

مقاله پژوهشی

ارزیابی شاخص‌های انرژی - اقتصادی و زیست‌محیطی در دو روش تولید علوفه دیم در شهرستان خرم‌آباد

مهناز رحمتی^{۱*}، موحد سپهوند^۲، علی احمدی^۳، مهشید بهادری^۴، ذبیح‌اله محمدپور^۱ و امین فرهادی‌نژاد^۱

چکیده

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی شاخص‌های انرژی- اقتصادی و زیست‌محیطی در دو روش تولید علوفه دیم (کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو) در مزرعه زارع در شهرستان خرم‌آباد در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ اجرا شد. کاشت ماشک به صورت خالص با تراکم ۲۵۰ دانه در مترمربع و کشت مخلوط ماشک و جو به نسبت ۷۵ درصد ماشک با ۲۵ درصد جو، در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج، میانگین عملکرد علوفه تر و خشک در کشت خالص ماشک به ترتیب ۸۴۸۲ و ۲۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و برای کشت مخلوط ماشک و جو ۱۷۹۵۰ و ۶۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. مقایسه میانگین عملکرد با استفاده از آزمون t-student نشان داد که تفاوت عملکرد علوفه تر و خشک کشت مخلوط ماشک و جو با کشت خالص ماشک از نظر آماری معنی‌دار بوده است. متوسط کل انرژی ورودی و خروجی در کشت ماشک خالص و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۸۶۷۵/۲۵ و ۴۸۲۴۴ مگاژول بر هکتار و ۸۷۹۵/۰۸ و ۹۸۸۸۰ مگاژول بر هکتار، و مقدار شاخص‌های نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی در دو روش تولید علوفه به ترتیب ۵/۵۶ و ۰/۳۲۲ کیلوگرم بر مگاژول و ۱۱/۱۲ و ۰/۶۸۲ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. قابلیت گرمایش جهانی در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۵۶۶/۵ و ۵۷۸/۹ کیلوگرم معادل کربن دی‌اکسید به دست آمد. همچنین میانگین سود خالص و نسبت فایده به هزینه تولید علوفه خشک در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۴۰۷۹۳۰۰۰ ریال بر هکتار و ۱/۵۱ و ۱۷۳۴۷۳۰۰۰ ریال بر هکتار و ۳/۰۵ برآورد گردید. بر اساس نتایج ارزیابی شاخص‌های انرژی- اقتصادی و زیست‌محیطی در دو روش تولید علوفه دیم، کشت مخلوط ماشک و جو به عنوان تیمار برتر در منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های انرژی- اقتصادی، قابلیت گرمایش جهانی، علوفه تر و خشک، ماشک، جو.

ارجاع: رحمتی م، سپهوند م، احمدی ع، بهادری م، محمدپور ذ، ا. و فرهادی‌نژاد ا. ۱۴۰۳. ارزیابی شاخص‌های انرژی- اقتصادی و زیست‌محیطی در دو روش تولید علوفه دیم در شهرستان خرم‌آباد. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۳۲: ۴۴-۴۴.
<https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14659.695>

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.
۲- پژوهشگر گروه تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.
۳- پژوهشگر بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.
۴- کارشناس مرکز جهاد کشاورزی بیرانشهر.

* نویسنده مسئول: avinmahnaz@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۱

مقدمه

اقتصادی محصولات علوفه‌ای در چرخه تولید دیم‌زارها، به‌عنوان گزینه مناسب جایگزین آیش و تناوب با غلات و تأمین علوفه دام، بایستی این محصولات به‌طور مستمر در شرایط زارعین ارزیابی شوند. پروژه‌های تحقیقی- ترویجی برای ارزیابی محصولات علوفه‌ای در سال‌های اخیر انجام گرفته است که به نتایج برخی از آنها پرداخته شده است. نتایج بررسی گیاهان علوفه‌ای یک‌ساله در شرایط دیم، نشان داد که انتخاب رقم مناسب برای تولید علوفه متناسب با شرایط مناطق، مهم است. به‌طوری‌که در تحقیقات به‌نژادی ماشک‌ها، ماشک رقم مراغه با متوسط عملکرد علوفه خشک ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، مناسب کشت در مناطق معتدل و گرم کشور و ماشک گل‌سفید و لامعی با متوسط عملکرد ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، مناسب کشت پاییزه در دیم‌زارهای مناطق سردسیر در موسسه تحقیقات دیم کشور، معرفی شده‌اند (Alizadeh, 2019). به‌منظور ارزیابی انواع کشت مخلوط ماشک و جو پاییزه تحت شرایط دیم مهاباد، عملکرد علوفه خشک و علوفه تر در برخی از کشت‌های مخلوط، ۵۰ درصد بیشتر از کشت خالص بود و کشت مخلوط ۵۰ درصد ماشک با ۵۰ درصد جو از بیش‌ترین میزان عملکرد علوفه خشک (۳۱۸۷ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود. نسبت برابری زمین در تمام انواع کشت‌های مخلوط این آزمایش بزرگ‌تر از ۱ بود و بیش‌ترین نسبت برابری زمین متعلق به کشت مخلوط ۵۰ درصد ماشک با ۵۰ درصد جو بود که برای کشت پاییزه در این منطقه و احیاناً مناطق مشابه قابل توصیه است (Pouryusef Miandoab & Alizadeh, 2018). با ارزیابی قابلیت تولید محصولات علوفه‌ای یک‌ساله در سکوی نوآوری ارتقاء امنیت غذایی استان لرستان در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۶، کاشت ماشک و گاودانه به‌عنوان بهترین محصولات علوفه‌ای مناسب کاشت در استان لرستان از نظر عملکرد علوفه خشک، همچنین کاشت ماشک و نخود علوفه‌ای به‌صورت مخلوط با جو و تریتیکاله در شرایط کشاورزی حفاظتی برای دستیابی به تولید بیشتر توصیه گردید (Rahmati et al., 2022). به‌منظور تعیین سودآوری کشت ارقام مختلف لگوم‌های علوفه‌ی یک‌ساله شامل چهار رقم باقلا، سه رقم ماشک، دو رقم نخود علوفه‌ای و یک توده محلی خَلر در استان البرز، طبق نتایج، میانگین عملکرد علوفه تر و خشک ماشک گل‌خوشه‌ای به ترتیب ۵۱۵۴۵ و ۱۳۰۲۵

