اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص‌های انرژی و اجزای عملکرد گلرنگ

محمد غلامی پرشکوهی*[۱]، سعید سیف‌زاده[۲]، محسن حنیفی[۲] و مجید رشیدی[۳]

چکیده

ادوات خاک‌ورزی باید به نحوی انتخاب شوند که ضمن مصرف حداقل انرژی، شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی و رشد ریشه در بستر بذر را در حد مطلوب فراهم آورند. در این تحقیق تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی شامل (آماده‌سازی زمین با گاوآهن برگردان‌دار و دو دیسک، گاوآهن قلمی و دو دیسک، دو بار دیسک و شاهد (خاک‌ورزی مرسوم) بر اجزای عملکرد محصول گلرنگ (درصد سبز شدن، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد دانه و عملکرد روغن) و شاخص‌های انرژی بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد که از نظر درصد سبز شدن بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشته، ولی از نظر اجزای عملکرد هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. انرژی ورودی در تیمارها، دارای اختلاف بسیار معنی‌دار آماری بود که کم‌ترین انرژی مربوط به تیمار دوبار دیسک با میانگین ۹۶۵۲ مگاژول بود. تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر انرژی خروجی از مزرعه و بهره‌وری انرژی معنی‌دار نبود. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین کارآیی انرژی مربوط به روش خاک‌ورزی دوبار دیسک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، خاک‌ورزی، درصد سبزشدن، عملکرد، گلرنگ.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۳/۲٤ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱۸

۱و۳ به‌ترتیب دانشیار و استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

*** مسؤول مکاتبات: Gholamihassan@yahoo.com**

۲- مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و افزایش مصرف روغن در کشور، اهمیت افزایش تولید دانه‌های روغنی در کشور بر کسی پوشیده نیست. یکی از محصولات زراعی روغنی، گلرنگ می‌باشد (Rodi *et al*., 2003). گلرنگ گیاهی است با خصوصیات مقاومت به خشکی، شوری، شرایط نامساعد محیطی و در مناطقی که حاصل‌خیزی آن کم است، نیز می‌توان به کشت آن اقدام کرد. با توجه به نیاز کشور به افزایش تولید دانه‌های روغنی و شرایط محیطی تقریباً مساعد کشور، گلرنگ می‌تواند جایگاه خوبی در تولید دانه‌های روغنی داشته باشد. در فرایند تولیدات کشاورزی 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 نیز می‌باشد. بنابراین 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. نظام‌های خاک‌ورزی بسیاری که در برگیرنده ترکیب متفاوتی از عملیات شخم است وجود دارد ولی توانایی مدیریت کشاورز، حداقل شخم ضروری برای رسیدن به تولید مطلوب را تعیین خواهد کرد (Kocheki *et al.*, 1995). بورین و همکاران (Borin *et al*., 1997) گزارش دادند که متوسط انرژی ورودی در هکتار متناسب با شدت عملیات خاک‌ورزی است.

هرناز و همکاران (Hernaz *et al*., 1995) در تحقیقاتی در اسپانیا، سه روش مختلف خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم، کم خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی را از نظر کارآیی انرژی مقایسه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که در کشت غلات (گندم و جو) کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب باعث افزایش ۱۸ و ۲۰ درصدی کارآیی انرژی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم شده است. در حالی که زنتنر و همکاران (Zentner *et al*., 2004) گزارش نمودند که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری در سیستم تک کشتی غلات (گندم در کانادا) بر کارآیی انرژی نداشته است، ولی در سیستم‌های تناوبی غلات ـ بقولات، همچنین غلات ـ دانه‌های روغنی سیستم‌های کم و بی‌خاک‌ورزی کارآیی انرژی بیش‌تری داشته‌اند.

