

تأثیر شیوه خاک‌ورزی بر برخی از شاخص‌های فیزیکی خاک، ویژگی‌های زراعی و عملکرد دانه سویا در دشت مغان - ایران

تهمینه بهرامپور^{۱*}، رضا عادل زاده^۲، صابر سیف امیری^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۱۶

^۱ بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل

^۲ بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز

^۳ بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: tahmineh1390@gmail.com

چکیده

این تحقیق به منظور تعیین سیستم خاک‌ورزی مناسب به مدت دو سال در کشت تابستانه سویا به صورت طرح کرت‌های خرد شده نواری (استریپ پلات) با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی مغان اجرا شد. در این آزمایش، فاکتور اول شخم در سه سطح (شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، شخم با گاوآهن قلمی و دیسک و فقط دیسک) و فاکتور دوم واریته در سه سطح (زان، ویلیامز و L17) بودند. درصد رطوبت وزنی خاک، جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروطی و میزان بقایای گیاهی قبل و بعد از کاشت و صفات زراعی مانند عملکرد دانه، درصد سبز کردن، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف اندازه‌گیری شدند. نتایج دو ساله آزمایش نشان داد سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی موجب اختلاف معنی‌دار در عملکرد دانه سویا نشد. اما اختلاف ارقام از لحاظ صفات ارتفاع بوته، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر معنی‌دار بود. نتایج دو ساله این تحقیق بیان‌گر آن بود که تفاوت تیمارهای خاک‌ورزی از نظر شاخص مخروطی در عمق‌های ۱۰-۲۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متر معنی‌دار ولی در عمق‌های ۳۰-۲۰ و ۴۰-۳۰ غیر معنی‌دار بود. پایین‌ترین و بالاترین میزان شاخص مخروطی در عمق ۱۰-۲۰ به ترتیب با ۰/۵۴ و ۰/۶۰ مگاپاسگال در تیمارهای شخم با گاوآهن برگردان‌دار به علاوه دیسک و تیمار فقط دیسک مشاهده گردید. همچنین این دو تیمار خاک‌ورزی در عمق ۲۰-۱۰ نیز به ترتیب با ۰/۷۲ و ۰/۵۹ مگاپاسگال بالاترین و پایین‌ترین میزان شاخص مخروطی را داشتند. همچنین اختلاف تیمارها از نظر میزان MWD معنی‌دار بود به طوری که تیمارهای خاک‌ورزی گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، گاوآهن قلمی و دیسک و تیمار فقط دیسک به ترتیب با ۱۶/۳، ۱۳/۰ و ۱۰/۱ میلی‌متر در سه گروه متفاوت قرار گرفتند. شاخص درصد برگردان بقایای گیاهی با میانگین ۸۲/۴۱ و ۶۹/۸۳ درصد در سال اول و دوم دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بود. از طرف دیگر، سه روش خاک‌ورزی تأثیری معنی‌داری در جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت وزنی خاک ایجاد نکردند.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، سویا، شاخص‌های فیزیکی خاک، مغان

Effect of Tillage Method on Soil Physical Indices, Agronomic Characteristics and Yield of Soybean in Moghan Plain, Iran

TBahrampour^{1*}, R Adelzadeh², S Seifamiri³

Received: 28 April 2015

Accepted: 06 November 2016

¹ Soil and Water Research Dept., Ardabil Agric., and Natural Resources Research Center, AREEO, Ardabil, Iran

² Academic Member of Agric., Engin., Research Dept., East Azarbaijan Agric., and Natural Resources Research Center, AREEO, Tabriz, Iran

³ Seed and Plant Improvement Dept., Ardabil Agric., and Natural Resources Research Center, AREEO, Ardabil, Iran

* Corresponding Author, Email: tahmineh1390@gmail.com

Abstract

This study was conducted to determine suitable soil tillage method. It was carried out for two years in summer planting soybean in the form of stripe-plot with randomized complete block design with four replications on the farm of Agricultural Research Center Moghan. In this experiment, the first factor was three tillage methods: moaldboard plow and disk harrow; Chisel plow and disk harrow and only disk harrow and the second factor included three soybean varieties (Zane, Williams and L17). Moisture content, bulk density, penetration resistance and crop residue levels before and after implantation and agronomic traits such as grain yield, emergency percentage, plant height, the height of first pod, the number of pods per plant, pod length and the number of grain per pod were measured. Two-year results of the experiment showed that different methods of soil tillage did not cause any significant difference in the grain yield. But the agronomic traits such as plant height, pod length and number of grain per pod showed significant differences at 1% probability. The two-year results of this study also showed soil tillage treatment differences in terms of cone index at the depths of 0-10 and 10-20 cm, but at the depth of 20-30 and 30-40 no significant difference was detected. The lowest and highest cone index in 0-10cm depth were 0.54 and 0.60 MPa with the moaldboard plow and disk harrow and only disk harrow, respectively. Also The two tillage treatments at 10-20 depth with 0.72 and 0.59 Mpa had the highest and lowest cone index, respectively. The difference between treatments was significant in terms of MWD, as Moaldboard plow and disk harrow, Chisel plow and disk harrow and only disk harrow with respectively 16.3, 13.0 and 10.1 mm were divided into three different groups. The index of return of plant residues with average of 82.41 and 69.83 in the first and second years was statistically significant at the 1% level. On the other hand, the three tillage methods did not lead to significant effect in bulk density and the soil moisture content percentage.

