



## بررسی اثر روش‌های کم‌خاک‌ورزی بر بهره‌وری مصرف انرژی و عملکرد گندم دیم

زین‌العابدین شم‌آبادی<sup>\*۱</sup>

<sup>(\*)</sup> عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود)

نویسنده مسئول مکاتبات: zshamabadi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۳/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۱/۲۶

### چکیده

کم‌خاک‌ورزی از مدیریت‌های مهم برای حفاظت از منابع آب و خاک است. به منظور بررسی اثر کم‌خاک‌ورزی بر بهره‌وری مصرف انرژی و عملکرد محصول در منطقه دیم کالپوش شاهرود، مطالعه‌ای بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار در ۴ تکرار در تناوب آفتابگردان- گندم انجام شد. تیمارهای خاک‌ورزی شامل شخم با گاواهن قلمی در بهار (T1)، شخم با گاواهن برگرداندار (T2)، کم‌خاک‌ورزی با دیسک در بهار (T3)، شخم با گاواهن بشقابی (T4) و شخم با گاواهن قلمی در پاییز (T5) بود. عملیات کاشت آفتابگردان در اردیبهشت ماه سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ پس از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی انجام شد. پس از برداشت آفتابگردان در مهر سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹، در همه تیمارها کم‌خاک‌ورزی با دیسک اعمال شد و در آبان ماه گندم توسط خطی کار غلات کشت شد. برداشت گندم در تیر ماه سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ انجام شد. نتایج سال ۱۳۸۸ نشان داد تیمار استفاده از گاواهن قلمی و دیسک به ترتیب با متوسط ۱۷۰۸ و ۱۴۱۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در بین تیمارهای خاک‌ورزی دارا بودند. نتایج سال ۱۳۹۰ نشان داد که تیمار استفاده از گاواهن قلمی و برگرداندار به ترتیب با متوسط ۱۶۳۸ و ۱۳۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در بین تیمارهای خاک‌ورزی دارا بودند. تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به گندم در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ نشان داد که از نظر رطوبت خاک و عملکرد گندم، بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. گاواهن چپزل و برگرداندار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار رطوبت و عملکرد را داشتند. از نظر بهره‌وری مصرف انرژی، بیشترین و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار استفاده از دیسک و گاواهن برگرداندار بود. بنابراین گاواهن چپزل نسبت به گاواهن برگرداندار موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گندم شده است. از نظر مصرف انرژی دیسک و گاواهن قلمی نسبت به گاواهن برگرداندار بهره‌وری قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند. از نظر میزان برگردانی خاک بین تیمارهای مختلف معنی‌دار (در سطح ۱٪) وجود داشت، گاواهن برگرداندار و چپزل به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار برگردانی خاک را دارا بودند. با توجه به مزایای کم‌خاک‌ورزی با دیسک (حفظ بقایا در سطح خاک و بهره‌وری مصرف انرژی) و نتایج این آزمایش، به منظور تولید گندم دیم (پس از برداشت آفتابگردان) استفاده از دیسک به منظور آماده‌سازی زمین توصیه می‌شود و نیازی به عملیات شخم نیست.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری مصرف انرژی؛ رطوبت خاک؛ عملکرد گندم؛ کم‌خاک‌ورزی

### مقدمه

شده و از دسترس خارج شود و در نتیجه خاک در معرض فرسایش شدید آبی و خاکی قرار گیرد که برای برخورد و جلوگیری از چنین وضعیتی در بسیاری از کشورهای دنیا خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان یک راهکار موثر مورد توجه قرار گرفته است (آسودار و سبزه‌زار، ۱۳۸۷).