موزلی و جردن (Mosely and Jordan, 2001) در مقایسه کشت ذرت با دو روش آبیاری و بدون آبیاری به این نتیجه رسیدند که سیستم آبیاری دارای کارآیی انرژی بالاتری در مقایسه با کشت دیم بوده است. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که در مناطق خشک کارآیی انرژی آبیاری مؤثرتر از کارایی انرژی خاک‌ورزی می‌باشد. هم‌چنین رزاقی (Razagi., 1995) نشان داد که در تولید ذرت در منطقه زرقان استان فارس، سیستم کم‌خاک‌ورزی (دو بار دیسک) از نظر کارآیی انرژی نسبت به تیمارهای گاوآهن برگردان‌دار با دو بار دیسک و گاوآهن قلمی با دو بار دیسک تفاوت معنی‌داری نداشته است. در خصوص صرفه‌جویی در انرژی مصرفی کاوالاریس و گمتوس (Cavalaris and Gemtos, 2004) نشان دادند که روش‌های کم‌خاک‌ورزی ۳/٤–۱/۷ درصد در انرژی مصرفی صرفه‌جویی نموده‌اند. هم‌چنین هرناز و همکاران (Hernaz *et al*., 1995) گزارش کردند که مصرف انرژی در روش کم‌خاک‌ورزی برای زراعت غلات به میزان ۷ درصد و برای زراعت حبوبات به میزان ۱۰ الی ۱۵ درصد کم‌تر از روش خاک‌ورزی متداول است.

طبق گزارش‌های موجود مصرف سرانه روغن خوراکی در ایران حدود ۱٦ کیلوگرم برآورد شده و نیاز داخلی حدود یک میلیون تن می‌باشد که بیش از ۸۵٪ آن از خارج وارد می‌شود (Rodi *et al*., 2003). بدین ترتیب سالیانه مقادیر زیادی ارز جهت واردات روغن از کشور خارج می‌شود. لذا عدم خودکفایی و وابستگی شدید به واردات روغن خوراکی و افزایش تقاضا برای آن در بازارهای جهانی به دلیل افزایش روزافزون جمعیت دنیا، اهمیت کشت دانه‌های روغنی و ضرورت گسترش برنامه‌های علمی و تحقیقاتی را در این زمینه کاملاً روشن می‌سازد. این تحقیق به منظور بررسی تاثیر روش‌های مختلف خاکورزی بر شاخص‌های انرژی و عملکرد گیاه گلرنگ انجام شده است.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های محل آزمایش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان واقع در استان قزوین انجام شد. محل آزمایش در طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی بوده، ارتفاع آن

از سطح دریا ۱۲٦۵ متر، میانگین بارندگی سالانه آن ۲٦۷ میلی‌متر می‌باشد.

طرح آماری و تیمارهای آزمایشی

آزمایش مورد نظر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش عبارت بودند از:

۱- شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عنوان خاک‌ورزی اولیه و دو بار دیسک سنگین به عنوان خاک‌ورزی ثانویه*(A)*

۲- شخم با گاوآهن قلمی به عنوان خاک‌ورزی اولیه و دو بار دیسک سنگین به عنوان خاک‌ورزی ثانویه*(B)*

۳- شخم با دیسک سنگین به عنوان خاک‌ورزی اولیه و یک بار دیسک سنگین به عنوان خاک‌ورزی ثانویه *(C)*

٤- تیمار شاهد که روش خاک‌ورزی مرسوم در منطقه بوده و شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار در فصل پائیز و دو بار دیسک سنگین در بهار می‌باشد. *(D)*

عملیات کاشت، داشت و برداشت

در این آزمایش از گلرنگ رقم محلی اصفهان استفاده شد. هر کرت آزمایش شامل ۱۰ ردیف کاشت به فاصله ٤۰ سانتی‌متر و به طول ۱۰ متر بود. فاصله هر کرت از کرت مجاور یک متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. فاصله بذرها روی خطوط ۵ سانتی‌متر و بذر مصرفی به میزان ۸ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. عملیات داشت و آبیاری مطابق نظر کارشناس آبیاری و با توجه به نیاز آبی گیاه انجام شد. و برداشت نیز به دلیل نمونه‌گیری با دست صورت گرفت.