Keywords: Moghan, Tillage methods, Soil physical indices, Soybean

مقدمه

آفات، سرعت تجزیه مواد آلی خاک، میزان فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک، بر جوانه‌زنی و سبز شدن بذر، جذب مواد غذایی و کارایی مصرف کودها و نهایتاً عملکرد محصول مؤثر می‌باشند. نحوه استقرار گیاه اغلب به عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت بستر بذر می‌باشد. در همین راستا وستاچ ورناندال (۲۰۰۲) و

آماده‌سازی بستر بذر از اصول اساسی زراعت در گیاهان می‌باشد. شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت از طریق تغییر در شرایط فیزیکی بستر بذر یعنی مشخصه‌های حرارتی، رطوبتی، تهویه‌ای و مقاومتی خاک، تأثیر بر میزان آلودگی مزرعه به علف‌های هرز و

۲۵ سانتی‌متر خاک‌ورزی سطحی با ادوات خاک‌ورزی میله‌ای^۴ به عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر و خاک‌ورزی در کمترین حالت با هرس دورانی^۵ با عمق ۱۰-۷ سانتی-متر را بر خصوصیات فیزیکی خاک در تناوب زراعی کلزای پاییزه، گندم و ذرت طی ۲۰ سال بررسی نموده و اظهار داشتند که در مقایسه با شخم مرسوم، خاک-ورزی حداقل، باعث افزایش مواد آلی خاک، قابلیت نگهداری آب و پایداری خاکدانه‌های خاک می‌شود. همچنین افزایش جرم مخصوص ظاهری در لایه زیر عمق شخم باعث بهتر شدن قابلیت تردد می‌شود. علاوه بر این سبب افزایش تعداد کرم‌های خاکی و تشکیل حفره‌های متعدد در خاک شده و نفوذپذیری خاک را افزایش می‌دهد. میشل و همکاران (۱۹۸۵) انرژی لازم برای دو سیستم خاک‌ورزی برای چغندر قند، لوبیا و ذرت را بررسی کردند. مقایسه خاک‌ورزی با گاواهن برگرداندار و قلمی نشان داد که در خاک‌ورزی گاواهن قلمی در محصول یکسان، ۴۰٪ کاهش مصرف سوخت و زمان مصرفی برای عملیات قبل از کاشت را داشته است.

بر اساس نتایج آزمایشات تاچتون و جانسون (۱۹۸۲) در خصوص اثرات خاک‌ورزی و روش کاشت برای سویا را بر عملکرد محصول گندم در تناوب با سویا شخم با گاواهن برگرداندار یا قلمی قبل از کاشت سویا نسبت به کشت مستقیم موجب افزایش عملکرد محصول گندم شد.

هارگریو (۱۹۸۲) اثر پنج سال روش‌های مختلف تهیه زمین بر حاصل‌خیزی خاک را وقتی دو محصول گندم و سویا به‌طور متناوب کشت می‌شدند مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت که روش‌های بدون شخم سبب افزایش حاصل‌خیزی خاک سطحی نسبت به لایه‌های پایینی شده ولی در مجموع (کل خاک منطقه توسعه ریشه) حاصل‌خیزی کاهش می‌یابد. المور (۱۹۹۰) و (۱۹۸۷) ضمن انجام آزمایشاتی بیان داشت که روش‌های مختلف خاک‌ورزی در شرایطی که رطوبت خاک هنگام

عرباچ و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند که محتوی رطوبتی خاک در اثر عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی تغییر می‌یابد. هورتون و همکاران (۱۹۹۴) نیز بیان داشته‌اند که خاک‌ورزی با تأثیر بر میزان و توزیع بقایای سطحی بر دمای خاک مؤثر می‌باشد.

خسروانی (۱۳۷۷) اثرات روش‌های مختلف آماده‌سازی زمین و فاصله ردیف‌ها را بر درصد رطوبت خاک و عملکرد گندم و سویا که به‌طور یک سال در میان کشت شده بودند بررسی کرده است. در آزمایش فوق روش-های آماده‌سازی زمین شامل شخم به‌طریقه معمول منطقه و بدون شخم و فاصله ردیف‌ها برای سویا ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر بود. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که عملکرد در شخم معمولی بیشتر است (برخی از محققین اظهار داشته‌اند که عملکرد می‌تواند در سال‌های اول اجرای روش‌های کم‌خاک‌ورزی تا حدی کاهش یابد). دروری و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که عملیات شخم مرسوم در خاک لوم رسی باعث کاهش شاخص مخروطی^۱ در مقایسه با عملیات بدون خاک‌ورزی در عمق ۸-۱۰ اینچ گردید. مقاومت لایه‌های خاک می‌تواند رشد و توزیع ریشه را محدود نموده و جذب مواد غذایی را کاهش دهد (گارسیا و همکاران، ۱۹۸۸).

جانسون (۱۹۸۸) بر اساس نتایج آزمایشات و بررسی‌های خود گزارش کرد که ایجاد کلوخه‌های بزرگ و زبری بیشتر پس از شخم با گاواهن برگرداندار^۲ در مقایسه با گاواهن قلمی^۳ نشانگر آن است که نظام‌های گاواهن قلمی و دیسک به گاو آهن برگردان برتری دارند. کاربرد سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی با گاو آهن قلمی از مزیت‌های زیادی از جمله کاهش زمان، هزینه و انرژی لازم و نیز کاهش فرسایش خاک برخوردار است. همچنین تراکم خاک کاهش یافته و از ایجاد سخت لایه جلوگیری می‌شود. میلارد و همکاران (۱۹۹۵) تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی از جمله خاک‌ورزی مرسوم با گاواهن برگرداندار عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر، شخم عمیق با گاواهن چیزل با عمق ۳۰ -

^۱ Cone index^۲ Maldbord plow^۳ Chisel plow^۴ Tine^۵ Roto tiller

بعد از انجام آبیاری نمونه‌های دست نخورده جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک و جرم مخصوص ظاهری تهیه گردید. در هر بلوک اندازه‌گیری فرسنگی توسط دستگاه فرسنگ^۶ حافظه‌دار با نه تکرار انجام گرفت.

آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده نواری با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از:

۱) فاکتور اول نوع شخم در سه سطح:

الف: شخم با گاو آهن بر گرداندار و دیسک

ب: شخم با گاو آهن قلمی و دیسک

ج: فقط دیسک

۲) فاکتور دوم وارپته شامل سه رقم: زان، ویلامز و L17

قبل از پیاده کردن فاکتورهای خاکورزی، بر اساس نتایج آزمون خاک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته در سطح مزرعه پخش شد (جدول ۱).

فاکتور خاکورزی در جهت عمود بر شیب به عرض ۱۰ متر و طول ۳۰ متر در هر بلوک پیاده شد. ابتدا دو نوار شخم با گاو آهن برگرداندار و شخم با گاو آهن قلمی در هر چهار بلوک و سپس کل قطعه دیسک زده شد که به این ترتیب تمامی تیمارهای خاکورزی انجام گرفت.

تراکتور بکار گرفته شده جان‌دیر ۳۱۴۰ و ادوات، گاو آهن برگرداندار چهار خیش جان‌دیر، گاو آهن قلمی ۱۱ خیش و دیسک تندوم جان‌دیر بود. عمق عملی شخم با گاو آهن برگرداندار ۲۳ سانتی‌متر و گاو آهن قلمی ۱۷ سانتی‌متر و دیسک حدود ۱۰-۷ سانتی‌متر بود.

در هر نوار خاکورزی میزان بقایای گیاهی با استفاده از کوادرات‌های چوبی اندازه‌گیری شدند (آسودار و سبزه‌زار، ۱۳۸۷). نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون و

کاشت در حد ظرفیت مزرعه‌ای باشد بر عملکرد سویا تأثیر معنی‌داری نخواهند داشت، با این حال تهیه زمین با استفاده از دیسک تندوم^۷ عملکرد را اندکی بهبود می‌بخشد.

امینی (۱۳۷۹) با انجام پژوهشی در خصوص مقایسه سیستم‌های مختلف عملیات خاکورزی و بررسی تأثیر آن بر عملکرد دانه سویا در شرایط آب و هوایی مازندران به این نتیجه دست یافت که بین دو تیمار شخم و دو بار دیسک و تیمار فقط دیسک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به افزایش هزینه‌ها در شخم مرسوم و از دست رفتن زمان به ویژه در کشت دوم ایشان دو بار دیسک عمود بر هم را توصیه نمود. همچنین سیستم بدون خاکورزی را سبب فشردگی بیشتر خاک عنوان کرد. صادق‌نژاد و رحمتی (۱۳۸۲) در تحقیق مشابهی نتیجه گرفتند که روش تهیه زمین اثر معنی‌داری بر عملکرد سویا نداشته است. هدف از اجرای این آزمایش بررسی و تحقیق پیرامون روش‌های مختلف عملیات خاکورزی و یافتن روش مناسب و مطلوب آن و همچنین تحقیق در رابطه با اثرات متقابل خاکورزی و ارقام بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و ویژگی‌های زراعی گیاه سویا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به مدت دو سال طی سال‌های زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) با عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۸۸ دقیقه و ارتفاع ۷۸ متر از سطح دریا و با بافت خاک رسی لومی انجام شد. پس از برداشت گندم، کلش برداشت شده با کمباین توسط دستگاه بسته‌بند از سطح مزرعه جمع‌آوری شده و نقشه کاشت پیاده شد. قبل از اجرای طرح در هر بلوک با استفاده از کوادرات‌های چوبی (۱×۱) مترمربع، میزان بقایای گیاهی شامل ته ساقه‌ها و کلش جمع‌آوری نشده، اندازه‌گیری شد. همچنین از هر بلوک ۳ الی ۴ روز

^۶ Tandem disk harrow
^۷ Penetrometer

در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس توزین شدند. با توجه به وزن نمونه‌های قبل از خاک-ورزی درصد بقایای برگردان شده در هر تیمار خاک-ورزی به‌دست آمد (معادله ۱).

$$[1] \quad \text{وزن نمونه کlesh بعد از خاک‌ورزی} - \text{وزن نمونه کlesh قبل از خاک‌ورزی} = \frac{\text{درصد بقایای گیاهی برگشتی}}{\text{وزن نمونه کlesh قبل از خاک‌ورزی}} \times 100$$

کاشت پس از تسطیح و ایجاد شیار، نوارهای مربوط به وارپته عمود بر نوارهای خاک‌ورزی در روی ردیف‌های با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۵ سانتی‌متر و با تراکم ۲۶۶۰۰۰ در هکتار با بذر کار پنوماتیک انجام و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. حدود یک هفته پس از اولین آبیاری و کاهش رطوبت خاک نمونه‌گیری از روی پشته‌های کاشت به صورت دست نخورده جهت تعیین جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت وزنی تهیه شد. همچنین مقاومت به نفوذ (شاخص مخروطی) با استفاده از فروسنج حافظه‌دار (Eijkelkamp) در روی پشته‌ها در پنج تکرار در هر کرت اندازه‌گیری شد. هشت روز پس از کاشت تعداد جوانه در هر کرت در طول یک متر و در سه ردیف شمارش شده و درصد سبز کردن از فرمول زیر محاسبه شد (آدام و عرباچ ۱۹۹۲).

