نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 434-417

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 417-434

ارزیابی عملکرد و سنجه‌های انرژی و اقتصادی نظام‌های مختلف خاک‌ورزی و کودی ذرت (*Zea mays* L.)

مریم مزارعی[1]، احمد قنبری[2]، مهدی دهمرده*[3]، سید عطاءاله سیادت[4] و سمیه دهداری[5]

تاریخ دریافت: 1396/07/25
تاریخ پذیرش: 1396/10/11

مزارعی، م.، قنبری، ا.، دهمرده، م.، سیادت، س.ع.، و دهداری، س. 1398. ارزیابی عملکرد و سنجه‌های انرژی و اقتصادی نظام‌های مختلف خاک‌ورزی و کودی ذرت. بوم‌شناسی کشاورزی. 11 (2): 434-417.

چکیده

به منظورطالعه عملکرد و سنجه‌های ورودی- خروجی انرژی و اقتصادی نظام‌های مختلف خاک‌ورزی و کودی ذرت، تحقیقی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی کشاورزی شهرستان بهبهان در طی سال‌های 1394 و 1395 انجام شد. سه عامل خاک‌ورزی حداقل، کاهش‌یافته و متداول در کرت‌های اصلی و نظام‌های کودی مختلف شامل زیستی (نیتروکسین و بیوسوپرفسفات، هر کدام یک لیتر در هکتار)، کودامی (30 تن کود گاوی در هکتار)، توصیه شده شیمیایی(250کیلوگرم در هکتار نیتروژن و 150 کیلوگرم در هکتار فسفات)، نصف توصیه شده شیمیایی (50 درصد کودهای شیمیایی توصیه شده)، تلفیق کودزیستی و نصف توصیه شده شیمیایی، تلفیق کوددامی و نصف توصیه شده شیمیایی و تلفیق کودزیستی و دامی، در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بیشترین عملکرد دانه (10005 کیلوگرم در هکتار) و عملکرد ساقه و برگ (8409 کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود تلفیقی دامی و شیمیایی همراه با خاک‌ورزی کاهش‌یافته به دست آمد. تیمار کود تلفیقی دامی و شیمیایی همراه با خاک-ورزی متداول، بالاترین انرژی ورودی (45886/7 مگاژول در هکتار) و کود تلفیقی دامی و شیمیایی در خاک‌ورزی کاهش‌یافته، بیشترین انرژی خروجی (309459/5 مگاژول در هکتار) را داشته‌اند. به هر حال در میان تیمارهای آزمایشی، ترکیب کودزیستی و خاک‌ورزی حداقل، بالاترین کارایی استفاده از انرژی (8/59) و بهره‌وری انرژی (0/28 کیلوگرم بر مگاژول) را موجب شد. تیمار کود تلفیقی زیستی و دامی در خاک‌ورزی متداول، بیشترین انرژی ویژه (32/64 مگاژول بر کیلوگرم) و کود تلفیقی دامی و شیمیایی در نظام خاک‌ورزی کاهش یافته، مقدار بیشینه انرژی خالص (266051 مگاژول در هکتار) را موجب شدند. کمترین میزان هزینه (32097340 ریال در هکتار) مربوط به کودزیستی همراه با خاک‌ورزی حداقل و بالاترین درآمد خالص (69810430 ریال در هکتار) از تیمار کود تلفیقی دامی و شیمیایی با خاک‌ورزی کاهش یافته محاسبه شد. همچنین بالاترین نسبت سود به هزینه (2/97) مربوط به تیمار تلفیق کود تلفیقی زیستی و شیمیایی همراه با خاک‌ورزی حداقل و بیشترین بهره‌وری اقتصادی (0/26گرم بر ریال) از کود تلفیقی زیستی و شیمیایی در خاک‌ورزی حداقل حاصل شد. نتایج تحقیق نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی کمتر و استفاده از کودهای زیستی و دامی و تلفیقشان با نصف کود شیمیایی توصیه شده یک راهکار مؤثر برای بهبود کاربرد منابع در کشاورزی است.

واژه‌های کلیدی: درآمد خالص، کارایی انرژی، کشاورزی پایدار، نظام‌های کشاورزی، نهاده

مقدمه

اگرچه دستاوردهای کشاورزی صنعتی غیرقابل‌انکار است، ولی پیامدهای منفی آن بر تنوع زیستی، آلودگی محیطی، باقی ماندن سموم و مواد شیمیایی درمواد غذایی و سلامت بشر نیز قابل توجه است. این در حالی است که به افزایش تولید 60 تا 110 درصدی چهار محصول عمده زراعی ذرت، برنج (*Oryza sativa* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و سویا (*Glycine max* L.) برای جمعیت رو به رشد جهان که تا سال 2050 به 9/1 میلیارد نفر خواهد

1، 2 و3- به‌ترتیب دانش آموخته دکترای اگرواکولوژی، استاد و دانشیار گروه زراعت دانشگاه زابل
4-استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه رامین خوزستان
5-استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان
(*- نویسنده مسئول:Email: dahmard@gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v11i2.68001

رسید، نیاز است. نظام کشاورزی باید از نظر محیطی سازگار، از نظر اجتماعی قابل قبول و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. در عملیات اگرواکولوژیکی از راهکارهایی مانند کاربرد کودهای زیستی و ارگانیک، کاهش استفاده از انرژی‌های غیر قابل تجدید و شخم کاهش یافته در باز طراحی بوم نظام‌ها در جهت جایگزینی عملیات سازگار با اکوسیستم و افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها استفاده می‌شود (Wezel et al., 2014; Radwan et al., 2002). در بوم نظام پایدار،هدف بهینه‌سازی فرآیندهای تولید برای به دست آوردن حداکثر عملکرد ممکن بدون ایجاد تغییرات محیطی است (Gliessman, 2006). بنابراین نیاز به ارزیابی بوم نظام‌های زراعی وجود دارد. دراین رابطه، سنجه‌های مؤثر در فرآیندهای بیوفیزیکی، تولیدی و اقتصادی موردتوجه قرارمی‌گیرند. استفاده مؤثر از انرژی در مدیریت‌های زراعی یکی ازشرایط مهم در پیدایش کشاورزی پایدار است (Xu &Mage, 2001; Soltani et al., 2010; Rajaby et al., 2012).

تغییرات به وجودآمده در روش تولید ذرت پس از جنگ جهانی دوم مثال خوبی از چگونگی روند افزایش مصرف انرژی در کشاورزی می باشد. ذرت یکی از گیاهان مهم زراعی در خوزستان است که حتی با وجود شرایط کم آبی، هنوز هم سطح قابل توجهی از اراضی را به خود اختصاص داده است و در عین حال در تولید آن نهاده های فراوان با هزینه زیاد مصرف می شوند، بنابراین ارزیابی نظام های مختلف کشت آن ازنظر مدیریت زراعی از جنبه های بهره وری و اقتصادی منطقی به نظر می رسد تا با بررسی روش های عملیات اگرواکولوژیکی، کشاورزی پایدار تحقق بیشتری یابد.

پژوهش‌های مختلفی روی میزان نهاده‌های ورودی و خروجی و سنجه‌های مختلف انرژی در تولید گیاهان مهم زراعی و مدیریت آن-ها انجام شده است. در بین تیمارهای میزان مصرف نهاده برای تعیین عملکرد ارقام مختلف لوبیا، به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی مربوط به نظام تولیدی پر نهاده و کم نهاده بود. نظام تولید تلفیقی اختلاف چندانی با پرنهاده نداشت و تیمار نظام تولیدی با نهاده زیاد باعث افزایش 49 درصدی عملکرد اقتصادی نسبت به تیمار نظام تولیدی با نهاده کم شد (Shahgholi et al., 2016). نتایج آزمایش بررسی سنجه‌های انرژی نشان داد که حداکثر انرژی ورودی مربوط به سامانه کشت آبی با خاک‌ورزی (29586 مگاژول در هکتار) و حداکثر انرژی خروجی در سامانه کشت آبی بدون خاک‌ورزی (70743 مگاژول در هکتار) بود. بیشترین (2/43) و کمترین (1/03) کارایی مصرف انرژی در بخش دانه، به ترتیب مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاک‌ورزی و دیم با خاک‌ورزی بود (Kazemi et al., 2016). میزان انرژی ورودی در کشت بهاره، کشت تابستانه در بقایای گندم و کشت تابستانه بدون بقایای گندم به ترتیب برابر37845/۲۶۳۶۷،۲/5 و27783/2 مگاژول در هکتار بود. بنابراین کشت بهاره ذرت دانه‌ای دارای اثرات زیست محیطی کمتری بود (Feyzbakhsh & Soltani, 2013). در آزمایش نظام‌های کشت ذرت، انرژی ورودی نظام ارگانیک، یک سوم نظام پر نهاده بود (Clements et al., 1995).

در مطالعات مختلف، بررسی همزمان سنجه‌های انرژی و شاخص‌های اقتصادی اثر مهمی بر اتخاذ تصمیمات توسعه پایدار محیط زیست و اقتصاد می‌گذارد. همچنین رابطه جایگزینی بین برگشت اقتصادی و درآمد محیطی وجود دارد(Wei et al., 2009; Luetal, 2010). کاهش تقریباً ۱۰ درصدی عملکرد دو نظام اکولوژیک و کم نهاده نه تنها با مصرف کمتر نهاده از نظر هزینه‌ها جبران می‌شود، بلکه در طولانی مدت نیز پایداری این گونه نظام‌ها را در پی خواهد داشت (Jahan et al., 2009).