ماشین‌ها و ادوات مورد استفاده

ماشین‌ها و ادوات مورد استفاده عبارت بودند از: تراکتور *MF*-۳۹۹، تراکتور ۲۸۵- *MF*، گاوآهن برگردان‌دار (وزن ۳۷۵ کیلوگرم، سوار شونده سه خیش عرض کار هر خیش ۳۵ سانتی‌متر و عمق کار ۲۵ سانتی‌متر)، گاوآهن قلمی (وزن ٤۰۰ کیلوگرم، سوار شونده هفت شاخه دو ردیفه عرض کار ۱۷۵ سانتی‌متر و عمق کار ۱۵ سانتی‌متر)، دیسک سنگین افست (وزن ۲۷۰ کیلوگرم، کشش ۲۸ پره، عرض کار هر خیش ۳۱۰ سانتی‌متر و عمق کار ۱۵ سانتی‌متر)، کودپاش سانتریفیوژ (وزن ۱۵۰ کیلوگرم، سوار شونده)، سم‌پاش (وزن ۱۵۰ کیلوگرم، سوار شونده، بوم‌دار، فایبر گلاس شش متری) و ردیف کار (وزن ۱۵۰ کیلوگرم، سوار شونده، چهار ردیفه).

شاخص‌های انرژی

درصد سبز شدن

برای اندازه‌گیری تعداد بوته‌های سبز شده در واحد سطح با مشاهده اولین جوانه‌های بیرون آمده از خاک تعداد بذرهای سبز شده داخل قاب یک متر مربعی که به تصادف در هر کرت سه بار انداخته شد، شمارش گردید و این کار هر روز تکرار شد تا تعداد بوته‌های سبز شده به وضعیت ثابت رسید و افزایش پیدا نکرد. عدد به دست آمده به عنوان تعداد بوته در هر مترمربع در نظر گرفته شد. درصد بذرهای سبز شده به‌طور روزانه ثبت گردید و سپس بر حسب درصد بوته‌های سبز شده بیان گردید. درصد سبز شدن از رابطه (۱) محاسبه گردید. تعداد بذر کاشته شده در هر مترمربع از روی مقدار بذر کاشته شده در هر هکتار و وزن هزار دانه آن محاسبه شد (Normohammadi and Zareeyan, 2002).

(۱)

$$M = \frac{PPSM}{SPSM.P.G} \times 100$$

که در آن:

PPSM= تعداد بوته سبز شده در هر مترمربعگ

SPSM= تعداد بذر کاشته شده در هر مترمربع

P= خلوص (درصد)

G= قوه نامیه بذر (درصد)

عملکرد

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از حذف ۲ متر از بالا و پایین و ۲ ردیف از طرفین هر کرت، دانه‌های غوزه‌های برداشت شده از ۱٤/٤ مترمربع را جدا کرده و پس از تعیین درصد رطوبت موجود در دانه ها با رطوبت‌سنج، با استفاده از فرمول زیر وزن دانه‌ها با رطوبت ۱٤ درصد در سطح برداشتی به دست آمده و عدد حاصله به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد (Normohammadi and Zareeyan, 2002).

(۲) (۱٤-۱۰۰) ÷ (درصد رطوبت موجود − ۱۰۰) × وزن دانه ها با درصد رطوبت ۱٤٪ = وزن دانه‌ها

تعداد غوزه در بوته

جهت بررسی تعداد غوزه در هر بوته، تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب گردید و تعداد غوزه آن‌ها شمارش گردید و میانگین آن‌ها یادداشت شد (Normohammadi and Zareeyan, 2002).

تعداد دانه در غوزه

برای بررسی تعداد دانه در غوزه تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب گردید و پس از شمارش تعداد دانه‌های آن‌ها، میانگین آن‌ها به عنوان تعداد دانه در غوزه یادداشت شد (Normohammadi and Zareeyan, 2002).

