



"مقاله پژوهشی"

بررسی اثرات زیست‌محیطی پرورش گوساله‌های پروراری (مطالعه موردی: استان مازندران)

علی متولی^۱، علی ادیبی^۲ و یداله چاشنی‌دل^۳

۱- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: a.motevali@sanru.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- دانشیار گروه علوم دام، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸

صفحه: ۱۸۶ تا ۱۹۶

چکیده

گوشت از منابع مهم پروتئین و انرژی بوده که دارای مقادیر فراوان اسیدهای آمینه و چرب ضروری به‌همراه ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد. صنعت دام‌پروری به واسطه مصرف بالای انرژی، آب و همچنین تولید فضولات، یکی از منابع مهم انتشار آلاینده‌ها به حساب می‌آید. در پژوهش حاضر اثرات زیست‌محیطی پروراندی گوساله‌ها در سه روش صنعتی، نیمه صنعتی و سنتی با استفاده از ارزیابی چرخه حیات در استان مازندران بررسی شد. اثرات زیست‌محیطی (واحد عملکردی: تولید یک تن وزن زنده) به روش IMPCAT 2002+ در قالب ۱۵ شاخص میانی و ۴ شاخص نهایی بررسی شد. نتایج نشان داد که در روش پرورش صنعتی و نیمه‌صنعتی آلاینده‌های مستقیم از سطح دامداری‌ها و در روش پرورش سنتی استفاده از کنسانتره بالاترین تاثیر را در ایجاد شاخص‌های میانی زیست محیطی دارد. در روش‌های مختلف پرورش، شاخص سلامتی انسان‌ها در بازه ۱/۷۲ Pt تا ۱/۹۲ Pt، شاخص کیفیت اکوسیستم در بازه ۱۳/۳۶ Pt تا ۱۷/۵۲ Pt، شاخص تغییرات اقلیم در بازه ۱/۴۱ تا ۱/۶۲ Pt و شاخص منابع در بازه ۰/۳۱ تا ۰/۴۶ Pt تغییر یافت. همچنین بالاترین و پایین‌ترین شاخص نهایی زیست محیطی در روش پرورش صنعتی و سنتی به ترتیب به میزان ۲۱/۵۸ و ۱۶/۸۱ Pt به‌ازای تولید یک تن دام پروراری زنده ایجاد شد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیم، سلامتی انسان‌ها، شاخص‌های زیست‌محیطی، کیفیت اکوسیستم، گوساله پروراری

مقدمه

برای تولید کل گاو پروراری در این کشور، ۱۲۹ Mton بیوماس نیاز است که ۹۲٪ از علوفه مراتع (طبیعی و کشت‌شده) و ۸٪ دیگر آن مکمل دانه ذرت و علوفه سیلویی (ذرت و سورگوم) و یونجه تهیه شده بودند (۱). بررسی ردپای کربن و ارزیابی چرخه هزینه در سیستم‌های مختلف (چهار سیستم) تولید گاو پروراری در کشور برزلی نشان داد که با کشتار حیوانات در سن ۲۰ ماهگی و وزن بدن ۵۱۰ کیلوگرم، بهترین نتایج در مورد شاخص‌های سودآوری و انتشار آلاینده‌ها بدست می‌آید (۱۹). همچنین بررسی ردپای کربن و آب برای شش سیستم متنوع تولید گاو پروراری در جنوب استرالیا نشان داد که ردپای کربن از ۱۰/۱ تا ۱۲/۷ kg CO₂e و ردپای آب در محدوده ۳/۳ تا ۲۲۱ kg H₂Oe به ازای هر کیلوگرم وزن زنده دام (تا دروازه مزرعه) متغیر بود (۳۱). بررسی‌های دیگر نشان داد که میانگین ردپای کربن برای هر کیلوگرم وزن لاشه ۱/۷±۱۸/۳ kg CO₂e و همچنین مصرف انرژی و آب به‌ترتیب در دامنه ۴/۸±۵۱ MJ/kg و ۴۵۵±۲۴۷۰ L/kg تغییر یافت (۳۲). ارزیابی زیست‌محیطی تولید گاو پروراری در سیستم‌های نیمه صنعتی در کشور پرتغال نشان داد که پرورش گوساله‌های پروراری به‌طور قابل توجهی در تولید گازهای آلاینده گلخانه‌ای (۲۲±۳/۹ kg CO₂eq kg/LW) به‌ویژه در هنگام استفاده از مراتع را دارد (۸). در پژوهشی دیگر نتایج نشان داد که مقادیر انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاربری اراضی و تخلیه آب شیرین در سیستم چمنزار سنتی بالاتر از سیستم صنعتی می‌باشد به‌طوری‌که مقادیر این پارامترها به‌ترتیب در سیستم صنعتی و سنتی برای گرمایش جهانی ۲۲/۵۲ و ۹/۱۶ kgCO₂eq، کاربری اراضی ۲۳۴/۷۸ m²a و ۲۱/۰۳ و ۰/۲۱۷ m³ شیرین ۰/۹۴۹ و ۰/۳۳ است. در پژوهشی