استفاده از گاواهن برگردان دار در آماده سازی زمین علاوه بر مصرف انرژی زیاد، به دلیل زیر و رو کردن مداوم خاک موجب اتلاف رطوبت، تسریع اکسیداسیون مواد آلی و تخریب ساختمان خاک می‌گردد. علاوه بر این استفاده از گاواهن برگردان دار باعث خواهد شد که تمام بقایای گیاهی وارد خاک

میزان انرژی مصرفی در ایران همواره یکی از موضوعات مورد بحث می‌باشد. بعضی بر این باورند که به دلیل ارزانی نفت در ایران نیازی به تحقیق و بررسی در این زمینه نیست. این تفکر نادرست به این دلیل است که سالانه بلیون‌ها دلار صرف واردات سوخت دیزل به ویژه برای مصارف کشاورزی می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با پیشرفت مکانیزاسیون کشور، ما می‌توانیم به راحتی به مشکلات و کمبودها در زمینه‌ی سوخت غلبه کنیم. در آینده نزدیک سازمان تجارت جهانی (WTO)، برای پایداری کشاورزی لازم است تا جای ممکن تولید ارزان داشته باشیم. این امر بدون دانش و شناخت کافی از راهها و ابزارهای کاهش مصرف انرژی مسیر نخواهد بود (شیرمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

عکس‌العمل خاک‌های زراعی نسبت به ادوات خاک‌ورزی یکی از پدیده‌های فیزیکی با اهمیت و موثر در میزان هزینه‌های تولید محصولات محسوب می‌شود. ادوات خاک‌ورزی می‌بایست عملیات تهیه بستر مناسب جهت جوانه‌زنی، رشد ریشه را با حداقل مصرف انرژی انجام داده، به نحوی که شرایط نهایی در حد قابل قبولی باشد. طبق تحقیقات، حدود ۶۰ درصد انرژی مکانیکی مورد مصرف در کشاورزی مکانیزه مربوط به عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. دقت در نوع استفاده از ادوات و مراتب ورود به مزرعه برای هر نوع از ادوات خاک‌ورزی دارای اهمیت بالایی است (بی‌نام، ۱۳۸۵).

عملیات خاک‌ورزی سهم قابل توجهی در مقدار انرژی ورودی به یک سیستم تولید محصولات زراعی دارد. کاهش عملیات خاک‌ورزی به نحوی که اهداف خاک‌ورزی را برآورده ساخته و ضمن جلوگیری از فرسایش و تخریب ساختمان خاک، زمان و انرژی مورد نیاز جهت تهیه بستر بذر

را کاهش دهد، از جمله اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد. در این راستا ادوات خاک‌ورزی باید به گونه‌ای انتخاب شوند که ضمن مصرف حداقل انرژی، شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی و رشد ریشه را در حد مطلوب فراهم آورند. به منظور ارزیابی تأثیر کاهش خاک‌ورزی بر انرژی مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای، با اعمال سه روش مختلف خاک‌ورزی تهیه بستر بذر (گاواهن برگردان‌دار + دو بار دیسک، گاواهن قلمی + دو بار دیسک و دیسک + دیسک) آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که روش‌های مختلف تهیه بستر بذر از نظر کل انرژی ورودی به مزرعه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بودند، به طوری که استفاده از بی‌برگردان‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم باعث ذخیره انرژی در قالب سوخت و عملیات ماشینی گردید. روش‌های مختلف تهیه بستر بذر از نظر کل انرژی خروجی از مزرعه تفاوت معنی‌دار آماری نشان ندادند (رزاقی و همکاران، ۱۳۸۶).

کم‌خاک‌ورزی یکی از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی است. در این روش برخلاف خاک‌ورزی سنتی، ساختار خاک حفظ می‌شود و از تعداد عبور بر روی زمین به منظور آماده‌سازی زمین کاسته شده و به حفظ بقایای سطحی به منظور حفاظت از خاک، افزایش مواد آلی خاک و حفظ رطوبت خاک کمک می‌شود. بنابراین خاک‌ورزی حفاظتی یکی از روش‌های نوین و صحیح خاک‌ورزی است که به منظور استفاده بهینه از خاک، به عنوان مهم‌ترین تامین‌کننده منابع غذایی به کار می‌رود و می‌تواند نقش موثری در افزایش بهره‌وری مزارع کشور داشته باشد (ذاکری، ۱۳۸۵).

آب مهم‌ترین عامل محدودکننده زراعت در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. خاک‌ورزی و تناوب زراعی روش‌های مدیریتی هستند که در ذخیره و جذب رطوبت موثر هستند. در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی توسط کاهش تبخیر و افزایش نفوذپذیری، موجب کارایی بیشتر ذخیره آب بارندگی می‌شوند (Putnam et al., 2003).

