

ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی دو نظام کشت سنتی و نیمه‌مکانیزه در مزارع لوبیاچیتی استان چهارمحال و بختیاری

سجاد رستمی^{۱*} و بهرام حسین‌زاده سامانی^۲

چکیده

کاشت لوبیا به دو صورت سنتی و نیمه‌مکانیزه انجام می‌شود. اطلاعات مورد نیاز این پژوهش مانند نحوه انجام مراحل کاشت، داشت و برداشت و سایر جزئیات مانند مدت زمان صرف شده برای عملیات کشاورزی و میزان سوخت مصرفی در هر مرحله از کار برای هر یک از دو روش کشت سنتی و کشت نیمه‌مکانیزه لوبیا از طریق ۳۰ پرسشنامه از زارعین لوبیا کار استان چهارمحال و بختیاری به صورت نمونه‌های تصادفی جمع‌آوری شد. نهاده‌های انرژی در این بررسی شامل کل انرژی فیزیکی، شیمیایی و انرژی بذر در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد کل انرژی نهاده‌ها در روش متداول ۶۶۵۵۶/۱۶ و در روش مکانیزه ۸۹۱۸۱/۳۰ مگاژول در هر هکتار هستند. نهاده کود شیمیایی پرمصرف‌ترین نهاده در هر دو روش کشت محاسبه شده و پس از آن نهاده‌های الکتریسته و سوخت مصرفی در روش کشت متداول و نهاده‌های سوخت مصرفی و سموم شیمیایی در روش کشت نیمه‌مکانیزه به ترتیب پرمصرف‌ترین نهاده‌ها در هر یک از روش‌ها محاسبه شدند. بازده انرژی برای روش متداول ۰/۶۶ و برای روش نیمه‌مکانیزه ۰/۴۱ به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کشت نیمه‌مکانیزه، کشت سنتی، لوبیا، نهاده‌های انرژی.

ارجاع: رستمی س. و حسین‌زاده سامانی ب. ۱۳۹۳. ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی دو نظام کشت سنتی و نیمه‌مکانیزه در مزارع لوبیاچیتی استان چهارمحال و بختیاری. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۵: ۵۱-۵۹.

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

* نویسنده مسئول: rostami.sajad@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۳۱

مقدمه

حبوبات پس از غلات، مهم‌ترین منبع غذایی بشر محسوب شده و با دارا بودن ۲۳-۱۸ درصد پروتئین، ۵۶-۵۳ درصد کربوهیدرات و میزان قابل توجهی کلسیم و آهن در تامین نیازهای تغذیه‌ای انسان مهم هستند (اسدی‌راد و همکاران، ۱۳۸۹ و مجنون حسینی، ۱۳۷۲). حبوبات به دلیل همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم که تثبیت کننده ازت هوا هستند، علاوه بر تامین قسمت اعظم نیاز خود، باعث ذخیره ازت در خاک زراعی و غنی شدن آن و در نتیجه کاهش مصرف کود ازته و کمک به سالم سازی محیط زیست می‌شوند (سپهوند، ۱۳۸۴). لوبیا از مهم‌ترین حبوبات جهان محسوب می‌شود که یکی از منابع مهم پروتئین و تولید انرژی بوده و از نظر زراعی و تقویت حاصل خیزی خاک و کشاورزی پایدار، مهم است (اسدی راد، ۱۳۸۹). بنابر اعلام سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی (۲۰۱۰) میزان کل تولید لوبیا در جهان در سال ۲۰۱۰ میلادی بیش از ۲۳ میلیون تن بوده است. در این سال بنا بر آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۹) میزان کل محصول لوبیا تولید شده در ایران بیش از ۶۰۰ هزار تن بوده است. پس می‌توان گفت ایران در زمینه تولید لوبیا یکی از بالاترین عملکردهای دنیا را دارد (سپهوند، ۱۳۸۴).

کشاورزی برای پاسخگویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب، به میزان زیادی وابسته به مصرف انرژی است. توجه به منابع محدود انرژی و همچنین اثرات سو ناشی از عدم استفاده مناسب از منابع مختلف انرژی روی سلامت انسان و محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی در بخش کشاورزی را حیاتی ساخته است (هاتیرلی و همکاران، ۲۰۰۵). با گذشت زمان و در قرن‌های پی‌درپی به دلیل رشد فزاینده جمعیت کره زمین، اکوسیستم‌های کشاورزی به تدریج از حالت سنتی خارج شده و به سمت اکوسیستم‌های کشاورزی مکانیزه و مدرن حرکت کرده است که به دلیل استفاده از فناوری‌های جدید، سوخت‌های فسیلی، نیروی الکتریسیته و غیره، دارای بازده تولید محصول بالاتری هستند (عامری، ۱۳۷۹). اما باید در نظر داشت که بازدهی بالاتر این اکوسیستم‌ها فقط به کمک مقادیر قابل توجهی انرژی خارجی است که با انسان در عملیات مختلف کاشت، داشت و برداشت مصرف می‌شود