پس از اجرای خاک‌ورزی در هر بلوک و در هر نوار نمونه‌های خاک در دو عمق ۱۰-۰ و ۲۵-۱۰ جهت تعیین شاخص میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها (MWD) جمع‌آوری شد. شاخص MWD با استفاده از سری الک‌های طبق فرمول زیر تعیین گردید (آدام و عرباچ ۱۹۹۲).

$$MWD = \sum (X_i W_i) \quad i=1, 2, \dots, n$$

در این فرمول، MWD: قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، X_i میانگین قطر ذرات در هر محدوده (قطر متوسط دو الک متوالی، W_i : وزن ذرات قرار گرفته در هر محدوده به درصدی از کل وزن نمونه (منظور از محدوده، کلوخه-های در بالای هر الک است که قطر این کلوخه‌ها میانگین قطر سوراخ‌های همان الک و الک بالایی آن در نظر گرفته می‌شود) و n : تعداد گروه اندازه خاکدانه بودند.

$$[2] \quad \text{تعداد بذر سبز شده در هر متر مربع} \times 100 = \frac{\text{تعداد بذر کاشته شده در هر متر مربع} \times \text{درصد قوه نامیه}}{\text{درصد سبز کردن}}$$

مخصوص کرت‌های آزمایشی پس از حذف حاشیه در شش ردیف وسط هر کرت در طول هشت متر (۳۶ مترمربع) انجام شد. پس از کاهش درصد رطوبت دانه به ۱۴ درصد میزان عملکرد هر کرت اندازه‌گیری و به تن در هکتار تبدیل گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC انجام گرفت.

در طول دوره رشد مراقبت‌های لازم نظیر؛ آبیاری، کود سرک نیتروژن و مبارزه با آفات انجام شد. در طی دوره رشد به منظور ارزیابی از صفات مختلف مانند درصد سبز، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف تشکیل شده از سطح زمین، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و طول غلاف یادداشت‌برداری و در نهایت عملکرد در واحد سطح تعیین گردید. برداشت با استفاده از کمباین

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه.

عناصر	Mn	Cu	Zn	Fe	K	Ca	P	O.C(%)	EC(dS m ⁻¹)	pH
میزان (mg kg ⁻¹)	۵	۰/۵	۰/۷	۵	۴۰۰	۵	۵	۱	۱/۸	۸/۳

نتایج و بحث

نتایج دو ساله حاصل از این آزمایش در شرایط اکولوژیکی دشت مغان نشان داد سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (جدول ۲). با عنایت به انجام عملیات کشت سویا به صورت تابستانه در منطقه و با توجه به افزایش دما طی روزهای تابستان، تسریع در عملیات کاشت به ویژه در مورد سویا که مرحله سبز کردن آن حساس به دمای هوا و خاک بوده ضروری می باشد به همین لحاظ انجام عملیات خاک‌ورزی کمینه (فقط دیسک) به علت سرعت بیشتر عملیات و هزینه پایین در این آزمایش مطلوب و قابل توصیه می باشد. بنابراین عملیات کمینه خاک‌ورزی به لحاظ مصرف کمتر انرژی و همچنین نیاز به زمان کمتر مناسب‌تر می-

باشد. به طوری که میانگین عملکرد دانه در سطوح مختلف عملیات خاک‌ورزی شخم با گاوآهن برگرداندار به علاوه دیسک، شخم با گاوآهن قلمی به علاوه دیسک و فقط دیسک به ترتیب ۲/۲۴، ۲/۳۷۰ و ۲/۲۵ تن در هکتار بود (جدول ۳).

از نظر صفت تعداد غلاف در بوته، تأثیر عملیات مختلف خاک‌ورزی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). استفاده از گاوآهن برگرداندار+ دیسک، گاوآهن قلمی + دیسک، بیشینه تعداد غلاف در بوته به ترتیب با میانگین ۴۳/۸۷ و ۴۱/۵۴ عدد غلاف در بوته را داشتند و به طور مشترک در کلاس a و تیمار استفاده از فقط دیسک با میانگین تعداد ۳۸/۴ عدد غلاف در بوته در کلاس b قرار گرفت (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد در آزمایش.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد سبز کردن	ارتفاع بوته	ارتفاع اولین غلاف	تعداد غلاف در بوته	طول غلاف	تعداد دانه در غلاف
سال	۱	۳/۸۶**	۲۵۷/۳۲	۲۳۲۰/۶۶**	۴/۷۴	۲۱۷/۰۰**	۱/۰۳**	۰/۰۳
تکرار (year)	۶	۰/۰۵	۱۰۳/۶۵	۲۷۸/۴۳	۸/۸۸	۴۴/۶۱	۰/۱۲	۰/۰۹
خاک ورزی	۲	۰/۰۹	۱۵۵/۱۰	۵/۴۶	۴/۵۴	۱۳۵/۷۲**	۰/۰۹	۰/۰۴
سال×خاک ورزی	۲	۰/۲۴	۱۲/۴۱	۳۶/۵۲	۲/۴۶	۱۷/۵۳	۰/۰۰	۰/۰۰
اشتباه	۸	۰/۰۵	۵۲/۹۷	۸۳/۳۱	۲/۸۵	۱۱/۶۹	۰/۰۳	۰/۰۶
واریته	۲	۰/۰۲	۲۹۰/۵۵	۱۷۰۱/۳۲**	۱/۹۷	۱۲۵/۸۸	۰/۱۶**	۰/۱۶**
سال×واریته	۲	۰/۲۰	۵۹۹/۶۳*	۱۸۸/۶۰**	۱/۵۸	۵/۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰
اشتباه	۸	۰/۰۶	۱۰۳/۵۶	۳۰/۸۱	۵/۷۱	۱۱۵/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۱
خاک ورزی×واریته	۴	۰/۰۰۷	۵۵/۳۱	۴۲/۶۹	۳/۷۷	۲۷/۳۴	۰/۱۰	۰/۰۴
سال×خاک ورزی×واریته	۴	۰/۰۸	۲۸۵/۱۷*	۵۲/۲۴	۲/۶۲	۲۶/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰
اشتباه	۱۶	۰/۰۲	۸۰/۹۲	۳۱/۷۵	۳/۰۳	۶۲/۶۴	۰/۰۳	۰/۰۲
کل	۵۳	-	-	-	-	-	-	-
Cv%	-	۷/۰۲	۱۱/۳۴	۶/۲۶	۱۳/۶۷	۱۹/۱۸	۴/۳۳	۵/۷۸

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد (خاک‌ورزی و خاک‌ورزی در سال) به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد.