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اراضی کشاورزی شهرستان بهبهان (واقع درجنوب شرقی استان خوزستان باعرض جغرافیایی30 درجه و36 دقیقه و طول جغرافیایی50 درجه و 14 دقیقه،ارتفاع 313 متری ازسطح دریا) در سال‌های 1394 و 1395 اجراشد. در سال اول و دوم و در طول دوره کشت، به‌ترتیب میانگین دما برابر با 31/02 و 27/63 درجه سانتی‌گراد و مجموع بارندگی برابر با 35/8 و 88/1 میلی‌متر بود. مشخصات خاک محل آزمایش قبل از اعمال تیمارها در جدول شماره 1 ذکر شده است.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی دربرگیرنده سه نظام خاک‌ورزی حداقل (MT: دیسک)، کاهش یافته (RT: پنجه غازی + دیسک) و متداول (CT: گاوآهن+ پنجه غازی+ دیسک) و کرت‌های فرعی شامل هفت نظام: کودهای‌زیستی (B: نیتروکسین و بیوسوپرفسفات به میزان یک لیتر در هکتار)، کوددامی (E: 30 تن کودگاوی در هکتار)، توصیه شده شیمیایی (H: 250 کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره و 150 کیلوگرم تریپل فسفات)، نصف توصیه شده شیمیایی(L: 50 درصد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفات)، تلفیق

کود زیستی و شیمیایی (BL: کاربرد کودهای زیستی و 50 درصد شیمیایی)، تلفیق کوددامی و شیمیایی (EL: کاربرد کود دامی و 50 درصد شیمیایی) و تلفیق کود زیستی و دامی (BE: کاربرد کودهای زیستی و دامی) بود. برای تهیه زمین و در راستای اجرای نظام خاک-ورزی در شخم حداقل، کاهش یافته و متداول، به ترتیب 1، 2 و 3 بار شخم انجام شد.

جدول 1- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک و کود دامی مورد آزمایش

Table1- Physicochemical characteristics of soil and domestic manure in experiment

نمونه Sample	نیتروژن کل Total N N (%)	فسفر p (mg.kg^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	ماده آلی Organic matter (%)	اسیدیته pH	شوری EC (dS.m^{-1})	بافت Texture
خاک Soil (0-30 cm)	0.14	14.16	294.4	1.67	7.74	0.76	لوم- رسی Clay-loam
کود دامی Manure	2.26	6.4	20.4	85.16	7.5	19.74	-

در تیمارهای کوددامی، 30 تن کود گاوی در هکتار همزمان با عملیات آماده سازی زمین به کار برده شد. مشخصات کوددامی مورد استفاده در جدول 1 ذکر شده است. کودهای زیستی به صورت بذر مال در تیمارهای مربوطه استفاده شدند. در تیمارهای همراه با کود شیمیایی، 50 درصد کود اوره به صورت پایه و 50 درصد به صورت سرک و تمام کود سوپرفسفات تریپل به صورت پایه اعمال شد. کرت‌های اصلی و فرعی به ابعاد 18 ×3 و 3 × 3 متر طراحی شدند. فاصله بین کرت‌های فرعی؛ یک و نیم متر و فاصله کرت‌های اصلی و تکرارها از یکدیگر سه متر بود. کشت گیاه ذرت رقم برکت در تاریخ 15 مرداد ماه با تراکم 70000 بوته در هکتار و فاصله جوی و پشته‌ها از یکدیگر 75 سانتی متر بود. آبیاری بر اساس نیاز گیاه و در طول دوره کشت از فواصل 4 تا 10 روزه انجام شد. برای مبارزه با علف‌های هرز، در سه مرحله وجین دستی صورت گرفت. به علت عدم وجود آفات، نیازی به مبارزه احساس نشد. برداشت در تاریخ 15 آبان ماه از خطوط میانی و با رعایت فاصله حاشیه انجام شد. در پایان فصل رشد، عملکرد دانه و ساقه و برگ گیاه برای تعیین عملکرد و انرژی خروجی بر اساس 14 درصد رطوبت محاسبه شد. تجزیه مرکب داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. در هر یک از تیمارهای آزمایشی تولید ذرت، نهاده‌های کود، ماشین‌آلات و سوخت، آب آبیاری، بذر و نیروی انسانی به عنوان انرژی‌های ورودی و عملکرد دانه و ساقه و برگ ذرت به عنوان انرژی خروجی در نظر گرفته شدند. ضرایب انرژی ذکر شده در جدول شماره 2 برای برآورد انرژی‌های ورودی و آزمایش استفاده از دستگاه بمب کالری‌متر برای تعیین ضرایب انرژی دانه و ساقه و برگ ذرت استفاده شد. برای محاسبه سنجه‌های مهم انرژی از روابط زیر استفاده شد (Rajaby et al., 2012; Banaeian & Zangeneh, 2011; Moerschner & Gerowitt, 2000).

(1) انرژی ورودی از هر تیمار / انرژی خروجی از هر تیمار=کارآیی انرژی

(2) انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار) /خروجی گیاه زراعی (کیلوگرم درهکتار) = بهره‌وری انرژی

(3) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)- انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) = انرژی خالص

(4) خروجی گیاه زراعی (کیلوگرم بر هکتار)/ انرژی خروجی(مگاژول در هکتار) = انرژی ویژه

برای بررسی سنجه‌های اقتصادی، ابتداهزینه‌های مربوط به اجرای هر نظام زراعی محاسبه شد. بخشی از این هزینه‌ها، بین آن‌ها مشترک و هزینه اعمال خاک‌ورزی وکودی متفاوت بودکه برای هرکدام جداگانه بررسی شد. در مرحله بعدی با توجه به عملکرد حاصله ازهرتیمار و قیمت فروش آن‌ها، درآمد (ارزش) محاسبه شد و سپس سنجه‌های اقتصادی به دست آمد.

(5) هزینه‌های متغیر تولید (ریال درهکتار) + هزینه‌های مشترک تولید (ریال درهکتار) = هزینه کل تولید

(6) عملکردمحصول زراعی (کیلوگرم درهکتار) ×قیمت محصول (ریال درهکتار) = درآمد کل (ارزش ناخالص تولید)

(7) کل هزینه‌های تولید (ریال درهکتـار) – ارزش ناخالص تولید (ریال درهکتار) = درآمدخالص تولید

(8) کل هزینه‌های تولید (ریال درهکتار)/ ارزش ناخـالص تولیـد (ریال درهکتار) = نسبت سودبه هزینه

(9) کل هزینه‌های تولیـد (ریـال درهکتـار)/ عملکردمحصـول زراعی (کیلوگرم درهکتار) = بهره‌وری اقتصادی

جدول 2 - ضرایب انرژی‌های ورودی و خروجی

Table2- Energy equivalent of inputs and outputs in cropping system

انرژی Energy	واحد Unit	ضرایب انرژی Energy equivalent(MJ/ unit)	مرجع Reference
ورودی Input			
1: نیروی انسانی 1:Human labor	h	1.96	(Banaeian & Zangeneh, 2011; Asgharipour et al., 2012)
2: ماشین آلات Machinery	h	62.70	(Lorzadeh, et al., 2012)
3: سوخت fuel	L	56.31	(Hamzei & Seyyedi, 2016)
4:کود Fertilizer			
نیتروژن N	Kg	66.14	(Banaeian & Zangeneh, 2011)
فسفر P	Kg	12.44	
زیستی Biofertilizer	L	2.98	(Mihov et al., 2012)
دامی Manure	Kg	0.3	(Banaeian & Zangeneh, 2011, Asgharipour et al., 2012)
5:آب آبیاری Waterfor irrigation	M^3	1.02	
6 :بذر seed	Kg	17.3	
خروجی output			
عملکرد دانه grain yield	Kg	17.01	آزمایش با استفاده از دستگاه کالری مترexperiment with calerymeter
عملکرد ساقه و برگ Leaves and stem yield	Kg	16.56	

نتایج و بحث

عملکرد

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال و اثر متقابل نظام کودی و خاک‌ورزی بر عملکرد دانه و ساقه و برگ ذرت معنی‌دار بود (جدول 3). اختلاف بین عملکرد دو سال، بسیار کم و نزدیک به یکدیگر بود. نظام خاک‌ورزی کاهش یافته با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی، بالاترین عملکرد دانه (10005 کیلوگرم در هکتار) و ساقه و برگ (8409 کیلوگرم در هکتار) را تولیـد کـرد (شـکل 1 و2). تیمـار خاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی، بـا عملکـرد دانـه 9426 کیلـوگرم در هکتـار در رتبـه بعـدی قرارداشت.کودهای دامی با اثـرات مثبـت بـر ویژگـی‌هـای فیزیکـی وشیمیایی خاک، جایگاه ویژه‌ای در مدیریت بوم نظـام‌هـا دارنـد و در تلفیق با کود شیمیایی حداقل، باعث تأمین منابع غـذایی لازم بـرای