(عامری، ۱۳۷۹). پس مقایسه انرژی کلی نهاده‌های مصرفی با عملکرد یا انرژی تولیدی، برای مشخص کردن راندمان انرژی در فرآیند تولید، اولین قدم در راستای بهینه کردن استفاده از منابع موجود هست (ایزدخواه شیشوان و همکاران، ۱۳۸۸). به عنوان مثال سلامی و همکاران (۲۰۰۹) اثر اندازه زمین روی کارایی انرژی در مزارع لوبیا قرمز استان کردستان را بررسی کردند، نتایج نشان داد که بالاترین بازده انرژی در تولید لوبیا در مزارع این استان ۰/۴۴ است. حسن زاده و مظاهری (۱۳۷۰) در ارزیابی بیلان انرژی در سه مزرعه گندم، سیب زمینی و برنج در منطقه فلاورجان اصفهان میزان کارایی انرژی برای این سه محصول را به ترتیب ۲/۷، ۲/۲۷ و ۱/۳ گزارش کردند.

بر اساس آمارنامه محصولات زراعی وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۰)، استان چهارمحال بختیاری در زمینه کشت آبی محصول لوبیا، دارای عملکردی معادل ۲۳۵۱/۲۷ کیلوگرم به ازای هر هکتار بوده است که در میان کشت‌های آبی این محصول بعد از استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، فارس و همدان در مکان چهارم قرار می‌گیرد. با وجود اهمیت جایگاه این استان در تولید لوبیا ایران، تاکنون در زمینه کارایی انرژی کشت لوبیا هیچ گونه بررسی‌ای انجام نشده است. پس هدف از این پژوهش محاسبه، ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی در دو نظام کشت متداول و مکانیزه در مزارع لوبیا در این استان است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. اطلاعات مورد نیاز این پژوهش مانند نحوه انجام مراحل کاشت، داشت و برداشت و سایر جزئیات مانند مدت زمان صرف شده برای عملیات کشاورزی و میزان سوخت مصرفی در هر مرحله از کار برای هر یک از دو روش کشت سنتی و کشت نیمه مکانیزه از طریق ۳۰ پرسش‌نامه از زارعین لوبیا کار استان به صورت نمونه‌های تصادفی جمع‌آوری شد.

در روش کشت سنتی ابتدا با گاواهن برگردان دار و چپزل، خاک ورزی انجام می‌شود. در مرحله بعد، پس از عبور تسطیح کننده و سپس ایجاد کرت‌ها، چپزل در کرت‌ها حرکت کرده و بستر خاک را برای پاشش بذر آماده می‌کند. سپس بذرپاشی توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. در این روش، در مرحله داشت به طور معمول به جای

$$E.P \text{ (Kg / Mj)} = \frac{Bean_T \left(\frac{Kg}{Ha} \right)}{E_{Input} \left(\frac{Mj}{Ha} \right)} \quad (5)$$

$$S.E \text{ (Mj / Kg)} = \frac{E_{Input} \left(\frac{Mj}{Ha} \right)}{Bean_T \left(\frac{Kg}{Ha} \right)} \quad (6)$$

$$N.E \text{ (Mj / Ha)} = E_{Output_T} \text{ (Mj / Ha)} - E_{Input} \text{ (Mj / Ha)} \quad (7)$$

که در این روابط E_{Input} انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هر هکتار، E_{Output_T} انرژی خروجی بر حسب مگاژول در هر هکتار، $Bean_T$ میزان لوبیا برداشت‌شده بر حسب کیلوگرم در هر هکتار، $E.E$ کارایی انرژی، $E.P$ بهره‌وری انرژی بر حسب کیلوگرم بر مگاژول، $S.E$ انرژی ویژه بر حسب مگاژول بر کیلوگرم و $N.E$ انرژی خالص بر حسب مگاژول در هکتار هستند.