در مناطق دیم به منظور رشد یکنواخت و عملکرد بالایی محصول در شرایط مختلف خاک و اقلیمی، آماده‌سازی بستر بذر خیلی مهم است. در مطالعه‌ای، اثرات سه سیستم خاک‌ورزی بر عملکرد کاشت، خواص توده خاک و عملکرد گندم ارزیابی شد. تیمارهای خاک‌ورزی شامل شخم با گاوآهن قلمی، شخم با گاوآهن قلمی و دیسک‌زنی، و شخم با گاوآهن قلمی و استفاده هرس مرکب بودند. نتایج نشان داد که در شرایط خشک‌سالی خردکردن خاک با خاک‌ورزی ثانویه توصیه نمی‌شود (Robert et al., 2006).

حفظ بقایا همیشه ذخیره رطوبت در خاک را افزایش می‌دهد. همه محققین در مورد مزایای سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی، اتفاق نظر دارند و در توصیه خاک‌ورزی حفاظتی به بخش کشاورزی، اختلاف نظر کمی دارند. گرچه برخی معتقدند که در افزایش درآمد، ممکن است اندکی زیاده‌روی شده باشد (Freebain, 2004).

در آزمایشی اثرات خاک‌ورزی طولانی مدت بر عملکرد محصول و خواص خاک در تناوب سویا و غلات مطالعه شد؛ شش سیستم خاک و کاشت شامل بی‌خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی با کولتیواتورزنی در ردیف محصول، دیسک‌زنی، دو بار دیسک‌زنی، استفاده از گاوآهن چيززل و شخم با گاوآهن برگردان‌دار برای ارزیابی انتخاب شدند. در سه سال

آزمایشی برای کاهش انرژی خاک‌ورزی گندم با جایگزینی گاوآهن برگردان‌دار انجام داد. نتایج نشان داد که تیمارهای گاوآهن قلمی و برگردان‌دار، میانگین عملکرد در هکتار بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. با توجه به اینکه استفاده از گاوآهن قلمی ضمن مصرف انرژی کمتر، سرعت انجام عملیات خاک‌ورزی را نیز افزایش می‌دهد، لذا جایگزین مناسبی به جای گاوآهن برگردان‌دار می‌باشد (اسحاق‌بیگی، ۱۳۸۷).

رطوبت خاک عامل محدودکننده در تولید محصولات دیم محسوب می‌شود. توجه به مدیریت‌های نوین خاک از جمله کم‌خاک‌ورزی، با هدف حفاظت از منابع خاک و آب ضروری است. عملیات خاک‌ورزی، با تغییر در روش آماده‌سازی و شرایط خاک، مستقیماً بر رطوبت خاک و عملکرد محصول اثر می‌گذارد (محمودی و محمدی، ۱۳۸۵).

روش مناسب خاک‌ورزی با توجه به نوع خاک و شرایط اقلیمی، می‌تواند در دستیابی به شرایط آبی مناسب در خاک موثر باشد. زمانی که خاک با محدودیت تهیه آب روبروست، خاک‌ورزی با هدف به حداکثر رساندن حفظ رطوبت خاک انجام می‌شود (Boon and Rubin, 1988).

در مناطق دیم، کم‌خاک‌ورزی در مقاسه با خاک‌ورزی مرسوم عملکرد غلات ریزدانه را افزایش می‌دهد. در مطالعه‌ای گندم بهاره در تناوب گندم زمستانه-آفتابگردان کاشته شد. تیمارهای خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم (دیسک‌زنی در بهار)، حداقل خاک‌ورزی (ریشه‌برکن در بهار) و بی‌خاک‌ورزی بودند. رطوبت ذخیره شده در بین تیمارها معنی‌دار نبود، اما رطوبت ذخیره شده در تیمار بی‌خاک‌ورزی از تیمارهای دیگر بیشتر بود (Merrill, 1996).