وزن هزار دانه

برای تعیین وزن هزار دانه تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب شد. بذر آن‌ها جمع آوری و پس از بوجاری و خشک کردن آن‌ها تعداد ۱۰۰۰ عدد بذر به‌طور تصادفی انتخاب و وزن آن‌ها به عنوان وزن هزار دانه یادداشت شد (Normohammadi and Zareeyan, 2002).

درصد روغن

برای اندازه گیری درصد روغن، ۳ گرم بذر به طور تصادفی از توده بذر هر کرت انتخاب و جهت اندازه گیری درصد روغن به آزمایشگاه ارسال شد که توسط دستگاه *NMR* درصد روغن محاسبه و اعداد مشاهده شده یادداشت گردید (Normohammadi and Zareeyan, 2002).

عملکرد روغن

از حاصل ضرب درصد روغن هر کرت در عملکرد دانه آن کرت، عملکرد روغن به دست آمد (Normohammadi and Zareeyan, 2002)

شاخص‌های انرژی

انرژی ورودی

شامل مجموع انرژی بیولوژیک (انرژی های نیروی انسانی و بذر)، انرژی شیمیایی (انرژی کودها و سموم) و انرژی مصرفی مکانیزاسیون (مستقیم و غیرمستقیم) می‌باشد.

انرژی خروجی

از حاصل ضرب عملکرد گیاه در ضریب انرژی آن محاسبه و به دست می‌آید.

افزوده خالص انرژی[1]

افزوده خالص انرژی عبارت است از کل انرژی تولیدی (ستاده) منهای انرژی ورودی (نهاده) برای تولید آن مقدار انرژی گرفته شده در واحد سطح برابر رابطه (۳) (Zentner *et al.*, 2004; Borin *et al.*, 1997)

(۳)

$$N.E.G = E_O - E_I$$

که در آن:

N.E.G= افزوده خالص انرژی (مگاژول)

E_I= انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول)

E_o= انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول)

بهره‌وری انرژی[2]

بهره‌وری انرژی اضافه ارزش انرژی است که به‌ازای استفاده از یک واحد انرژی به دست می‌آید و از رابطه (٤) محاسبه گردید (Borin *et al.*, 1997).

(٤)

$$E.P = \frac{N.E.G}{E_I}$$

که در آن:

EP= بهره‌وری انرژی (بدون واحد)

بهره‌وری انرژی نیروی انسانی

بهره‌وری انرژی نیروی انسانی از رابطه (۵) محاسبه شد (Borin *et al.*, 1997).

(۵)

$$W.E.P = \frac{E_o}{E_L}$$

که در آن:

W.E.P= بهره‌وری انرژی نیروی انسانی (بدون واحد)

E_L= انرژی نیروی انسانی (مگاژول)

شدت انرژی[3]

شدت انرژی عبارت است از انرژی مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول که واحد آن مگاژول بر مگاگرم می‌باشد. این شاخص درجه بهینه‌گی استفاده از انرژی را نشان می‌دهد که با استفاده از رابطه (٦) محاسبه گردید (Normohammadi and Zareeyan, 2002).

(٦)

$$E.P = \frac{E_o}{Y}$$

که در آن:

E.P = شدت انرژی (مگاژول بر مگاگرم)

Y= عملکرد محصول (مگاگرم)

[1]. Net Energy Gain

[2]. Energy Productivity

[3]. Energy Intensity

کارآیی انرژی[1]

کارآیی انرژی (نسبت انرژی) مفهومی است فنی که در ارتباط با مصرف کننده‌گان انرژی مطرح شده و عبارت است از نسبت تبدیل نهاده انرژی در فرآیند مورد نظر که از رابطه (۷) محاسبه گردید (Zentner *et al*., 2004).