تولید ماده خشک در گیاه می‌شوند. همچنین کاهش تعداد دفعات خاک‌ورزی اثر مثبتی بر فراهم شدن بستر رشد گیاه دارد که بر مدیریت خاک‌ورزی به عنوان راهبرد اگرواکولوژی در باز طراحی و افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها تأکید می‌گردد. اثر متقابل عوامل ذکر شده باعث حصول عملکرد مطلوب می‌شود. نظام خاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی، عملکرد قابل قبول 9072 کیلوگرم در هکتار را نسبت به سایر تیمارها داشت که از عملکرد کود شیمیایی توصیه شده نیز بیشتر بود. به راحتی با استفاده از کودهای زیستی و مصرف فقط 50 درصد کودهای شیمیایی در راهبردهای جایگزینی جهت اهداف کشاورزی پایدار می‌توان گام موثری برداشت. حتی تیمار خاک‌ورزی حداقل با کودزیستی، نسبت به کاربرد کود نصف توصیه شده شیمیایی، عملکرد دانه به نسبت قابل قبول(7893کیلوگرم در هکتار) را داشت. کودهای‌زیستی با فراهم ساختن عناصر مورد نیاز گیاه و با تأمین محرک‌های رشد همراه با خاک‌ورزی حداقل باعث حصول عملکرد قابل قبول و با تلفیق با کود شیمیایی عملکرد مطلوب را تولید می‌کنند که در خاک‌ورزی حداقل، نمود بیشتری یافت. در حالی که تیمار خاک‌ورزی متداول با کود زیستی با 5699 کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را داشت. در مورد عملکرد ساقه و برگ اختلاف عملکرد بین تیمارها از دانه کمتر بود. مثلا بین تیمار خاک‌ورزی کاهش یافته باکود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی حداقل همراه با کودتلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی تنها 200 کیلوگرم اختلاف وجود داشت، در حالی که اختلاف عملکرد دانه 600 کیلوگرم بود. تیمار خاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و دامی، عملکرد ساقه و برگ برابر با7800 کیلوگرم در هکتار تولید کرده است. بعد از آن تیمار خاک-ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی با 7482 کیلوگرم در هکتار است. بین بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و تیمارهای خاک‌ورزی کاهش یافته با نصف توصیه شده شیمیایی، خاک‌ورزی متداول با نصف توصیه شده شیمیایی وخاک-ورزی متداول با کودزیستی، با عملکرد ساقه و برگ حدود 5000 کیلوگرم در پایین‌ترین رده بندی دانکن قرار می‌گیرند .این بدان معناست که نصف کود شیمیایی توصیه شده در خاک‌ورزی کاهش یافته و متداول و همچنین کود زیستی در خاک‌ورزی متداول، عملکرد ساقه و برگ بالایی نداشتند.

در گزارش‌های مختلفی ترکیب نظام‌های مختلف کودی و استفاده از کودهای زیستی و ارگانیک و جایگزینی با کودهای شیمیایی و نظام‌های پر نهاده توصیه شده‌است. نقش کودهای زیستی بیشتر در رابطه با افزایش دسترسی فسفر، پتاسیم و دیگر عناصر کم مصرف است. با وجودی که جایگزینی کامل کودهای شیمیایی با زیستی موجب کاهش عملکرد ذرت دانه‌ای می‌شود، اما کاربرد تلفیقی کودهای تلفیقی ضمن تولید بیشترین عملکرد، مصرف کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد (Ebrahim ;Ghoochi et al, 2013; Jahan et al, 2007; Eidizadeh et al., 2011). در پژوهشی با اعمال چهار نظام مدیریتی شامل نظام بدون نهاده، کم نهاده، پر نهاده و ارگانیک در دو گیاه ذرت و سویا بیان شد که کاهش عملکرد در نظام ارگانیک نسبت به نظام متداول در سویا بیشتر از ذرت بود (Porter et al, 2003).

انرژی ورودی و خروجی

در این پژوهش بیشترین و کمترین انرژی ورودی در نظام‌های کشت ذرت به ترتیب از تیمارهای خاک‌ورزی متداول با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی (45886/7 مگاژول در هکتار) و خاک‌ورزی حداقل و کودزیستی (28392/9مگا ژول در هکتار) محاسبه شد. به‌تبع آن، بیشترین و کمترین انرژی ورودی ماشین آلات (10375/3 و 5142/6 مگاژول در هکتار) و به کارگیری بیشینه و کمینه نیروی انسانی (3206/5 و 2708/7 مگاژول در هکتار) در تیمارهای خاک‌ورزی متداول همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی حداقل با کود زیستی برای تولید ذرت به کار گرفته شد (جدول 4). بیشترین انرژی ورودی از نظام خاکورزی متداول همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی به‌دلیل استفاده بیشتر از عملیات خاک‌ورزی و نهاده‌های کودی، بود ولی با توجه به اثرات مثبت کوددامی بر ویژگی‌های خاک و تولید بالاتر، کارایی بالایی در استفاده از نهاده‌ها داشت (جداول4و8). میزان انرژی بذر مصرفی (519 مگاژول در هکتار) و آب آبیاری (20016/7 مگاژول در هکتار) در همه نظام‌های کشت مشترک بود.

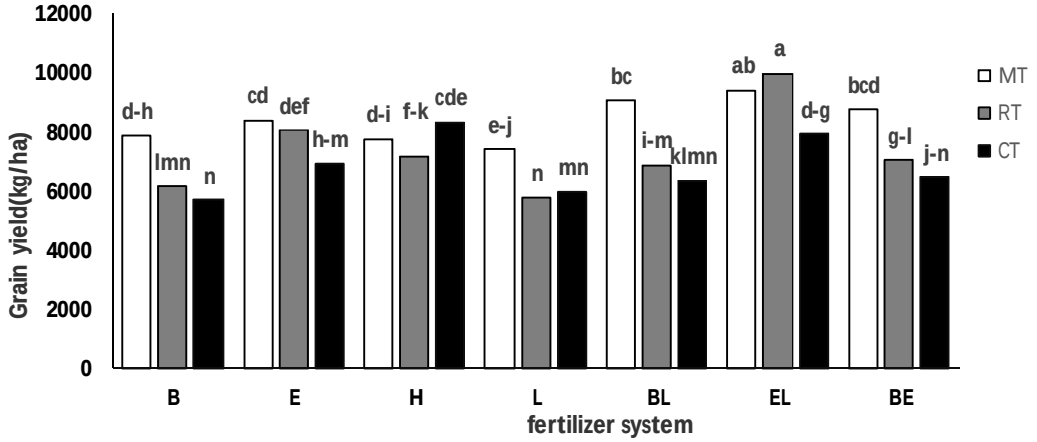
جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مرکب عملکرد دانه و ساقه و برگ در دو سال آزمایش

Table 3-Analysis of variance (mean of squares) for grain yield and stem and leaves yield during two years of experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد ساقه و برگ Stem and Leaves yield
سال Year(y)	1	9686383.09**	7433128.67**
(سال) تکرار Replication (y)	2	397294.45	41856.41
خاک‌ورزی Tillage (t)	2	27376814.25**	17425280.39**
تکرارxخاک‌ورزی R×T	4	462114.15	76193.33
سالxتکرارxخاک‌ورزی Y×T×R	4	730800.04n.s	481682.96n.s
کود Fertilizer	6	14518691.87**	11061954.13**
خاک‌ورزیxکود T×F	12	3115990.20**	1425676.94**
سالxکود FY×	6	6270136.54**	4721585.13**
سالxخاک‌ورزیxکود Y×T×F	12	4169301.26**	2881713.18**
اشتباه کرت‌های آزمایشی Res.error	72	566858	419044.1
(درصد) ضریب تغییرات C.V		10.02	10.00

*،** و n.s به ترتیب معنی‌داردر سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*،** and n.s: Indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively

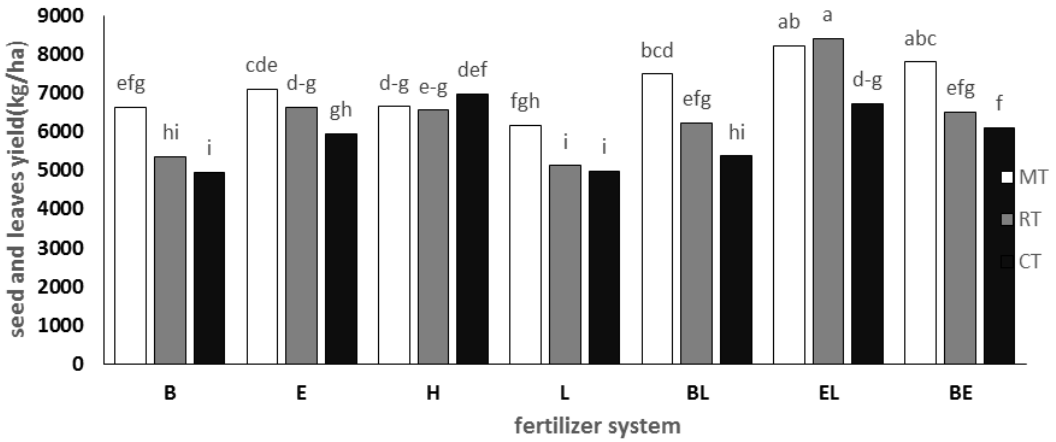


شکل 1- اثر متقابل نظام‌های مختلف کودی و خاک‌ورزی بر عملکرد دانه ذرت

Fig.1- Effect of tillage and fertilizer systems on grain yield of (*Zea mays* L.)