بشقابی + دیسک‌زنی، ۳- شخم با گاواهن چیزل در بهار + دیسک‌زنی، ۴- شخم با گاواهن چیزل در پاییز + دیسک‌زنی و ۵- دیسک‌زنی بود. عملیات برداشت آفتابگردان در مهرماه سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ انجام شد. پس از برداشت آفتابگردان، عملیات کاشت گندم در آبان ماه سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ انجام شد. مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود ازت (طبق آزمون خاک و توصیه کارشناسان بخش تحقیقات خاک و آب) در بهار سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ به خاک اضافه شد. میزان برگردانی خاک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Anonymouse, 1995):

$$F = \frac{W_P - W_E}{W_P} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، F شاخص برگردانی خاک،  $W_E$  و  $W_P$  به ترتیب وزن علف‌های هرز یا بقایای محصول قبل و بعد از عملیات در واحد سطح می‌باشد. وزن بقایای گیاهی با انداختن کودرات در چند نقطه قبل و بعد از عملیات شخم و جمع‌آوری و توزین بقایای سطحی اندازه‌گیری شد.

بهره‌وری انرژی برابر است با مقدار محصول تولیدی به ازای هر واحد انرژی مصرفی است (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷). بهره‌وری انرژی از رابطه زیر محاسبه شد:

$$P = \frac{Y}{D} \quad (2)$$

که در آن،  $P$  = بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر ژول)،  $Y$  = عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) و  $D$  = انرژی مصرفی (ژول بر هکتار) می‌باشد.

توان مالبندی یا کششی برای کشیدن ادوات از رابطه زیر محاسبه شد:

$$P_d = \frac{S \times F}{3.6} \quad (3)$$

اول در بین سیستم‌های خاک‌ورزی و کاشت تفاوتی بین عملکرد دانه غلات مشاهده نشد. بعد از ۵ سال تمدید تفاوت در عملکرد اندازه‌گیری شد و در تیمار بی‌خاک‌ورزی بیشترین عملکرد در هر دو محصول مشاهده شد (Dicky et al., 1994).

در مطالعه‌ای، اثر روش‌های مدیریت خاک عملکرد گندم زمستانه ارزیابی شد. در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی به طور ثابت عملکرد دانه ۱۰٪ و ذخیره آب خاک ۹٪ در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بود. تیمار کم‌خاک‌ورزی، در حذف فواصل تیمارهای بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بود (Smika, 1990).

این مطالعه به منظور بررسی اثرات مثبت خاک‌ورزی حفاظتی با رویکرد حفظ بقایا بر حفظ رطوبت، عملکرد محصول گندم و بهره‌وری مصرف انرژی در تناوب با آفتابگردان انجام شد.

### مواد و روش‌ها

وسایل مورد استفاده در این تحقیق به شرح

جدول زیر می‌باشند.

جدول ۱- مشخصات ماشین‌های مورد استفاده

ردیف	نام ماشین	کارخانه سازنده ماشین
۱	تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵	تراکتورسازی تبریز
۲	گاواهن برگرداندار ۳ خیش	قطعات آهنگری خراسان
۳	گاواهن چیزل	شرکت تاکا- اراک
۴	گاواهن بشقابی ۳ خیش	شرکت تاکا- اراک
۵	دیسک تاندوم	قطعات آهنگری خراسان

این آزمایش در تناوب رایج منطقه در تناوب گندم-آفتابگردان به مدت ۴ فصل زراعی در منطقه دیم کالپوش شاهرود (استان سمنان)، در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار مختلف تهیه بستر بذر در چهار تکرار در کرت‌های ۴۵ مترمربعی اجرا گردید. پنج روش مختلف تهیه بستر بذر؛ ۱- شخم با گاواهن برگرداندار + دیسک‌زنی، ۲- شخم با گاواهن

در مرحله خمیری دانه با استفاده از اوگر نمونه‌برداری، نمونه‌هایی از خاک در عمق‌های ۲۰-۵ و ۴۰-۲۰ سانتی متری تهیه شد و با استفاده از آون رطوبت وزنی خاک تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر گندم در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰، پس از حذف حاشیه‌ها، برداشت گندم از سطح ۱۰ متر مربع انجام شد. یادداشت‌برداری‌های لازم (رطوبت خاک، وزن هزار دانه، عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت محصول) انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

اطلاعات مربوط به متوسط بارندگی، دما و رطوبت در سال‌های مختلف آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

که در آن؛  $Pd =$  توان کششی (Kw)،  $S =$  سرعت پیشروی (Km/h) و  $F =$  نیروی لازم جهت کشش (KN) می‌باشد.

سرعت پیشروی تراکتور با در نظر گرفتن مسافت ۲۰ متری و ثبت زمان بر حسب m/S تعیین گردید.