نتایج و بحث

روش کشت سنتی لوبیا

نهادها و ستانده‌های انرژی لوبیا چیتی به ازای هر هکتار در روش کشت سنتی در جدول ۲ آورده شده است. همچنین شکل ۱ درصد مصرف هر یک از نهادها را در روش متداول را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود نهاد کودهای شیمیایی با ۵۳/۳۷ درصد از کل انرژی مصرفی، پرمصرف‌ترین نهاد انرژی محسوب می‌شود. به طور کلی کودهای شیمیایی یکی از پرمصرف‌ترین نهادها در کشاورزی هستند به عنوان مثال، بنا بر گزارش ملانی و همکاران (۱۳۸۷)، ۵۷/۵ درصد از کل نهادهای مصرفی در کشت گندم دیم در شهرستان اقلید فارس مربوط به کودهای شیمیایی است. لازم به ذکر است که در میان کودهای شیمیایی، کودهای ازت بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند، به عنوان مثال براساس گزارش حیدرقلی‌نژاد و حسن‌زاده (۱۳۸۲)، ۹۰ درصد از کل انرژی مصرفی در مزارع گندم دیم استان مازندران مربوط به نهاد کودهای ازت است. شکل ۲ میزان مصرف کودهای نیترات، فسفات و پتاس و همچنین کودهای حیوانی را در روش کشت متداول لوبیا نشان می‌دهد.

دلیل مصرف بالای کودهای نیتروژن در روش کشت متداول را می‌توان شرایط خاک زراعی و حتی فرهنگ زارعین در ارتباط با مصرف این نهاد دانست، چرا که با

استفاده از سموم شیمیایی، عملیات وجین کاری توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. در نهایت برداشت محصول توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. در روش کشت نیمه‌مکانیزه ابتدا خاک‌ورزی و آماده‌سازی زمین به روش‌های سنتی انجام می‌گیرد. سپس بذرها با استفاده از دستگاه خطی‌کار لوبیا در زمین کاشته می‌شوند. در این روش، کلیه مراحل داشت به‌صورت مکانیزه و با ادوات کشاورزی انجام می‌شوند و به جای انجام عملیات وجین از سموم شیمیایی استفاده می‌شود. در نهایت برداشت محصول به طور کامل مشابه با روش سنتی و توسط نیروی انسانی انجام می‌شود.

نهادهای انرژی در این بررسی شامل کل انرژی فیزیکی، شیمیایی و انرژی بذر در نظر گرفته شد. این تقسیم‌بندی شامل کلیه مراحل خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت است و از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (هاتیرلی و همکاران، ۲۰۰۵).

$$E_{Input} \text{ (Mj / Ha)} = E_{Physical} + E_{Chemical_T} + E_{Seed} \quad (1)$$

در این رابطه $E_{Physical}$ انرژی فیزیکی است که دربرگیرنده انرژی مربوط به نیروی انسانی (E_{man})، ساخت و تعمیر ماشین‌آلات کشاورزی ($E_{machinery}$)، سوخت مصرفی ($E_{gasoline}$)، آب مصرفی ($E_{irrigation}$) و برق ($E_{electricity}$) مورد استفاده در آبیاری است و از رابطه ۲ محاسبه می‌شود (هاتیرلی و همکاران، ۲۰۰۵).

$$E_{Physical} = E_{Man_T} + E_{Machinery_T} + E_{Gasoline_T} + E_{Irrigation_T} + E_{Electricity_T} \quad (2)$$

$E_{Chemical_T}$ انرژی شیمیایی است که شامل کلیه کودهای شیمیایی ($E_{Fertilize}$)، حیوانی ($E_{Farmyard}$) و سموم شیمیایی ($E_{Pesticides}$) استفاده شده است و از رابطه ۳ محاسبه می‌شود (هاتیرلی و همکاران، ۲۰۰۵).

$$E_{Chemical} = E_{Farmyard} + E_{Fertilize} + E_{Pesticides} \quad (3)$$

E_{Seed} نیز انرژی بذر است که برای محاسبه آن و سایر انرژی‌های مصرفی در مراحل مختلف کار و همچنین میزان انرژی لوبیا برداشت‌شده به عنوان انرژی ستانده از ضریب‌ها و هم‌ارزهایی که در منابع مختلف ذکر شده بود، استفاده شد. این ضریب‌ها در جدول ۱ آورده شده‌اند. همچنین، برای محاسبه شاخص‌های انرژی از روابط ۴ تا ۷ استفاده شده است (دمیرکن، ۲۰۰۶).

$$E.E = \frac{E_{Output_T} \text{ (Mj / Ha)}}{E_{Input} \text{ (Mj / Ha)}} \quad (4)$$