کاشت گیاهان علوفه‌ای یک‌ساله در دیم‌زارها می‌تواند در تولید بخشی از علوفه مورد نیاز کشور، نقش اساسی داشته باشد و به‌عنوان یک محصول مناسب در تناوب با غلات دیم قرار گیرد. از آنجایی‌که هر ساله حدود ۲۰ درصد اراضی کشاورزی استان لرستان تحت آیش است، کاشت محصول علوفه‌ای مذکور می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسب آیش در دیم‌زارها باشد. شروع دیر هنگام و بارش کم در پاییز به‌همراه سرد شدن سریع هوا از ویژگی‌های منطقه سرد بوده که کشت پاییزه هر گیاهی به‌جز گندم و جو را در دیم‌زارهای این مناطق محدود نموده است (Rahmati et al., 2022). از سوی دیگر، با توجه به خشکسالی‌های چند ساله اخیر، بایستی برنامه کاشت محصولات علوفه‌ای دیم برای تأمین علوفه مورد نیاز کشور جزء اولویت‌های جدی در بخش کشاورزی قرار گیرد. با کاشت محصولات علوفه‌ای از جمله ماشک علوفه‌ای به‌صورت مخلوط با غلات (جو و تریتیکاله) ضمن تولید علوفه با کیفیت قابل قبول، حجم علوفه تولیدی و درآمد مربوطه حداقل دو برابر می‌گردد. استفاده از گیاهان خانواده غلات به‌عنوان علوفه در مقایسه با بقولات به‌دلیل پایین بودن پروتئین خام آنها، ارزش غذایی نسبتاً پایینی دارد. از طرفی ارزش غذایی غلات به میزان کربوهیدرات (قند) آنها است. لذا مخلوط غلات- بقولات منجر به تولید علوفه با کیفیت بالا خواهد شد. بنابراین کشت مخلوط غلات و بقولات می‌تواند گزینه‌ای مناسب و مفید برای اصلاح عملکرد علوفه و افزایش میزان پروتئین در تولید زراعی باشد (Alizadeh, 2019). در کشت مخلوط ماشک و جو، گیاه جو با ریشه‌های سطحی و افشان در مجاورت گیاهان علوفه‌ای که دارای ریشه‌های عمیق است، باعث می‌شود ریشه گیاهان در سطوح مختلف خاک پراکنده شده و در مجموع آب و مواد غذایی بیش‌تری از حجم معینی از خاک جذب گردد که منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. از طرفی اجزای کشت مخلوط در مصرف منابع محیطی به‌طور مکمل عمل می‌کنند، بنابراین رقابت برون‌گونه‌ای کم‌تر از رقابت درون‌گونه‌ای بوده و به تبع آن استفاده از منابع محیطی در کشت مخلوط بیش‌تر است. این امر باعث تولید بیش‌تر علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط می‌شود (Lamei et al., 2016). به‌منظور بررسی کارایی زراعی و

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی دو روش تولید علوفه دیم، کشت ماشک به صورت خالص و مخلوط با جو (۷۵ درصد ماشک با ۲۵ درصد جو) در مزرعه زارع در منطقه بیران‌شهر - روستای سرنمک از توابع شهرستان خرم‌آباد انجام شد. هر دو تیمار در سطحی به وسعت ۲۵۰۰ مترمربع کاشت شدند. طول و عرض جغرافیایی مزرعه انتخاب شده به ترتیب ۲۲، ۳۱، ۴۸ و ۵۹، ۳۳، ۳۳ و ارتفاع ۱۷۶۰ متر از سطح دریا بود. تراکم کاشت ماشک به‌صورت خالص ۲۵۰ دانه در مترمربع (معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) لحاظ شد. در کشت مخلوط ماشک و جو با در نظر گرفتن وزن هزار دانه، با توجه به اینکه در کشت خالص جو ۱۶۰ کیلوگرم بذر در هکتار و برای ماشک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده می‌شود، لذا در کشت مخلوط ماشک و جو (۷۵ درصد ماشک با ۲۵ درصد جو)، حدود ۷۵ کیلوگرم ماشک با ۴۰ کیلوگرم جو با هم در نظر گرفته شد و به‌صورت درهم کشت شد. زمین محل آزمایش در سال گذشته آیش و عملیات خاک‌ورزی مزرعه به روش مرسوم انجام شد. کاشت به‌وسیله عمیق‌کار کشت‌گستر تبریز با ۱۳ ردیف کاشت و فاصله خطوط ۱۸ سانتی‌متر و عمق کاشت ۴-۵ سانتی‌متر انجام شد. تیمارها در تاریخ ۱۹ آبان سال ۱۴۰۰ کاشت شدند (شکل ۱). نخستین بارندگی مؤثر بعد از کاشت در تاریخ ۳۰ آبان اتفاق افتاد و به‌عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. مقادیر کود مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور مصرف شد.

به‌این‌ترتیب‌که، ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (از منبع اوره) در هکتار و ۳۰ کیلوگرم پنتا اکسید فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) هم‌زمان با کاشت مصرف شد. در کشت خالص ماشک، علف‌های هرز باریک برگ مزرعه با علف‌کش سوپرگلانت به میزان ۱ لیتر در هکتار پایش شدند. زمان برداشت در کشت خالص ماشک در مرحله ۱۰۰ درصد گل‌دهی و در کشت مخلوط در مرحله ۱۰۰ درصد گل‌دهی ماشک که هم‌زمان جو در مرحله شیری- اوایل مرحله خمیری بوده است (شکل ۲). در هنگام برداشت از هر تیمار ۱۲ نمونه یک مترمربعی به‌صورت تصادفی برداشت و در ابتداء وزن تر علوفه و پس از قرارگیری تیمارها به مدت چند روز زیر سایبان و خشک شدن نمونه‌ها، وزن خشک علوفه محاسبه شد. در پایان،

کیلوگرم در هکتار بود که این مقدار نسبت به محصولات دیگر بیش‌تر بود، هم‌چنین میانگین سود ناخالص علوفه تر و خشک ماشک گل‌خوشه‌ای به‌ترتیب ۱۸۵/۷ و ۱۶۰/۶ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد. بنابراین، کشت ماشک گل‌خوشه‌ای به عنوان تیمار اقتصادی برتر در منطقه هدف، مشخص شد (Asadi et al., 2022). در زمینه ارزیابی شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی در تولید ماشک علوفه‌ای خالص و مخلوط مطالعات محدودی صورت گرفته که در ادامه به دو مورد اشاره شده است. در مطالعه‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل انرژی و تخمین گازهای گلخانه‌ای کشت ماشک علوفه‌ای ساتیوا در ترکیه، متوسط کل انرژی‌های ورودی و خروجی به ترتیب ۸۲۰۵/۰۲ و ۹۰۳۸۸/۵۶ مگاژول بر هکتار و میزان شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی به ترتیب ۱۱/۰۲، ۲/۹۰ کیلوگرم بر مگاژول، ۰/۳۴ مگاژول بر کیلوگرم و ۸۲۱۸۳/۵۴ مگاژول بر هکتار برآورد شد، هم‌چنین مقدار شاخص قابلیت گرمایش جهانی در تولید ماشک علوفه‌ای ۲۰۵/۱۹ کیلوگرم معادل CO₂ محاسبه شد (Seydosoglu et al., 2023). هم‌چنین در تعیین مصرف انرژی ماشک علوفه‌ای گونه‌های ساتیوا، پانونیکا و ناربون در ترکیه، متوسط کل انرژی‌های ورودی و خروجی گونه‌های فوق به ترتیب ۱۳۰۶۰/۷۲، ۱۵۷۶۷/۲۲ و ۱۴۷۶۹/۷۳ و ۴۲۰۸۲/۲۲، ۱۰۰۵۱/۳۳ و ۱۱۹۶۳/۶۲ مگاژول بر هکتار و میزان شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی به ترتیب ۳/۲۲، ۰/۶۴ و ۰/۸۱، ۰/۱۸ و ۰/۰۳ و ۰/۰۵ کیلوگرم بر مگاژول، ۵/۴۶ و ۲۹/۹۸ و ۲۱/۹۸ مگاژول بر کیلوگرم و ۲۸۹۸۷/۵۰، ۵۷۱۵/۸۹ و ۲۸۰۶/۱۱ مگاژول بر هکتار محاسبه شد (Kokten et al., 2017).