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول B : کود زیستی، E: کود دامی،H: کود توصیه شده شیمیایی، L: کود نصف توصیه شده شیمیایی،BL: کود تلفیقی زیستی و شیمیایی، EL: کود تلفیقی دامی و شیمیایی، BE: کود تلفیقی زیستی و دامی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند

MT:minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage, B:Biofertilizer, E:manure H:recommended chemical fertilizer rate, L:half of recommended chemical fertilizer,,BL: B+L, EL: E+L BE:B+E. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to Duncan test



شکل 2- اثرمتقابل نظام-های مختلف کودی وخاک‌ورزی بر عملکرد ساقه و برگ ذرت

Fig. 2- Effect of tillage and fertilizer systems on stem and leaves yield of (*Zea mays* L.)

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول، B: کود زیستی، E: کود دامی،H: کود توصیه شده شیمیایی، L: کود نصف توصیه شده شیمیایی،BL: کود تلفیقی زیستی و شیمیایی، EL: کود تلفیقی دامی و شیمیایی، BE: کود تلفیقی زیستی و دامی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند

MT:minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage, B:Biofertilizer, E:manure H:recommended chemical fertilizer rate, L:half of recommended chemical fertilizer,,BL: B+L, EL: E+L BE:B+E. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to Duncan test

جدول 4 -انرژی مصرفی در تیمارهای مختلف آزمایشی (مگاژول در هکتار)

Table4-Energies consumed at different experimental treatments (MJ/ha)

تیمارها Treatments	نیروی انسانی Human labor	ماشین آلات و سوخت Machinery and Diesel fuel	کود Fertilizer	آب آبیاری Water irrigation	بذر Seed	کل Total
BMT	2708.7	5142.6	5.96	20016.7	519	28392.9
BRT	2943.9	7385.2				30870.7
BCT	3171.1	9628				33340.7
EMT	2728.3	5516.6	6000			34780.6
ERT	2963.5	7759.2				37258.4
ECT	3198.7	10002				39736.4
HMT	2720.4	5890.2	11538.4			40684.7
HRT	2955.6	8132.8				43162.5
HCT	3190.8	10375.3				45640.2
LMT	2712.6	5516.6	5769.2			34534.1
LRT	2947.8	7759.2				37011.9
LCT	3183	10002				39489.9
BLMT	2716.5	5516.6	5775.1			34543.9
BLRT	2951.7	7759.2				37021.7
BLCT	3186.9	10002				39499.7
ELMT	2735.1	5890.2	11769.2			40930.2
ELRT	2971.3	8132.8				43409
ELCT	3206.5	10375.3				45886.7
BEMT	2732.2	5516.6	6005.9			34790.5
BERT	2967.4	7759.2				37268.3
BECT	3202.6	10002				39746.3

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداولB: کود زیستی، E: کود دامی،H: کود توصیه شده شیمیایی، L: کود نصف توصیه شده شیمیایی،BL: کود تلفیقی زیستی و شیمیایی، EL: کود تلفیقی دامی و شیمیایی، BE: کود تلفیقی

MT: minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage, B: Bio fertilizer, E: manure
H: recommended chemical fertilizer rate, L: half of recommended chemical fertilizer, BL: B+L, EL: E+L BE: B+E

کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی، بیشترین (11769/2 مگاژول در هکتار) و کودزیستی، کمترین (5/96 مگاژول در هکتار) مقدار انرژی کودی را به خود اختصاص داده‌اند. در تیمار خاک‌ورزی متداول با کود توصیه شده شیمیایی، انرژی بالایی(45640/2 مگاژول درهکتار) وارد شده‌است (جدول 4). خاک-ورزی متداول و حداقل، بیشترین و کمترین انرژی مصرفی در سر جمع هفت تیمار کودی را به ترتیب با 40478/32 و 35522/6 مگاژول در هکتار داشتند (جدول 5). در یک بررسی در شهرستان ایذه کل انرژی ورودی در مزارع ذرت را 34640 مگاژول در هکتار و کل انرژی خروجی، 102973 مگاژول در هکتار برآورد شد و بیشترین سهم انرژی ورودی شامل کود نیتروژن، سوخت و مصرف آب برای آبیاری به ترتیب 20/80، 31/60 و13/30درصد بود (Lorzadeh et al., 2012).

جدول 5 -انرژی مصرفی در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (مگاژول در هکتار)

Table 5- Energies consumed at different tillage treatments (MJha)

تیمار Treatment	نیروی انسانی Human labor	ماشین آلات و سوخت Machinery and Diesel fuel	کود Fertilizer	آب آبیاری Water irrigation	بذر Seed	کل Total
MT	2722.16	5569.91	6694.8	20016.7	519	35522.61
RT	2957.36	7812.54				38000.44
CT	3192.56	10055.22				40478.32

MT: خاک‌ورزی حداقل،RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول

MT: minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage

انرژی خروجی ازمجموع انرژی دانه و ساقه و برگ در معادل انرژی هرکدام حاصل می‌گردد که با عوامل تولید ماده خشک دانه و ساقه و برگ ارتباط مستقیم دارد. بیشترین انرژی خروجی (309459/5مگاژول در هکتار)، از نظام خاک‌ورزی کاهش یافته با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی به دست آمد که اختلاف چندانی با نظام خاک‌ورزی حداقل همراه با کودتلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی (296363/5مگاژول در هکتار) نداشت. به راحتی می‌توان با حذف یک مرحله خاک‌ورزی از آثار مخرب آن، جلوگیری کرد و دستاوردی تقریبا برابر با آن داشت. همچنین نظام خاک‌ورزی حداقل همراه با کود تلفیقی زیستی و دامی، انرژی خروجی برابر با 278227/3 مگاژول در هکتار داشت که با توجه به سهولت استفاده از کود زیستی و آثار خوب آن و کاهش استفاده از نهاده‌ها و در عین حال عملکرد بالاتر توصیه می‌گردد. همچنین تیمارخاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و دامی با6/ 278175 مگاژول در هکتار، نیز انرژی خروجی برابری با تیمار خاک‌ورزی حداقل همراه با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی داشت. کمترین انرژی خروجی (178965 مگاژول در هکتار) از تیمار خاک‌ورزی متداول با کود زیستی به دست آمد (جدول6). نظام خاکورزی حداقل با اثرات مثبتی که بر روی تولید دانه و ساقه و برگ داشت، موجب افزایش انرژی خروجی شد (جدول 7). نتایج بررسی هفت ساله 10 استان به عنوان کل کشور و معادل‌های انرژی بیان کرد که انرژی کل ورودی و خروجی تولید ذرت به‌ترتیب معادل 52575/22 و 100079/03 مگاژول در هکتار بود (Banaeian & Zangeneh, 2011).

نسبت انرژی ورودی- خروجی

کارایی استفاده و بهره‌وری انرژی، انرژی خالص و ویژه نظام‌های مختلف کشت ذرت در جدول شماره 8 خلاصه شده است. بیشترین کارایی انرژی (8/59) از تیمار خاک‌ورزی حداقل همراه با کود زیستی به دست آمد. به ازای یک واحد انرژی ورودی، کارایی انرژی خروجی برابر با 8/59 بود. که بیانگر پایداری بیشتر و تخریب کمتر این تیمار بود، زیرا مقدار انرژی که در تیمار خاک‌ورزی حداقل همراه با کود زیستی، مصرف شد، کمترین مقدار بود. بعد از آن تیمارخاک‌ورزی حداقل همراه با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی قرارداشت که به دلیل استفاده از 50 درصدکودشیمیایی مقدارکارایی استفاده از انرژی (8/05) به نسبت استفاده خالص ازکودزیستی کمترشد. مقادیر کارایی انرژی در تیمارهای مختلف نشان داد که با

استفاده از خاک‌ورزی حداقل و جایگزینی کودهای زیستی و استفاده از نظام‌های تلفیقی می‌توان به راحتی کارایی مصرف انرژی را بالا بـرد. بالاترین بهره‌وری انرژی نیز به ترتیب از تیمارهای خاک‌ورزی حداقل با کود زیستی وخاک‌ورزی حداقل همراه با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی با 0/28 و 0/26 کیلوگرم بر مگاژول بـه دسـت آمد. بهره‌وری انرژی نشان دهنـده میـزان عملکـرد بـه ازای انـرژی ورودی است.

