Archive of SID

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره ۳۲ - شماره ۰۱- پیاپند ۱۲۲ بهار ۹۸

ارزیابی کارآیی انرژی در نظام کشاورزی حفاظتی منطقه معتدل- سرد مشهد

Evaluation of energy efficiency in conservation agricultural system in temperate-cold climatic zone of Mashhad

علی اکبر مویدی[۱]، شجاعت زارع[۲*]

۱. عضو هیات علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۲. عضو هیات علمی بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۱۱/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۵ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.125011.1378

چکیده

مویدی، ع. ا.، زارع، ش.، ارزیابی کارآیی انرژی در نظام کشاورزی حفاظتی منطقه معتدل- سرد مشهد
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ۰۱- پیاپند ۱۲۲ بهار ۹۸: ۲۷-۱۳

این پروژه با هدف ارزیابی کارآیی انرژی سیستم کشاورزی حفاظتی دو سیستم تناوب زراعی در دو آزمایش جداگانه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد در ۵ سال با استفاده از طرح کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی و سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شیوه های مختلف خاک ورزی در سه سطح شامل: شیوه متداول خاک ورزی (شخم + دیسک + تسطیح + کاشت با بذرکار)، شخم کاهش یافته (چیزل پکر یا دیسک سبک + کاشت با بذرکار) و بدون شخم (کاشت مستقیم با بذرکار) در کرت های اصلی و مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح بدون بقایا، حفظ ۳۰٪ بقایا و حفظ ۶۰٪ بقایای محصولات مختلف درکرت های فرعی قرار گرفت. در اولین آزمایش سیستم تناوب زراعی رایج این منطقه شامل گندم-ذرت-گندم-خربزه-گندم و در آزمایش دوم سیستم تناوب زراعی پیشنهادی یا پایدار شامل گندم-کلزا-گندم-شبدر-گوجه فرنگی-گندم بررسی شد . نتایج نشان داد از نظر مصرف انرژی برای هر دو تناوب زراعی رایج و پایدار سهم نیروی انسانی بسیار کم بود و آب و کاه و کلش هر کدام با حدود ۳۰ درصد بیشترین سهم را دارا بودند و ماشین آلات و کود در مرتبه بعد قرار گرفتند. در هر دو سیستم تناوب زراعی رایج و پایدار، تیمار بدون شخم و بدون بقایا بالاترین بهره‌وری انرژی را داشت و تیمارهای حداقل شخم و شخم متداول بدون بقایا، در رتبه های دوم و سوم قرار داشتند.

واژه های کلیدی: بقایا، بهره‌وری انرژی، تناوب، پایداری، گندم

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: shojaat_z@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف انرژی در بخش کشاورزی در واکنش به تامین امنیت غذایی برای جامعه و محدودیت دسترسی به زمین‌های زراعی مرغوب افزایش یافته است (Mohammadi *et al.*, 2008). این افزایش مصرف به طور عمده ناشی از پیشرفت در بخش مکانیزاسیون، استفاده از کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی و نیز تولید ارقامی با عملکرد بالا بوده است (Ghorbani *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, 2010). سوخت، الکتریسیته، ماشین‌آلات، بذر، کود و مواد شیمیایی منابعی هستند که سهم قابل توجهی از انرژی‌های ورودی را در سیستم‌های کشاورزی به خود اختصاص می‌دهند. نتایج بررسی‌های انجام شده در این خصوص نشان می‌دهد که استفاده فشرده از انرژی در جهت تولید محصولات زراعی سلامت انسان و محیط زیست را تحت تاثیر قرارداده است (Yilmaz *et al.*, 2005). مسلما، با استفاده بهینه از انرژی در کشاورزی مشکلات زیست محیطی به حداقل می رسد، از نابودی منابع جلوگیری می‌شود و کشاورزی پایدار به عنوان یک سیستم تولیدی اقتصادی تقویت خواهد شد (Kizilaslan, 2009). در این خصوص، چالش عمده دیگر در ارتباط با کشاورزی رایج مصرف بالای انرژی‌های غیر قابل تجدید است. مواد شیمیایی مصرفی، ماشین آلات، سوخت های فسیلی و الکتریسیته از جمله مهمترین نهاده‌هایی هستند که به مقدار زیادی در فرآیند تولید محصولات مختلف زراعی مصرف می‌شوند و تولید، توزیع و کاربرد این نهاده‌ها عمدتاً متکی به مصرف مقادیر زیادی انرژی در نوع غیر قابل تجدید آن می‌باشد. بر اساس مطالعات مختلفی که در این زمینه صورت گرفته است بین ۶۰ تا ۹۰ درصد انرژی‌های مصرفی در فرآیند تولید جزء انرژی‌های غیر قابل تجدید است (Canakci *et al.*, 2005). بر اساس نظر دانشمندانی که در زمینه کارآیی انرژی مطالعاتی داشته‌اند، کارآیی انرژی عبارت است از نسبت انرژی تولیدی به انرژی ورودی که بصورت نهاده‌های مختلف بکار برده می‌شود. لذا برای افزایش کارآیی یا باید نهاده‌های ورودی مانند کود، علف کش، آفت کش و عملیات تهیه زمین را کاهش داد یا عملکرد محصول زراعی را بالا برد (Koocheki, 1994 ; Achrock *et al.*, 1985). هرننز و همکاران (Hernanz *et al.*, 1995) کارآیی انرژی و اقتصادی سه سیستم خاک ورزی شامل خاک ورزی معمولی، حداقل و بدون خاک ورزی با کشت گندم زمستانه، جو و گندم بهاره و ماشک را در شمال مادرید در اسپانیا محاسبه کردند. نتایج مطالعه نشان داد که در روش بدون خاک ورزی و حداقل خاک ورزی، مصرف انرژی ۷ تا ۱۱ درصد برای غلات و ۱۰ تا ۱۵ درصد برای ماشک کاهش داشت. بهره‌وری انرژی نیز در روش حداقل خاک ورزی و بدون خاک ورزی نسبت به حالت معمولی، به ترتیب ۱۸ و ۲۰ درصد افزایش نشان داد. چادهاری و همکاران (Chaudhary *et al.*, 2006) تعداد۶ سیستم زراعی را از لحاظ روابط انرژی و مقایسه اقتصادی در مزرعه تحقیقاتی مودیپورام میروت (هند) طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ بررسی کرده‌اند. سیستم ها شامل ۱- برنج-گندم، ۲-