وجود همزیستی حبوبات با باکتری‌های ریزوبیوم و تثبیت نیتروژن و در نتیجه نیاز کمتر گیاه به کود ازت، تاکید بیشتری بر استفاده از آن وجود دارد. برای کاهش میزان مصرف این نهاده بهتر است با استفاده از آزمون‌های خاک، قدرت و کیفیت خاک سنجیده شود تا مدیریت نهاده کودهای شیمیایی و کود حیوانی براساس با نیازهای خاک انجام شود. در شکل ۱ مشاهده می‌شود که نهاده الکتریسیته مصرفی بعد از کودهای شیمیایی دومین نهاده پر مصرف انرژی در روش متداول است. این نهاده یکی دیگر از نهاده‌های پرمصرف انرژی در بخش کشاورزی است. به عنوان مثال قاسمی مبتکر و همکاران (۱۳۸۹) میزان مصرف نهاده الکتریسیته در تولید یونجه در مزارع استان همدان را ۷۵/۷۹ درصد از کل انرژی مصرفی گزارش کرده‌اند. دلیل بالا بودن نهاده الکتریسیته در استان چهارمحال و بختیاری وجود الکتروموتورهای بسیار قوی‌تر نسبت به توان مورد نیاز پمپ موجود در مزرعه است. این امر باعث شده تا بازده الکتروموتورها کاهش و مصرف برق افزایش یابد. لذا با انتخاب الکتروموتور متناسب با پمپ موجود در مزرعه و همچنین استفاده از روش‌های نوین

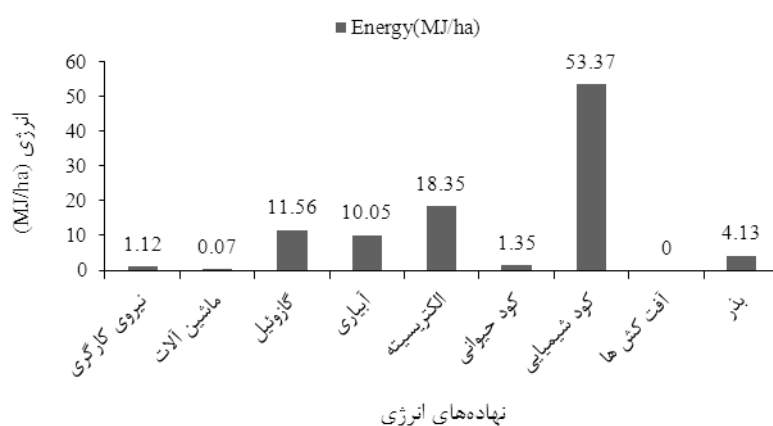
آبیاری می‌توان میزان مصرف این نهاده را کاهش داد. نهاده سوخت مصرفی در روش کشت متداول با ۱۱/۵۶ درصد از کل انرژی مصرفی به عنوان سومین نهاده پر مصرف در تولید لوبیا در استان چهارمحال و بختیاری شناخته می‌شود. حسین پناهی و کافی (۱۳۹۰) نیز در پژوهش خود در رابطه با ارزیابی بودجه انرژی و بهره‌وری آن در مزارع تولید سیب‌زمینی استان کردستان، سهم مصرف این نهاده را ۲۷/۵۱ درصد از کل انرژی مصرفی در مزارع سنتی تولید آن محصول گزارش می‌کند. دلیل مصرف بالای نهاده گازوئیل در این پژوهش را می‌توان استفاده از روش‌های سنتی برای خاک‌ورزی و آماده سازی زمین برای کاشت لوبیا دانست که علاوه بر افزایش ساعت کاری تراکتور و افزایش مصرف سوخت، به ساختمان خاک نیز آسیب می‌رساند. برای جلوگیری از این امر، استفاده از روش‌های کم‌خاک‌ورزی مفید خواهد بود. چرا که استفاده از ادواتی که با یک بار تردد دو یا چند کار را به صورت همزمان انجام می‌دهند سبب می‌شود تا تعداد تردد و ساعت‌های کاری تراکتور کاهش یافته و در نتیجه مصرف سوخت و فشردگی خاک هم کاهش یابند.