مروری بر تحقیقات انجام شده نشان داد، تاکنون تحقیقی در خصوص ارزیابی شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو در ایران صورت نگرفته است. بنابراین تحقیقی با هدف ارزیابی شاخص‌های انرژی- اقتصادی و زیست‌محیطی در دو روش تولید علوفه فوق‌الذکر در شرایط دیم در شهرستان خرم‌آباد انجام گرفت.

مقایسه شاخص‌های انرژی - اقتصادی و زیست‌محیطی در کشت خالص ماشک با کشت مخلوط ماشک و جو، بهترین تیمار انتخاب و برای کاشت به بهره‌برداران توصیه شد.

عملیات برداشت با دستگاه‌های دروگر و جاروی کنار ریز و پس از فرآیند خشک شدن علوفه به‌وسیله بسته‌بند انجام شد. مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر و خشک با استفاده از آزمون t (جفت‌نشده) انجام شد. در نهایت با



شکل ۱- عملیات کاشت دو روش تولید علوفه دیم



(ب)



(الف)

شکل ۲- مرحله ۱۰۰ درصد گلدهی کشت خالص ماشک (الف) و کشت مخلوط ماشک و جو (ب) - ۱۹ اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۱

$$ER = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (۱)$$

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (۲)$$

$$SE = \frac{E_{in}}{Y} \quad (۳)$$

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (۴)$$

که در آن ER نسبت انرژی، EP بهره‌وری انرژی $(\frac{kg}{MJ})$ ، SE شدت انرژی $(\frac{MJ}{kg})$ ، NEG افزوده خالص انرژی $(\frac{MJ}{ha})$ ، E_{out} انرژی خروجی $(\frac{MJ}{ha})$ ، E_{in} انرژی ورودی $(\frac{MJ}{ha})$ و Y عملکرد محصول $(\frac{kg}{ha})$ است.

انرژی نهاده‌های تولید در فعالیت‌های کشاورزی به شکل‌های مستقیم و غیرمستقیم یا تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم‌بندی می‌شوند. در این مطالعه انرژی

شاخص‌های انرژی

برای محاسبه انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها و ستانده، میزان مصرف هر یک از آن‌ها در هم‌ارز انرژی معادل هر نهاده ضرب گردید. در این مطالعه نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت، ادوات، کود شیمیایی، علف‌کش و بذر به‌عنوان نهاده‌های ورودی و عملکرد علوفه خشک در یک هکتار به‌عنوان ستانده در نظر گرفته شد (جدول ۱).

پس از تعیین میزان انرژی‌های ورودی و خروجی دو روش تولید علوفه دیم، برای تحلیل جریان انرژی، شاخص‌های انرژی شامل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی از طریق معادلات (۱) تا (۴) محاسبه گردید (Pishgar Komleh et al., 2011).

انرژی تجدیدناپذیر شامل انرژی حاصل از سوخت، ماشین‌ها، کود شیمیایی و علف‌کش است (Mohammadi *et al.*, 2010).

مستقیم شامل انرژی حاصل از نیروی انسانی و سوخت و انرژی غیرمستقیم شامل انرژی حاصل از ادوات، کود شیمیایی، علف‌کش و بذر است. همچنین انرژی تجدیدپذیر شامل انرژی حاصل از نیروی انسانی و بذر و

جدول ۱- هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده در دو روش تولید علوفه دیم

منبع	هم‌ارز انرژی (MJ/unit)	واحد	نهاده/ستانده
			نهاده‌ها
(Ozkan <i>et al.</i> , 2004)	۱/۹۶	h	نیروی انسانی
(Karpenter, 2014)	۳۶/۴	L	سوخت
(Kitani <i>et al.</i> , 1999)	۶۲/۷	h	ماشین‌ها
			کود شیمیایی
(Mohammadi <i>et al.</i> , 2010)	۶۰/۶	kg	ازت (N ₂)
(Zarei Shahamat <i>et al.</i> , 2010)	۱۱/۱	kg	فسفر (P ₂ O ₅)
(Kitani <i>et al.</i> , 1999)	۲۳۸	kg	علف‌کش
			بذر
(Kokten <i>et al.</i> , 2017)	۱۷/۶۴	kg	ماشک
(Ziaei <i>et al.</i> , 2015)	۱۴/۷	kg	جو
			ستانده (علوفه خشک)
(Seydosoglu <i>et al.</i> , 2023)	۱۷/۲۳	kg	کشت خالص ماشک
(Seydosoglu <i>et al.</i> , 2023), (Pasandi <i>et al.</i> , 2005)	۱۶/۴۸	kg	کشت مخلوط ماشک و جو

قابلیت گرمایش جهانی

برای محاسبه قابلیت گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از کاربرد نهاده‌ها در دو روش تولید علوفه دیم، با به‌کارگیری ضرایب تولید گازهای CO₂، N₂O و CH₄ به ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO₂، کل گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل CO₂ محاسبه شدند. ضرایب انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای به ازای هر نهاده مصرفی در جدول ۲ ارائه شده است.

شاخص‌های اقتصادی

مهم‌ترین شاخص‌هایی که در بررسی اقتصادی دو روش تولید علوفه دیم مورد استفاده قرار گرفتند، عبارتند از سود خالص و نسبت فایده به هزینه، که از معادلات (۵) و (۶) محاسبه شدند (Pishgar Komleh *et al.*, 2011).

$$NR = TV - TC \quad (5)$$

$$\frac{B}{C}R = \frac{TV}{TC} \quad (6)$$

که در آن NR سود خالص $(\frac{Rial}{ha})$ ، $\frac{B}{C}R$ نسبت فایده به هزینه، TV درآمد کل $(\frac{Rial}{ha})$ و TC هزینه کل $(\frac{Rial}{ha})$ است.