(۷)

$$E.E.R = \frac{E_o}{E_I}$$

که در آن:

$E.E.R$ = کارآیی انرژی(بدون واحد)

آنالیز داده‌ها

آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار Mstatc انجام شد. سپس مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی توسط آزمون دانکن صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

درصد سبز شدن

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس درصد سبز شدن (جدول ۱) نشان می دهد که تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای دوبار دیسک با میانگین ۸۲/۳۰ درصد و گاوآهن قلمی با میانگین ۷٤/۳ وجود دارد و این دو تیمار با تیمار گاوآهن برگردان‌دار با میانگین ۷۸/٦۳ درصد تفاوت معنی‌داری ندارد (جدول ۲). اسدی و همت (Asadi and Hemmat, 2003) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی از نظر درصد سبز شدن تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

شاخص‌های عملکرد

تعداد غوزه در بوته

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) و مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤) نشان داد که تیمارهای تهیه بستر بذر از نظر تعداد غوزه در بوته تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

تعداد دانه در غوزه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس شاخص‌های عملکرد (جدول۳) و جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول٤)، از نظر تعداد دانه در غوزه نیز تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارهای تهیه بستر بذر مشاهده نشد.

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) و جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول٤)، تیمارهای تهیه بستر بذر از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌دار آماری نشان ندادند.

درصد روغن

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس شاخص‌های عملکرد (جدول ۳) نشان داد که درصد روغن تیمارهای تهیه بستر بذر هیچ گونه تفاوت معنی‌دار آماری نشان نداد.

عملکرد روغن

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) و مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤) نشان داد که از نظر عملکرد روغن نیز بین تیمارهای تهیه بستر بذر تفاوت معنی‌دار آماری وجود ندارد.

عملکرد دانه گلرنگ

نتایج تجزیه واریانس به دست آمده عملکرد (جدول۳) نشان داد که از نظر عملکرد محصول در بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت. به طوری که تیمار شاهد با میانگین ۱۷۱٤ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و تیمار دوبار دیسک با میانگین ۱۵۹۱ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ٤). اصغری میدانی (Asghari Mydani, 2002) در بررسی اثرات چهار روش مختلف خاک‌ورزی و ادوات کاشت بر روی عملکرد دانه گلرنگ در شرایط دیم به این نتیجه رسید که ما بین تیمارها در سطح احتمال ۱٪ تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. شاید دلیل اصلی اختلاف نتیجه تحقیق حاضر با تحقیق مذکور، استفاده از ادوات مختلف کاشت و شرایط دیم در آن پژوهش باشد.

شاخص‌های انرژی

کل انرژی ورودی به مزرعه

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای شاخص‌های انرژی (جدول ۵) نشان می‌دهد که از لحاظ کل انرژی ورودی به مزرعه تیمارهای تهیه بستر بذر دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد می‌باشند. هم‌چنین جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ٦) نشان می‌دهد که بیش‌ترین انرژی متعلق به روش شاهد و خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار به ترتیب با میانگین ۱۱۱۷۰

[1]. Energy Efficiency Ratio

و ۱۱۳۹۰ مگاژول و کم‌ترین انرژی مربوط به تیمار دوبار دیسک با میانگین ۹۶۵۲ مگاژول بوده است. در واقع با کاهش تعداد و شدت عملیات انرژی ورودی به مزرعه کاهش یافته است. این نتایج با گزارش کوچکی و همکاران و رزاقی (Kocheki *et al*., 1997; Razagi, 1995) مطابقت دارد.

کل انرژی خروجی از مزرعه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس به دست آمده (جدول ۵) و جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ٦) از لحاظ کل انرژی خروجی از مزرعه تیمارهای تهیه بستر بذر تفاوت معنی‌دار آماری نشان نمی‌دهد. که مهم‌ترین علت این امر عدم تفاوت معنی‌دار آماری از نظر عملکرد کل وزن محصول می‌باشد. رزاقی (Razagi., 1995) نیز در تحقیق مشابه به چنین نتایجی دست یافت. زنتنر و همکاران (Zentner *et al*., 2004) نیز گزارش نمودند که روش‌های خاک‌ورزی اثر کمی بر انرژی خروجی در سیستم تک کشتی غلات دارند. ولی بورین و همکاران (Borin *et al*., 1997) گزارش نمودند که با کاهش خاک‌ورزی انرژی خروجی نیز کاهش می‌یابد.