جدول ۱- معادل‌های انرژی

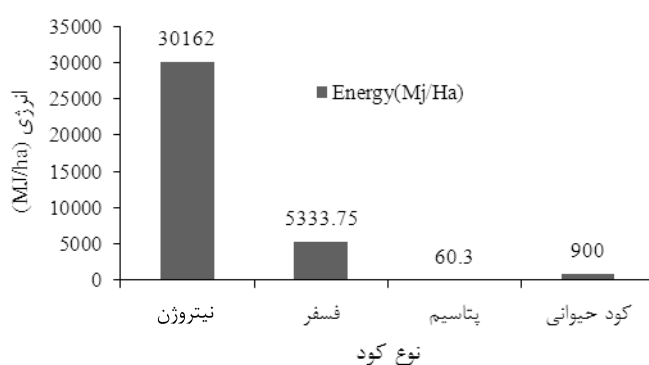
نام معادل انرژی	علامت اختصاری	مقدار	واحد	شماره مرجع
معادل انرژی نیروی کار انسانی	E_{Man}^*	۱/۹۶	(MJ/man-hr)	(اردال و همکاران، ۲۰۰۷ و سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)
معادل انرژی تراکتور	E_{Tr}^*	۹۳/۶۱	(MJ/Kg)	(کیزیلاسلان، ۲۰۰۹)
معادل انرژی ادوات کشاورزی	E_{Ip}^*	۶۲/۷۰	(MJ/Kg)	(مظاهری، ۱۳۷۸)
معادل انرژی سوخت گازوئیل	E_D^*	۵۶/۳۱	(MJ/L)	(کوچکی و صدرآباد حقیقی، ۱۳۷۷ و سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)
معادل انرژی آب	E_w^*	۱/۰۲۰	(MJ/m ³)	(کوچکی و صدرآباد حقیقی، ۱۳۷۷ و سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)
معادل انرژی کود ازت	E_N^*	۵۰/۲۱	(MJ/Kg)	(کوچکی و صدرآباد حقیقی، ۱۳۷۷ و سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)
معادل انرژی کود فسفات	E_P^*	۱۲/۵۵	(MJ/Kg)	(کوچکی و صدرآباد حقیقی، ۱۳۷۷ و سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)
معادل انرژی کود پتاس	E_K^*	۶/۷	(MJ/Kg)	(کوچکی و صدرآباد حقیقی، ۱۳۷۷ و سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)
معادل انرژی کود حیوانی	E_F^*	۰/۳	(MJ/Kg)	(عالم و همکاران، ۲۰۰۵)
معادل انرژی سموم شیمیایی	E_{Ep}^*	۳۹۰/۸۳	(MJ/Kg)	(اردال و همکاران، ۲۰۰۷؛ کوچکی و صدرآباد حقیقی، ۱۳۷۳؛ سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)
الکتریسیته	$E_{Electricity}$	۱۱/۹۳	(MJ/kWh)	(قوچ‌بیگی و همکاران، ۲۰۱۰)
معادل انرژی بذر لوبیا	E_{Seed}^*	۲۸/۱	(MJ/Kg)	(کوچکی و صدرآباد حقیقی، ۱۳۷۳ و سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)
معادل انرژی علوفه لوبیا	E_{Bean}^*	۱۵/۸	(MJ/Kg)	(کیتانی، ۱۹۹۹؛ کیزیلاسلان، ۲۰۰۹؛ کوچکی و صدرآباد حقیقی، ۱۳۷۳ و سلامی و همکاران، ۲۰۰۹)

جدول ۲- نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی لوبیا چیتی در روش کشت متداول

نهاده‌های انرژی			
نهاده	مقدار بر حسب مگاژول در هکتار	نهاده	مقدار بر حسب مگاژول در هکتار
نیروی انسانی	۷۳۹/۰۳	الکتریسیته	۱۲۲۱۹/۴۸
ماشین‌آلات	۵۳/۲۳	کود حیوانی	۹۰۰
گازوئیل	۷۶۹۱/۳۳	کود شیمیایی	۳۵۵۲۰/۰۵
آب	۶۶۸۳/۰۴	سموم شیمیایی	۰
بذر لوبیا چیتی (رقم تلاش)		۲۷۵۰	
کل انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هر هکتار		۶۶۵۵۶/۱۶	
ستانده‌های انرژی			
ستانده‌ها	مقدار بر حسب مگاژول در هکتار		
میزان انرژی لوبیا چیتی برداشت‌شده	۴۴۱۰۰		
کل انرژی خروجی بر حسب مگاژول در هر هکتار	۴۴۱۰۰		



شکل ۱- درصد مصرف نهاده‌های انرژی در روش کشت متداول



شکل ۲- میزان مصرف کودهای شیمیایی و کود حیوانی در روش کشت متداول

روش کشت نیمه‌مکانیزه لوبیا

نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی لوبیا چیتی به ازای هر هکتار در روش کشت نیمه‌مکانیزه در جدول ۳ آورده شده است. همچنین شکل ۳ درصد مصرف هر یک از نهاده‌های انرژی

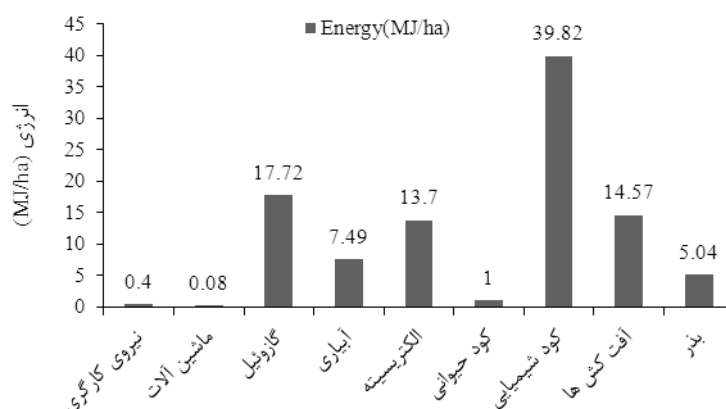
در روش سنتی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در روش نیمه‌مکانیزه محصول لوبیا در استان چهارمحال و بختیاری، نهاده‌های کودهای شیمیایی، سوخت مصرفی و سموم شیمیایی به ترتیب با ۳۹/۸۲،