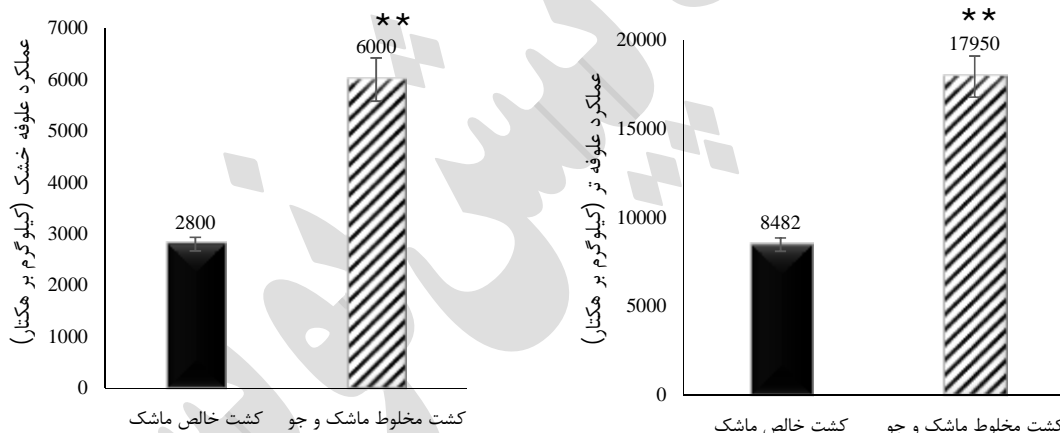
جدول ۲- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای در دو روش تولید علوفه دیم

منبع	(g) CH ₄	(g) N ₂ O	(g) CO ₂	واحد	نهاده/ستانده
Kramer <i>et al.</i> (1999)	۵/۲	۰/۷	۳۵۶۰	L	سوخت (گازوییل)
					کود شیمیایی
Snyder <i>et al.</i> (2009)	۳/۷	۰/۰۳	۳۱۰۰	kg	ازت (N ₂)
Snyder <i>et al.</i> (2009)	۱/۸	۰/۰۲	۱۰۰۰	kg	فسفر (P ₂ O ₅)
Snyder <i>et al.</i> (2009)	۰/۰۱	۰/۰۲	۵۱۰۰	kg	سموم شیمیایی

نتایج و بحث

گلشن (۱۰۴۰ کیلوگرم در هکتار) بود (Alizadeh & Ferdowsi.,2023). هم‌چنین میانگین عملکرد علوفه خشک برای کشت مخلوط ماشک و جو و کشت خالص ماشک به ترتیب ۶۰۰۰ و ۲۸۰۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. بنابراین کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک به میزان ۳۲۰۰ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک بیشتری دارا بود (شکل ۳). نتایج آزمون t- student حاکی از تفاوت معنی‌دار بین کشت مخلوط ماشک و جو با کشت خالص ماشک از نظر عملکرد علوفه خشک بود (جدول ۳). عملکرد علوفه خشک مخلوط ماشک و جو در مقایسه با کشت خالص ماشک، افزایش عملکرد ۱۱۴ درصدی نشان داد که بیانگر برتری عملکرد علوفه خشک حاصل از کشت مخلوط ماشک و جو در مقایسه با کشت خالص ماشک بود. در ضمن در کشت مخلوط ماشک با جو، ماشک از جو به‌عنوان قیم استفاده کرده و برداشت مکانیزه تسهیل می‌یابد.

میانگین عملکرد علوفه تر کشت مخلوط ماشک و جو و کشت خالص ماشک به ترتیب ۱۷۹۵۰ و ۸۴۸۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بنابراین، کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک به میزان ۹۴۶۸ کیلوگرم در هکتار علوفه تر بیشتری دارا بود (شکل ۳). مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر با استفاده از آزمون t- student حاکی از تفاوت معنی‌دار بین عملکرد علوفه تر کشت مخلوط ماشک و جو با کشت خالص ماشک بود (جدول ۳). در پژوهشی، به منظور مقایسه کشت خالص و مخلوط ماشک و نخود علوفه‌ای در شرایط دیم در شهرستان بناب استان آذربایجان شرقی، میانگین عملکرد علوفه تر در کل تیمارهای کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص به‌دست آمد. هم‌چنین بیش‌ترین عملکرد علوفه تر مربوط به کشت مخلوط ماشک و جو (۱۲۰۸۰ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین مقدار متعلق به ماشک گل سفید و



شکل ۳- مقایسه عملکرد علوفه تر و خشک کشت خالص ماشک با کشت مخلوط ماشک و جو با استفاده از آزمون t-student

** نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو تیمار در سطح احتمال یک درصد با استفاده از آزمون t استیودنت است.

جدول ۳- نتایج آزمون t-student مقایسه عملکرد علوفه تر و خشک کشت خالص ماشک با کشت مخلوط ماشک و جو

صفات	درجه آزادی	آماره t محاسباتی	تفاوت میانگین دو تیمار (کیلوگرم در هکتار)	خطای استاندارد تفاوت میانگین دو تیمار
عملکرد علوفه تر	۲۲	-۷/۳۷**	۹۴۶۸	۱۲۸۴
عملکرد علوفه خشک	۲۲	-۷/۰۱**	۳۲۰۰	۴۵۹

** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد.

هکتار و ۸۷۹۵/۰۸ و ۹۸۸۸۰ مگاژول بر هکتار است. در جدول ۴ مقدار نهاده‌های مصرفی، ستانده‌ها و محتوای انرژی آن‌ها، هم‌چنین در شکل ۴ سهم هر یک از نهاده‌ها

نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط کل انرژی ورودی و خروجی در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۸۶۷۵/۲۵ و ۴۸۲۴۴ مگاژول بر

در این تحقیق شاخص نسبت انرژی برای کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۵/۵۶ و ۱۱/۱۲ به دست آمد. شاخص بهره‌وری انرژی در کشت خالص ماشک و مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۰/۳۲۲ و ۰/۶۸۲ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد که نشان می‌دهد به ازای مصرف هر یک مگاژول انرژی به ترتیب ۰/۳۲۲ و ۰/۶۸۲ کیلوگرم علوفه خشک تولید شده است. همچنین مقدار شاخص‌های شدت انرژی و افزوده خالص انرژی در کشت خالص ماشک به ترتیب ۳/۱۰ مگاژول بر کیلوگرم و ۳۹۵۶۸/۷۵ مگاژول بر هکتار و در کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۱/۴۷ مگاژول بر کیلوگرم و ۹۰۰۸۴/۹۲ مگاژول بر هکتار برآورد شد. نتایج حاکی از بالاتر بودن مقدار شاخص‌های انرژی در کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک بود. مقادیر شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی در تولید ماشک در استان کرکلا ترکیه، (Baran, 2016) و منطقه تراس (Baran, 2017) ترکیه، به ترتیب ۹/۵۱ و ۸/۰۵، ۲/۵۱ و ۲/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول، ۰/۳۹ و ۰/۴۷ مگاژول بر کیلوگرم و ۷۶۳۶۰/۶۶ و ۹۱۳۴۳/۲۰ مگاژول بر هکتار گزارش شد. در جدول ۵، مقدار هر یک از انواع انرژی شامل انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در دو روش تولید علوفه دیم ارائه شده است. بر اساس شکل ۵ سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم از انرژی مصرفی در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۵۱ و ۴۹ درصد و ۵۲ و ۴۸ درصد، همچنین سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در دو روش تولید علوفه فوق‌الذکر به ترتیب ۲۱ و ۷۹ درصد و ۲۳ و ۷۷ درصد برآورد شد.