www.SID.ir

Archive of SID

برنج- خردل- لوبیا سبز، ۳- برنج-نخودفرنگی- گندم-لوبیا سبز، ۴ –ذرت- نخود فرنگی–گندم ، ۵- لوبیای سودانی-گندم و ۶- سویا-گندم بوده است. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین انرژی ورودی مربوط به سیستم شماره ۳ با ۶۵۰۵۲ مگاژول در هکتار و کمترین مربوط به سیستم ۵ با ۲۹۰۱۵ مگاژول در هکتار بوده است. در بین تمام تیمارها میزان انرژی ورودی مربوط به کودهای شیمیایی بیشترین مقدار بوده و مقدار آن بین ۳۲/۶ تا ۴۱/۷ درصد متفاوت بوده است و بعد از آن آبیاری و ماشین آلات قرار داشته‌اند. بیشترین نسبت انرژی (کارآیی) مربوط به سیستم شماره ۵ (۳/۸) و بعد از آن سیستم ۶ (۳/۶) و ۲ (۳/۴) و کمترین مقدار مربوط به سیستم شماره ۳ (۲/۳) بوده است. در مجموع سیستم شماره ۲ هم از لحاظ انرژی و هم از لحاظ درآمد سرآمد بقیه بوده است. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al*., 2011) به منظور مقایسه دو سیستم کم نهاده و پرنهاده از لحاظ مصرف و کارآیی انرژی، نسبت منفعت به هزینه و میزان مصرف انرژی تجدید پذیر، ۵۰ زارع گندم کار آبی (پرنهاده) و ۵۰ زارع گندم کار دیم را در استان خراسان شمالی ایران انتخاب و از طریق انجام مصاحبه موارد مورد اشاره را محاسبه کرده‌اند. نتایج مطالعه نشان داد که میزان مصرف انرژی در سیستم کم نهاده ۹۳۵۴/۲ مگاژول و در سیستم پر نهاده ۴۵۳۶۷/۶ مگاژول بوده است.کارایی انرژی در زراعت دیم ۳/۳۸ و در زراعت آبی ۱/۴۴ و نسبت منفعت به هزینه در این دو سیستم به ترتیب ۲/۵۶ و ۱/۹۷ بدست آمد. میزان انرژی مصرفی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر همچنین انرژی مستقیم و غیر مستقیم اگرچه در دو سیستم با هم متفاوت بود ولی از لحاظ درصدی از کل، بسیار به هم نزدیک و بطور متوسط به ترتیب ۲۴، ۷۶، ۴۷ و ۵۳ درصد بدست آمد نتیجه این مطالعه بیانگر تاثیر مثبت کشت دیم بر فاکتورهای موثر بر روابط انرژی در شرایط ایران دارد. زارع فیـــض‌آبـادی (Zare Fizabadi, 1998) کارایی انرژی و بازده اقتصادی نظام‌های زراعی متداول و اکولوژیک در تناوب‌های مختلف با گندم را بررسی کرده است. کارایی انرژی محصول در تناوب‌های زراعی چغندرقند – گندم، ذرت – گندم و گندم – گندم به ترتیب ۳/۲۳، ۳/۱۵، ۲/۶۸ بوده است. این مطالعه با هدف ارزیابی کارآیی انرژی سیستم کشاورزی حفاظتی و مقایسه آن با شیوه متداول زراعی و بررسی تاثیر دو شیوه مورد مطالعه بر عملکرد و خصوصیات زراعی محصولات در دو سیستم تناوب زراعی رایج و پایدار اجرا شده است.

مواد و روش ها

این تحقیق با استفاده از طرح کرت های خرد شده (split plot) در قالب بلوک های کامل تصادفی و با سه تکرار در دو آزمایش با برنامه تناوب زراعی متفاوت و در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مشهد (به عنوان منطقه معتدل سرد) ودر یک دوره ۵ ساله (۹۵-۱۳۹۰) به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: شیوه‌های مختلف خاک ورزی در کرت های اصلی در سه سطح شامل: شیوه متداول خاک‌ورزی (شخم + دیسک + تسطیح + کاشت با بذر کار)، شخم کاهش یافته (چیزل پکر یا

www.SID.ir

Archive of SID

دیسک سبک + کاشت با بذرکار) و بدون شخم (کاشت مستقیم با بذرکار) بود. مدیریت بقایای گیاهی در کرت های فرعی در سه سطح شامل: بدون بقایا، حفظ ۳۰٪ بقایا و حفظ ۶۰٪ بقایا بود. در اولین آزمایش سیستم تناوبی رایج این منطقه شامل گندم-ذرت-گندم-خربزه-گندم و در آزمایش دوم سیستم تناوبی پیشنهادی (پایدار) برای این منطقه شامل گندم-کلزا-گندم-شبدر-گوجه فرنگی-گندم مورد بررسی قرار گرفت. شروع هر دو تناوب رایج و پایدار با گندم و با هدف اجرای فاکتور بقایا در هر یک از کرت های آزمایشی بوده و یادداشت برداری‌های آماری از سال دوم برای هر یک از تناوب‌های زراعی آغاز شد. در روش کشت مستقیم (بی خاک ورزی) قبل از کشت هیچگونه عملیات خاک‌ورزی انجام نشد و با یک بار حرکت مستقیم بذرکار در مزرعه عمل کشت انجام شد. در روش کم خاک‌ورزی از یک دستگاه دیسک استفاده شد و عملیات خاک‌ورزی در یک مرحله انجام شد و سپس برای کشت غلات از بذرکار کشت مستقیم (مدل برزگر همدان) و برای محصولات ردیفی از ردیف کار چغندر قند استفاده شده است.