جدول 6- انرژی خروجی حاصل از تیمارهای مختلف آزمایشی (مگاژول در هکتار)

Table 6- Output energies by different experimental treatments (MJha)

تیمارها Treatments	انرژی خروجی کل Total output energy	انرژی ساقه و برگ Stem and leaves energy	انرژی دانه Grain energy
BMT	243945.6	109675.5	134270.1
BRT	193328.4	887050	104623.4
BCT	178965	82021.1	96943.9
EMT	260653.3	177386.9	143266.4
ERT	246935.1	109979.1	136956
ECT	216350.3	98645.1	117705.2
HMT	242619.7	110099.7	132520
HRT	230767.7	108496.9	122270.8
HCT	257302.6	115354.2	141948.4
LMT	228125.7	102070	126055.7
LRT	183413.9	84746.3	98667.6
LCT	184609.3	82412.4	102196.9
BLMT	278227.3	123902.4	154324.9
BLRT	220627	103188.94	117338
BLCT	197074.8	88882.76	108192.1
ELMT	296263.5	135915.9	160347.6
ELRT	309459.5	139263.2	170196.3
ELCT	246070.2	111182.4	134887.8
BEMT	278175.6	129168	149007.6
BERT	227248.6	107640	119608.6
BECT	211297.5	101016	110281.5

MT: minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage, B: Bio fertilizer, E: manure H: recommended chemical fertilizer rate, L: half of recommended chemical fertilizer, BL: B+L, EL: E+L, BE: B+E

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول، B: کود زیستی، E: کود دامی، H: کود توصیه شده شیمیایی، L: کود نصف توصیه شده شیمیایی، BL: کود تلفیقی زیستی و شیمیایی، EL: کود تلفیقی دامی و شیمیایی، BE: کود تلفیقی

جدول 7- انرژی خروجی در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (مگاژول در هکتار)

Table7-Output energy by different tillage treatments (MJha)

تیمار Treatment	انرژی دانه Grain energy	انرژی ساقه و برگ Stem and leaves energy	کل انرژی خروجی Total output energy
MT	127695.69	118316.94	261144.44
RT	124237.28	106002.80	221667.92
CT	116022.29	97073.45	213095.75

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول

MT: minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage

به طور کلی خاک‌ورزی حداقل (0/24کیلـوگرم بـر مگـاژول) در تلفیق با همه انواع کودها دارای بهره‌وری انرژی بیشتری بـه نسـبت انواع خاک‌ورزی‌های دیگر بود (جدول 9)، زیرا هر چه میزان وابستگی نظام به انرژی‌های ورودی کمتر باشد، یعنـی مخـرج کسـر کـوچکتر باشد، شاخص بهره‌وری زیادتر می‌گردد. با این وجود به دلیـل بـالاتر بودن انرژی ماشین‌آلات، مـدیریت انسـان و سـوخت در خـاک‌ورزی متوسط و متداول، نسبت کارایی استفاده از انرژی کمتر بـود. ترتیـب کارایی مصرف وبهره‌وری انرژی برای انواع کودها در یک نظام خاک-ورزی به صورت توصیه شده شیمیایی < کـود نصـف توصـیه شـده شیمیایی< کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شـیمیایی< دامـی

<کود تلفیقی زیستی و دامی< کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی<کودزیستی بود. در تحقیقات قبلی، کارآیی انرژی در نظام ارگانیک ذرت و گندم بین 70-29 درصد نسبت به نظام متداول افزایش یافت (Pimental et al., 1983). در یک بررسی در ایران، کارایی انرژی را در ذرت را 1/81 گزارش کردند (Beheshtitabar, 2010). نسبت انرژی خروجی به ورودی در ذرت بهاره، تابستانه با بقایا و تابستانه بدون بقایا به ترتیب برابر 3/90، 2/10 و 2/90 محاسبه شده است. به‌عبارتی راندمان انرژی در مزارع ذرت بهاره بیشتر است که به دلیل عملکرد بالاتر و مصرف نهاده‌های کمتر است (Feyzbakhsh & Soltani, 2013). بیشترین و کمترین انرژی خالص به ترتیب از نظام خاکورزی کاهش یافته با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی (266051 مگاژول در هکتار) و نظام خاکورزی متداول با نصف توصیه شده شیمیایی (145119 مگاژول در هکتار) به دست آمد.

در پژوهشی، بیشترین انرژی خالص در تیمار بالاترین سطح کود نیتروژن با 350 گیگاژول در هکتار گزارش شده است (Boehmel et al., 2008). در مزارع ذرت ایران، متوسط بهره‌وری انرژی 0/17 کیلوگرم در مگاژول و انرژی خالص برابر با 51346/79 مگاژول در هکتار برآورد شد (Banaeian & Zangeneh, 2011).

جدول 8- نسبت های انرژی ورودی- خروجی در تیمارهای آزمایش مختلف

Table 8- Energy input-output ratios at different experimental treatments

تیمارها Treatment	کارایی استفاده از انرژی Energy use efficiency	بهره وری انرژی Energy productivity ($kg.MJ^{-1}$)	انرژی خالص Net energy ($MJ.ha^{-1}$)	انرژی ویژه Specific energy ($MJ.Kg^{-1}$)
BMT	8.59	0.280	215553	30.87
BRT	6.26	0.200	162458	31.50
BCT	5.36	0.171	145616	31.48
EMT	7.49	0.242	225873	30.96
ERT	6.62	0.216	209677	30.67
ECT	5.44	0.174	176614	31.28
HMT	5.96	0.191	201935	31.16
HRT	5.34	0.166	187605	32.07
HCT	5.63	0.183	211662	30.86
LMT	6.60	0.214	193592	30.78
LRT	4.95	0.156	146402	31.70
LCT	4.67	0.152	145119	30.69
BLMT	8.05	0.262	243683	30.69
BLRT	5.95	0.186	183505	32.10
BLCT	4.98	0.161	157575	30.98
ELMT	7.23	0.230	255332	31.37
ELRT	7.12	0.230	266051	30.94
ELCT	5.36	0.172	200184	31.02
BEMT	7.99	0.251	243385	31.76
BERT	6.09	0.190	189980	32.31
BECT	5.31	0.163	171551	32.64

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول، B: کود زیستی، E: کود دامی، H: کود توصیه شده شیمیایی، L: کود نصف توصیه شده شیمیایی، BL: کود تلفیقی زیستی و شیمیایی، EL: کود تلفیقی دامی و شیمیایی، BE: کود تلفیقی

MT: minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage, B: Biofertilizer, E: manure H: recommended chemical fertilizer rate, L: half of recommended chemical fertilizer, BL: B+L, EL: E+L, BE: B+E

انرژی ویژه، عکس شاخص بهره‌وری انرژی می‌باشد و نتایج تیمارهای مختلف، اختلاف کمی با یکدیگر دارند، ولی در عین حال، نظام‌های خاک‌ورزی متداول با تلفیق کود زیستی و دامی (32/64 مگاژول بر کیلوگرم) و خاک‌ورزی کاهش یافته با کود دامی (30/67 مگاژول بر کیلوگرم) به ترتیب، بیشترین و کمترین مقدار انرژی مصرف شده برای تولید یک کیلوگرم عملکرد را داشتند(جدول 9). در آزمایشی روی گیاه گندم، کمترین میزان انرژی ویژه برابر با 2/5 و بیشترین آن برابر با 6/2 گیگاژول بود (Rajaby et al., 2012). در پژوهشی دیگر، انرژی ویژه چغندر قند (*Beta vulgaris* L.)، نیز 1/3 مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد (Asgharipour et al., 2012).

جدول 9- نسبت انرژی ورودی و خروجی در تیمارهای مختلف خاکورزی

Table 9- Energy input-output ratio at different tillage treatments

تیمار Treatment	کارایی استفاده از انرژی Energy use efficiency	بهره‌وری انرژی Energy productivity(kg.MJ^{-1})	انرژی خالص Net energy(MJ.ha^{-1})	انرژی ویژه Specific energy(MJ.Kg^{-1})
MT	7.42	0.238	225622	31.08
RT	6.05	0.192	192240	31.68
CT	5.25	0.168	172617	31.28

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول

MT: minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage

هزینه‌و درآمد کل

تفاوت هزینه‌های بین تیمارها مربوط به قیمت نهاده‌های کود و خاک‌ورزی بود و در عین حال، نظام‌های کودی، بیشترین اختلاف قیمتی را داشتند وگرنه، برای یک عامل کودی یکسان، استفاده از خاک‌ورزی یک تا سه بار، موجب تفاوت کمی در هزینه‌ها شد. به - کارگیری همزمان عوامل کودی و خاک‌ورزی، هزینه‌های مختلفی را باعث شد (جدول 10). یک سری از هزینه‌های تولید از قبیل هزینه آب، زمین، بذر و کاشت، برداشت و حمل و نقل مشترک بود (جدول11). تیمارهای مربوط به کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی و نصف توصیه شده شیمیایی، در یک محدوده قیمتی قرار گرفتند و تنها عامل تفاوت همان مقدارکم هزینه کود زیستی بود. کودشیمیایی به نسبت کوددامی هزینه کمتررا ایجادکرد وحتی کودشیمیایی توصیه شده شیمیایی درزده بعدکود دامی قرارگرفت. بیشترین مقدارهزینه مربوط به کودتلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی بودکه به علت هزینه توام کود دامی وکودشیمیایی، این ترتیب‌بندی حاصل شد. به‌طورکلی ازنظرهزینه‌های کودی ترتیب کودزیستی< کود نصف توصیه شده شیمیایی< کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی< کود توصیه شده شیمیایی< کود دامی< کود تلفیقی زیستی و دامی< کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی وجود داشت. کمترین هزینه مربوط به تیمارخاک‌ورزی حداقل همراه با کود زیستی با 32097340 و بیشترین هزینه مربوط به تیمار خاک‌ورزی متداول همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی با 44288247/5 ریال درهکتار بود. تیمارهای مربوط به کودزیستی درسه سطح خاک‌ورزی کمترین هزینه را داشتند (جدول 12). در تحقیقی دیگر، قیمت آب نسبت به نیتروژن در برگشت اقتصادی یک عامل مؤثرتری بود (Wei et al., 2009). از طرفی دیگر گزارش شده است که تیمار نیتروژن در نظام خاک‌ورزی یک اثر معنی‌داری بر هزینه‌های عملیاتی داشت (Archer et al, 2002). کاهش تقریباً 10 درصدی عملکرد دو نظام اکولوژیک و کم نهاده نه تنها با مصرف کمتر نهاده از نظر هزینه‌ها جبران می‌شود، بلکه در طولانی مدت پایداری این گونه نظام‌ها را در پی خواهد داشت (Jahan et al., 2009).