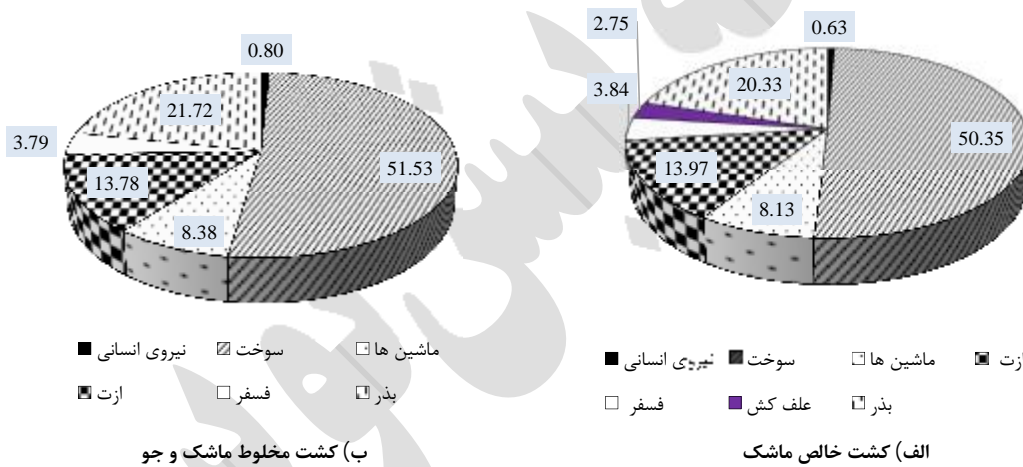
در پژوهشی، سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم از انرژی مصرفی تولید ماشک علوفه‌ای گونه‌های ساتیوا، پانونیکا و ناربون در ترکیه، به ترتیب ۴۴/۳۴، ۴۲/۲۳ و ۳۵/۶۸ درصد و ۵۵/۶۶، ۵۷/۷۷ و ۶۴/۳۲ درصد و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر از انرژی مصرفی گونه‌های فوق به ترتیب ۲۶/۸۵، ۲۰/۴۲ و ۲۹/۶۹ درصد و ۷۳/۱۵، ۷۹/۵۸ و ۷۰/۳۱ درصد گزارش شد (Kokten *et al.*, 2017).

از کل انرژی ورودی در دو روش تولید علوفه دیم ارائه شده است. نتایج نشان داد در کشت خالص ماشک، نهاده سوخت مصرفی (گازوییل) با ۵۰/۳۵ درصد و انرژی معادل ۴۳۶۸ مگاژول بر هکتار بیش‌ترین سهم را در بین نهاده‌های انرژی ورودی داشته است. همچنین نهاده‌های بذر، ازت (N_2)، ماشین‌ها، فسفر (P_2O_5)، علف‌کش و نیروی انسانی نیز به ترتیب با اختصاص ۲۰/۳۳، ۱۳/۹۷، ۸/۱۳، ۳/۸۴، ۲/۷۵ و ۰/۶۳ درصد از انرژی ورودی در رده‌های بعدی قرار داشتند. همچنین در کشت مخلوط ماشک و جو نیز نهاده سوخت مصرفی (گازوییل) با ۵۱/۵۳ درصد و انرژی معادل ۴۵۳۱/۸ مگاژول بر هکتار بیش‌ترین سهم را در بین نهاده‌های انرژی ورودی داشت و نهاده‌های بذر، ازت (N_2)، ماشین‌ها، فسفر (P_2O_5) و نیروی انسانی نیز به ترتیب با اختصاص ۲۱/۷۲، ۱۳/۷۸، ۸/۳۸، ۳/۷۹ و ۰/۸ درصد از انرژی ورودی در رده‌های بعدی قرار داشتند. در پژوهشی، متوسط کل انرژی ورودی و خروجی در تولید ماشک تابستانه در استان کرکلا ترکیه، به ترتیب ۸۹۷۲/۳۹ و ۸۵۳۳۳/۰۵ مگاژول بر هکتار گزارش شد و نهاده سوخت مصرفی (گازوییل) با ۴۱/۶۷ درصد و انرژی معادل ۳۷۳۸/۹۸ مگاژول بر هکتار بیش‌ترین سهم را در بین نهاده‌های انرژی ورودی به خود اختصاص داد (Baran, 2016). همچنین در پژوهشی دیگر در منطقه تراس ترکیه، متوسط کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۱۲۹۵۲/۷۵ و ۱۰۴۲۹۵/۹۵ مگاژول بر هکتار به دست آمد و نهاده کودهای شیمیایی با ۵۲/۷۹ درصد و انرژی معادل ۶۸۳۷/۸۳ مگاژول بر هکتار بیش‌ترین سهم را در بین نهاده‌های انرژی ورودی داشت (Baran, 2017). در این تحقیق متوسط عملکرد علوفه خشک در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۲۸۰۰ و ۶۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار برآورد شد. عملکرد علوفه خشک ماشک در استان کرکلا ترکیه (Baran, 2016) و منطقه تراس (Baran, 2017) ترکیه، به ترتیب ۶۰۵۰ و ۴۹۵۰ کیلوگرم بر هکتار گزارش شد.

جدول ۵ مقادیر شاخص‌ها و اشکال مختلف انرژی در دو روش تولید علوفه دیم را نشان می‌دهد. نسبت انرژی به عنوان عاملی مهم در بررسی کارایی انرژی در تولید محصولات، مشخص می‌کند که به ازای هر یک مگاژول انرژی ورودی چه میزان انرژی تولید شده است.