سال	خاک‌ورزی	عملکرد دانه (ton ha ⁻¹)	درصد سبز کردن	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع اولین غلاف (cm)	تعداد غلاف در بوته	طول غلاف (cm)	تعداد دانه در غلاف
-	۱	۲/۲۴a	۸۲/۲۹a	۹۰/۵۸a	۱۲/۴۸a	۴۱/۵۴a	۴/۳۷b	۲/۷۰a
-	۲	۲/۳۷a	۷۹/۲۷ab	۸۹/۸۱a	۱۲/۴۱a	۴۳/۸۷a	۴/۵۱a	۲/۷۸a
-	۳	۲/۲۵a	۷۶/۴۲b	۸۹/۵۱a	۱۳/۳۱a	۳۸/۴۰b	۴/۴۵ab	۲/۷۸a
LSD _{5%}	-	۰/۱۸	۵/۵۹	۷/۰۲	۱/۳	۲/۶۳	۰/۱۴	۰/۱۹
۱	۱	۲/۳۹b	۸۳/۷a	۸۵/۵۵b	۱۲/۶۱b	۴۴/۵۵ab	۴/۵۰ab	۲/۷۲a
۱	۲	۲/۶۶a	۸۲/۳۲ab	۸۱/۹۷b	۱۱/۹۷b	۴۵/۸۳a	۴/۶۵a	۲/۸۰a
۱	۳	۲/۶۲a	۷۸/۵۱ab	۸۲/۷۲b	۱۲/۷۵b	۳۹/۴۴cd	۴/۵۸a	۲/۸۱a
۲	۱	۲/۱۰c	۸۰/۸۹ab	۹۵/۶۱a	۱۲/۳۶a	۳۸/۵۲cd	۴/۲۳c	۲/۶۷a
۲	۲	۲/۰۸cd	۷۶/۲۱ab	۹۷/۶۶a	۱۲/۸۶a	۴۱/۹۱bc	۴/۳۷bc	۲/۷۵a
۲	۳	۱/۸۸d	۷۴/۳۳b	۹۶/۳۰a	۱۳/۸۸a	۳۷/۳۶d	۴/۳۱bc	۲/۷۶a
LSD _{5%}	-	۰/۲۱	۷/۹۱	۹/۹۳	۱/۸۴	۳/۷۲	۰/۱۹	۰/۲۸

در هر ستون اختلاف میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری معنی دار نیست.

(تیمارهای خاک‌ورزی ۱: شخم با گاو آهن بر گرداندار + دیسک ۲: شخم با گاو آهن قلمی + دیسک ۳: فقط دیسک)

طی دو سال آزمایش می‌تواند ناشی از تفاوت‌های آب و هوایی در جریان دو سال اجرای این تحقیق و همچنین ناشی از تفاوت زمین مورد آزمایش باشد این عوامل (آب و هوا و خاک) طبیعتاً بر عملکرد در طی دو سال آزمایش مؤثر بوده‌اند (جدول ۴).

تجزیه واریانس دو ساله صفات عملکرد، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته نشان داد که تأثیر سال بر این صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین عملکرد محصول تولیدی در سال اول آزمایش ۲/۵۶ تن در هکتار و عملکرد محصول در سال دوم ۲/۰۲ تن در هکتار بود. اختلاف میزان عملکرد در

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد (year).

سال	عملکرد دانه (ton ha ⁻¹)	درصد سبز کردن	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع اولین غلاف (cm)	تعداد غلاف در بوته	طول غلاف (cm)	تعداد دانه در غلاف
اول	۲/۵۶a	۸۱/۵۱a	۸۳/۴۱a	۱۲/۴۴a	۴۳/۲۷a	۴/۵۸a	۲/۷۸a
دوم	۲/۰۲b	۷۷/۱۴a	۹۶/۵۲b	۱۳/۰۳a	۳۹/۲۶b	۴/۳۰b	۲/۷۳a

در هر ستون اختلاف میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری معنی دار نیست.

گردید (جدول ۲). از نظر صفت تعداد دانه در غلاف واریته L17 بیشترین (۲/۸۶ عدد) و واریته زان کمترین تعداد دانه در غلاف (۲/۶۹ عدد) را داشتند (جدول ۵).

به‌طور کلی از نظر صفات تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، ارتفاع بوته، در طی دو سال اجرای این آزمایش در بین واریته‌های مختلف مورد آزمون (ویلیامز، زان و L17) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد (واریته و واریته در سال).