آفات موجود در مزرعه و همچنین استفاده از روش‌های ارگانیک برای مبارزه با این آفات است. در ضمن قبل از کاشت می‌توان زمین را آبیاری و پس از سبز شدن علف‌های هرز اقدام به انجام عملیات خاکورزی کرد. با این اقدام بخش زیادی از علف‌های هرز مزرعه از بین می‌روند.

۱۷/۷۲ و ۱۴/۵۷ درصد از کل انرژی مصرفی، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی محسوب می‌شوند. دلیل بالا بودن میزان مصرف سموم شیمیایی به علت مبارزه شیمیایی با آفات و علف‌های هرز مزارع است. برای کاهش میزان مصرف این نهاده بهترین راه استفاده از بذره‌های مقاوم به بیماری و

جدول ۳- نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی لوبیا چیتی در روش کشت نیمه مکانیزه

نهاده‌های انرژی			
نهاده	مقدار بر حسب مگاژول در هکتار	نهاده	مقدار بر حسب مگاژول در هکتار
نیروی انسانی	۳۶۵/۴۵	الکتریسیته	۱۲۲۱۹/۴۸
ماشین‌آلات	۶۵/۵۵	کود حیوانی	۹۰۰
گازوئیل	۱۵۸۰۲/۱۹	کود شیمیایی	۳۵۵۲۰/۰۵
آب	۶۶۸۳/۰۴	سموم شیمیایی	۱۳۱۶۲/۵
بذر لوبیا چیتی (رقم تلاش)		۴۵۰۰	
کل انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هر هکتار		۸۹۱۸۱/۳۰	
ستانده‌های انرژی			
ستانده‌ها	مقدار بر حسب مگاژول در هکتار		
لوبیا چیتی برداشت‌شده	۳۶۹۶۰		
کل انرژی خروجی بر حسب مگاژول در هر هکتار	۳۶۹۶۰		



نهاده‌های انرژی

شکل ۳- درصد مصرف نهاده‌های انرژی در روش کشت نیمه مکانیزه

عنوان مثال سلامی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی میزان انرژی مصرفی در اندازه‌های مختلف مزارع برای تولید لوبیا قرمز در مزارع استان کردستان را بررسی کرده و بالاترین بازده انرژی را ۰/۴۴ گزارش کردند. مقدار بهره‌وری انرژی در روش کشت متداول ۰/۰۴ کیلوگرم به ازای هر مگاژول و در روش کشت مکانیزه ۰/۰۳ کیلوگرم به ازای هر مگاژول به دست آمد که این نشان می‌دهد که به ازای مصرف هر مگاژول انرژی، به ترتیب ۴۰ و ۳۰ گرم لوبیا در روش‌های سنتی و نیمه مکانیزه تولید می‌شوند. این ارقام نشان دهنده

جدول ۴ و ۵ شاخص‌های بازده انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص را نشان می‌دهد. همچنین عملکرد محصول و تقسیم‌بندی انرژی ورودی شامل مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در این جدول آورده شده است. بازده انرژی در تولید لوبیا در این استان در روش کشت متداول ۰/۶۶ و در روش کشت مکانیزه ۰/۴۱ به دست آمد. در پژوهش‌های دیگری که در زمینه انرژی مورد نیاز برای تولید لوبیا انجام شده، عددهای مختلفی برای این شاخص گزارش شده است. به

باید توجه کرد که مقدار انرژی نهاده‌ها در روش کشت نیمه‌مکانیزه نسبت به روش سنتی به میزان ۲۲۶۲۵/۱۴ مگاژول در هر هکتار بیشتر است که از این مقدار ۵۸/۱۷ درصد مربوط به استفاده از سموم شیمیایی و ۳۵/۸۴ درصد مربوط به استفاده بیشتر از سوخت گازوئیل به دلیل به‌کارگیری ادوات کشاورزی در مراحل کاشت، داشت و برداشت است. بدیهی است با انتخاب بذور مناسب و مقاوم در برابر آفات و همچنین استفاده از ادوات مدرن با ظرفیت‌های کاری بالاتر می‌توان مقادیر مربوط به انرژی سوخت را کاهش داد. در ضمن برای رعایت مسائل زیست‌محیطی و بهداشتی بهتر است به جای استفاده از سموم شیمیایی که برای سلامتی انسان مضر است از روش‌های مکانیکی مانند استفاده از کولتیواتورها و وجین‌کن‌ها استفاده کرد. همچنین لازم به ذکر است که میزان مصرف کودهای شیمیایی و حیوانی در هر دو روش با هم برابر هستند.