در روش مرسوم، خاک ورزی توسط گاوآهن برگردان‌دار و دیسک انجام و سپس کشت غلات با خطی کار انجام شد. در تیمار حفظ بقایا از عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاهان زراعی برای محاسبه میزان بقایا بر روی سطح خاک استفاده شد، بدین صورت که با تغییر ارتفاع برداشت توسط کمباین بخشی از بقایا بصورت ایستاده و مابقی بر روی سطح خاک پخش شد. در دو آزمایش مورد نظر از ارقام رایج و تجاری محصولات زراعی برای کشت استفاده شد. ابعاد هر کرت آزمایشی ۳۰×۲۰ متر (۶۰۰ مترمربع) بود. جهت رسیدن به تراکم مورد نظر برای هر محصول، تعداد ردیف‌های مناسب در هر پشته مشخص شد و کشت در این ردیف‌ها و با فواصل مناسب بین بوته ها انجام شد. مساحت هر کرت اصلی ۱۸۰۰= ۶۰۰ × ۳ متر مربع بود. در طی دوره رشد و نمو هر گیاه از صفات زراعی و مرفولوژیک یادداشت برداری‌های لازم برای محصولات مختلف برابر استانداردهای موسسات تحقیقات اصلاح و نهال و بذر در زمان مناسب انجام شد. میزان انرژی هر واحد از نهاده‌های مورد استفاده و محصولات تولید شده در تناوب‌های زراعی در جدول(۱) نشان داده شده است. در محاسبات، میزان انرژی کل بقایا به عنوان انرژی محصول فرعی محاسبه شده است و بخشی از بقایا که به خاک برگردانده شده نیز در قسمت نهاده‌ها به عنوان نهاده در نظر گرفته شده است.

در بررسی سیستم‌های پایدار کشاورزی شاخص کارایی انرژی بیانگر اهمیت ومیزان توانایی سیستم در حفظ و نگهداری از انرژی‌های

جدول۱- ویژگی‌های سویه باکتری حل کننده فسفات در این آزمایش

Table 1. The characteristics of phosphate solubilizing bacteria strains used in the experiment

جنس، گونه و سویه	تولید سیدروفور	تولید هورمون اکسین (mg/L)	قابلیت حل کنندگی فسفات	تولید دآمیناز ACC
Genus, species and strain	Siderophore production	IAA production	Phosphate solubilizing ability	ACC deaminase
Pseudomonas putida strains 168	0.70	9.8	+	+

www.SID.ir

Archive of SID

تولیدی و یا ذخیره شده در اکوسیستم است. در این رابطه یکی از اهدافی که در تعیین الگوی کشت می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، ورود محصولاتی در الگو است که کارایی انرژی بالاتری داشته باشند. در این رابطه در جوامعی که نیاز به تولید محصولات کشاورزی با انرژی بیشتر (مانند چغندر قند سیب زمینی و غلات) می‌باشد لازم است تا این بررسی صورت گیرد که آیا در این محصولات کارایی انرژی تولید بالا است و یا اینکه علیرغم تولید انرژی زیاد، خود نیز در صدر مصرف کننده انرژی قرار دارند. همچنین در تعیین جیره غذایی دام‌ها یکی از مواردی که مورد توجه قرار می‌گیرد، میزان توانایی جیره در تامین انرژی مورد نیاز دام است اما تنها عاملی که انتخاب ترکیب جیره را تحت تاثیر قرار می‌دهد میزان هزینه به ازای هر واحد انرژی است که این هزینه می‌تواند تحت تاثیر سیستم عرضه و تقاضا بوده و انعکاس دهنده میزان انرژی مصرف شده نباشد. لذا شاخص کارایی انرژی نیز به عنوان یک شاخص مهم و مطرح می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های ترکیب الگوی کشت مورد استفاده قرار گیرد. بدون شک نتایج حاصل از این بررسی می‌تواند در سایر تحقیقات مورد استفاده و استناد قرار گیرد. با توجه به استفاده مکرر از میزان انرژی مواد غذایی در مطالعات و جهت تسریع و تسهیل، جداول انرژی انواع مواد غذایی تهیه شده است که در این مطالعه از این جداول استفاده شد(جدول ۱). همچنین میزان انرژی جهت ساخت انواع سموم و کودهای شیمیایی و ماشین آلات مورد استفاده در جریان تولید (تراکتور، لوله و اتصالات سم پاش و ....) نیز دارای جداول مشابه هستند. مقایسه تیمارها با استفاده از دو شاخص بهره‌وری انرژی و کارایی انرژی به شرح زیر انجام شد. در بهره‌وری انرژی، میزان انرژی تولیدی به ازای هر واحد انرژی مصرفی سیستم محاسبه می‌شود اما در کارایی انرژی، سیستم‌های مختلف از نظر بهره‌وری انرژی مقایسه می‌شوند.