سال	واریته	عملکرد دانه (ton ha ⁻¹)	درصد سبز کردن	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع اولین غلاف (cm)	تعداد غلاف در بوته	طول غلاف (cm)	تعداددانه در غلاف
-	۱	۲/۳۱ a	۷۴/۷۸ a	۷۹/۶۲ c	۱۲/۳۶ a	۴۰/۹۰ a	۴/۳۵ b	۲/۶۹ b
-	۲	۲/۲۵ a	۸۲/۴۰ a	۹۸/۹۱ a	۱۲/۹۷ a	۳۸/۸۳ a	۴/۵۴ a	۲/۷۱ b
-	۳	۲/۳ a	۸۰/۸۰ a	۹۱/۳۷ b	۱۲/۸۸ a	۴۴/۰۸ a	۴/۴۳ b	۲/۸۶ a
LSD _{5%}	-	۰/۲	۷/۸۲	۴/۲۸	۱/۸۴	۸/۲۵	۰/۱۱	۰/۹
۱	۱	۲/۷ a	۸۳/۴۸ a	۷۲/۳۳ d	۱۲/۲۲ a	۴۲/۷۲ a	۴/۴۹ bc	۲/۷۱ bc
۱	۲	۲/۴۹ a	۸۲/۵۴ a	۸۹/۵۵ bc	۱۲/۸۶ a	۴۰/۴۱ a	۴/۶۸ a	۲/۷۳ bc
۱	۳	۲/۴۸ a	۷۸/۵۲ a	۸۸/۳۶ bc	۱۲/۲۵ a	۴۶/۶۹ a	۴/۵۷ ab	۲/۸۹ a
۲	۱	۱/۹۳ b	۶۶/۰۸ a	۸۶/۹۱ c	۱۲/۵۰ a	۳۹/۰۸ a	۴/۲۱ e	۲/۶۶ c
۲	۲	۲/۰۱ b	۸۲/۲۶ a	۱۰۸/۲۷ a	۱۳/۰۸ a	۳۷/۲۵ a	۴/۴۰ cd	۲/۶۸ c
۲	۳	۲/۱۳ b	۸۳/۰۹ a	۹۴/۳۸ b	۱۳/۵۲ a	۴۱/۴۷ a	۴/۲۹ de	۲/۸۴ ab
LSD _{5%}	-	۰/۲۸	۱۱/۰۶	۶/۰۳	۲/۶	۱۱/۶۶	۰/۱۵	۰/۱۳

در هر ستون اختلاف میانگین های با حروف مشابه از نظر آماری معنی دار نیست.

آزمایش، سه روش خاکورزی تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد با همدیگر داشتند (جدول ۷). مقایسه میانگین های این شاخص برای سه روش مختلف سیستم های خاکورزی نشان داد که بیشترین درصد بقایای گیاهی برگشتی مربوط به تیمار شخم با گاواهن برگرداندار + دیسک (۹۳/۳۷) و کمترین میزان (۶۰/۷۵) مربوط به تیمار فقط دیسک بود (جدول ۹).

ریچارد و همکاران (۲۰۰۵) گزارش نمودند که روش های مختلف خاکورزی و تهیه زمین بر عملکرد سویا بی تأثیر بود. المور (۱۹۹۰)، تورمن و همکاران (۱۹۹۵) گزارش نمودند که اثرات متقابل خاکورزی و تاریخ کاشت بر عملکرد سویا معنی دار نبوده است. یافته های محققین فوق با نتایج این قسمت از تحقیق حاضر مطابقت داشت.

تجزیه واریانس شاخص MWD نشان داد که اختلاف سه تیمار خاکورزی از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد (جدول ۷). بیشترین میزان MWD با (۱۶/۳ میلی متر) مربوط به تیمار شخم با گاواهن برگرداندار + دیسک و کمترین آنها (۱۰/۱ میلی متر) مربوط به تیمار فقط دیسک بوده است (جدول ۹). نتایج حاصله از تفاوت میزان MWD در تیمارهای مختلف

از نظر صفت طول غلاف، رقم ویلیامز با طول ۴/۵۴ سانتی متر بیشترین طول غلاف و در کلاس a قرار گرفت. ارقام زان و L17 به ترتیب با طول غلاف ۴/۳۵ و ۴/۴۳ سانتی متر مشترکا در کلاس b گرفتند (جدول ۵). از لحاظ صفات ریخت شناسی بوته، نظیر ارتفاع، حداکثر ارتفاع بوته (۹۸/۹۱ سانتی متر) مربوط به رقم ویلیامز و حداقل ارتفاع (۷۹/۶۲ سانتی متر) مربوط به رقم زان بوده است. ارتفاع بوته رقم L17 در این آزمایش ۹۱/۳۷ سانتی متر بوده است (جدول ۵).

اثرات متقابل خاکورزی در واریته همچنین سال در خاکورزی در واریته برای هیچ یک از صفات مورد اندازه گیری در این تحقیق معنی دار نبود (جدول ۲). با این حال بیشترین عملکرد دانه (۲/۷ تن در هکتار) مربوط به خاکورزی با گاواهن قلمی + دیسک و واریته زان و حداقل عملکرد (۱/۹۳ تن در هکتار) مربوط به خاکورزی فقط با دیسک در واریته ویلیامز بوده که این دو ترکیب تیماری در کلاس های جداگانه قرار داشتند سایر ترکیب های تیماری در کلاس های با دامنه مشترک قرار گرفتند (جدول ۶).

تجزیه واریانس دو ساله شاخص درصد بقایای گیاهی برگشتی بیانگر آن است که در طی دو سال اجرای این

نشانه‌گر آن است که تیمار فقط دیسک، شرایط بهتری برای بستر بذر مهیا نموده اما از طرف دیگر بقایای گیاهی بیشتر، مشکلاتی را در مراحل کاشت و داشت مکانیزه ایجاد نمود.

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد (خاک‌ورزی در وارپته).