نیروی کششی لازم (F)، با استفاده از نیروسنج مالبندی (تبدیل لود سل فشاری به کششی) اندازه‌گیری شد. در این روش نیروی کششی در دو مرحله با بار و بی بار اندازه‌گیری شد. از تفاضل نیروی کششی ثبت شده در طی این دو مرحله مقاومت کششی خالص تعیین شد.

انرژی لازم در هکتار برای آماده‌سازی زمین، با استفاده رابطه توان و زمان لازم برای انجام عملیات در هکتار تعیین شد.

جدول ۲- متوسط بارندگی در سال‌های مختلف آزمایش

پارامتر	سال							
	۱۳۹۰		۱۳۸۹		۱۳۸۸		۱۳۸۷	
	نیمسال اول	نیمسال دوم						
متوسط بارندگی (mm)	۳۲۹	۱۶۲/۹	۲۰۱/۱	۱۱۱/۳	۳۱۵/۹	۲۰۹/۹	۲۳۰/۹	۹۳/۷
متوسط دما (C)	۶/۳	۷/۸	۵/۳۵	۱۶/۸	۵/۹	۶/۲	۵/۶	۱۷/۳
متوسط رطوبت (%)	۶۷/۵	۶۵	۵۷/۳	۵۹/۷	۷۱/۸	۶۸	۵۹/۵	۶۱/۲

نتایج تجزیه فیزیکی شیمیایی خاک در سال اول (شروع آزمایش) در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه خاک

Texture	K	P	OC %	TNV %	PH	EC (ds/m)	پارامتر
							عمق خاک (Cm)
Silt	۵۸۹	۱۱/۴۵	۲/۱۸	۲/۳۵	۷/۸۷	۰/۸۳	۰-۳۰
	۳۸۱	۳/۵	۲/۰۸	۵/۷۳	۷/۹۱	۰/۷۷	۳۰-۶۰

نتایج بدست آمده نشان داد که خاک محدودیتی از نظر مواد غذایی و شوری برای آزمایش مورد نظر ندارد.

نتایج و بحث  
نتایج نشان داد که تیمارهای خاک‌ورزی صفات مورد مطالعه (تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد زیست توده و اقتصادی گندم، شاخص برداشت و

نتایج مربوط به محصول گندم در سال ۱۳۸۸

شخم با گاوآهن چیزل (۱۶۳۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار استفاده از گاوآهن برگرداندار (۱۳۸۸ کیلوگرم در هکتار) بود. عملکرد کمتر در تیمار استفاده از گاوآهن برگرداندار مربوط به رطوبت کمتر در عمق ۲۰-۵ سانتی متری خاک (به دلیل حفظ بقایای کمتر و برگردانی بیشتر خاک) می‌باشد.

نتایج مربوط به تجزیه مرکب داده‌های مربوط به گندم در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ در جدول شماره ۱ اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر صفات مورد مطالعه (تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد زیست‌توده و اقتصادی گندم، رطوبت خاک، شاخص برداشت نشان داده شده است.

رطوبت خاک) را تحت تاثیر قرار ندادند. هرچند بین تیمارها از نظر عملکرد معنی‌دار وجود نداشت، اما بیشترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار شخم با گاوآهن چیزل (۱۷۰۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار استفاده از دیسک (۱۴۱۲ کیلوگرم در هکتار) بود. عملکرد بیشتر تیمار گاوآهن چیزل مربوط به نفوذ بهتر رطوبت در عمق ۲۰-۴۰ سانتی متری خاک می‌باشد. عملکرد کمتر در تیمار استفاده از دیسک مربوط به رطوبت کمتر در عمق ۲۰-۴۰ سانتی متری خاک می‌باشد.