درآمد دانه و علوفه ساقه و برگ هم تابعی از میزان عملکرد و قیمت واحد آن بود که در جداول 10 و 11 به آن‌ها اشاره شده است. به علت اثرات مختلفی که عوامل آزمایشی کود و خاک‌ورزی و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد ماده خشک داشتند، میزان درآمد کل(ارزش ناخالص تولید)، بسیار متفاوت شد. در واقع عامل موثر در میزان مجموع درآمد، عملکرد کل گیاه است. بیشترین و کمترین درآمد کل (ارزش ناخالص تولید) با 113750572 و 64987312 ریال به ترتیب مربوط به تیمارهای خاک‌ورزی کاهش یافته همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی وخاک‌ورزی متداول همراه با کودزیستی بود (جدول 12). کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی در خاک‌ورزی کاهش یافته در مقایسه با خاک‌ورزی متداول اثر کاهشی بر عملکرد داشته و درآمد کمتری به میزان 90210444 ریال را موجب شد که مثال بارز اثر متقابل خاک‌ورزی و کود بر عملکرد ماده خشک بود.

بررسی سودمندی اقتصادی تیمارها

درآمد خالص که پس از کسر هزینه‌ها از درآمد کل حاصل می‌شود، برای بررسی بسیار مهم است. همچنین اثر متقابل خاک ورزی و کود در تفاوت بین عملکردها و به‌تبع آن درآمد خالص بارز بود. بیشترین و کمترین درآمد خالص به ترتیب با 69810430 و 31400201 ریال مربوط به تیمارهای خاک‌ورزی کاهش‌یافته همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی کاهش یافته با نصف کود توصیه شده شیمیایی محاسبه شد (جدول12).

جدول 10- جزئیات هزینه‌ها و درآمدهای تیمارهای مورد مطالعه (ریال)

Table 10- Details of costs and revenue in the studied treatments (Rials)

تیمار Treatment	خاکورزی Tillage	کودزیستی Bio fertilizer	کود دامی Manure	کود شیمیایی Chemical fertilizer	خشک کردن Drying	درآمد دانه Grain revenue	درآمد علوفه خشک Dried forage revenue
BMT	1000000	240000	0	0	197340	81777696	7947480
BRT	1500000	240000	0	0	153767.5	63721252	6427920
BCT	1900000	240000	0	0	142480	59043712	5943600
EMT	1000000	0	9000000	0	210562.5	87256100	8506320
ERT	1500000	0	9000000	0	201287.5	83413540	7969560
ECT	1900000	0	9000000	0	172995	71689128	71481609
HMT	1000000	0	0	5030000	194767.5	80711652	7978200
HRT	1500000	0	0	5030000	179705	74469752	7862160
HCT	1900000	0	0	5030000	208625	86454200	8358960
LMT	1000000	0	0	2530000	185267.5	76774852	7396440
LRT	1500000	0	0	2530000	145015	60094216	6141000
LCT	1900000	0	0	2530000	150202.5	62243916	5971920
BLMT	1000000	240000	0	2530000	226815	93992136	8978400
BLRT	1500000	240000	0	2530000	172455	71465352	7477440
BLCT	1900000	240000	0	2530000	159012.5	65894780	6440760
ELMT	1000000	0	9000000	2530000	235667.5	97660612	9849000
ELRT	1500000	0	9000000	2530000	250142.5	104000008	10091520
ELCT	1900000	0	9000000	2530000	198247.5	82153764	8056680
BEMT	1000000	240000	9000000	0	217500	90132000	9360000
BERT	1500000	240000	9000000	0	172500	71484000	8280000
BECT	1900000	240000	9000000	0	162500	67340000	7320000

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول، B: کود زیستی، E: کود دامی، H: کود توصیه شده شیمیایی، L: کود نصف توصیه شده شیمیایی، BL: کود تلفیقی زیستی و شیمیایی، EL: کود تلفیقی دامی و شیمیایی، BE: کود تلفیقی زیستی و دامی

MT: minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage, B: Bio fertilizer, E: manure H: recommended chemical fertilizer rate, L: half of recommended chemical fertilizer, BL: B+L, EL: E+L, BE: B+E

جدول 11- مبانی محاسباتی ارزیابی اقتصادی بر اساس قیمت سال 1395 (ریال)

Table 11- Foundations of computing economic evaluation based on the prices of 2015 (Rials)

هزینه‌های مشترک Common costs	هزینه در هکتار Cost per hectare	تولید Production (Kg)	درآمد Revenue
بذر Seed	3500000	دانه Grain	10360
کاشت plant	1200000	علوفه خشک Straw	1200
آبیاری Irrigation	4250000		
زمین Land	12000000		
حمل و نقل Transportation	1700000		
برداشت Harvest	4200000		
جمع آوری Collection	1500000		
بیمه Insurance	110000		
آب بها water cost	2200000		
جمع Total	30660000		

در مورد تیمارهای خاک‌ورزی حداقل همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی کاهش یافته همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی اختلاف درآمد حدود 5000000 ریال بودکه برای کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی، یک مرحله خاک‌ورزی بیشتر با هزینه اضافی 400000 ریال، درآمد زیادتری معادل 5000000 ریال را موجب شد. در مورد تیمار خاک‌ورزی حداقل همراه با کود زیستی، درآمد خالص57627836 ریال، با صرف هزینه کمتر حاصل شد که نشان دهنده این است که برای درآمد بالاتر با هر نوع نظام کودی، یک سطح خاکورزی جوابگو بود. کودزیستی با صرف هزینه بسیار کمتر، درآمد خالص بیشتری را موجب شد و اثر متقابل خاک‌ورزی حداقل با کود زیستی تأثیر زیادتری گذاشت. تیمارخاک‌ورزی حداقل همراه با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی در مقایسه با تیمارهای خاک‌ورزی حداقل همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی متداول همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی، با صرف هزینه کمتر که ناشی از حذف هزینه کود دامی می‌باشد، درآمد زیادتر و حتی برابری را موجب شد که در نتیجه اثرات مثبت کود زیستی و قیمت کمتر تمام شده آن بود.کودهای دامی وتوصیه شده شیمیایی می‌توانند درآمد یکسانی را در کوتاه مدت موجب شوند و با صرف هزینه کمی بیشتر برای کوددامی،می‌توان از مزایای بلند مدتی که بر نظام زراعی می‌گذارد، برخوردار شد. در بررسی سایر محققان نتایج متفاوتی حاصل شده است. تیمارهای کشاورزی حفاظتی، از مزیت نسبی بالاتر و درآمد بیشتری برخوردار شدند (Pimentel et al., 1995)، همچنین بیشترین درآمد از خاک‌ورزی پشته‌ای در بالاترین سطح نیتروژن به دست آمد (Archer et al., 2002). در حالی‌که در تحقیقی دیگر برترین تیمار اقتصادی، خاک‌ورزی رایج با حذف بقایا بود (Komeili et al., 2016).

جدول 12- بررسی سودمندی اقتصادی تیمارهای مورد مطالعه

Table 12- Economic benefit analysis in in the studied treatments

تیمار Treatment	هزینه کل Total cost (Rial)	درآمد کل(ارزش ناخالص) Totalrevenue(Gross value)	درآمد خالص Netrevenue(Rial)	بهره وری اقتصادی Economic Productivity (g.Rial^{-1})	نسبت سود به هزینه Benefit-to-cost ratio
BMT	32097340	89725176	57627836	0.24	2.79
BRT	32553767.5	70149172	37595405	0.19	2.15
BCT	32942480	64987312	32044832	0.17	1.97
EMT	40870562.5	95763420	54892858	0.21	2.34
ERT	41361287.5	91383100	50021813	0.19	2.21
ECT	41732995	78837288	37104293	0.16	1.89
HMT	36884767.5	88689852	51805085	0.21	2.40
HRT	37369705	82331912	44962207	0.19	2.20
HCT	37798625	94813160	57014535	0.22	2.51
LMT	34375267.5	84171292	49796025	0.21	2.45
LRT	34835015	66235216	31400201	0.16	1.90
LCT	35240202.5	68215836	32975634	0.17	1.93
BLMT	34656815	102970536	68313721	0.26	2.97
BLRT	35102455	78942792	43840337	0.20	2.25
BLCT	35489012.5	72335540	36846528	0.18	2.04
ELMT	43425667.5	107509612	64083945	0.22	2.47
ELRT	43940142.5	113750572	69810430	0.23	2.59
ELCT	44288247.5	90210444	45922197	0.18	2.04
BEMT	41117500	99492000	58374500	0.21	2.42
BERT	41572500	79764000	38191500	0.16	1.92
BECT	41962500	74660000	32697500	0.15	1.78

MT: خاک‌ورزی حداقل، RT: خاک‌ورزی کاهش یافته، CT: خاک‌ورزی متداول ، B: کود زیستی، E: کود دامی،H: کود توصیه شده شیمیایی، L: کود نصف توصیه شده شیمیایی،BL: کود تلفیقی زیستی و شیمیایی، EL: کود تلفیقی دامی و شیمیایی، BE: کود تلفیقی زیستی و دامی

MT: minimum tillage, RT: Reduced tillage, CT: Conventional tillage, B: Biofertilizer, E: manure H: recommended chemical fertilizer rate, L: half of recommended chemical fertilizer,BL: B+L, EL:E+L, BE: B+E

