌باشد. سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی روی پایداری ساختمان خاک موثر است و اثرات متفاوتی روی پایداری خاکدانه‌های خاک می‌گذارند. مطالعه‌ی تغییرات در خصوص خاکدانه‌سازی در خاک، به عنوان شاخص ساختمان خاک، تحت سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی می‌تواند اطلاعاتی را در مورد روش‌های کشت، از جمله کشت دو محصولی فراهم کند (حاج‌عباسی و همکاران ۱۹۹۹). کشت دو محصول مختلف در طول یک سال، یکی از سیستم‌های نوین کشاورزی برای افزایش بهره‌وری از زمین است (بانترین و همکاران ۲۰۰۲). با توجه به وسعت شالیزارهای گیلان، در صورت مساعد کردن اراضی از نظر سطح آب زیرزمینی و خارج ساختن آن‌ها از حالت غرقابی، با اجرای عملیات تسطیح و یکپارچه نمودن اراضی می‌توان سطح وسیعی از شالیزارهای گیلان را به کشت دوم شبدر برسیم اختصاص داد. استان گیلان یکی از مهم‌ترین استان‌های تولیدکننده برنج در کشور است و با

گیاه شده ولی کاربرد درازمدت این روش‌ها، به‌ویژه روش بدون خاک‌ورزی ممکن است آثار نامطلوبی مانند افزایش تراکم بر خاک داشته باشد (فراس و همکاران ۱۹۹۹). جرم مخصوص ظاهری، تشکیل و پایداری خاکدانه و توزیع اندازه خلل و فرج از خصوصیات فیزیکی مهم خاک در ارتباط با تولید محصول می‌باشند؛ که روی آب، تهویه، تخلخل، دما، نفوذپذیری و مقاومت فرو روی خاک مؤثرند و تحت تأثیر سیستم‌های خاک-ورزی قرار می‌گیرند (فراس و همکاران ۱۹۹۹). بنابراین نوع خاک‌ورزی و تعیین مقدار بقایای موجود در سطح خاک، از مهم‌ترین عوامل موفقیت در کشاورزی به شمار می‌آید که هرکدام بر کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان زراعی تأثیر بسزایی دارند (مرابت و همکاران ۲۰۰۱). برخی وسایل شخم مانند گاواهن که بیشترین به هم زدگی خاک را باعث می‌شوند باعث تولید خاکدانه‌های درشت می‌شوند، در صورتی که دیسک و یا وسایل مشابه دیگر باعث تولید خاکدانه‌های ریز می‌شوند. با افزایش شعاع برش وسایل شخم، مقدار خاکدانه‌های درشت افزایش می‌یابد (تیسدال و آدام ۱۹۸۶). زیاو و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایش خود پی بردند که سیستم بدون عملیات خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول طی یک دوره ۶ ساله منجر به افزایش عملکرد گندم می‌گردد. این نتیجه در آزمایش تارکلسون و همکاران (۲۰۰۶) نیز مشاهده گردید. داگلاس و همکاران (۱۹۹۴) اذعان داشتند که در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی که بقایا در سطح خاک یا نزدیک آن قرار می‌گیرند اختلال در جوانه‌زنی مشاهده می‌شود. زیرا بقایای سطحی، تماس بذر با خاک را کاهش می‌دهند و باعث کاهش جذب آب توسط بذر می‌گردند. ماپا و همکاران (۱۹۹۶) گزارش نمودند که نفوذ آب در لایه‌های شخم خورده بلافاصله پس از شخم زیاد است و به مرور زمان در اثر سله بستن و نشست کردن زمین کاهش می‌یابد. میک و همکاران (۱۹۹۰) نفوذ بیشتر آب در سیستم بدون شخم را به منافذ زیستی آن نسبت می‌دهند. ویلهم و همکاران (۱۹۸۹)

سانتیمتر، بردفورد (۱۹۸۶)، pH خاک با نسبت ۱:۲/۵ در محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم با pH متر (مک لین ۱۹۸۲)، هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع به روش هدایت سنجی، ماده آلی خاک به روش والکی بلاک (نلسن و سومر ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شدند.

سپس قطعه زمین به ۱۲ کرت مربعی به ابعاد ۱۰×۱۰ متر تقسیم‌بندی گردید. چهار روش خاک‌ورزی شامل: خاک‌ورزی اولیه با گاواهن برگردان‌دار به عمق ۳۰ سانتی‌متر به اضافه خاک‌ورزی ثانویه پس از ۸ روز با روتیواتور به عمق ۱۵ سانتی‌متر (T1)، دو بار خاک‌ورزی با گاواهن برگردان‌دار در جهت عمود بر هم (در طی دو مرحله زمانی، به فاصله ۸ روز) (T2)، بدون خاک‌ورزی با بقایای محصول رها شده برنج در سطح خاک (T3)، یکبار خاک‌ورزی با گاواهن برگردان‌دار (T4) به عنوان تیمارهای خاک‌ورزی اعمال شدند. تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش با طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. همچنین اقدام به احداث کانال‌هایی جهت خروج آب اضافه و زهکشی زمین گردید که دارای یک کانال اصلی و چهار کانال فرعی بود.