افزوده خالص انرژی

نتایج جدول به دست آمده از تجزیه واریانس افزوده خالص انرژی (جدول ۵) تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارها نشان نمی‌دهد. این نتیجه با نتایج تحقیق رزاقی (Razagi., 1995) مطابقت دارد. هم‌چنین زنتنر و همکاران (Zentner *et al*., 2004) نیز گزارش نمودند که روش‌های خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر افزوده خالص انرژی در سیستم تک‌کشتی غلات نداشته‌اند.

بهره‌وری انرژی

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان می‌دهد که تیمارها از نظر بهره‌وری انرژی تفاوت معنی‌دار آماری ندارند. گاوآهن قلمی با میانگین ۳۰/۲۷۷ کم‌ترین بهره‌وری انرژی را داشته است ولی تیمار دوبار دیسک با میانگین ۳/٦۸۰ بیشترین بهره‌وری را به خود اختصاص داده است (جدول ۸). بورین و همکاران (Borin *et al*., 1997) گزارش نمودند که با کاهش خاک‌ورزی بهره‌وری انرژی در تولید ذرت کاهش می‌یابد ولی تفاوت بین خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی کم است. از نظر بهره‌وری انرژی نیروی انسانی هم تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارها مشاهده نشد. لازم به ذکر است که بهره‌وری انرژی نیروی انسانی که کارآیی نیروی انسانی را در قالب انرژی بیان می‌نماید، مقدارش در همه سیستم‌های مکانیزه بسیار زیاد می‌باشد (Asghari Mydani, 2002)..

شدت انرژی

جدول تجزیه واریانس شدت انرژی تیمارهای تهیه بستر بذر (جدول ۷) نشان می‌دهد که در این زمینه اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد. هم‌چنین بیشترین میزان انرژی برای تولید هر گرم گلرنگ در روش گاوآهن قلمی و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد گاوآهن برگردان‌دار بوده است (جدول ۸). بورین و همکاران (Borin *et al*., 1997) نیز گزارش نمودند که شدت انرژی تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار نگرفته است. زیرا با توجه به کاهش انرژی ورودی در روش‌های خاک‌ورزی عملکرد نیز کاهش یافته است.

کارآیی انرژی

نتایج به دست آمده از این تحقیق و جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان می دهد که بین تیمارهای تهیه بستر بذر از نظر کارآیی انرژی تفاوت معنی‌دار آماری وجود ندارد. هم‌چنین تیمار دوبار دیسک با میانگین ۵/۰٤ و تیمار گاوآهن قلمی با میانگین ٤/۳۷ بالاترین و کم‌ترین کارآیی انرژی را دارند (جدول ۸). این نتایج با نتایج تحقیقات زنتنر و همکاران (Zentner *et al*., 2004; Razagi., 1995) در سیستم تک کشتی گندم در کانادا و رزاقی مطابقت دارد.

سیستم کم‌خاک‌ورزی شامل تیمارهای گاوآهن قلمی با دوبار دیسک و هم‌چنین دوبار دیسک به دلیل دارا بودن میزان انرژی ورودی کم‌تر به مزرعه (۹۱ مگاژول در هکتار)، هم‌چنین عدم تفاوت معنی‌دار شاخص‌هایی نظیر کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، افزوده خالص انرژی، شرایط فیزیکی و مکانیکی خاک، درصد روغن و عملکرد دانه و روغن نسبت به روش استفاده از گاوآهن قلمی با دوبار دیسک جهت کشت گلرنگ در منطقه تاکستان مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