کشاورزی یکی از عوامل اصلی در گرمایش جهانی و پدیده‌های تغییر اقلیم است و سبب انتشار ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای شده و بررسی‌ها حاکی از آن است که نیمی از این گازهای آلاینده، مربوط به صنعت دامپروری و پرورش دام می‌شود. تامین پروتئین برای تغذیه بیش از ۲ میلیارد نفر جمعیت افزوده شده به جمعیت حاضر جهان تا سال ۲۰۵۰، تولید علوفه و آب مورد نیاز برای افزایش گله‌های دام به‌منظور تولید گوشت را با چالش‌های جدیدی مواجه ساخته است (۲، ۳). در سال‌های اخیر به‌دنبال تغییر روش‌های پرورش دام از سیستم‌های سنتی به صنعتی، افزایش مصرف انرژی به شکل سوخت‌های دیزل و استفاده گسترده از نهاده‌ها به شکل سموم شیمیایی، کودها و ... (برای تولید علوفه)، مشکلات زیست‌محیطی مانند تولید گازهای گلخانه‌ای و تهدید سلامتی برای انسان‌ها را به‌وجود آورده است (۹). بررسی‌های جعفرنیا و اسماعیلی (۱۷) نشان داد که واحدهایی که به‌ازای هر راس گاو پروراری، تولید بیشتری دارند، آلودگی محیط زیستی کمتری را ایجاد می‌کنند. نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که آلاینده‌های نیتروژن و فسفر در دامداری‌ها به جیره مصرفی توسط دام بستگی داشته و پیشنهاد شد با انتخاب مدیریت صحیح و اتخاذ روش‌های تغذیه‌ای مناسب، مصرف نهاده‌ها بهینه گردد (۲۵). بررسی پرورش گوساله‌های پروراری در ایالات متحده آمریکا نشان داد که کل انرژی فسیلی مصرفی ۵۶۹±۵۳ Pt^۱ و آب آبی مصرفی ۳/۵±۲۳/۲ TL بود. همچنین نتایج نشان داد که به‌ازای تولید یک کیلو گوساله زنده معادل ۲۱/۳±۲/۳ kg CO₂ تولید شد (۳۳). نتایج مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۶ در کشور آراژانتین نشان داد که

۱- Pt مخفف Point که واحدی برای نتایج معیار واحد است. هر ۱۰۰۰ Point، برابر با کل اثر زیست‌محیطی وارد بر یک شهروند اروپایی در یک سال است.

بر پایه استاندارد ISO 14040 می‌باشد. این روش عبارت از گردآوری و ارزیابی ورودی‌ها، خروجی‌ها و پیامدهای بالقوه محیط‌زیستی محصول در سراسر چرخه حیات است (۱۶). هر مطالعه ارزیابی چرخه حیات دارای چهار مرحله می‌باشد. (۱) تعیین هدف و حوزه مطالعه (۲) ممیزی چرخه حیات (۳) ارزیابی اثر (۴) تفسیر (۱۲).