تیمارها به‌منظور اعمال مقادیر مختلف انرژی به زمین انتخاب شدند. بعد از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی کاشت بذر شبدر برسیم با تراکم ۰/۵ کیلوگرم بذر در هر کرت به صورت دست‌پاش در اوایل مهر انجام گرفت (بذر ها با شن کش با خاک سطحی پوشش داده شدند). طی دوره رشد، آب مورد نیاز گیاه از بارندگی‌های پاییزه و زمستانه تأمین گردید (آبیاری انجام نشد). در پایان فصل رشد (اواخر دی) نمونه‌برداری مجدد از عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری به صورت تصادفی با سه تکرار انجام یافت و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مجدداً صورت گرفت، همچنین عملکرد علوفه تولید شده با اندازه‌گیری مقدار محصول در مساحت یک متر مربع از وسط هر کرت تعیین گردید. تجزیه آماری داده‌ها با

توجه به این‌که مراحل کاشت، داشت و برداشت این محصول در استان شش ماه طول می‌کشد و شش ماه دیگر از سال زمین بدون استفاده باقی می‌ماند، بنابراین با توجه به خاک حاصلخیز و شرایط آب و هوایی مناسب در این منطقه، کشت دوم یکی از راهکارهای افزایش تولید محصولات زراعی در واحد سطح می‌باشد. در این راستا می‌توان از گیاهان زودرس و علوفه‌ای مانند شبدر که هم باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و افزایش ازت و ماده آلی به خاک می‌شود و هم مورد مصرف دام قرار می‌گیرد، استفاده کرد. این تحقیق با یافتن روش خاک‌ورزی مناسب که سبب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، افزایش رشد ریشه و درنهایت سبب افزایش عملکرد شبدر برسیم می‌شود، انجام گرفت. زمین استفاده شده سالهای طولانی تحت کشت متوالی برنج بوده است و در این آزمایش برای اولین بار کشت شبدر به عنوان کشت دوم بعد از برنج انجام شده است.

مواد و روش‌ها

قطعه زمینی به وسعت ۲۰۰۰ مترمربع در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان انتخاب گردید. برداشت برنج در نیمه اول شهریورماه انجام شد. نمونه‌برداری اولیه از خاک مزرعه جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بعد از برداشت برنج (اواسط شهریور) و قبل از اعمال تیمارها به صورت مرکب و از عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری انجام گرفت (جدول ۱). بافت خاک به روش هیدرومتر با قرائت کامل (جی و ار ۲۰۰۲)، جرم مخصوص حقیقی از روش پیکنومتر، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه (بلک و هارتچ ۱۹۸۶)، توزیع اندازه و نمایه‌های پایداری خاکدانه (MWD^1 and GMD^2) به روش الک تر (کمپر و روسنائو ۱۹۸۶) با اندازه الکها ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌متر، مقاومت فرو روی خاک به‌طور مستقیم در مزرعه با دستگاه فروسنج و در رطوبت FC (مکش ۳۰۰

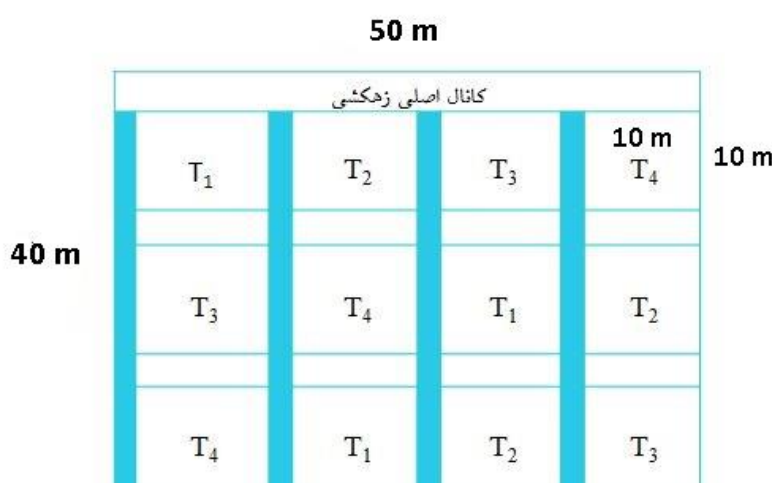
1 Mean weight diameter

2 Geometric mean diameter

نرم افزار SAS انجام شد. ابتدا آزمون نرمال بودن توزیع داده ها و تجزیه واریانس داده ها و پس از آن مقایسه میانگین بین تیمارها نیز با آزمون توکی و در سطح ۵ درصد انجام شد. تجزیه رگرسیون و محاسبه ضرایب همبستگی با SPSS انجام و شکل ها با نرم افزار Excel رسم شد.