(۱) بهره وری انرژی محصول اقتصادی = انرژی محصول اقتصادی / انرژی نهاده مصرفی

منظور از محصول اقتصادی در این تعاریف، محصولاتی است که در بازار قابل مبادله و فروش است لذا در رابطه با محصولی مانند گندم، کاه و دانه مد نظر است. بنابراین انرژی محصول اقتصادی هر محصول بیانگر میزان انرژی تولید شده و قابل فروش به ازای هر واحد انرژی خریداری شده و مصرف شده است. با توجه به اینکه در مقایسه سیستم‌های مختلف از نظر کارآیی، یکی از معیارهای متداول انتخاب کارآمد ترین سیستم به عنوان کارآیی ۱۰۰ و مقایسه سایر سیستم ها با آن است، لذا در این بررسی با استفاده از این روش کارآیی انرژی محصول اقتصادی هر سیستم تناوبی به شرح زیر محاسبه شد. در ابتدا میزان کل انرژی محصول اقتصادی هر یک از سیستم های تناوبی (که دارای یک یا چندین نوع محصول است) محاسبه شده و بر کل انرژی مصرفی تقسیم می‌شود تا بهره‌وری انرژی محصول اقتصادی سیستم محاسبه گردد. سپس با استفاده از رابطه (۲)، کارآیی محاسبه شد(Zare *et al*., 2013).

کارآیی انرژی محصول اقتصادی هر سیستم = بهره وری انرژی محصول اقتصادی / بالاترین بهره وری انرژی محصول اقتصادی × ۱۰۰

نتایج و بحث

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 2. Monthly mean precipitation and relative humidity for agricultural research field station of Ilam university and agricultural research field station of Sarableh during 2013-2014 cropping season

ماه	حداقل دما (درجه سانتی گراد)		حداکثر دما (درجه سانتی گراد)		میزان بارش (میلی‌متر)		حداقل رطوبت (٪)		حداکثر رطوبت (٪)	
Month	Min. Temp (°C)		Max. Temp (°C)		Precipitation (mm)		Min. RH (%)		Max. RH (%)	
	ایلام	سرابله	ایلام	سرابله	ایلام	سرابله	ایلام	سرابله	ایلام	سرابله
	Ilam	Sarableh	Ilam	Sarableh	Ilam	Sarableh	Ilam	Sarableh	Ilam	Sarableh
مهرماه Oct.	11	12.3	27	30.6	0	0	14	15	41	38
آبان Nov.	7.5	8	25.6	19.6	163.5	156.4	45	45	84	78
آذر Dec.	2.7	3.5	12.7	13.1	103.3	100.5	45	54	89	86
دی Jan.	-1	-0.5	10.8	10.6	89.9	85.4	42	52	88	86
بهمن Feb.	2	0.9	11	12	151.3	95.2	43	53	89	88
اسفند Mar.	5	5	15.8	17.3	93.1	75.9	43	46	85	85
فروردین Apr.	6.4	6.5	19.8	21.5	32.4	31.8	27	33	74	78
اردیبهشت May.	12.8	12.7	27.1	28.8	27.2	24.8	21	24	59	65
خرداد Jun.	16.9	13	32.4	40.4	0	4	14	16	39	41

جدول (۲) میزان انرژی نهاده‌ها و سهم آنها را در تیمارهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. میزان انرژی هر یک از تیمارهای مندرج در جدول، شامل جمع سه تیمار فرعی است که در آنها باقی مانده بقایا در سه سطح صفر، ۳۰ و ۶۰ درصد در مزرعه باقی مانده است. بنابراین درصد هر یک از نهاده‌ها بر اساس ردیف آخر جدول یعنی محاسبه بقایای گیاهی به عنوان نهاده در سه سطح، محاسبه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود سهم نیروی انسانی بسیار کم می‌باشد. آب و کاه و کلش هر کدام با حدود ۳۰ درصد بیشترین سهم را دارا می‌باشند و ماشین آلات و کود در مرتبه بعد قرار دارند که با نتایج چادهاری و همکاران (Chaudhary *et al*., 2006) مطابقت دارد.

جدول ۳ میزان انرژی نهاده‌ها در هر یک تناوب‌های زراعی را به تفکیک تیمارهای اصلی و فرعی نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان انرژی ورودی با افزایش عملیات خاک‌ورزی و همچنین افزایش بقایا افزایش می‌یابد. اما در مقایسه تناوب رایج و پایدار، تناوب پایدار به استثنای یک مورد (بدون شخم، ۶۰ درصد بقایا) که انرژی کمتری دریافت کرده در بقیه موارد به مقدار جزیی و حداکثر حدود ۱۰ درصد (شخم رایج ۶۰ درصد بقایا) انرژی بیشتری دریافت کرده است. که دلیل اصلی آن وجود یک محصول کاشت شده اضافه می باشد.

جدول(۴) میزان انرژی نهاده‌ها در تناوب‌های زراعی را به تفکیک میزان بقایا نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در اینجا نیز نسبت انرژی در سیستم تناوبی پایدار نسبت به رایج بیش از یک است، اما مقدار آن ناچیز و بطور متوسط حدود ۳ درصد است.

نتایج بهره‌وری و کارآیی انرژی تناوب زراعی رایج در جدول(۵) آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در تناوب زراعی رایج، تیمار بدون شخم و بدون بقایا، بالاترین بهره‌وری انرژی را داردکه با نتایج هرننز و همکاران (Hernanz *et al*., 1995) همخوانی دارد. در واقع در این سیستم میزان کاهش انرژی‌های ورودی شامل ماشین آلات و بقایای گیاهی بیشتر از میزان افزایش انرژی ناشی از افزایش تولید بوده است به طوری که بالاترین انرژی تولید شده متعلق به تیمار شخم متداول با