جدول ۴- مقدار متوسط نهاده‌ها و ستانده به همراه محتوای انرژی آن‌ها در دو روش تولید علوفه دیم

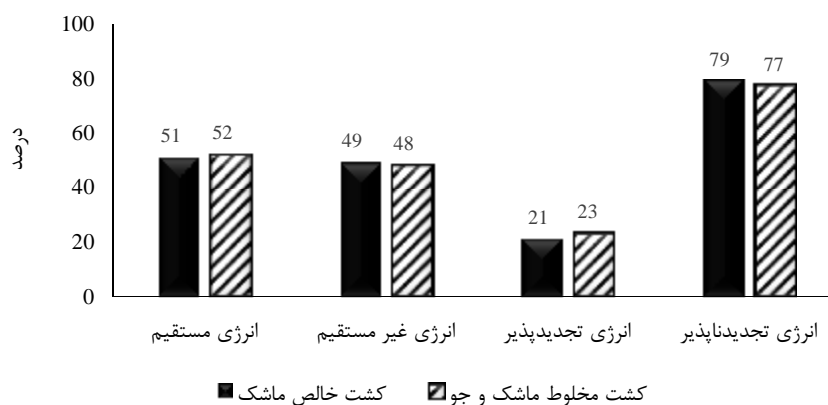
نهاده/ستانده	واحد	کشت خالص ماشک		کشت مخلوط ماشک و جو	
		مقدار	انرژی معادل (MJ/ha)	مقدار	انرژی معادل (MJ/ha)
نهاده‌ها					
نیروی انسانی	h	۲۸	۵۴/۸۸	۳۶	۷۰/۵۶
سوخت	L	۱۲۰	۴۳۶۸	۱۲۴/۵	۴۵۳۱/۸
ماشین‌ها	h	۱۱/۲۵	۷۰۵/۳۷	۱۱/۷۵	۷۳۶/۷۳
کود شیمیایی					
ازت (N ₂)	kg	۲۰	۱۲۱۲	۲۰	۱۲۱۲
فسفر (P ₂ O ₅)	kg	۳۰	۳۳۳	۳۰	۳۳۳
علف‌کش	kg	۱	۲۳۸		
بذر					
ماشک	kg	۱۰۰	۱۷۶۴	۷۵	۷۷۶/۲۵
جو	kg			۴۰	۵۸۸
ستانده (علوفه خشک)					
کشت خالص ماشک	kg	۲۸۰۰	۴۸۲۴۴		
کشت مخلوط ماشک و جو	kg			۶۰۰۰	۹۸۸۸۰



شکل ۴- سهم هر یک از نهاده‌ها از کل انرژی ورودی در دو روش تولید علوفه دیم

جدول ۵- شاخص‌ها و اشکال انرژی در دو روش تولید علوفه دیم

شاخص‌ها و اشکال انرژی	واحد	کشت خالص ماشک		کشت مخلوط ماشک و جو	
		مقدار	مقدار	مقدار	مقدار
نسبت انرژی	-	۵/۵۶	۱۱/۲۴		
بهره‌وری انرژی	kg/MJ	۰/۳۲۲	۰/۶۸۲		
شدت انرژی	MJ/kg	۳/۱۰	۱/۴۷		
افزوده خالص انرژی	MJ/ha	۳۹۵۶۸/۷۵	۹۰۰۸۴/۹۲		
انرژی مستقیم	MJ/ha	۴۴۲۲/۸۸	۴۶۰۲/۳۶		
انرژی غیرمستقیم	MJ/ha	۴۲۵۲/۳۷	۴۱۹۲/۷۲		
انرژی تجدیدپذیر	MJ/ha	۱۸۱۸/۸۸	۱۹۸۱/۵۶		
انرژی تجدیدناپذیر	MJ/ha	۶۸۵۶/۳۷	۶۸۱۳/۵۲		



شکل ۵- سهم اشکال انرژی در دو روش تولید علوفه دیم

افزایش سود خالص حاصل از تولید علوفه در کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک ۳۲۵ درصد محاسبه شد. بنابراین با افزایش درآمد حاصل شده از فروش علوفه در کشت مخلوط ماشک و جو درآمد سالانه کشاورزان منطقه افزایش می‌یابد. در پژوهشی در شهرستان بناب استان آذربایجان شرقی، بر اساس روش بودجه‌بندی جزئی، تیمار کشت مخلوط ماشک و جو از بین تیمارهای آزمایش به‌عنوان اقتصادی‌ترین تیمار شناخته شد و برای کشت در منطقه توصیه شد (Alizadeh & Ferdowsi., 2023).

هم‌چنین در این تحقیق، شاخص نسبت فایده به هزینه که از تقسیم ارزش تولید کل بر هزینه کل حاصل می‌شود، برای کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب $1/51$ و $3/05$ به‌دست آمد (جدول ۷). مقدار نسبت فایده به هزینه در تولید ماشک در منطقه تراس ترکیه، $2/25$ گزارش شد (Baran, 2017).

هزینه کل (هزینه ثابت + هزینه متغیر) تولید علوفه خشک در کشت خالص ماشک ۷۹۶۰۷۰۰۰ ریال بر هکتار و در کشت مخلوط ماشک و جو ۸۴۵۲۷۰۰۰ ریال بر هکتار بود (جدول ۶). هم‌چنین هزینه تمام شده تولید علوفه خشک در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۲۸۴۳۱ و ۱۴۰۸۷ ریال بر کیلوگرم برآورد گردید. با توجه به اینکه قیمت خرید هر کیلوگرم علوفه خشک در دو روش تولید علوفه ۴۳۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد، ارزش تولید کل و سود خالص تولید علوفه خشک در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب (۱۲۰۴۰۰۰۰ و ۴۰۷۹۳۰۰۰ ریال بر هکتار) و (۲۵۸۰۰۰۰۰۰ و ۱۷۳۴۷۳۰۰۰ ریال بر هکتار) محاسبه شد. بنابراین مقدار افزایش سود خالص حاصل از تولید علوفه در کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک ۱۳۲۶۸۰۰۰۰ ریال بر هکتار است. به‌عبارتی میانگین

جدول ۶- برآورد هزینه کل (ریال بر هکتار) در دو روش تولید علوفه دیم

آماده‌سازی زمین	کاشت	داشت	برداشت	اجاره زمین	جمع
۶۹۷۵۰۰۰	۳۲۷۳۲۰۰۰	۵۴۰۰۰۰۰	۱۹۵۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰۰	۷۹۶۰۷۰۰۰
۶۹۷۵۰۰۰	۳۰۰۵۲۰۰۰	-	۳۲۵۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰۰	۸۴۵۲۷۰۰۰

جدول ۷- شاخص‌های اقتصادی در دو روش تولید علوفه دیم

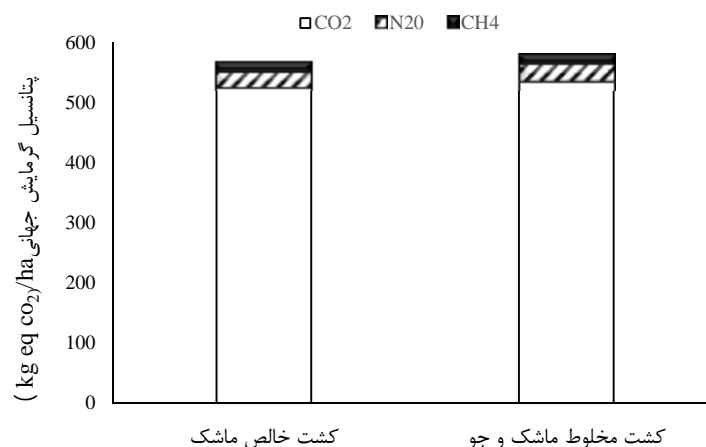
شاخص	واحد	کشت خالص ماشک	کشت مخلوط ماشک و جو
		مقدار	مقدار
هزینه تمام شده محصول	ریال بر کیلوگرم	۲۸۴۳۱	۱۴۰۸۷
ارزش تولید کل	ریال بر هکتار	۱۲۰۴۰۰۰۰	۲۵۸۰۰۰۰۰۰
سود خالص	ریال بر هکتار	۴۰۷۹۳۰۰۰	۱۷۳۴۷۳۰۰۰
نسبت فایده - هزینه	-	$1/51$	$3/05$