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از اعمال تیمارهای خاک ورزی.

مقاومت فروری خاک در رطوبت FC	EC	pH	ماده آلی	جرم مخصوص حقیقی	جرم مخصوص ظاهری	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک
(k Pa)	(dS m ⁻¹)	—	(%)	(g cm ⁻³)	(g cm ⁻³)	(%)	(%)	(%)	لوم رس سیلتی
۱۱۰	۱/۲	۶/۳۸	۲/۹	۲/۶	۱/۳۲	۳۷	۴۴/۵	۱۸/۵	



شکل ۱- نقشه توزیع تیمارها و کانالهای زهکش ایجاد شده (خطوط پهن آبی رنگ کانالهای فرعی زهکشی هستند) خاک ورزی اولیه با گاوآهن برگردان دار + خاک ورزی ثانویه با روتیواتور (T1)، دو بار خاک ورزی با گاوآهن برگردان دار در جهت عمود بر هم (T2)، بدون خاک ورزی (T3) و یک بار خاک ورزی با گاوآهن برگردان دار (T4).

نتایج و بحث

اطلاعات جدول ۲ خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده را نشان می دهد. تجزیه واریانس نتایج نشان داد که تیمارهای خاک ورزی تأثیر معنی داری (در سطح ۱ درصد) بر جرم مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر خاکدانه، میانگین هندسی قطر خاکدانه و مقاومت فرو روی خاک و تأثیر معنی داری (در سطح ۵ درصد) بر عملکرد محصول دارد، همچنین نتایج تجزیه

واریانس حاکی از عدم تأثیر معنی دار تیمارهای خاک-ورزی بر ماده آلی خاک است، شاید علت آن را بتوان به مدت زمان کوتاه بین خاک ورزی و نمونه برداری نسبت داد. گرچه روش بدون خاک ورزی باعث افزایش و بهبود پایداری خاکدانه می شود ولی به دلیل فشردگی خاک، افزایش جرم مخصوص ظاهری و مقاومت فرو روی خاک منجر به افت عملکرد محصول خواهد شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد اندازه‌گیری.

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	جرم مخصوص	ماده آلی	میانگین وزنی	میانگین هندسی	عملکرد تر	مقاومت فرو روی خاک
		قطر خاکدانه		قطر خاکدانه	قطر خاکدانه		
تیمار	۳	۰/۰۰۵ **	۰/۱۴۱ ns	۰/۲۷۴ **	۰/۱۳ **	۶۹۶۸۷۵ *	۲۰۶/۷۷ **
خطای آزمایش	۸	۰/۰۰۰۳	۰/۱۶۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱۲	۹۱۴۵۸	۱۵/۶۹
ضریب تغییرات (%)		۱/۴۰۲	۹/۸۱۷	۵/۳۳۸	۸/۰۸۳	۳۲/۵۷۴	۳/۸۱۵

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد، (مقاومت فروری خاک در رطوبت FC)

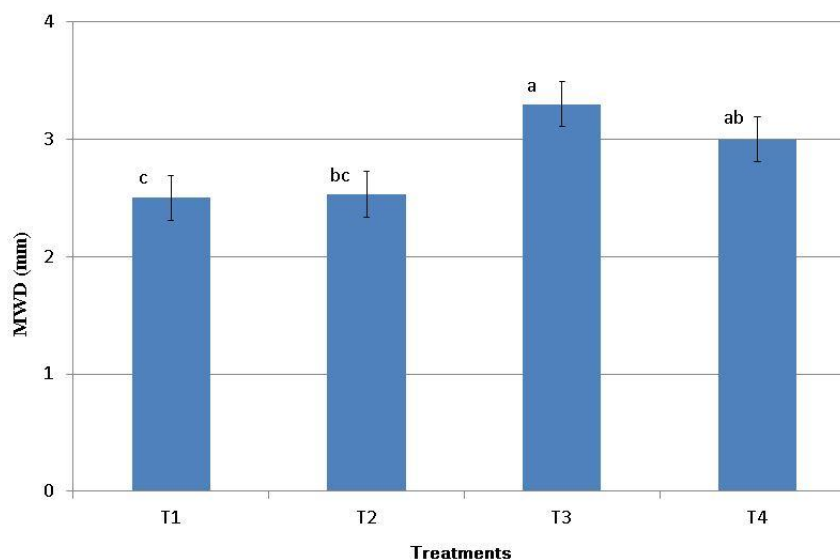
مقدار MWD و GMD بین تیمارها در سیستم بدون شخم بیشتر است. میلتون و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که تاثیر خاک‌ورزی بر پارامترهای MWD و GMD در آزمایش آنها فقط در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متر مشاهده می‌شود. کاسپر و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که روش حداقل خاک‌ورزی به دلیل درجه بالاتر فشردگی و تراکم، بیشترین مقدار خاکدانه‌های پایدار را داشت.

اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر مقاومت فرو روی خاک

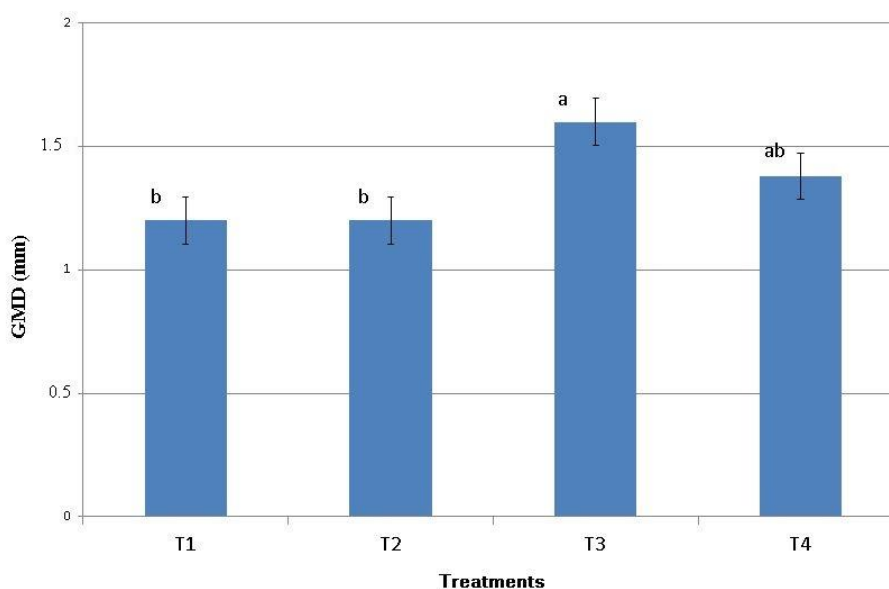
میانگین رطوبت خاک تیمارها در هنگام اندازه‌گیری مقاومت فرو روی خاک ۳۳/۵ درصد بود (تفاوت رطوبت بین تیمارها اندک و قابل صرف نظر بود). استفاده از روتیواتور (برخورد تیغه‌ها با سرعت و شدت زیاد به خاک) در تیمار T1 و دو بار عبور گاوآهن برگردان دار در جهت عمود بر هم در تیمار T2 باعث خرد شدن بیشتر کلوخه‌های خاک شده است و نفوذ راحت تر ریشه‌ها در تیمار T1 و T2 فراهم می‌شود. می‌توان این‌طور استنباط کرد که یکبار خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان دار نتوانسته است، به اندازه خاک‌ورزی با روتیواتور و دو بار گاوآهن باعث کاهش مقاومت فرو روی خاک شود (شکل ۴).

اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر شاخص‌های پایداری خاکدانه

بیشترین مقدار MWD و GMD در تیمار T3 (بدون خاک‌ورزی) و کمترین آن در تیمار T1 (گاوآهن بعلاوه روتیواتور) مشاهده می‌شود. علت پایین‌تر بودن شاخص‌های پایداری در تیمار T1 استفاده از روتیواتور است (شکل ۲ و ۳)، روتیواتور مورد استفاده در این تحقیق دارای ۱۴ تیغه و سرعت چرخش محور اصلی (که تیغه‌ها بر روی آن قرار دارند) ۲۲۲ دور در دقیقه است، بنابراین با توجه به عرض کار روتیواتور که ۵۰ سانتی‌متر است، تیغه‌ها در هر دقیقه ۳۱۰۸ بار به خاک برخورد می‌کنند، این تعداد برخورد منجر به ایجاد خاکدانه‌های کوچک‌تر شد و خاک را به ذرات کوچک‌تری تبدیل می‌کند. در تیمار بدون خاک‌ورزی (T3)، خاکدانه‌های درشت‌تر باعث بالاتر رفتن MWD و GMD شد. همچنین این تیمار دارای تراکم و فشردگی و جرم مخصوص ظاهری بالاتری نسبت به بقیه تیمارها است. در مورد GMD، اگرچه تیمار T4 که یکبار تحت خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان دار قرار گرفت، با T1 و T2 تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما خاکدانه‌های درشت موجود در آن بیشتر بود و به این دلیل با T3 هم تفاوت معنی‌داری نداشت. این نتایج با یافته‌های پین هیرو و همکاران (۲۰۰۴) و حاج عباسی و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد که نشان دادند،



شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین مقادیر MWD بین تیمارهای خاک‌ورزی.



شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین مقادیر GMD بین تیمارهای خاک‌ورزی.

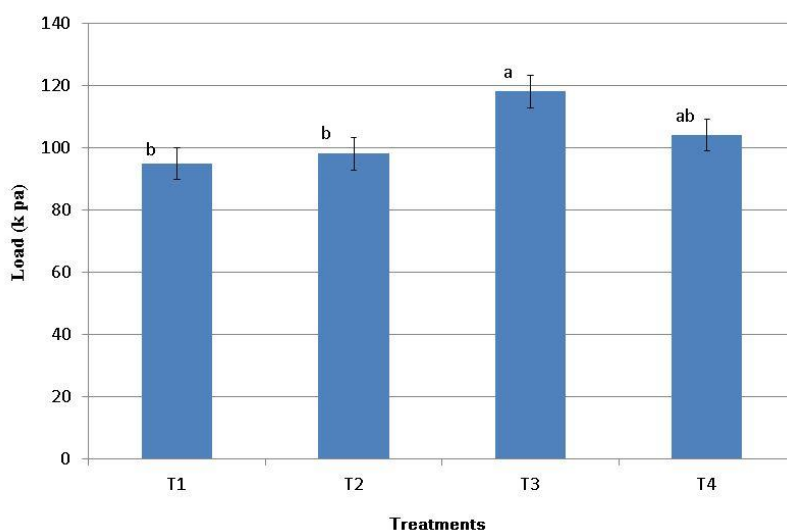
مقاومت فرو روی خاک می‌شود. کومیا و همکاران (۱۹۹۳) گزارش دادند که بی‌خاک‌ورزی ممکن است اثرات منفی از قبیل افزودن مقاومت فرو روی خاک و مشکلات رشد ریشه را به دنبال داشته باشد.

اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری
جرم مخصوص خاک در تیمارهای T1، T2 و T4 تفاوت معنی داری نشان نداد و نزدیک به مقدار جرم مخصوص ظاهری در شروع آزمایش (۱/۳۲) گرم بر سانتیمتر

به عبارتی دیگر می‌توان گفت عبور بیشتر ادوات شخم در زمین می‌تواند باعث کاهش مقاومت فرو روی شود. تاواینگا و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که تیمار گاوآهن برگردان‌دار دارای کمترین مقاومت نفوذ و روش بدون خاک‌ورزی دارای بیشترین مقاومت نفوذ بودند. کومیا و همکاران (۱۹۹۳) اعلام کردند، که استفاده از روتاری تیلری با تیغه C شکل باعث کاهش بیشتر

که هر سه روش خاک‌ورزی باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری نسبت به روش

مکعب) بود، تفاوت کم بین این تیمارها با هم و با مقدار اولیه قبل از شروع آزمایش غیر معنی دار و قابل چشم پوشی است، بیش‌ترین جرم مخصوص ظاهری در تیمار T3 (بدون خاک‌ورزی) مشاهده می‌شود که با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد (شکل ۵). در تیمار T1، تیغه‌های روتیواتور و در تیمار T2 و T4 خیش گاواهن باعث افزایش حجم و در نتیجه کاهش تراکم و جرم مخصوص ظاهری شده است. می‌توان نتیجه گرفت



شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین مقاومت فرو روی (PR) خاک بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی.