#### نتایج مربوط به محصول گندم در سال ۱۳۹۰

هرچند بین تیمارها از نظر عملکرد معنی‌دار وجود نداشت، اما بیشترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه در خوشه	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد (تن در هکتار)		شاخص برداشت (%)	رطوبت خاک (%)	
				زیست‌توده	دانه		۲۰-۴۰	۵-۲۰
سال	۱	۲/۰۳	۶/۱	۲۷۷۲۰/۲	۶۵۴۰۰	۰/۶۴	۱/۳۱	۱/۳۲
اشتباه اصلی	۶	۹/۰۶	۲۰/۳	۳۹۰۸۰۲۴/۲	۲۴۶۵۴/۵	۳۰/۴۵	۰/۲	۰/۳۳
خاک‌ورزی	۴	۱۱/۴۱ NS	۱۰/۴ NS	۴۰۷۹۸۲۵/۵	۱۰۳۱۳۸ NS	۱۲/۷۳ NS	۰/۴۹ NS	۱/۲۹ NS
خاک‌ورزی × سال	۴	۲۳/۲۱	۰/۸۱	۲۹۹۶۱۷/۷	۱۲۵۶/۸	۱۸/۶۱	۰/۱	۰/۰۵
اشتباه فرعی	۲۴	۱۳/۵	۴/۸	۱۶۹۶۷۹۹	۷۰۲۵۳/۴	۱۷/۷۵	۱/۰۳	۱/۲۲
ضریب تغییرات		۱۳/۷۷	۴/۹۵	۲۰/۵۷	۱۷/۵۴	۱۶/۹۵	۱۲/۴۶	۱۱/۳۸

NS: عدم اختلاف معنی‌دار    \*\*: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪    \*: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

جدول ۵- مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی صفات مورد بررسی در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰

ردیف	تیمار شخم	دانه در خوشه	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	عملکرد (تن در هکتار)		شاخص برداشت (%)	رطوبت خاک (%)	
				زیست‌توده	دانه		۲۰-۴۰	۵-۲۰
۱	چیزل در بهار	۲۶/۵ a	۴۴/۶۸ a	۶۶۹۵ a	۱۵۹۹ a	۲۳/۹ a	۸/۱۷ a	۹/۸۳ a
۲	برگرداندار	۲۵/۳ a	۴۳ a	۶۰۲۹ a	۱۴۰۷ a	۲۳/۵ a	۷/۹۶ a	۹/۵۶ a
۳	دیسک	۲۵/۹ a	۲۳/۶ a	۵۳۵۰ a	۱۴۱۷ a	۲۴/۳ a	۸/۱۶ a	۹/۱۶ a
۴	بشقابی	۲۸/۱ a	۴۴/۲۵ a	۶۳۳۶ a	۱۴۸۲/۹ a	۲۳/۴ a	۸/۰۳ a	۹/۶۸ a
۵	چیزل در پاییز	۲۷/۶ a	۴۶ a	۷۲۵۵ a	۱۶۷۲/۶ a	۲۳/۸ a	۸/۲ a	۱۰/۲۶ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

### تعداد دانه در خوشه

اگر چه از نظر تعداد دانه در خوشه تفاوت آماری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (جدول ۴). ولی تیمارهای گاوآهن چیزل و برگرداندار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

### وزن هزاردانه

بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی از نظر وزن هزار دانه، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۴). گاوآهن چیزل و برگرداندار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

### رطوبت خاک

نتایج آزمایش نشان داد که بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر محتوای رطوبت خاک، در عمق‌های ۲۰-۴۰ و ۵-۲۰ اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۳). در عمق ۵-۲۰ سانتی‌متری گاوآهن چیزل و برگرداندار به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را در حفظ رطوبت خاک داشتند (جدول ۴). رطوبت بیشتر در عمق ۵-۲۰ سانتی‌متری خاک مربوط به حفظ بقایای سطحی برگردانی کمتر خاک و جلوگیری از تبخیر سطحی خاک می‌باشد. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Freebairn and Silburn, 2004; Bonciarelli and Cardinali, 1991). محتوای رطوبت خاک در عمق ۲۰-۴۰ سانتی‌متری خاک در تیمارهای گاوآهن چیزل و برگرداندار از تیمار کم‌خاک‌ورزی (استفاده از دیسک) بیشتر بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از گاوآهن چیزل و برگرداندار موجب نفوذ بهتر رطوبت به عمق ۲۰-۴۰ سانتی‌متری شده است.

### عملکرد دانه

نتایج نشان داد که بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۴). تیمار استفاده از گاوآهن چیزل و برگرداندار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در بین تیمارهای خاک‌ورزی دارا بودند. نتایج مشابهی توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (Liska and Sharma et al., 2011; Menhart, 1982).