www.SID.ir

Archive of SID

۶۰ درصد حفظ بقایا می باشد. این تیمار اگر چه از نظر افزایش بقایا در جهت کشاورزی حفاظتی است اما در رابطه با ماشین آلات با کشاورزی حفاظتی در تقابل می‌باشد. در تمام تیمارهای خاک‌ورزی، افزایش بقایا منجر به کاهش رتبه تیمار در کارایی انرژی شده است. به عبارت بهتر اثرات بقایا در افزایش تولید نتوانسته است جبران انرژی از دست رفته را کند، اما روند یکسانی در افزایش کل انرژی تولیدی به خاطر افزایش بقایا در تیمارهای خاک‌ورزی دیده نمیشود. به طوری که در تیمار بدون شخم و حداقل خاک‌ورزی با افزایش بقایا تولید انرژی افزایش و سپس کاهش یافته است. هر چند کاهش تولید در تیمار حداقل خاک‌ورزی کمتر است اما، در تیمار خاک‌ورزی معمولی روند افزایشی است. در واقع به نظر می‌رسد مخلوط شدن بهتر بقایا با خاک (که در تیمار خاک‌ورزی متداول انجام شده است) منجر به تسریع در بهبود کیفیت خاک شده و بر تولید اثر مثبت گذاشته است. با وجودی که بالاترین انرژی تولیدی متعلق به شخم متداول با ۶۰ درصد بقایا است اما این تیمار از نظر بهره‌وری در رتبه هشتم قرار دارد. در بین تیمارهای خاک‌ورزی تیمار بدون شخم بدون حفظ بقایا رتبه اول بهره‌وری انرژی و با حفظ ۶۰ درصد بقایا در رتبه آخر قرار دارد. که نشان می‌دهد از نظر شاخص انرژی نقش اصلی افزایش بهره‌وری با ماشین آلات است. و افزایش بقایا تا سطح ۶۰ درصد منجر به کاهش بهره‌وری انرژی تا حدود ۵۰ درصد حالت عدم حفظ بقایا گردیده است. اختلاف رتبه‌بندی تیمارها از نظر راندمان انرژی محصول اقتصادی و بیولوژیک

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 3. Soil physical and chemical properties of the experimental site at agricultural research field station of Ilam university and agricultural research field station of Sarableh during 2013-2014 cropping season

مکان Location	بافت خاک Soil texture	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	منیزیم Mg	فسفر قابل جذب Available P	پتاسیم قابل جذب Available K	نیتروژن کل Total N	کربن آلی Organic carbon	هدایت الکتریکی E.C	اسیدیته خاک pH
		(mg kg^{-1})							(%)		(dS/m)	
ایلام Ilam	لوم‌شنی Sandy loam	9.16	1	1	5.04	3.6	7.2	310	0.12	1.28	0.97	7.2
سرابله Sarableh	لوم‌رسی Clay loam	5.71	1	1.1	7.78	2.4	6.2	270	0.13	1.4	0.45	7.31

www.SID.ir

Archive of SID

در جابجا شدن رتبه تیمار ۶ و ۹ می باشد که جزئی است.

بررسی وضعیت انرژی در تناوب پایدار تا حدودی با تناوب جاری متفاوت است. به دلیل بیشتر بودن تعدادکشت در این تناوب، مصرف انرژی ماشین آلات و نیروی انسانی بیشتر است(جدول۲) اما انرژی نهاده هایی مانند کود، بذ و سموم شیمیایی کمتر بوده و در مجموع تیمارهای تناوب پایدار بیشتر از تناوب رایج انرژی مصرف کرده است. با وجودی که مانند تناوب جاری، بیشترین راندمان انرژی متعلق به تیمار ردیف اول(بدون شخم و بقایا) می‌باشد اما کمترین راندمان مربوط به تیمار شخم متداول با ۶۰ درصد بقایا است. مانند تناوب جاری، بیشترین انرژی تولیدی نیز متعلق به همین تیمار است.روند تغییر انرژی تولید شده در بین تیمارهای خاک‌ورزی با افزایش بقایا، مشابه تناوب جاری می باشد که تاثیر مخلوط شدن بقایا با خاک بر کیفیت خاک و در نتیجه افزایش تولید انرژی را تایید می کند. از نظر بالاترین و کمترین راندمان انرژی در تناوب زراعی پایدار، تفاوتی بین راندمان انرژی محصول اقتصادی و تولید بیولوژیک وجود ندارد. اما جابجایی بین تیمارهای ردیف ۴و ۷ و بین ردیفهای ۳ و ۶ دیده میشود که با اختلافی جزیی، رتبه بندی تغییر کرده است.

مقدار انرژی تولیدی در تیمارهای خاکورزی در جدول ۷ امده است همانطور که ملاحظه می‌شود در تناوب زراعی رایج افزایش فعالیت‌های خاک‌ورزی منجر به افزایش انرژی تولیدی شده است اما در تناوب زراعی پایدار، روند افزایشی تولید انرژی درتیمارهای خاک‌ورزی بصورت متناوب متغیر می باشد. بهره‌وری انرژی(نسبت انرژی) بین تیمارهای خاکورزی در تناوب زراعی جاری و پایدار در شکل (۱) مقایسه شده است. همانطور که ملاحظه میشود در سیستم تناوبی رایج، افزایش فعالیتهای خاک‌ورزی از بدون شخم به حداقل شخم به مقدار اندک بهره‌وری انرژی را افزایش می‌دهد اما افزایش فعالیتهای خاک‌ورزی از حداقل شخم به متداول، کاهش بهره‌وری انرژی را در پی دارد. هر چند در سیستم تناوبی پایدار

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	روی Zn				منگنز Mn			
		پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike
مکان Location (L)	1	41.04^{ns}	14.7^{ns}	18.5^{ns}	30.5^{ns}	2703.7*	728.9*	29.2ns	116.08*
بلوک داخل مکان Block (location)	4	15.8**	5.7	6.6	9.6	207.6	85.9	4.1	13.7
رقم Cultivar (C)	1	13.7**	11.9**	17.06**	147.03**	1063.003**	393.5**	6.4**	115.3**
منابع کودی Fertilizer sources (FS)	7	37.01**	67.2**	177.8**	382.01**	2283.1**	1625.8**	50.1**	260.1**
رقم×منابع کودی C×FS	7	0.83*	2.5**	1.5**	20.08**	214.3**	55.9**	4.2**	10.3**
مکان×رقم L×C	1	0.33	0.54**	0.20	0.25	57.9**	1.8	0.48	3.7*
مکان×منابع کودی L×FS	7	0.30	0.22	0.16	0.30	18.9*	7.6	2.9**	4.4**
مکان×رقم×منابع کودی L×C×FS	7	0.09	0.06	0.07	0.29	11.08	3.5	0.62	0.67
خطا Error	60	0.28	0.29	0.15	0.84	8.6	3.1	0.34	0.76
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	4.7	8.05	3.8	6.5	7.2	5.06	22.7	11.05

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1%, respectively. Ns، ٭ و ٭٭: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش فعالیتهای خاک‌ورزی منجر به کاهش بهره‌وری انرژی می‌شود.