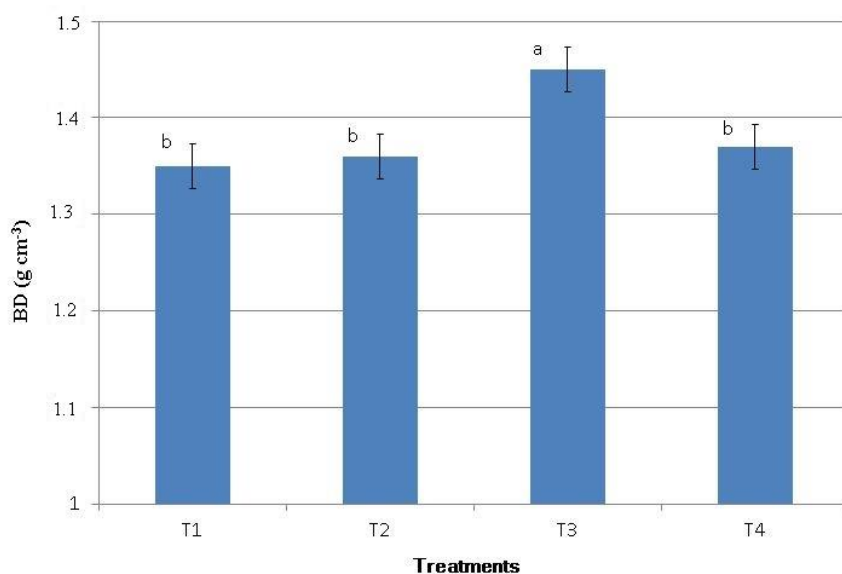
مقدار محصول علوفه تر در تیمارهای مختلف در شکل ۶ نشان داده شده است. علت بالا بودن عملکرد در تیمار T1 (گاواهن بعلاوه روتیواتور) را می‌توان کاهش تراکم خاک، جرم مخصوص ظاهری کمتر، توسعه بهتر ریشه در خاکی با کلوخه‌های ریزتر، جذب آب و مواد غذایی بیشتر و در نتیجه بهبود استقرار گیاه و رشد اندام‌های هوایی دانست. همچنین روتیواتور بستر نرم‌تری را برای بستر بذر فراهم می‌کند. عملکرد پایین در تیمار T3 (بدون خاک‌ورزی) را شاید بتوان به دلیل وجود بقایای گیاهی برنج دانست که جلوی تماس کافی و بهتر بذر با خاک را گرفته و تا حدی جذب آب و مواد غذایی از خاک را دچار مشکل ساخته است، همچنین به دلیل فشردگی خاک در اثر عبور کارگران هنگام برداشت برنج و از آنجایی که خاک تحت شخم قرار نگرفت، دارای جرم مخصوص

بدون خاک‌ورزی شدند. گلینسکی و لپیک (۱۹۹۰) گزارش کردند که افزایش جرم مخصوص ظاهری از ۱/۳ به ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب باعث می‌شود که ظرفیت نیتریفیکاسیون خاک‌ها به نصف کاهش یابد و این به نوبه خود روی عملکرد محصول اثرگذار است.

موگس و هولدن (۲۰۰۸)، اوسان بیتن و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند، که بیش‌ترین جرم مخصوص ظاهری با اختلاف معنی‌دار مربوط به تیمار بدون شخم در مقایسه با شخم دستی، شخم مرسوم و شخم با دیسک بود. لپیک و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در روش شخم مرسوم، در لایه شخم خورده در مقایسه با روش بدون شخم معمولاً جرم مخصوص ظاهری کمتر و منافذ کل بیشتر است.

اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر محصول علوفه تر

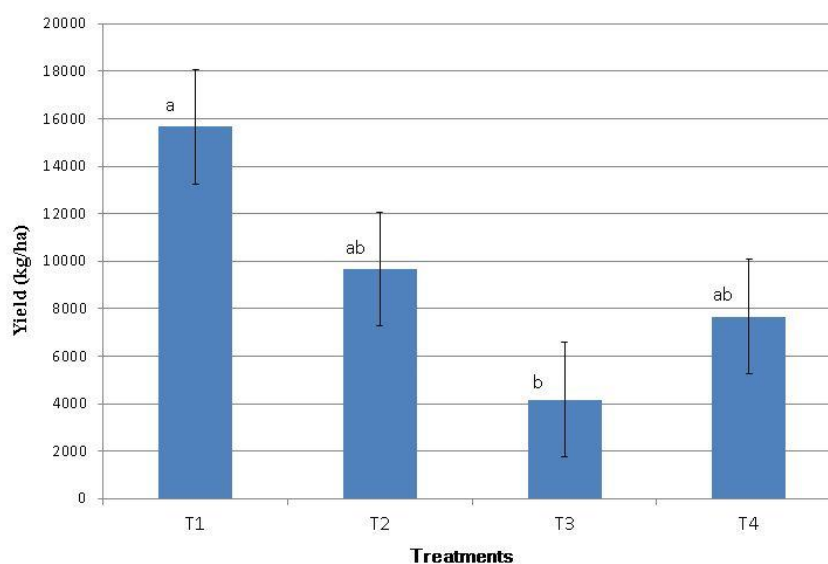
ظاهری بیش‌تری بود و ریشه گیاهچه و توسعه ریشه در آن نسبت به دیگر تیمارها با مشکل مواجه شده است.



شکل ۵- نمودار مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی.

یافت. نوربخشیان و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند، که عملکرد علوفه شبدر ایرانی در شرایط خاک‌ورزی بیشتر از بدون خاک‌ورزی است که دلیل آن را استقرار بهتر بذر و کنترل علف‌های هرز می‌دانند.

به نظر می‌رسد که کاربرد روتیواتور برای افزایش عملکرد شبدر بسیار مفید بوده است. فراس و همکاران (۱۹۹۹) نتیجه گرفتند که در سیستم بی خاک‌ورزی به علت شرایط فیزیکی نامناسب، بزرگی کلوخه‌ها و نیتروژن معدنی کم خاک، عملکرد محصول کاهش خواهد



شکل ۶- نمودار مقایسه میانگین عملکرد (وزن تر) شبدر برسیم (به عنوان کشت دوم) بین تیمارهای خاک‌ورزی.