عملکرد به نسبت یکسان تولید لوبیا در این استان با استان کردستان با بهره‌وری حداکثری ۰/۰۳ کیلوگرم به ازای هر مگاژول است (سلامی و همکاران، ۲۰۰۹). میزان انرژی خالص در این پژوهش به‌ترتیب ۲۲۴۵۶/۱۶- و ۵۲۲۲۱/۳۰ مگاژول در هر هکتار برای روش‌های کشت متداول و مکانیزه به دست آمد. این ارقام نشان می‌دهد کشاورزی لوبیا در استان چهارمحال و بختیاری، به خصوص در روش کشت نیمه‌مکانیزه از نظر انرژی ناکارا عمل کرده است. همچنین به‌صورت تقریبی می‌توان گفت که در هر دو روش کشت، ۷۵ درصد از کل انرژی مصرفی به‌صورت غیرمستقیم در مزرعه مصرف شده و حدود ۸۵ درصد از انرژی نهاده‌ها، تجدیدنپذیر است. به نظر می‌رسد بتوان با مدیریت مصرف نهاده‌ها بازده انرژی را در کشت این محصول بهبود داد. به این صورت که با روش‌های نوین آبیاری، مبارزه مناسب و به موقع با آفات و علفهای هرز و مصرف مناسب و به موقع کودهای شیمیایی مصرف انرژی را کاهش و با افزایش عملکرد، میزان انرژی تولیدی و درنتیجه بازده انرژی افزایش می‌یابد.

جدول ۴- شاخص‌های انرژی، عملکرد محصول، تقسیم‌بندی انرژی در روش متداول کشت لوبیا

شاخص‌های انرژی			
شاخص	مقدار بر حسب واحد	شاخص	مقدار بر حسب واحد
E.E	۰/۶۶	N.E	۲۲۴۵۶/۱۶- مگاژول در هر هکتار
E.P	۴۰ گرم به ازای هر مگاژول	S.E	۲۲/۱۸ مگاژول به ازای هر کیلوگرم
عملکرد محصول در واحد سطح			
میزان لوبیا برداشتی بر حسب کیلوگرم در هر هکتار		۳۰۰۰	
تقسیم‌بندی انرژی			
انرژی	مقدار بر حسب درصد	انرژی	مقدار بر حسب درصد
انرژی‌های مستقیم	۲۲/۷۱	انرژی‌های تجدیدپذیر	۱۶/۶۴
انرژی‌های غیرمستقیم	۷۷/۲۹	انرژی‌های تجدیدنپذیر	۸۳/۳۶

جدول ۵- شاخص‌های انرژی، عملکرد محصول، تقسیم‌بندی انرژی در روش مکانیزه کشت لوبیا

شاخص‌های انرژی			
شاخص	مقدار بر حسب واحد	شاخص	مقدار بر حسب واحد
E.E	۰/۴۱	N.E	۵۲۲۲۱/۳۰- مگاژول در هر هکتار
E.P	۳۰ گرم به ازای هر مگاژول	S.E	۳۳/۰۳مگاژول به ازای هر کیلوگرم
عملکرد محصول در واحد سطح			
میزان لوبیا برداشتی بر حسب کیلوگرم در هر هکتار		۲۷۰۰	
تقسیم‌بندی انرژی			
انرژی	مقدار بر حسب درصد	انرژی	مقدار بر حسب درصد
انرژی‌های مستقیم	۲۲/۶۲	انرژی‌های تجدیدپذیر	۱۳/۹۶
انرژی‌های غیرمستقیم	۷۴/۳۸	انرژی‌های تجدیدنپذیر	۸۶/۰۴

نتیجه گیری

نیمه مکانیزه است. نهاده کود شیمیایی پرمصرف ترین نهاده در هر دو روش کشت محاسبه شده است. نهاده سموم شیمیایی در روش کشت نیمه مکانیزه یکی از پرمصرف ترین نهاده ها بوده و از این نظر محصولات روش سنتی سالم تر به نظر می رسند. نهاده های ماشین های کشاورزی، نیروی انسانی و کود حیوانی کمترین سهم را در مصرف انرژی به خود اختصاص دادند.