۹۲/۴۵ درصد (۵۳۵/۲۲ کیلوگرم معادل CO₂) از قابلیت گرمایش جهانی بیش‌ترین سهم را در بین نهاده‌ها به خود اختصاص داده است. در پژوهشی در استان ارزروم ترکیه، به منظور برآورد مقدار انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف سوخت فسیلی در چهار روش مختلف خاک‌ورزی - کاشت در تولید ماشک علوفه‌ای دیم، نتایج نشان داد، بیش‌ترین میزان مصرف سوخت به ترتیب به روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی با مقادیر ۵۳/۱ و ۱۶/۶ لیتر بر هکتار اختصاص دارد. هم‌چنین روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهش یافته به ترتیب ۶۸/۷ و ۴۲/۲ درصد مقدار انتشار کمتری نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم (۱۵۱/۱ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در هکتار) داشتند. در این پژوهش روش بی‌خاک‌ورزی به‌عنوان یک عملیات مناسب برای دستیابی به بهره‌وری انرژی بالاتر و انتشار کمتر CO₂ در تولید ماشک توصیه شد (Gozubuyuk et al., 2020).

جدول ۸ مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در دو روش تولید علوفه دیم را نشان می‌دهد. مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۵۲۵/۱۴ و ۵۳۶/۰۶ کیلوگرم در هکتار و سهم CO₂، N₂O و CH₄ در انتشار دو روش تولید علوفه فوق به ترتیب ۵۲۴/۳، ۰/۰۸۵ و ۰/۷۵۲ کیلوگرم بر هکتار و ۵۳۵/۲۲، ۰/۰۸۸۴ و ۰/۷۷۵ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. هم‌چنین قابلیت گرمایش جهانی (شکل ۶) در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۵۶۶/۵ و ۵۷۸/۹ کیلوگرم معادل CO₂ محاسبه شد و سهم CO₂، N₂O و CH₄ در انتشار دو روش تولید علوفه فوق به ترتیب ۵۲۴/۳، ۲۶/۴۱ و ۱۵/۷۹ کیلوگرم معادل CO₂ بر هکتار و ۵۳۵/۲۲، ۲۷/۴ و ۱۶/۲۸ کیلوگرم معادل CO₂ بر هکتار به دست آمد. نتایج نشان داد، نهاده سوخت مصرفی در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب با ۹۲/۵۵ (۵۲۴/۳ کیلوگرم معادل CO₂) و

جدول ۸- مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در دو روش تولید علوفه دیم

نهاده	کشت خالص ماشک			کشت مخلوط ماشک و جو		
	CO ₂ (kg/ha)	N ₂ O (kg/ha)	CH ₄ (kg/ha)	CO ₂ (kg/ha)	N ₂ O (kg/ha)	CH ₄ (kg/ha)
سوخت	۴۲۷/۲	۰/۰۸۴	۰/۶۲۴	۴۴۳/۲۲	۰/۰۸۷۲	۰/۶۴۷
کود شیمیایی						
ازت (N ₂)	۶۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۷۴	۶۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۷۴
فسفر (P ₂ O ₅)	۳۰	۰/۰۰۰۶	۰/۰۵۴	۳۰	۰/۰۰۰۶	۰/۰۵۴
علف‌کش	۵/۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	-	-	-
انتشار کل	۵۲۴/۳	۰/۰۸۵	۰/۷۵۲	۵۳۵/۲۲	۰/۰۸۸۴	۰/۷۷۵
مجموع انتشار کل (kg/ha)		۵۲۵/۱۴		۵۳۶/۰۶		



شکل ۶- مقدار قابلیت گرمایش جهانی در دو روش تولید علوفه دیم

نتیجه‌گیری

یکی از چالش‌های مهم در بخش کشاورزی تأمین علوفه مورد نیاز دام کشور است. بنابراین توسعه کاشت محصولات علوفه‌ای به‌خصوص در کشت مخلوط آنها با غلات در دیم‌زارها می‌تواند به افزایش ضریب خوداتکایی در تولید علوفه مورد نیاز کشور منجر شود. نتایج این تحقیق نشان داد که کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک از افزایش عملکرد علوفه تر و خشک، به‌ترتیب ۱۱۴ و ۱۱۱ درصدی برخوردار و این برتری از نظر آماری معنی‌دار (با استفاده از آزمون t-student) بود. مقادیر شاخص‌های نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی برای کشت خالص ماشک به‌ترتیب ۵/۵۶ و ۰/۳۲۲ کیلوگرم بر مگاژول و برای کشت مخلوط ماشک و جو به‌ترتیب ۱۱/۱۲ و ۰/۶۸۲ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج حاکی از بالاتر بودن مقدار شاخص‌های انرژی در کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک بود. همچنین با توجه به افزایش وزن خشک علوفه در کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک به میزان ۳/۲ تن در هکتار و با توجه به قیمت فروش هر کیلوگرم علوفه خشک به مبلغ ۴۳۰۰۰ ریال، میانگین افزایش سود خالص حاصل از تولید علوفه در کشت مخلوط ماشک و جو نسبت به کشت خالص ماشک ۳۲۵ درصد محاسبه شد. قابلیت گرمایش جهانی در کشت خالص ماشک و کشت مخلوط ماشک و جو به ترتیب ۵۶۶/۵ و ۵۷۸/۹ کیلوگرم معادل CO₂ برآورد شد و نهاده سوخت مصرفی در دو روش تولید علوفه فوق، بیش‌ترین سهم از قابلیت گرمایش جهانی در بین نهاده‌ها را به خود اختصاص داد. بر اساس نتایج، کشت مخلوط ماشک و جو به دلایل عملکرد علوفه تر و خشک بیش‌تر و مقادیر بالای شاخص‌های انرژی، همچنین مزیت اقتصادی نسبت به کشت خالص ماشک، به‌عنوان تیمار برتر توصیه شد.

سیاسگزاری

از حمایت‌ها و مساعدت‌های مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان جهاد کشاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان بابت تهیه و تأمین امکانات لازم برای اجرای این پژوهش، صمیمانه قدردانی می‌شود.