### برگردانی خاک

از نظر لحاظ شاخص برگردانی خاک بین تیمارهای مختلف از نظر آماری اختلاف آماری (در سطح ۱٪) وجود داشت. تیمار شخم با گاوآهن برگرداندار با متوسط ۷۱ درصد برگردانی بیشترین مقدار این پارامتر را دارا بود و تیمارهای شخم با دیسک و گاوآهن چیزل کمترین مقدار برگردانی خاک را دارا بودند. حفظ بقایای بیشتر در سطح خاک، از عوامل مهم در حفظ رطوبت بیشتر در خاک است. رطوبت بیشتر در تیمار استفاده از گاوآهن چیزل و دیسک مربوط به حفظ بقایای بیشتر در سطح خاک و عدم برگردانی خاک و جلوگیری از تبخیر آب می‌باشد.

### بهره‌وری انرژی

بین تیمارهای آزمایشی اختلاف کاملاً معنی‌داری از لحاظ شاخص بهره‌وری انرژی وجود داشت. تیمار استفاده از دیسک و گاوآهن برگرداندار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر را دارا بودند و تیمارهای شخم با دیسک و گاوآهن چیزل کمترین مقدار برگردانی خاک را دارا بودند (جدول ۶). گاوآهن برگرداندار به دلیل درگیری بیشتر با خاک و برگرداندن آن نیاز به انرژی بیشتری نسبت به تیمارهای دارد.

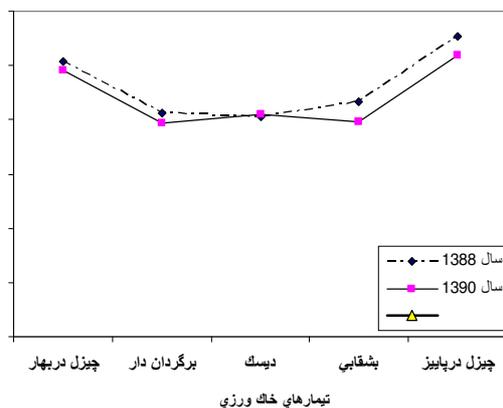
جدول ۶- بهره‌وری انرژی در تیمارهای مختلف

پارمترها تیمارهای خاک ورزی	توان کشتی (کیلو وات)	انرژی مصرفی (مگاژول در هکتار)	عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)
شخم با گاواهن چيزل در بهار	۲۲/۸	۱۶۷/۱	۱۵۹۹	۹/۶
شخم گاواهن برگردان‌دار	۱۹/۷	۲۵۵/۸	۱۴۱۵	۵/۵
ديسک‌زنی	۱۷	۷۶/۵	۱۴۰۷	۱۸/۴
شخم با گاواهن بشقابی	۱۶/۸	۲۱۲/۱	۱۴۸۳	۷
شخم با گاواهن چيزل	۲۵/۴	۱۹۲/۳	۱۶۷۳	۸/۷

### نتیجه گیری

هرچند بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی از نظر عملکرد گندم اختلاف معنی‌دار در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ وجود نداشت. با دقت در شکل ۱ مشخص می‌شود که در سال اول آزمایش، عملکرد گندم در تیمار استفاده از گاواهن برگردان‌دار نسبت به تیمار کم‌خاک‌ورزی با دیسک بیشتر بوده است، یعنی اینکه در سال با بارندگی بیشتر گاواهن برگردان‌دار موجب نفوذ بیشتر رطوبت به عمق خاک می‌شود. اما در سال‌های بعد (با بارندگی کمتر)، مقدار عملکرد در تیمار کم‌خاک‌ورزی با دیسک تقریباً ثابت مانده است، اما عملکرد در تیمار گاواهن برگردان‌دار کاهش یافته است. سیستم کم‌خاک‌ورزی بوسیله حفظ بقایا (کاهش تبخیر سطحی)، تولیدات بیشتر در آینده را وعده می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علی‌رغم مدت زمان کم آزمایش (۴ سال) کم‌خاک‌ورزی و حفظ بقایا در سطح خاک بر عملکرد محصول گندم در شرایط دیم اثر مثبت داشته است. نتایج مشابهی توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Pierce, and Dicky et al., 1994., Burpee., 1995). با دقت در جدول ۶ ملاحظه می‌شود که از نظر بهره‌وری مصرف انرژی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود دارد. به طوری بهره‌وری مصرف انرژی در گاواهن برگردان‌دار حدود یک سوم مقدار آن در تیمار استفاده از دیسک می‌باشد. بنابراین آگاهی از بهره‌وری مصرف انرژی،