مقدار انرژی تولیدی در تناوب‌های زراعی جاری و پایدار در تیمارهای بقایا در جدول (۸) ذکر شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در سیستم تناوب زراعی جاری میزان انرژی در تیمارهایی که باقی مانده بقایا صفر نمیباشد نسبت به تیمار بدون بقایا افزایش یافته است هر چند در تناوب پایدار چنین وضعیتی مشاهده نمیشود. و بصورت متناوب تغییر میکند. نمودار ۲ نشان میدهد که در هر دو سیستم تناوبی رایج و پایدار، افزایش بقایا منجر به کاهش بهره‌وری انرژی شده است.

نتیجه گیری کلی

نتایج بدست آمده نشان داد که برای هر دو تناوب رایج و پایدار سهم نیروی انسانی با میانگین ۰/۴۴ درصد کمترین و آب و کاه و کلش هر کدام با حدود ۳۰ درصد بیشترین سهم را دارا بودند و ماشین آلات و کود در مرتبه بعد قرار گرفتند. واکنش عملکرد گیاه به سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی می‌تواند بسته به نوع خاک، گونه گیاه، میزان بارندگی و به طور کلی شرایط اقلیمی متفاوت باشد به همین دلیل تعیین روند کلی اثرات شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی و اثر متقابل آن با شرایط اقلیمی بر عملکرد محصولات مختلف متفاوت است به طوری که مقایسه‌های طولانی مدت سیستم های خاک ورزی در مورد گیاهان مختلف که عموما در مناطق معتدل انجام شده است نشان داده است که الگوی سالانه آب و هوا نسبت به سیستم‌های خاک‌ورزی نقش تعیین کننده‌تری در عملکرد داشته‌اند.در این رابطه نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان داده است که عملکرد سیستم‌های زراعی تیمارهای بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی برگردان دار در مناطق گرمسیری برزیل بیشتر بوده (Landers *et al*., 2003) در حالی که در اسکاتلند عملکرد حاصل از سیستم بدون خاک‌ورزی مساوی و یا کمی بیشتر از سیستم با خاک‌ورزی برگردان دار بود(Soane & Ball, 1998). همسو با پژوهش های انجام شده در این مطالعه اگر چه عملکرد در بیشتر تیمارهای خاک ورزی متداول بیش از تیمارهای بدون خاک ورزی بود، اما در هر دو سیستم تناوب زراعی رایج و پایدار، تیمار بدون شخم و بدون بقایا، بالاترین بهره‌وری انرژی را داشت. همچنین بهره‌وری انرژی در دو تناوب زراعی رایج و پایدار در تیمار بدون خاک ورزی بیش از تیمار شخم متداول بود. از طرفی در بین هر یک از تیمارهای خاک‌ورزی، بیشترین بهره وری انرژی مربوط به تیمار بدون بقایا بود. افزایش بقایا تا سطح ۶۰ درصد اگر چه منجر به افزایش عملکرد و انرژی تولیدی شد، اما بهره وری انرژی را تا حدود ۵۰ درصد نسبت به حالت عدم حفظ بقایا کاهش داد. در واقع در این سیستم میزان افزایش انرژی‌های ورودی شامل ماشین آلات و بقایای گیاهی بیشتر از میزان افزایش انرژی ناشی از افزایش تولید بوده است به طوری که بالاترین انرژی تولید شده متعلق به تیمار شخم متداول با ۶۰ درصد حفظ بقایا بود. این تیمار اگر چه از نظر افزایش بقایا در جهت کشاورزی حفاظتی است، اما در رابطه با ماشین‌آلات با کشاورزی حفاظتی در تقابل می‌باشد. در تمام تیمارهای

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) مقدار تجمع عناصر غذایی کم‌مصرف اندام‌های هوایی در تیمار رقم و منابع کودی دو رقم گندم دیم

Table 5. Combined analysis of variance (MS) for shoot micronutrients content of two dryland wheat cultivars as affected by cultivar treatment and fertilizer sources

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	آهن Fe				منیزیم Mg				مس Cu			
		پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering	برگ Leaf	ساقه Stem	سنبله Spike
مکان Location (L)	1	271.2^{ns}	4399.1**	55.1^{ns}	382.2^{ns}	0.86**	0.79**	0.90**	0.61**	0.0003^{ns}	0.27^{ns}	8.8^{ns}	12.8^{ns}
بلوک داخل مکان Block (location)	4	176.1	129.4	215.3	131.9	0.00029	0.0020	0.0.0035	0.0023	3.7	25.6	26.9	44.9
رقم Cultivar (C)	1	774.01**	2019.6**	763.3**	929.3**	0.00018*	0.0093*	0.0040*	0.0025**	19.7**	9.3**	12.7**	103.6**
منابع کودی Fertilizer sources (FS)	7	3768.1**	8032.7**	1477.5**	6424.09**	0.015**	0.025**	0.024**	0.028**	181.3**	43.7**	111.5**	1509.1**
رقم×منابع کودی C×FS	7	102.1*	104.5**	42.2**	69.01**	0.00018**	0.00046**	0.00052**	0.00049ns	3.7**	1.8**	2.5**	20.7**
مکان×رقم L×C	1	5.7	8.7	4.5	7.6	0.0000017	0.000033	0.00066**	0.00010	0.09	0.013	0.48	0.45
مکان×منابع کودی L×FS	7	15.9	26.7**	44.07**	5.4	0.0375**	0.0049**	0.0043**	0.017**	0.19	0.012	0.68	7.6
مکان×رقم×منابع کودی L×C×FS	7	16.8	7.8	6.6	4.1	0.000023	0.00019	0.000036	0.00012	0.020	0.047	0.13	0.34
خطا Error	60	36.6	10.6	12.5	7.2	0.000028	0.00022	0.00015	0.00030	0.34	0.15	0.44	1.01
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	2.8	2.5	7.2	4.6	1.9	6.05	5.8	7.1	3.7	3.7	6.1	6.6