بیشترین و کمترین بهره‌وری اقتصادی با میزان 0/26 و 0/15 گرم بر ریال به ترتیب مربوط به تیمارهای خاک‌ورزی حداقل و کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی متداول همراه با کود تلفیقی زیستی و دامی بود. یعنی به ازای مقدار هزینه‌ای که در این نظام‌ها شد، زیادترین و کمترین تولید را داشتند (جدول 12). تیمار خاک‌ورزی حداقل همراه با کود زیستی با 0/24 گرم بر ریال بهره‌وری اقتصادی نسبتا بالایی داشت. تیمارهای خاک‌ورزی حداقل با کوددامی، خاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و دامی، خاک‌ورزی حداقل با توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی حداقل با نصف توصیه شده شیمیایی از نظر بهره‌وری اقتصادی با 0/21، خاک-ورزی کاهش یافته همراه با کود زیستی، خاک‌ورزی کاهش یافته با کود دامی و خاک‌ورزی کاهش‌یافته با توصیه شده شیمیایی با 0/19، خاک‌ورزی متداول همراه با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی متداول همراه با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی با 0/18، خاک‌ورزی متداول با کود زیستیو خاک‌ورزی متداول با نصف توصیه شده شیمیایی با 0/17 و خاک-ورزی متداول با نصف توصیه شده شیمیایی، خاک‌ورزی متداول با کود دامی، خاک‌ورزی کاهش یافته با کود تلفیقی زیستی و دامی و خاک‌ورزی کاهش یافته با کود نصف توصیه شده شیمیایی با 0/16 گرم بر ریال، بهره‌وری اقتصادی برابری داشته‌اند که نشان دهنده این است که نسبت میان عملکرد و هزینه‌های متفاوت خاک‌ورزی و کودی به گونه‌ای بود که بهره‌وری اقتصادی یکسان را موجب شد. حال با در نظر گرفتن شرایط تولید و توانایی مالی و با توجه به مسائل زیست‌محیطی می‌توان دست به انتخاب زد. بالاترین و پایین‌ترین نسبت سود به هزینه با مقادیر 2/97 و 1/78 به ترتیب مربوط به تیمارهای خاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی متداول با کود تلفیقی زیستی ودامی بود (جدول 12). تیمار خاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و شیمیایی به ازای هر واحد هزینه، بیشترین سود را دارا بود و تیمارخاک‌ورزی حداقل با کود زیستی به ازای هزینه کمتر عدم مصرف کودشیمیایی، سود خوب 2/79 را تولید کرد. در حالی که تیمار خاک‌ورزی متداول با کود تلفیقی زیستی و دامی با هزینه‌های بیشتر خاک‌ورزی و کوددامی، سودکم 1/78 را موجب شد. تیمارهای خاک‌ورزی متداول با کود زیستی، خاک‌ورزی متداول با کود نصف توصیه شده شیمیایی، خاک-ورزی کاهش یافته با کود تلفیقی زیستی و دامی، خاک‌ورزی کاهش یافته با کود نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی متداول با کود تلفیقی دامی، نسبت سود به هزینه کمتر از 2 را داشتند. تیمارهای خاک-ورزی متداول با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی، خاک‌ورزی متداول با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی، خاک‌ورزی کاهش یافته با کود زیستی، خاک‌ورزی کاهش یافته با کود توصیه شده شیمیایی، خاک‌ورزی کاهش یافته باکوددامی و خاک‌ورزی کاهش یافته با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی، بین 2 تا 2/25 و تیمارهای خاک‌ورزی حداقل با کود دامی، خاک‌ورزی حداقل با توصیه شده شیمیایی، خاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و دامی، خاک‌ورزی حداقل با کود نصف توصیه شده شیمیایی و خاک‌ورزی حداقل با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی بین 2/25 تا 2/5 وتیمارهای خاک‌ورزی متداول با کود توصیه شده شیمیایی، خاک‌ورزی کاهش یافته با کود تلفیقی دامی و نصف توصیه شده شیمیایی، خاک‌ورزی حداقل با کود زیستی وخاک-ورزی حداقل با کود تلفیقی زیستی و نصف توصیه شده شیمیایی، بین 2/5تا 3 واحد سود به ازای هر واحد هزینه را داشتند. در پژوهشی بر روی چغندر قند نسبت سود به هزینه 3 و بهره‌وری اقتصادی 1/6 کیلوگرم بر دلار گزارش شد (Asgharipour et al., 2012).

نتیجه‌گیری

از دستاوردهای این آزمایش می‌توان در جایگزینی نهاده‌ها و باز طراحی نظام‌های کشت ذرت به عنوان یک گیاه مهم استفاده کرد. اگرچه هر نظام کودی با یک نوع خاک‌ورزی اثر بیشتری داشت، ولی نظام‌های خاک‌ورزی کاهش یافته و حداقل، بیشترین عملکرد وکارایی و بهره وری انرژی را داشت و با اثر مثبت بر روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، صرفه جویی اقتصادی را در پی داشت که همراه با کودهای زیستی، دامی و تلفیقی نقش پر رنگ‌تری یافت. کودها اثرات مختلفی را به نسبت صرف هزینه و انرژی ایجاد می‌کنند. به‌کارگیری کود زیستی به نسبت هزینه پایین، مزایای تولیدی، اقتصادی و زیست محیطی زیادی دارد و بهترین عملکرد را در تلفیق با کود دامی و نصف توصیه شده دارا بود. در انتخاب نهاده‌ها با توجه به امکانات باید بر اساس آزمون خاک و کاربرد حداقلی خاک‌ورزی و کودهای شیمیایی و با مدیریت‌های تلفیقی و جایگزینی در جهت ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی اقدام نمود.

منابع

Archer, D.W., Pikul, Jr. JL., and Riedell, W.E. 2002. Economic risk, returns and input use under ridge and conventional tillage in northern Corn Belt, USA. Soil and Tillage 67: 1-8.

Asgharipour, M.R., Mondani, F., and Riahinia S.H. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy 44: 1078-1084.

Banaeian, N., and Zangeneh, M. 2011.Study on energy in corn production of Iran. Energy 36: 5394-5402.

Bastian, O., Syrbe, R.U., Rosenberg, M., Rahe, D., and Grunewald, K. 2013. The five pillar EPPS framework for quantifying, mapping and managing ecosystem services. Ecosystem Services 4: 15–24.

Beheshti Tabar, I., Keyhani, A.R., and Rafiee, S. 2010. Energy balance in Iran Agronomy. Renew. Energy 14: 489-855.

Boehmel, C., Lewandowski, I., and Claupein, W. 2008. Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. Agricultural Systems 96: 224- 236.

Castoldi, N., and Bechini, L. 2010. Integrated sustainability assessment of cropping systems with agroecological and economic indicators in northern Italy. European Journal of Agronomy 32: 59–72.

Clements, D.R., Weise, S.F., Brown, R., Stone House, D.P., Hume, D.J., and Sunten, C.J. 1995. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. Journal Agriculture Ecosystems and Environment 52: 119-128.

Ebrahim Ghoochi, Z., Mohsenabadi, G., Ehteshami, S.M., and Forghani, A. 2013. Integrated application of chemical, manure and biological fertilizers on growth characteristics of forage corn in Rasht region. Cereal Research 3 (2): 143-154. (In Persian with English summary)

Eidizadeh, K., Mahdavi Damghani, A.M., Ebrahimpoor, F., and Sabahi, H. 2011. Effects of integrated application of biological and chemical fertilizer and application method of biofertilizer on yield and yield components of maize. Electronic Journal of Crop Production 4 (3):21-35. (In Persian with English Summary)

El Gayar, O.F., and Leung, P. 2001. A multiple criteria decision making framework for regional aquaculture development. European Operation Research 133: 462-482.

Feyzbakhsh, M.T., and Soltani, A. 2013. Energy flow and global warming potential of corn farm (Gorgan City). Electronic Journal of Crop Production 6 (2):89-107. (In Persian with English Summary)

Gliessman, S.R. 2006. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems, 2nd edn. CRC Press, p. 408.

Hamzei, J., and Seyyedi, M. 2016. Energy use and input- output costs for sunflower production in sole and intercropping with soybean under different tillage systems. Soil and Tillage Research 157: 73-82.

Jahan, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2007. The effects of arbuscular mycorrhizal fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, photosynthesis and yield of corn in conventional and ecological. Iranian Journal of Field Crops Research 5 (1):53-67. (In Persian with English Summary)

Jahan, M., Koocheki, A., Ghorbani, R., Rajai, F., Aryayi, M., and Ebrahimi, E. 2009. The effect of biological fertilizers application on some agroecological characteristics of corn under conventional and ecological cropping systems. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 375-390. (In Persian with English Summary)

Janssen, S., and Van Ittersum, M.K., 2007. Assessing farm innovation and response to policities: A review of bio-economic farm model. Agriculture System 94:622-636.

Kazemi, H., Alizadeh, P., and Nehbandani, A., 2016. Assessig energy flow in rainfed and irrigated wheat fields of Shahrekourd town ship under two tillage systems. Journal of Agroecology 8 (2): 281-295. (In Persian with English Summary)

Komeili, H.R., Rezvani Moghaddam, P., Ghodsi, M., Nassiri Mahallati, M., and Jalal Kamali, M.R. 2016. Effect of different tillage methods and the rate of crop residues on yield, yield components and economic efficiency of wheat. Cereal Research 6(3):323-337. (In Persian with English Summary).