خاک-ورزی	وارپته	عملکرد دانه (ton ha ⁻¹)	درصد سبز کردن	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع اولین غلاف (cm)	تعداد غلاف در بوته	طول غلاف (cm)	تعداد دانه در غلاف
۱	۱	۲/۲۵ ab	۷۵/۰۱ bc	۷۷/۳۳ c	۱۱/۹۱ a	۴۱/۴۱ ab	۴/۳۴ b	۲/۶۹ b
۱	۲	۲/۲۲ ab	۸۴/۲۰ ab	۹۹/۲۰ a	۱۲/۲۹ ab	۳۸/۵۸ ab	۴/۳۱ b	۲/۶۶ b
۱	۳	۲/۲۶ ab	۸۷/۶۸ a	۹۵/۲۰ ab	۱۳/۲۵ ab	۴۴/۶۲ ab	۴/۴۴ b	۲/۷۴ ab
۲	۱	۲/۴۲ a	۷۶/۵۰ bc	۸۰/۸۳ c	۱۲/۷۵ ab	۴۱/۷۵ ab	۴/۳۶ b	۲/۶۳ b
۲	۲	۲/۳۴ ab	۸۲/۵۱ abc	۹۸/۸۳ a	۱۲/۲۰ ab	۴۰/۹۵ ab	۴/۷۶ a	۲/۸۰ ab
۲	۳	۲/۳۵ ab	۷۸/۷۹ abc	۸۹/۷۹ b	۱۲/۲۹ ab	۴۸/۹۱ a	۴/۴۱ b	۲/۹۱ a
۳	۱	۲/۲۷ ab	۷۲/۸۳ c	۸۰/۷۰ c	۱۲/۴۱ ab	۳۹/۵۴ ab	۴/۳۶ b	۲/۷۴ ab
۳	۲	۲/۱۹ b	۸۰/۴۹ abc	۹۸/۷۰ a	۱۴/۴۱ a	۳۶/۹۵ b	۴/۵۵ ab	۲/۶۶ b
۳	۳	۲/۳ ab	۷۵/۹۵ bc	۸۹/۱۲ b	۱۳/۱۲ ab	۳۸/۷۰ ab	۴/۴۳ b	۲/۹۴ a
-	LSD _{5%}	۰/۲	۹/۵۳	۶/۹	۲/۱۳	۹/۶۹	۰/۲۳	۰/۱۹

در هر ستون اختلاف میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری معنی دار نیست.

(تیمارهای وارپته ۱: زان ۲: ویلیمز ۳: L17)

تیمارهای خاک‌ورزی ۱: شخم با گاو آهن بر گرداندار + دیسک ۲: شخم با گاو آهن قلمی + دیسک ۳: فقط دیسک

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های قبل از کاشت در آزمایش.

منابع تغییر	درجه آزادی	بقایا برگشتی	MWD
سال	۱	۹۵۰/۰۴ **	۰/۰۰۹
اشتباه	۶	۱۰/۵۴	۰/۰۳۴
خاک‌ورزی	۲	۲۱۴۹/۸۷ **	۰/۷۸ **
سال×خاک-ورزی	۲	۴۴۹/۵۴ **	۰/۰۰۰
اشتباه	۱۲	۱۱/۸۷	۰/۰۱۳
کل	۲۳	-	-
Cv%	-	۴/۵۳	۸/۵۲

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

عمق‌های ۲۰-۳۰ و ۴۰-۳۰ غیر معنی‌دار بود (جدول ۸). پایین‌ترین و بالاترین میزان شاخص مخروطی در عمق ۱۰-۰ به ترتیب برابر با ۰/۵۴ و ۰/۶۰ مگاپاسگال در تیمارهای گاو آهن برگرداندار و فقط دیسک مشاهده گردید. همچنین این دو تیمار خاک‌ورزی در عمق ۲۰-۱۰ نیز به ترتیب با ۰/۷۲ و ۰/۵۹ مگاپاسگال

نتایج تجزیه واریانس برای صفات شاخص درصد رطوبت وزنی خشک پایه و جرم مخصوص ظاهری خاک در طی دو سال آزمایش نشان داد که تیمارهای خاک‌ورزی تأثیری بر این شاخص‌ها نداشته‌اند (جدول ۸). نتایج دو ساله این تحقیق بیانگر آن بود که تفاوت تیمارهای خاک‌ورزی از نظر شاخص مخروطی در عمق‌های ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متر معنی دار ولی در

بالاترین و پایین‌ترین میزان شاخص مخروطی را داشتند (جدول ۹).

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های خاک و شاخص مخروطی در عمق‌های مختلف.

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص مخروطی				جرم مخصوص ظاهری			درصد رطوبت وزنی		
		۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰
سال	۱	۰/۰۰۱	۲۷۳*	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۲۸	۱/۷۳**	۰/۱۰۴**	۱/۱۰**
اشتباه	۶	۰/۰۶۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۱/۶۴	۰/۶۷	۵/۴۴	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲
خاک‌ورزی	۲	۰/۰۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹*	۰/۸۴	۱۳/۰۵	۳/۳۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
سال×خاک‌ورزی	۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۵۹	۰/۰۵۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰
اشتباه	۱۲	۰/۰۱۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۷۳	۴/۴۹	۱۰/۷۰	۰/۰۳۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
کل	۲۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv%	-	۱۰/۹۸	۱۰/۲۹	۶/۹۴	۷/۸۵	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۵۹	۰/۰۵۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۹- مقایسه میانگین شاخص‌های قبل از کاشت و شاخص مخروط در عمق‌های مختلف.

شاخص مخروطی (MPa)	شاخص مخروطی (MPa)				MWD (mm)	برگردان بقایا (%)	خاک‌ورزی
	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰			
۰/۵۷ a	۰/۶۴ a	۰/۸۰ a	۱/۱۴ a	۱۲/۹ a	۸۲/۴۱ a	سال اول	
۰/۵۸ a	۰/۶۷ a	۱/۰۱ b	۱/۱۵ a	۱۳/۳ a	۶۹/۸۳ b	سال دوم	
۰/۵۴ b	۰/۵۹ c	۰/۸۹ a	۱/۱۱ a	۱۶/۳ a	۹۳/۳۷ a	گاو آهن برگردان دار + دیسک	
۰/۵۸ ab	۰/۶۶ b	۰/۹۰ a	۱/۱۴ a	۱۳/۰ b	۷۴/۲۵ b	گاو آهن قلمی + دیسک	
۰/۶۰ a	۰/۷۲ a	۰/۹۲ a	۱/۲۰ a	۱۰/۱ c	۶۰/۷۵ c	فقط دیسک	

در هر ستون اختلاف میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری معنی دار نیست.