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1%, respectively.

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- مقایسه میانگین اثربرهمکنش مکان×رقم برمقدار روی، منگنز و منیزیم در مرحله پنجه‌زنی و اندام‌های هوایی دورقم گندم دیم

Table 6. Mean comparison for interaction effect of location× cultivar sources on shoot Zn, Mn and Mg contents at tillering stage in two dryland wheat cultivars

		روی	منگنز		منیزیم
		Zn	Mn		Mg
		برگ	پنجه‌زنی	سنبله	ساقه
		Leaf	Tillering	Spike	Stem
مکان	رقم		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		(درصد)
Location	Cultivar		($mg.kg^{-1}$)		(%)
ایلام	کراس‌سبلان	3.9 (±0.43)^{b}	32.7 (±2.8)^{d}	5.7 (±0.94)^{c}	0.1 (±0.0065)^{b}
Ilam	Keras Sabalan				
	ساجی	5.1 (±0.5)^{a}	37.8 (±3.1)^{c}	7.5 (±1.1)^{c}	0.12 (±0.0065)^{b}
	Saji				
سرابله	کراس‌سبلان	4.9 (±0.45)^{a}	41.8 (±2.6)^{b}	7.9 (±0.67)^{b}	0.3 (±0.012)^{a}
Sarableh	Keras Sabalan				
	ساجی	5.4 (±0.55)^{a}	50.06 (±3.02)^{a}	10.5 (±0.96)^{a}	0.31 (±0.012)^{a}
	Saji				

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05 by LSD test.

Archive of SID

Archive of SID

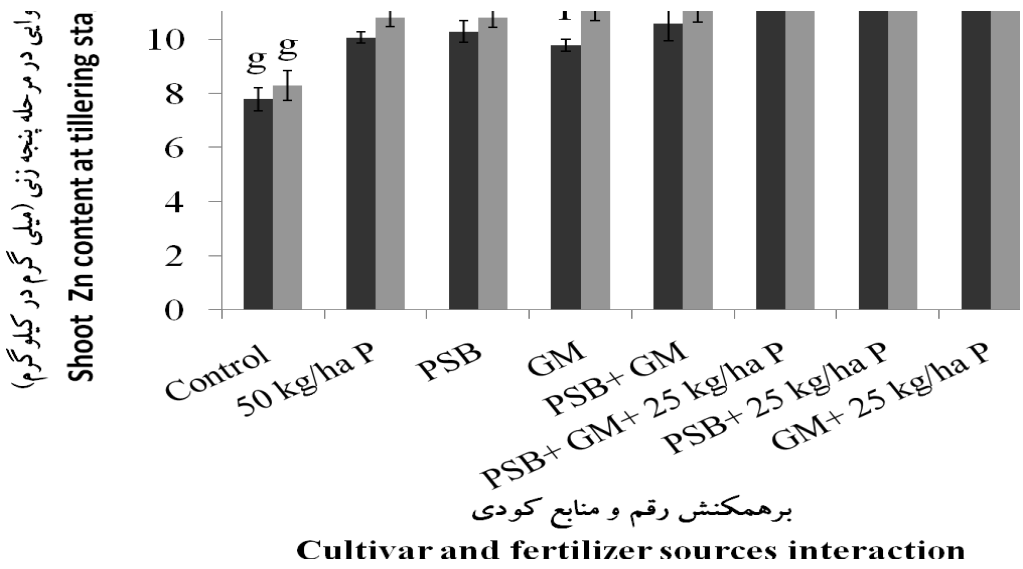
جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده مکان بر مقدار منگنز در برگ دو رقم گندم دیم

Table 7. Mean comparison for simple effect of location on leaf Mn content in two dryland wheat cultivars

مکان Location	(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)
ایلام Ilam	32.2 (±1.7)[b]
سرابله Sarableh	37.7 (±1.5)[a]

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05 by LSD test.



شکل ۱- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی مقدار روی در مرحله پنجه‌زنی دو رقم گندم دیم

Fig 1. Interaction effect of cultivar × fertilizer sources on shoot Zn content at tillering stage in two dryland wheat cultivars

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر مقدار منگنز در مرحله پنجه‌زنی، ساقه و سنبله دو رقم گندم دیم