در این پژوهش کارایی انرژی تولید لوبیا در استان چهارمحال و بختیاری برای دو نظام کشت متداول و مکانیزه بررسی و محاسبه شد. نتایج نشان داد کل انرژی نهاده ها در روش متداول ۶۶۵۵۶/۱۶ و در روش مکانیزه ۸۹۱۸۱/۳۰ مگاژول در هر هکتار هستند. از نظر بازده انرژی در این پژوهش روش متداول بهتر از روش

منابع

۱. اسدی راد م.، آسودار م.، ا. عبدشاهی ع. و مزربان ا. ۱۳۸۹. بررسی بهره‌وری ماشین‌های کشاورزی در تولید محصول لوبیا در استان مرکزی. اولین همایش ملی مکانیزاسیون و فناوری‌های نوین در کشاورزی. ۴۵-۵۲.
۲. ایزدخواه شیشوان م.، تاجبخش شیشوان م. و حسن‌زاده قورت تپه ع. ۱۳۸۸. ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی دو نظام کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیب زمینی استان آذربایجان شرقی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۲۸(۲): ۲۸۴-۲۹۷.
۳. بی نام. ۱۳۹۰. آمارنامه محصولات زراعی سال ۹۰-۸۹ وزارت جهاد کشاورزی. ۵۸۶ ص.
۴. بی نام. ۲۰۱۰. سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی، ۹۶۱ ص.
۵. حسن‌زاده قورت تپه ع. و مظاهری د. ۱۳۷۰. ارزیابی بیلان انرژی در سه مزرعه گندم، سیب زمینی و برنج در منطقه فلاورجان اصفهان. چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. ص ۳۲۸.
۶. حسین پناهی ف. و کافی م. ۱۳۹۰. ارزیابی بودجه انرژی و بهره‌وری آن در مزارع تولید سیب‌زمینی استان کردستان، مطالعه موردی: دشت دهگلان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۲): ۱۵۹-۱۶۹.
۷. حیدرقلی نژاد کناری م. و حسن‌زاده قورت تپه ع. ۱۳۸۲. ارزیابی بیلان انرژی زراعت گندم دیم در استان مازندران. مجله پژوهش و سازندگی. ۵۸(۵): ۶۳-۶۵.
۸. سپهوند ن. ع. ۱۳۸۴. برنامه تحقیقات و تولید حبوبات آبی و چالشی‌های آن. اولین همایش ملی حبوبات. ۲۹-۳۰ آبان. مشهد مقدس. ۱۹۳-۱۹۵.
۹. عامری ع. ا. ۱۳۷۹. بررسی کارایی (بازده) انرژی در سیستم‌های سنتی و مدرن کشاورزی. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس سراسری روستا و انرژی. ۲: ۵۰۱-۵۲۰.
۱۰. قاسمی میتکر ح. اکرم ا. و کیهانی ع. ۱۳۸۹. مقایسه میزان مصرف انرژی در اندازه‌های مختلف مزارع برای تولید یونجه در مزارع استان همدان. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج). ۱۱-۱۸.
۱۱. کوچکی ع. ۱۳۷۳. کشاورزی و انرژی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ش. ۱۵۰ ص.
۱۲. کوچکی ع. و صدرآباد حقیقی ر. ۱۳۷۷. نهاده‌های انرژی در نظام‌های زراعی استان خراسان. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۶(۲۳): ۸۹-۱۰۳.
۱۳. مجنون حسینی ن. ۱۳۷۲. حبوبات در ایران. جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ص ۳۴۹.
۱۴. مظاهری لقب ح. ۱۳۸۷. آشنایی با گیاهان علوفه‌ای. انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا. ۲۹۰ ص.
۱۵. ملائی ک. کیهانی ع. کریمی م. خیرعلی‌پور ک. و قاسمی ورنامخواستی م. ۱۳۸۷. نسبت انرژی گندم دیم- مطالعه موردی: شهرستان اقلید (فارس). مجله مهندسی بیوسیستم ایران. ۳۹(۱): ۱۳-۱۹.

16. Alam M. S. Alam M. R. and Islam K. K. 2005. Energy flow in agricultural of Bangladesh. American Journal of Environmental Science. 1(3): 213-220.

17. Demircan V. Ekinci K. Keener H. M. Akbolat D. and Ekinci C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: a case study from Isparta province. Energy Conversion and Management. 47(13): 1761-1769.

18. Erdal G. Esengun K. Erdal H. and Gunduz O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*. 32(1): 35-41.
19. Hatirli S. A. Ozkan B. and Fert C. 2005. An econometric analysis of energy input output in Turkish agriculture. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 9(6): 608-623.
20. Kitani O. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. V. Energy and Biomass Engineering. ASAE Publication, St. Joseph, MI. 234-241.
21. Kizilaslan H. 2009. Input-Output Energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. *Applied Energy*. 86(7): 1354-1358.
22. Salami P. Keyhani A. and Rafiee S. 2009. The impact of farm size on energy use and profitability of red bean production in Iran: A case study in Kurdistan province. *Nature and Science*. 7(9): 95-104.