اثر تیمارهای خاکورزی بر ماده آلی خاک

نتایج تجزیه واریانس حاکی از عدم تأثیر تیمارهای خاک-ورزی روی ماده آلی خاک بود. شاید علت آن را بتوان به مدت زمان کوتاه بین خاکورزی و نمونه برداری نسبت داد، همچنین مواد آلی ناشی از رشد ریشه شبدر می تواند جبران کاهش ماده آلی ناشی از خاک ورزی را بنماید. حاج عباسی و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی اثر تناوب زراعی و خاکورزی بر مواد آلی خاک در کشت ذرت نشان دادند، که روند تغییرات مواد آلی خاک در تیمارهای مختلف برای زمان‌های مورد آزمایش متفاوت بوده است، ولی به‌طور کلی هیچ یک از این تغییرات در تیمارها و اعماق مختلف از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است. همچنین اعلام کردند که بعد از چهار سال آزمایش هیچ تفاوت معنی‌داری در کربن آلی در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر وجود نداشت. این نتایج با گزارش پین هیرو و همکاران (۲۰۰۴) در خصوص تأثیر خاک ورزی بر تغییرات ماده آلی خاک در کشت سبزیجات نیز مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

خاک‌ورزی با گاواهن برگردان‌دار و روتیواتور از بیش-ترین عملکرد محصول برخوردار شد و علت آن هم

تخلخل بیشتر، مقاومت فرو روی و جرم مخصوص ظاهری کمتر و کوچک بودن اندازه خاکدانه‌های ایجادشده توسط روتیواتور بود. روش‌های مختلف خاکورزی تأثیر معنی‌داری روی MWD و GMD گذاشت و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار بدون خاک‌ورزی به دلیل درجه بالای فشردگی خاک بود. عملکرد محصول گیاه شبدر برسیم در تیمار T1 (گاواهن بعلاوه روتیواتور) به دلیل کاهش تراکم خاک، جرم مخصوص ظاهری کم، توسعه بهتر ریشه در خاکی با کلوخه‌های ریزتر، جذب آب و مواد غذایی بیش‌تر و در نتیجه بهبود استقرار گیاه و رشد اندام‌های هوایی دانست. استفاده از روتیواتور و گاواهن برگردان‌دار، منجر به کاهش مقاومت فرو روی خاک گردید. به این دلیل که خاک را به کلوخه‌های ریزتری تبدیل کرده و نفوذ و رشد ریشه بهتر نمود. استفاده از هر سه روش خاک-ورزی نسبت به روش بدون خاک‌ورزی باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری شد. تیمار بدون خاک‌ورزی به علت فشردگی خاک، جرم مخصوص ظاهری زیاد و تخلخل کم‌تری داشت که عامل اصلی در کاهش عملکرد این تیمار بود.

منابع مورد استفاده

- Akhavan S and Shabanpour M, 2017. The effect of soil compaction on ammonium and nitrate concentrations and wheat nitrogen uptake in two different soils. *Water and Soil Science* 27:199-212. (In Persian with English abstract)
- Azimzade M, Kochaki A and Bala M, 1996. The effect of different tillage methods on bulk density, porosity, soil moisture content and wheat yield in dry land conditions of Iran. *Journal of Crop Sciences* 3:209-224. ((In Persian with English abstract)
- Bellido LL, Fuentes M, Castillo JE, Lopes FJ and Fernandez EJ, 1996. Long time tillage, crop rotation and nitrogen fertilizer effect on wheat yield under rain fed Mediterranean condition. *Agronomy Journal* 88: 783-791.
- Bradford JM, 1986. Penetrability. Pp. 463-478 In: Klute A, (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Buntin GD, Raymer PL, Bednarz CW, Philips DV and Baird RE, 2002. Winter crop, tillage and planting date effects on double-crop cotton. *Journal of Agriculture* 94: 273-280.