Lorzadeh, S.H., Mahdavidameghani, A., Enayatgholizadeh, M.R., and Yosefi, M., 2012. Research of energy use efficiency for maize production system in Izeh, Iran. Acta Agriculture Slovinica 99:137-142.

Lu, H., Bai, Y., Ren, H., and Campbell, D.E., 2010. Integrated emergy, energy and economic evaluation of rice and vegetable production systems in alluvial paddy fields: implications for agricultural policy in China. Journal of Environmental Management 91:2727e35.

Matar, A., and Harris, H., 1994. Impact of a long-term rotation on soil aggregation and its implications for cropping. In:

Farm Resource Management Program. Annual Report for 1994. ICARDA, Syria.

Mihov, M., Antonova, G., Masheva, S., and Yankova, V. 2012. Energy assessment of conventional and organic production of head cabbage. Bulgarian Journal of Agricultural Science 18 (3): 320-324.

Moerschner, J., and Gerowitt, B., 2000. Direct and indirect energy use in arable farming - An example on winter wheat in Northern Germany. In: Weidema, B.P., and Meeusen, M.J.G (Eds.). Agricultural Data for Life Cycle Assessments. The Hague, Agricultural Economics Research Institute (LEI), p. 1-195.

Moradi, R., Kooheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Mansoori, H. 2015. Effect of tillage, Residue management and nitrogen fertilizer on carbon balance and global warming potential in Maize cultivation .Journal of Agriculture Sience and Sustainable Production 25 (1): 29-42. (In Persian with English Summary)

Nguyan, M.L., and Haynes, R.J. 1995. Energy and labour efficiency for three pairs of conventional and alliterative mixed cropping (pasture-arable) farms in Canterbury, New Zealand. Journal of Agriculture Ecosystems and Environment 52: 163-172.

Pimentel, D., Berardi, G., and Fast, S. 1983. Energy efficiency of farming system: Organic and conventional agriculture. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 9: 359-372.

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinmlair, K., Kurz, D., Mcnair, M., Crist, S., Shpretz, L., Fitton, L., Saffouri, R., and Blair, R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science 267: 1117-1123.

Porter, P.M., Huggins, D.R., Perillo, C.A., Quiring, S.R., and Crookston, R.K. 2003. Organic and Other Management Strategies with Two- and Four-Year Crop Rotations in Minnesota. Agronomy Journal 95: 233-244.

Rajaby, M.H., Soltani, A., Zeinali, E., and Soltani, E. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. Journal of Plant Production 19 (3): 143-172.

Radwan, S.M., Hussein, H.F., Rubio, J.L., Morgan, R.P., Asins, S., and Andreu, V. 2002. Response of wheat plants to bio and organic fertilization under different weed control treatments. Proceeding of International Congress on "Man and Soil". 28 March-1 April, Valencia, Spain. P. 1015-1023.

Shahgholi, H., Asgharipour, M.R., Khamari, I., and Ghadiri, A. 2016. The effect of various input intensities on yield components of common bean varieties .Sustainable Agriculture and Production Science 26(4): 49- 61.

Sip, V., Ruzek, P., Chrpova, J., Vavera, R., and Kusa, H. 2009. The effect of tillage practice, input level and environment on the grain yield of winter wheat in the Czech Republic. Field Crops Research 113: 131–137.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2010. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 3 (3): 201-218. (In Persian with English Summary)

Spaccini, R., Mbagwu, J.S.C., Igwe, C.A., Conte, P., and Piccolo, A. 2004. Carbohydrate and aggregation in lowland soils of Nigeria as influenced by organic input. Soil Tillage Research 75:161-172.

Tellarini, V. and Caporali, F. 2000. An input/output to evaluate farms as sustainable agroecosystems: an application of indicators to farms in central Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment 77: 111-123.

Tipraqsa, P., Craswell, E.T., Noble, A.D., and Schmidt-Vogt, D. 2007. Resource integration for multiple benefits: Multifunctionality of integrated farming systems in Northeast Thailand. Agricultural Systems 94: 694–703.

Wezel, A., David, C., Ferrer, A., Letort, A., Feret, S., Peigne, J., Vian, J.F., and Celette, F. 2014. Agroecological practice supporting the provision of goods and services in agriculture: Example from France and Europe. Isaralyon.p. 68.

Wei, Y., Davidson, B., Chen, D., and White, R. 2009. Balancing the economic, social and environmental dimensions of agroecosystems: An integrated modeling approach. Agriculture, Ecosystems and Environment 131: 263–273.

Xu, W., and Mage, J.A. 2001. A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. Agriculture, Ecosystems and Environment 83: 215–233.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 417-434

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 434-417

Assessment of Yield and Input-Output Energy and Economic Indicators in Different Tillage and Fertilizer Systems of Corn (*Zea mays* L.)

M. Mazarei[1], A. Ghanbari[2], M. Dahmardeh *[3], S.A. Siadat[4] and S. Dehdari[5]

Submitted: 17-10-2017
Accepted: 01-01-2018

Mazarei, M., Ghanbari, A., Dahmardeh, M., Siadat, S.A., and Dehdari, S. 2019. Assessment of yield and input-output energy and economic indicators in different tillage and fertilizer systems of corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology. 11 (2): 417-434.

Introduction

Although industrial agriculture achievements are undeniable, its negative consequences such as biodiversity loss, pollination and human health are remarkable. Currently, yields of the world's four most important crops would need to increase by around 60-110% by 2050. Agro ecological practices contribute to agro ecosystem redesign, efficiency increase and substitution practices based on various processes such as bio fertilizer, reduced tillage, reducing the use of nonrenewable energy. Corn is an important crop in the world and Khuzestan with a huge amount of inputs and energy uses during its production. There for, the assessment of agro ecological practices is essential for sustainability in corn production.

Materials and methods

In order to study yield, energy input-output and economic indicators under different tillage and fertilizer cropping systems of corn, a split plot experiment in complete randomized design with three replications, was conducted at agricultural fields under Behbahan condition during 2015 and 2016. The experimental factors included different tillage systems (minimum (MT), reduced (RT) and conventional (CT)) as main plots and fertilizer patterns (bio fertilizer (B), manure (E), recommended chemical fertilizer rate (H) and half of recommended chemical fertilizer (L), integrated bio fertilizer and chemical fertilizer (BL), integrated manure and chemical (EL), and integrated bio fertilizer and manure as subplots. Assessment of energy indicators evaluated based on the energy output-input ratio. Human labor, machinery, diesel oil, fertilizer and seed amounts were the inputs and yield values from different treatments considered as output. Energy equivalents were used for this estimation. Based on the energy equivalents of inputs and outputs, energy use efficiency, energy productivity, specific energy and net energy was calculated. The production costs of each treatment included the land value, water value, fertilizer, fuel, human labor and tillage.

Results and discussion

The results indicated that the highest grain (10005 kg.ha^{-1}) and straw yields (8409 Kg ha^{-1}) belonged to ELRT treatment. The current study demonstrated that MT and RT with BI and EI have significant effects on grain yield. The results of data analysis indicated that maximum and minimum input energy was 45886.7 and 28392.9 MJ.ha^{-1} in ELCT and BMT treatments, respectively. The greatest contribution from total energy belonged to energy of machinery (10375.3 MJ.ha^{-1}) and human labor (5142.6 MJ.ha^{-1}) in ELCT treatment. Highest and lowest energy of fertilizer belonged to EL (11762.2 MJ.ha^{-1}) and B (5.96 MJ.ha^{-1}), respectively. The input of energy for seed and irrigation water in all treatments was same (519 and 20016.7 Mg.ha^{-1}, respectively) ELRT and BCT treatments produced the highest and lowest output energy with 309459.5 and 178965 Mg ha^{-1}. The BMT provided the highest energy use efficiency (8.59), energy productivity (0.28 kg.Mg^{-1}). Maximum specific energy (32.64MJ.ha^{-1}) belonged to BECT. ELRT and LCT produced the highest (266051 MJ ha^{-1}) and the lowest (145119 MJ.ha^{-1}) net energy. Among different tillage systems, the highest energy use efficiency (7.42), and productivity energy (0.24 Kg Mg^{-1}), net energy (225622 Mg) were calculated in MT. Economic analysis indicated that maximum and minimum total cost of production were 44288247.5 and 32097340

1, 2, 3, 4 and 5. PhD graduated, Prof., Assoc.Prof Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran, Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ramin Agriculture and Natural Resource, Ahwaz, Iran, Assist. Prof., Dept. of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Environment and Natural Resource, Behbahan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: dahmard@ gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v11i2.68001

Rials.ha^{-1} that related to ELCT and BMT treatments, respectively. The highest (113750572 Rials ha^{-1}) and lowest (64987312 Rials ha^{-1}) gross value were obtained ELRT and BCT, although maximum (69810430 Rials ha^{-1}) and minimum (31400201Rials ha^{-1}) net revenue was calculated ELRT and LRT respectively.

Conclusion

Application of minimum and reduced tillage, bio fertilizer and manures and integration with half of recommended chemical fertilizer, are the effective strategy to improve resource management in agriculture. Moreover, effective energy use in agriculture is one of the conditions for sustainable agricultural production, since it provides financial saving, fossil resources preservation and air pollution reduction.

Keywords: Cropping systems, Energy use efficiency, Input, Net revenue, Sustainable agriculture