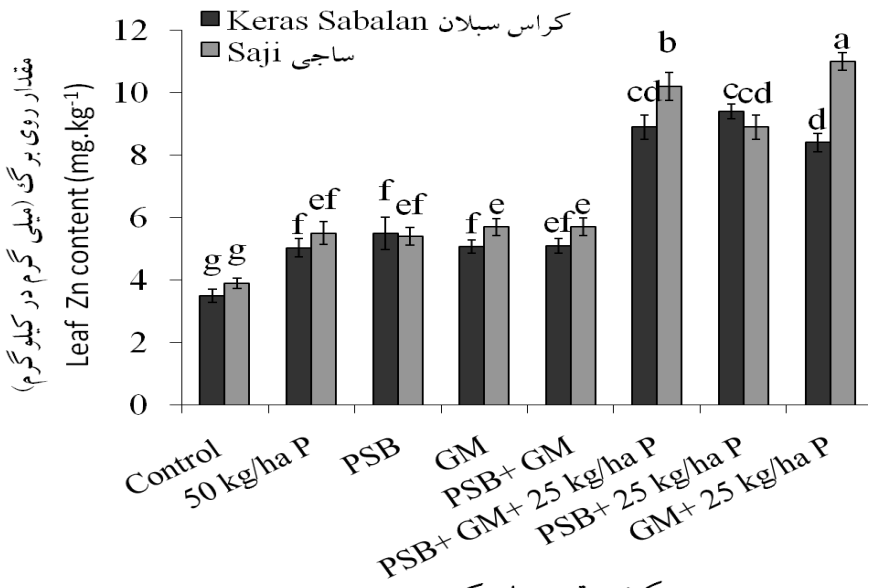
Table 8. Mean comparison for interaction effect of location× fertilizer sources on shoot Mn content at tillering, stem and spike stages in two dryland wheat cultivars

مکان Location	منابع کودی Fertilizer sources	ساقه Stem	سنبله Spike	پنجه‌زنی Tillering
		(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)		
ایلام Ilam	تیمار شاهد Control	0.13 (±0.086)[f]	0.57 (±0.29)[f]	13.8 (±1.2)[g]
	۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر 50 kg/ha P	0.97 (±0.23)[de]	4.4 (±0.85)[g]	28.2 (±2.1)[e]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* PSB	1.07 (±0.035)[de]	4.9 (±0.72)[g]	29.01 (±1.6)[e]
	قارچ *گلوموس موسه* GM	1.09 (±0.1)[de]	4.5 (±0.77)[g]	29.4 (±2.7)[e]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* PSB+GM	1.23 (±0.23)[d]	4.5 (±1.03)[g]	30.2 (±2.5)[e]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر PSB+GM+25 kg/ha P	3.9 (±0.83)[c]	11.5 (±1.1)[c]	51.1 (±4.5)[c]
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*/ +۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر	3.7 (±0.38)[c]	10.4 (±0.15)[d]	49.2 (±2.4)[c]

www.SID.ir

Archive of SID

خاک‌ورزی، افزایش بقایا منجر به کاهش رتبه تیمار در کارایی انرژی شده است. به عبارت بهتر، اثرات بقایا در افزایش تولید نتوانسته است جبران انرژی از دست رفته را داشته باشد. اگر چه با افزایش بقایا، روند یکسانی در افزایش کل انرژی تولیدی در تیمارهای خاک‌ورزی دیده نمی‌شود، اما بطور کلی افزایش بقایا منجر به افزایش تولید انرژی و کاهش بهره‌وری انرژی شده است. افزایش فعالیت های خاک‌ورزی از بدون شخم به متداول، با وجود آنکه باعث کاهش بهره وری انرژی شده است اما میزان انرژی تولیدی افزایش یافته است که بخش از آن به خاطر افزایش عملکرد بوده است زیرا در کلیه تیمارها افزایش عملکرد مشاهده نشده است اما افزایش عملکرد برخی محصولات به اندازه‌ای بوده که در مجموع منجر به افزایش انرژی تولیدی در تیمارهای خاک ورزی متداول شده است.



برهمکنش رقم و منابع کودی

Cultivar and fertilizer sources interaction

www.SID.ir

Archive of SID

References

Achrock, M.D., Krumer, J.K ., and Clark, S.J. 1985. Fuel requirements for field operations in Kansas, *Transactions of the ASABE*, 28 (3): 669-674.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya region, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 46: 655-666.

Chaudhary, V.P., Gangwar, B., and Pandey, D.K. 2006. Auditing of energy use and output of different cropping systems in India. *Agricultural Engineering International*, 8: 1-13.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teymouri, M.S., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2010. Energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems in North Khorasan province of Iran. *Applied Energy*, 88: 283-288.

Hernanz, J. L., Giron, V. S., and Cerisola, C. 1995. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil and Tillage Research*, 35:183-198.

Kizilaslan, H. 2009. Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*, 86: 1354-1358.

Koocheki, A. 1994. Sustainable aspects of traditional land management in Iran. In Proceeding of the International Conference on land and water resources management in the Mediterranean region. September 4-8, 1994, Valenzano, Italy, 559–572.

Landers, J.N., Saturnino, H.M., De Freitas, P.L., Trecenti, R. 2003. Experiences with farmer clubs in dissemination of zero tillage in tropical Brazil. In: García-Torres L., Benites J., Martínez-Vilela A., Holgado-Cabrera A. (eds.). *Conservation Agriculture*. Springer, Dordrecht. P. 79-84.

Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S., Rafiee, S., and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management*, 49 (12): 3566-3570.

Mohammadi, A., Rafiee, S.S., Mohtasebi, S.S., and Rafiee, H. 2010. Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy,* 35(5): 1071–1075.

Soane, B., and Ball, B., 1998. Review of management and conduct of long-term tillage studies with special reference to a 25-yr experiment on barley in Scotland. *Soil and Tillage Research,* 45(1-2), 17-37.

Yilmaz. I., Akcaoz, H., and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy*, 30(2): 145-155.

Zare, Sh., Komeili, H.R., and chaji, H. 2013. Final report: Economic analysis and

www.SID.ir

Archive of SID

energy efficiency in crop rotation systems on wheat yield stability. Available at Web site: http://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18784816 (Accessed Feb 2019).

Zare Fizabadi, A. 1998. *Evalovation on efficiency of energy and economical output of conventional and ecological agronomic systems in different crop rotations based on wheat.* Ph.D thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract).

www.SID.ir