درصد داشتند. مقایسه میانگین‌های این شاخص برای سه روش خاک‌ورزی نشان داد بیشترین درصد برگرداندن بقایای گیاهی مربوط به تیمار شخم با گاو آهن برگرداندار + دیسک و کمترین میزان مربوط به تیمار فقط دیسک بوده است. بنابراین از این نظر تیمار شخم با گاو آهن برگرداندار + دیسک مناسب‌ترین تیمارها بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش تجزیه واریانس عملکرد دانه در سطوح مختلف سیستم‌های خاک‌ورزی نشان داد که سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی با هم‌دیگر

علت بیشتر بودن این شاخص در تیمار فقط دیسک می‌تواند ناشی از کم بودن عمق کار دیسک یعنی کمتر از ۱۰ سانتی‌متر باشد.

از عوامل مؤثر در کاهش میزان علف‌هرز امکان دفن بذور علف‌های هرز و بذورهای ریخته شده از محصول قبلی تناوب است. همچنین برگردان بقایای گیاهی باعث سهولت عملیات مکانیزه کاشت و داشت محصول بعدی می‌گردد.

تجزیه واریانس دو ساله شاخص درصد بقایای گیاهی برگشتی بیانگر آن است که در طی دو سال آزمایش سه روش خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک

به علت افزایش دما از یک طرف و حساسیت بذر سویا نسبت به دما از طرف دیگر و همچنین هزینه بالای عملیات خاک‌ورزی مرسوم، عملیات خاک‌ورزی حداقل به علت مصرف انرژی و هزینه کمتر در شرایط اکولوژیکی دشت مغان مناسب‌تر و مطلوب‌تر بوده است.

تفاوت معنی‌داری نداشتند به عبارت دیگر انجام هر سه نوع عملیات نتیجه یکسانی از لحاظ عملکرد دانه داشته‌اند. با توجه به این‌که قسمت اعظم کشت سویا در دشت مغان به صورت تابستانه و معمولاً بعد از برداشت غلات می‌باشد به لحاظ محدودیت زمانی هنگام کاشت

منابع مورد استفاده

- آسودار م و سبزه‌زار ه، ۱۳۸۷. سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ۱۳۸۷.
- امینی ا، ۱۳۷۹. تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و اجرا عملکرد دو رقم سویا بعد از برداشت گندم در شرایط آب و هوایی ساری. گزارش پژوهشی نهایی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. وزارت جهاد کشاورزی.
- خسروانی ع، ۱۳۷۷. اثر روش‌های مختلف تهیه زمین بر عملکرد گندم آبی. گزارش پژوهشی نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی. وزارت جهاد کشاورزی. نشریه شماره ۱۰۷.
- صادق‌نژاد ح و رحمتی م، ۱۳۸۲. مقایسه چند روش خاک‌ورزی بر روی عملکرد محصول سویا. گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۲۶۱.
- Adam KM and Erbach DC, 1992. Secondary tillage tool effect on soil aggregation. Transactions of the ASAE 35(6): 1771-1776.
- Drury CF, Tan CS, Reynolds WD, Welacky TW, Weaver SE, Hamill AS and Vyn TJ, 2003. Impacts of zone tillage and red clover on corn performance and soil physical quality. Soil Science Society of America Journal 67: 867-877.
- Elmore RW, 1990. Soybean cultivar response to tillage systems and planting date. Agron Journal 82:69-73.
- Elmore RW, 1987. Soybean cultivar response to tillage systems. Agronomic Journal 79: 114-119.
- Erbach DC, Cruse R, MCrosbie, TM, Timmons, DR, Kaspar TC and Potter KN, 1986. Maize response to tillage-induced soil conditions. Trans ASAE 29: 690-695.
- Garcia F, Cruse RM and Blackmer AM, 1988. Compaction and nitrogen placement effect on root growth, water depletion, and nitrogen uptake. Soil Science Society of America Journal 52: 792-798.
- Hargrave WL, 1982. Influence of tillage practice on the fertility status of acid soil double cropped to wheat and soybean. Agronomic Journal 47: 684
- Horton R, Kluitenberg GJ and Bristow KL, 1994. Surface crop residue effects on the soil surface energy balance. pp.143-162. In: Unger P.W (ed.) Managing Agricultural Residues. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.
- Johnson R R, 1988. Soil engaging – tool effects on surface residue and roughness with chisel- type implements. Soil Science Society of America Journal 52: 237 – 243.
- Maillard A, Neyroud JA and Vez A, 1995. Results of a no – tillage experiment over more than 20 years at changing. Physical properties. Revue suisse Agriculture 27: 5-10.
- Michel JA, Formstorn KJ and Borrelli J, 1985. Energy requirements of two tillage systems for irrigated sugar beets, soybeans and corn. Trans of the ASAE 28: 1731 – 1735.
- Richard M. Cruse and Perez-Bidegain M, 2005. Conservation Tillage Management Effects on Corn and Soybean Production. Final report. Iowa Department of Agriculture and Land Stewardship.
- Touchton JT and Johnson JW, 1982. Soybean tillage and planting method on yield of double – cropped wheat and soybeans. Agronomic Journal 24: 57-59.
- Turman PC, Wiebold WJ, Wrather JA and Tracy PW, 1995. Effect of planting date and tillage system on soybean root growth Journal Plant Nutrition 18: 2579-2594.
- Vetsch JA and Randall GW. 2002. Corn production as affected by tillage system and starter fertilizer. Agronomic Journal 94: 532-540.