جدول۱- تجزیه واریانس درصد سبز شدن در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 1. Analysis of variance for emergence percentage in different tillage methods

منبع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات M.S.
Replication	تکرار	2	29.47
Treatment	تیمار	3	32.66*
Error	اشتباه آزمایشی	6	28.74
C.V. %	ضریب تغییرات		3.82

* = Significant at 0.05 probability level

*= اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد سبز شدن بذر در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 2. Comparison of means for emergence percentage in different tillage methods

تیمار Treatment		درصد سبز شدن Emergence percentage
Moldboard plow	شخم با گاوآهن برگردان‌دار	78.63 ab
Chisel plow	شخم با گاوآهن قلمی	74.30 b
Two disks	دوبار دیسک	82.30 a
Conventional tillage	خاک‌ورزی معمولی	79.30 ab

حروف مشابه نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد

The same letters show no significant differences at 0.05 of probability level

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های عملکرد در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 3. Analysis of variance for yield and yield components in different tillage methods

منبع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی D.F.	تعداد غوزه در بوته Number of clusters in plant	تعداد دانه در غوزه Number of grains in cluster	وزن هزار دانه 1000 kernel weight(g)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield (kg/ha)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
Replication	تکرار	2	0.52 ns	13.80 ns	56.15 ns	0.01 ns	20.89 ns	3300.75 ns
Treatment	تیمار	3	10.92 ns	7.01 ns	25.66 ns	0.25 ns	3623.47 ns	36246.78 ns
Error	اشتباه آزمایشی	6	30.08	28.23	28.20	0.12	795.82	3203.33
C.V. (%)	ضریب تغییرات	–	28.98	27.59	14.37	10.45	7.43	3.55

ns= non- significant

ns = عدم اختلاف معنی‌دار آماری

جدول ٤- مقایسه میانگین و عملکرد و اجزای عملکرد در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 4. Comparison of means for yield and yield components in different tillage methods

تیمار Treatment		تعداد غوزه در بوته Number of clusters in plant	تعداد دانه در غوزه Number of grains in cluster	وزن هزار دانه 1000 kernel weight (g)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield (kg/ha)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
Moldboard plow	شخم با گاوآهن برگردان‌دار	24.47 a	20.63 a	39.90 a	24.40 a	400.20 a	1676 a
Chisel plow	شخم با گاوآهن قلمی	22.40 a	18.37 a	35.37 a	23.73 a	366.10 a	1628 a
Two disks	دو بار دیسک	20.33 a	17.57 a	33.67 a	23.93 a	354.80 a	1591 a
Conventional tillage	خاک‌ورزی مرسوم	24.20 a	20.47 a	38.87 a	24.17 a	415.10 a	1714 a

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد

The same letters in each column show no significant differences at 0.05 of probability level

جدول ۵- تجزیه واریانس انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 5. Analysis of variance of energy in different tillage methods

منبع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی D.F.	انرژی ورودی Energy input (MJ)	انرژی خروجی Energy output (MJ)	افزوده خالص انرژی Net energy gain (MJ)
Replication	تکرار	2	441965.25 ns	2892606.84 ns	1911712.04 ns
Treatment	تیمار	3	2567495.22 ns	8039832.43 ns	1655100.06 ns
Error	اشتباه آزمایشی	6	114112.14	1708074. 06	2182872.37
C.V. (%)	ضریب تغییرات		3.12	2.62	3.78

ns = عدم اختلاف معنی‌دار آماری

ns = non- significant

جدول ٦- مقایسه میانگین انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 6. Comparison of means for energy in different tillage methods

تیمار Treatment		انرژی ورودی Energy input (MJ)	انرژی خروجی Energy output (MJ)	افزوده خالص انرژی Net energy gain (MJ)
Moldboard plow	شخم با گاوآهن برگردان‌دار	11390 a	50635.30 a	39250 a
Chisel plow	شخم با گاوآهن قلمی	10520 b	49175.60 a	38650 a
Two disks	دو بار دیسک	9652 c	48634.30 a	38370 a
Conventional tillage	خاک‌ورزی مرسوم	17710 a	51752.70 a	40050 a