کشاورزان را به تغییر از روش سنتی به روش‌های حفاظتی با شخم کمتر را ترغیب خواهد کرد. بنابراین با توجه به بهره‌وری مصرف انرژی و روند عملکرد محصول، پس از برداشت آفتابگردان (به عنوان محصول بهاره)، به منظور کاشت گندم استفاده از کم‌خاک‌ورزی با دیسک برای خرید کردن بقایای آفتابگردان و آماده‌سازی زمین توصیه می‌شود و نیازی به عملیات بیشتر نمی‌باشد. استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی، موجب افزایش بهره‌وری مصرف انرژی و بهبود عملکرد محصول در شرایط دیم و حفاظت از خاک خواهد شد.



شکل ۱- میانگین عملکرد گندم در سال‌های مختلف

### منابع مورد استفاده

۱) آسودار، م. و سبزه‌زار، ه. ۱۳۸۷. سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی (ترجمه). سازمان تحقیقات،

- grain yield and soil properties in soybean/ grain sorghum rotation. *Journal of Production Agriculture*, 7 (4): 465-470.
- 10) Freebairn, D. M., and Silburn, D. M. 2004. Soil conservation in Austrias semi arid tropics: Pathways to success, and new challenges. 13th international soil conservation organization conference.
- 11) Liska, E., and Menhart, P. 1982. Effect of varying soil tillage and previous cropping on changes in soil structure and the yield of spring barley grain. *Pol'nohospodarstvo*, 28 (1): 37-46.
- 12) Merrill, S. D., Black, A. L., and Bauer, A. 1996. Conservation tillage affects root growth of dryland spring wheat under drought. *Soil Science Society of America*, 60: 575-583.
- 13) Pierce, E. J., and Burpee, C. G. 1995. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes. *Soil and tillage research*, 35(3): 135-146.
- 14) Putnam, D. H., Oplinger, E. S., Hicks, D. R. 2003. Alternative field crops manual sunflower cultural, seedbed preparation. University of Wisconsin Madison.
- 15) Robert, C., Schwartz, J., Bell, M., and Louis. R. 2006. Tillage Effects on Surface Soil Properties, Crusting, and Sorghum Emergence. *Conservation and Production Res. Lab. Experiment Station Rd, Bushland*.
- 16) Smika, D. 1990. Fallow management practices for wheat production in the central great plains. *Agronomy Journal*, 82 (2): 319-323.
- آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج و آموزش کشاورزی.
- ۲) بی‌نام. ۱۳۸۵. یک دهه تلاش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج. ۱۱۰ ص.
- ۳) ذاکری، ح. و کاظمی، ن. ۱۳۸۵. نظام‌های خاک‌ورزی در کشاورزی پایدار (ترجمه). دانشگاه ایلام. ۲۱۲ ص.
- ۴) رزاقی، م.، خادم‌الحسینی، ن. و جوکار، ل. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر کاهش عملیات خاک‌ورزی بر انرژی مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای. دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۶-۲۵ مهر، گرگان.
- ۵) اسحاق‌بیگی، ع. ۱۳۸۷. کاهش انرژی خاک‌ورزی گندم با جایگزینی گاواهن برگردان‌دار. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد.
- ۶) شیرمحمدی، م.، آهنگر نژاد، س.، بهروزی لار، م. و محتسبی، س. ۱۳۸۹. ضریب انرژی برای تولید گندم آبی ضریب انرژی مستقیم و غیر مستقیم برای کاشت و داشت (کوددهی و آبیاری). وب سایت خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا). <http://www.isna.ir>
- 7) Anonymous. 1995. RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Bangkok.
- 8) Boone, F. R., Vander Walf, H. M. G., Kroesbergen, B., Ten Hag, B.A., and Boers, A. 1986. The effect of compaction of the arable layer in sandy soils potentials in relation to soil aeration and mechanical impedance. *Journal of Agricultural Science*, 34: 155-171.
- 9) Dickey, E. C., Jasa, P. J., Grisso, R. D. 1994. Long-term no-tillage effects on