منابع

- Alizadeh, Kh. (2019). The annual forage crops under dryland conditions -A Review. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, 8(1): 95-113. (In Persian).
- Alizadeh, Kh., & Ferdowsi, R. (2023). Technical and economic comparison of pure and mixed cultivation of vetch and fodder peas in dryland conditions. *Agricultural and Rural Economics*, 1(1): 15-32. (In Persian).
- Asadi, H., Ghotbi, V., & Moghadam, A. (2022). Economic analysis of the cultivation of one-year fodder legumes in Alborz province. *Fodder and Animal Feed Extensional Journal*, 2(2): 26-37. (In Persian).
- Baran, M. F. (2016). Energy analysis of summery vetch production in Turkey: A case study for Kirklareli province. *American- Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 16(1): 209-215.
- Baran, M. F. (2017). Energy and economic analysis of vetch production in Turkey: A case study from Thrace region. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(3): 1966-1972.
- Gozubuyuk, Z., Sahin, U., & Celik, A. (2020). Tillage and irrigation impacts on the efficiency of fossil fuel utilization for hungarian vetch production and fuel-related CO₂ emissions. *Environmental Engineering Science*, 37(3): 1-13.
- Karpenter, N. E. (2014). *Chemistry of sustainable energy*. 1st Edition, Kindle Edition.
- Kitani, O., (1999). Energy and biomass Engineering. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, vol. V. ASAE Publication, St. Joseph, MI., 330 p.
- Kokten, K., Cacan, E., Gokdogan, O., & Firat Baran, M. (2017). Determination of energy balance of common vetch (*Vicia sativa* L.), hungarian vetch (*Vicia pannonica* C.) and narbonne vetch (*Vicia narbonensis* L.) production in Turkey. *Legume Research*, 40(3): 491-496.
- Kramer, K. J., Moll, H. C., & Nonhebel, S. (1999). Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 72: 9-16.
- Lamei Harvani, J., Rahimian, M. R., & Amini, T. (2016). Technical and economical evaluation of Mixed Cropping Forage Crops with Barley Under Dryland conditions in Guilan Province. *Plant Production Technology*, 7(2): 25-37. (In Persian).
- Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Mohtasebi, S. S., & Rafiee, H. (2010). Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy*, 35(5): 1071-1075.

- Ozkan, B., Kurklu, A., & Akcaoz, H. (2004). An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 26: 89-95.
- Pasandi, M., Fazaeli, H., Hafezian, S., & Kavian, A. (2005). Determination of the nutritive value of cereal straw as animal feed. *2nd national symposium on loss of agricultural products*. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Persian).
- Pishgar Komleh, S. H., Keyhani, A., Rafiee, Sh., & Sefeedpari, P. (2011). Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy*, 3335-3341.
- Pouryusef Miandoab, M., & Alizadeh, Kh. (2018). Evaluation of different smooth vetch and winter type barley mix cropping systems under Mahabad cold dryland conditions. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, 7(1): 1-13. (In Persian).
- Rahmati, M., Ahmadi, A., Hosseinpour, T., Minapour, A., & Hamidian, K. (2022). Evaluation of the production potential of one-year fodder crops in different tillage systems of tropical rainfed lands. *Fodder and Animal Feed Extensional Journal*, 3(2): 105-120.
- Seydosoglu, S., Firat Baran, M., Turan, N., Alfarraj, S., & Albasher, G. (2023). Greenhouse gas emission and energy analysis of vetch (*Vicia sativa* L.) cultivation. *Journal of King Saud University- Science*, 35(3): 1-5.
- Snyder, C. S., Bruulsema, T. W., Jensen, T. L., & Fixen, P. E. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 133: 247-266.
- Zarei Shahamat, E., Asoodar, M. A., Marzban, A., & Abdeshahi, A. (2010). Energy and economic analysis of sugarcane production in Khuzestan province. The 6th National Congress on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. *College of Agriculture and Natural Resources*, Karaj, Iran. (In Persian).
- Ziaei, S. M., Mazlounzadeh, S. M. & Jabbary, M. (2015). A comparison of energy use and productivity of wheat and barley (case study). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1): 19-25.

Research paper

Evaluation of energy-economic and environmental indexes in two methods of rainfed fodder production in Khorramabad country

M. Rahmati^{1*}, M. Sepahvand², A. Ahmadi³, M. Bahadori⁴, Z. A. Mohammadpour⁴ and A. Farhadinejad⁴

Abstract

The present research was conducted to evaluate the energy-economic and environmental indexes in two methods of rainfed fodder production (vetch pure cultivation and vetch-barley mixed cultivation) on a farmer's farm in Khorramabad county in the 2021-2022 cropping year. Planting vetch in a pure form with a density of 250 seeds/m² and vetch-barley mixed cultivation with a ratio of 75% vetch and 25% barley was considered. According to the results, the average yield of wet and dry fodder in vetch pure cultivation was 8482 and 2800 kg/ha, respectively, and for vetch-barley mixed cultivation, it was 17950 and 6000 kg/ha. Comparison of the average yield using Student's t-test showed that the difference between wet and dry fodder yield mixed cultivation of vetch-barley with pure vetch cultivation was statistically significant. The total average of input and output energies in pure vetch cultivation and vetch-barley mixed cultivation (8675.25 and 48244 MJ/ha) and (8795.08 and 98880 MJ/ha) respectively, and the values of energy ratio and energy productivity in two methods of fodder production were calculated as (5.56 and 0.322 kg/MJ) and (11.12 and 0.682 kg/MJ), respectively. The global warming potential was obtained in the vetch pure and the vetch-barley mixed cultivation, respectively, 566.5 and 578.9 (kg eq. CO₂)/ha. Also, the average net return and the benefit-cost ratio of rainfed fodder production in vetch pure cultivation and vetch-barley mixed cultivation were estimated as (40,793,000 Rial/ha and 1.51) and (173,473,000 Rial/ha and 3.05), respectively. According to the results of the evaluation of energy-economic and environmental indexes in two methods of rainfed fodder production, vetch-barley mixed cultivation is recommended as the superior treatment in the region.

Keywords: Energy-economic indexes, Global warming potential (GWP), Wet and dry fodder, Vetch, Barley.

Citation: Rahmati M. Sepahvand M. Ahmadi A. Bahadori M. Mohammadpour Z. A. and Farhadinejad A. 2024 Evaluation of energy-economic and environmental indexes in two methods of rainfed fodder production in Khorramabad country. Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery. 32: ??-??. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14659.695>

1- Assistance Professor Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran.

2- Researcher of Agricultural Engineering Research Group, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran.

3- Researcher of Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran.

4- Agronomy Expert, Jihad-Agriculture center of Beiranshahr, Khorramabad, Iran.

* Corresponding Author: avinmahnaz@gmail.com

Received: 2024/02/15

Accepted: 2024/05/10

<https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14659.695>