- Blake, GR and Hartge KH, 1986. Bulk Density. Pp. 363-375 In: Klute A, (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Comia A, Stenberg M, Nelson P, Rydberg T and Hakansson L, 1993. Soil and crop responses to different tillage system. *Soil and Tillage Research* 29: 335-355.
- De Vita P, Di Paolo E, Fecondo G, Di Fonzo N and Pisante M, 2007. No tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research* 92: 69-78.
- Douglas CL, Wilkins DE and Churchill DB, 1994. Tillage, seed size and seed density effects on performance of soft white winter wheat. *Journal of Agronomy* 86: 707-711.
- Ferreras LA, Costa JL, Garsia FO and Pecorari C, 1999. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern Pampa of Argentina. *Soil and Tillage Research* 54: 31-39.
- Gee GW and Or D, 2002. Particle size analysis. Pp. 255-293 In: Dane JH and Topp GC, (ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods*, Soils Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Glinski J and Lipiec J, 1990. *Soil Physical Conditions and Plant Roots*. CRC press, Inc., Boca, Florida.
- Hajabbasi MA, Mirlohi AF and Sadrarhami M, 2002. Tillage effects on some physical properties of soil and maize yield in Lavark research farm. *Journal of Water and Soil Science* 3: 13-24. (In Persian with English abstract).
- Kasper M, Buchan GD, Mentler A and Blum WEH, 2009. Influence of soil tillage systems on aggregate stability and distribution of C and N in different aggregate fractions. *Soil and Tillage Research* 105: 192-199.
- Kemper WD and Rosenau RC, 1986. Aggregate stability and size distribution. Pp. 425-441 In: Klute A, (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Lipiec J, Kus J, Slowinska-Jurkiewicz A and Nosalewicz A, 2006. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. *Soil and Tillage Research* 89: 210-220.
- Mahbobi AA, 1994. Conservation tillage and sustainable agriculture. Third Congress of Agronomy and Plant Breeding, 4 September, University of Tabriz. (In Persian with English abstract).
- Mapa RB, Gream KE and Santo L, 1996. Temperature variability of soil hydraulic properties with wetting and drying subsequent to tillage. *Soil Science Society of America Journal* 50: 1133-1138.
- McLean EO, 1982. Soil pH and lime requirement. Pp.199-223 In: Page AL, (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Meek BD, Deter WR, Ralph DR, Rachel ER and Carter LM, 1990. Infiltration rate as affected by an alfalfa and no-tillage cotton cropping system. *Soil Science Society of America Journal* 54:505-508.
- Milton D, Horn R, Reinert DJ and Reichert JM, 2009. Aggregate stability as affected by short- and long-term tillage systems and nutrient source of a hapludox in southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33:767-777.
- Moges A and Holden NM, 2008. Soil fertility in relation to slope position and agricultural land use. *Environmental Management* 42: 453-763.
- Mosadeghi MR, Afyuni A and Hemmat A, 2001. The effect of two tillage methods on some soil physical properties in North Carolina and its comparison with Iranian conditions. 7th Iranian Soil Science Congress, 27-30 August, Shahrekord University. (In Persian with English abstract).
- Mrabet R, Saber N, El-Brahli A, Lahlou S and Bessam F, 2001. Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil and Tillage Research* 57:225-235.
- Nelson, DW and Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. PP 539-577 In: Page AL, (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Norbakhshian J, Morshedi A, Sadeghi A, Raeesi L and Jafarzade S, 2001. Influence of tillage and seed rate on quantitative and qualitative yield of Iranian clover forage. Chaharmahal & Bakhtiari Agricultural Research Center for Natural Resources Publications. (In Persian).

- Ossible M, Crookston RK and Larson WE, 1992. Sub surface compaction reduce the root and shoot growth and grain yield of wheat. *Agronomy Journal* 84: 34-38.
- Osunbitan JA, Oyedele DJ and Adekalu KO, 2005. Tillage effects on bulk density, hydraulic conductivity and strength of loamy sand soil in southwestern Nigeria. *Soil and Tillage Research* 82: 57-64.
- Pinheiro EFM, Pereira MG and Anjos LHC, 2004. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a red Latosol from Brazil. *Soil and Tillage Research* 77:79-84.
- Singer JW, Kohler KA, Liebman MT, Richard L, Cambardella CA and Buhler DD, 2004. Tillage and compost effect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. *Agronomy Journal* 96: 531-537.
- Tarkalsona DD, Hergertb GW and Cassman KG, 2006. Long term effects of tillage on soil chemical properties and grain yields of a dry land winter wheat, sorghum/corn-fallow rotation in the great plains. *Agronomy Journal* 98: 26-33.
- Tawainga K, Cox WJ and Harold VE, 2002. Tillage and rotation effects on soil physical characteristics. *Agronomy Journal* 94: 299-304.
- Tisdall JM and Adem HH, 1986. Effect of water content of soil at tillage on size distribution of aggregates and infiltration. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 26:193-195.
- Wilhelm WW, Bouzerour H and Power JF, 1989. Soil disturbance residue management effect on winter wheat growth and yield. *Agronomy Journal* 81: 581-588.
- Ziyu Su, Zhang A, Cai D, Jiang G, Huan J, Gao J, Hartmann R and Gabriels D, 2007. Effects of conservation tillage practices on winter wheat water use efficiency and crop yield on the Loess Plateau China. *Agricultural Water Management* 87: 307-314.