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد

The same letters in each column show no significant differences at 0.05 of probability level

جدول ۷- تجزیه واریانس کارآیی انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 7. Analysis of variance for energy efficiency in different tillage methods

منبع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی D.F.	بهره‌وری انرژی Energy productivity	بهره‌وری انرژی انسانی Human energy productivity	شدت انرژی Energy intensity	کارایی انرژی Energy efficiency
Replication	تکرار	2	0.04 ns	681 ns	127.08 ns	0.05 ns
Treatment	تیمار	3	0.20 ns	1488.08 ns	102.75 ns	0.25 ns
Error	اشتباه آزمایشی	6	0.05	826.25	542.75	0.05
C.V. (%)	ضریب تغییرات		6.50	6.27	11.65	4.9

ns =عدم اختلاف معنی‌دار آماری

ns = non- significant

جدول ۸- مقایسه میانگین کارآیی انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 8. Comparison of means for energy efficiency in different tillage methods

تیمار Treatment		بهره‌وری انرژی Energy productivity	بهره‌وری انرژی انسانی Human energy productivity	شدت انرژی Energy intensity	کارایی انرژی Energy efficiency
Moldboard plow	شخم با گاوآهن برگردان‌دار	3.45 a	461 a	198.30 a	4.45 a
Chisel plow	شخم با گاوآهن قلمی	3.27 a	429.70 a	207.30 a	4.37 a
Two disks	دو بار دیسک	3.68 a	484 a	201 a	5.04 a
Conventional tillage	خاک‌ورزی مرسوم	3.42 a	459 a	193 a	4.42 a

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد

The same letters in each column show no significant differences at 0.05 of probability level

منابع References

Asadi A, Hemmat A (2003) Effect of stubble tillage and conventional tillage on yield components of corn in rotation with barley. Journal of Research in Agricultural Science 3(1): 26-34. [In Persian with English Abstract].

Asghari Mydani J (2002) Study of effect of different tillage methods and planter implements on yield components of safflower in dry farming condition. Dryland Agricultural Research Institute. No 81/278. [In Persian with English Abstract].

Borin M, Merini C, Sartori, L (1997) Effects of tillage system on energy and carbon balance in north-eastern Italy. Soil and Tillage Research 40: 41-49.

Cavalaris, CC, Gemtos TA (2004) Evaluation of tillage efficiency and energy requirements for five methods of soil preparation in the sugar beet crop. Proceedings of International Scientific Conference, Rouse, Bulgaria.

Hernaz JL, Givon VS, Cerisola, C (1995) Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in center Spain. Soil and Tillage Research 35(4): 33-42.

Kocheki A, Hosini M, Hashemidezfoli A (1995) Sustainable agriculture. Iranian Students Book Agency. [In Persian with English Abstract].

Kocheki A, Hosini M, Khazaeei HR (1997) Agriculture systems sustainable. Iranian Students Book Agency. [In Persian with English Abstract].

Moseley WG, Jordan CF (2001) Measuring agricultural sustainability: energy analysis of conventional till and no-till maize in the Georgia piedmont. Southern Geographer 1: 29-36.

Noor Mohammadi D, Zareian S (2002) Effect of various tillage and planting methods on emergence of irrigated wheat. Journal of Iranian Agricultural Sciences 34(2): 321-333. [In Persian with English Abstract].

Razzagi M (2005) Energy performance of different tillage methods in corn production. M.Sc. Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. [In Persian with English Abstract].

Rodi D, Rahmanpour S, Javidfar F (2003) Canola farming. Seed and Plant Improvement Institute. [In Persian with English Abstract].

Zentner RP, Lafond GP, Derksen DA, Nagy CN, Wall DD, May WE (2004) Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin black chernozem in the Canadian prairies. Soil and Tillage Research 77: 67-73.