هدف، واحد کارکردی و مرزهای سیستم

اولین مرحله از ارزیابی چرخه حیات، هدف می‌باشد (۲۷، ۳۵) و بر این اساس، محصول نهایی مورد انتظار، مرزهای سیستم مورد مطالعه، واحد کارکردی و در نهایت فرض‌های مطالعه مشخص می‌شود. (۲۰). هدف از این تحقیق بررسی اثرات زیست محیطی تولید گاو پرواری در سه روش پرورش صنعتی، نیمه‌صنعتی و سنتی می‌باشد. واحد کارکردی نیز به عنوان مفهوم حیاتی ارزیابی چرخه حیات، تولید یک تن وزن گوساله پرواری به‌صورت زنده در نظر گرفته‌شد، و اثرات زیست محیطی بر مبنای آن محاسبه می‌گردد. همچنین با توجه به شرایط در نظر گرفته شده و داده‌های در دسترس در این طرح، محدوده ورودی تا خروجی دامپروری (دروازه‌های مزرعه پرورش گوساله پرواری) به‌عنوان مرزهای سیستم انتخاب شد.

تجزیه و تحلیل ورودی

جمع‌آوری کلیه ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم‌های تحت بررسی برای هر واحد کارکردی در طول چرخه حیات محصول (پرورش گوساله پرواری) انجام شد. در فاز دوم آلاینده‌های مستقیم تولیدشده در مزارع پرورش دام و دامداری‌ها در اثر مصرف نهاده‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. این آلاینده‌ها شامل آلاینده‌های مستقیم در اثر مصرف گازوییل به‌روش (۱۴)، بنزین از پایگاه داده‌های Ecoinvent 3 از نرم‌افزار سیمپرو و همچنین فلزات سنگین منتقل شده از مدفوع (۲۲) و ادرار گوساله‌های پرواری در جدول ۱ آورده شده است.

دیگر نتایج نشان داد که به‌ازای واحد عملکردی (یک کیلوگرم گوشت گاو) میزان تقاضای انرژی تجمعی (۱۱۱۰ MJ)، کاربری اراضی (۴۷/۴ m²a)، پتانسیل اسیدی شدن (۷۲۶ g SO₂ eq)، پتانسیل فتوشیمیایی ازن (۱۴۶/۵ g C₂H₄ eq)، پتانسیل گرمایش جهانی (۴۸/۴ kg CO₂ eq) و پتانسیل تخریب لایه ازن (۱۶۸۶ µg CFC11 eq) می‌باشد (۲). همچنین ارزیابی زیست محیطی پرورش گاو پرواری تغذیه شده با علوفه ارگانیک و غیرارگانیک نشان داد که هر دو سیستم تولید علوفه، تاثیر کمی بر فرآیندهای اسیدی شدن، یوتریفیکاسیون و انرژی مصرفی نسبت به سیستم‌های مرسوم ایجاد می‌کنند (۳۷). بررسی‌ها تولید گوساله‌های پرواری در کشور مکزیک نشان داد که در سیستم پرورش سنتی مرحله زایش گوساله (آبستنی تا زایش) تاثیر بالایی در ایجاد یازده شاخص از دوازه شاخص میانی زیست‌محیطی دارد، در حالی که در سیستم صنعتی این عامل تاثیر بالایی بر ایجاد شاخص‌های گرمایش جهانی، اسیدی شدن خاک، آب شیرین و یوتریفیکاسیون دارد (۱۵).

بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در کشور در زمینه اثرات زیست‌محیطی تولید دام (خصوصاً دام‌های پرواری) با استفاده از تکنیک ارزیابی چرخه حیات نشان داد که تاکنون پژوهشی در این‌باره صورت نپذیرفته است. از این رو نوآوری این پژوهش، بررسی اثرات زیست محیطی پرورش گوساله پرواری (به‌صورت صنعتی، نیمه صنعتی و سنتی) از مرحله زایش تا مرحله قبل از کشتار است و میزان مطلوبیت این سه روش پرورش مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر از واحدهای صنعتی و نیمه صنعتی پرورش و تولید گوساله‌های پرواری تهیه شد در حالی که در واحدهای سنتی، داده‌ها از دامداران خرد در روستاها جمع‌آوری شد. یکی از جامع‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی پایداری زیست محیطی، شاخص ارزیابی چرخه حیات

جدول ۱- فلزات سنگین منتقل شده به خاک از مدفوع و ادرار گوساله پرواری

Table 1. Heavy metals transferred to soil from fat feces and urine of calves

	فلزات سنگین منتقل شده به خاک (mg)									
	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	As	Cr	Hg	Fe	Mn
مدفوع	۰/۸	۵۶/۹۳	۲۲۱/۲۷	۱۱/۷۲	۱۰/۱	۲۴/۵۳	۲/۰۹	۰/۱۲	.	.
ادرار	.	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	.	۰/۰۰۳	.	.	.	۰/۰۵۹	۰/۰۰۵

آبی، اسیدی‌شدن آب و خاک، منجر به کاهش کیفیت اکوسیستم خواهند شد، گرمایش جهانی نیز سبب تغییر آب و هوا می‌شود. همچنین استفاده از انرژی‌های تجدید ناپذیر و استخراج مواد معدنی بر شاخص تقلیل منابع اثر گذارند (۱۴). این بخش، نتایج اثرات زیست محیطی را بررسی کرده و در ادامه تفسیر منطقی برای روش‌های مختلف پرورش گوساله پرواری (صنعتی، نیمه صنعتی و سنتی) ارائه می‌نماید.

ارزیابی اثرات

در این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل کمی نتایج بخش ممیزی چرخه حیات، از روش IMPACT 2002+ استفاده شد. این روش، یک روش توسعه‌یافته در مؤسسه فناوری فدرال سوییس است (۱۳) و اثرات زیست‌محیطی را در ۱۵ دسته میانی و چهار دسته نهایی طبقه‌بندی می‌کند (۱۸). شاخص‌های سرطان‌زا بودن، غیر سرطان‌زا بودن، تخریب لایه ازن، تابش یونیزاسیون، تنفس ذرات معدنی و تنفس ذرات آلی، بر سلامت انسان تاثیرگذار هستند (۲۶). شاخص‌های سمیت محیط‌های آبی و خاکی، اشغال زمین، سرشارسازی

نتایج و بحث

بررسی آلاینده‌های تولید تاثیرگذار از سطح دامداری‌ها نشان داد که متان انتشار یافته به هوا در روش پرورش صنعتی نسبت به روش‌های نیمه‌صنعتی و سنتی به ترتیب ۲/۵ و ۳۰/۶ درصد افزایش داشت در حالی که میزان گاز نیتروز اکسید تولیدی در بخش صنعتی نسبت به روش‌های نیمه‌صنعتی و سنتی به ترتیب ۲/۶ و ۷/۹ درصد افزایش داشت. یکی از دلایل بالا بودن میزان تولید گاز متان به‌زای تولید یک تن محصول تولیدی (گوساله زنده) نسبت به محصولات دیگر از جمله برنج، می‌توان به تولید این گاز در هضم شکمبه‌ای و همچنین متصاعد شدن این گاز از سطح مدفوع تولیدی در سطح دامداری‌ها دانست. لازم به ذکر است که تولید برنج در سطح جهان یکی از منابع بزرگ تولید متان می‌باشد. بررسی‌های متولی و همکاران (۲۶) نشان داد که به‌طور میانگین میزان تولید متان از سطح شالیزارها در حدود ۲۵ kg به‌زای یک تن شلتوک بوده در حالی که میزان تولید این گاز در سطح دامداری‌ها به‌زای تولید یک تن گوساله زنده به‌طور میانگین در حدود ۸۶۶ kg می‌باشد.

شاخص‌های تاثیرگذار بر سلامتی انسان‌ها

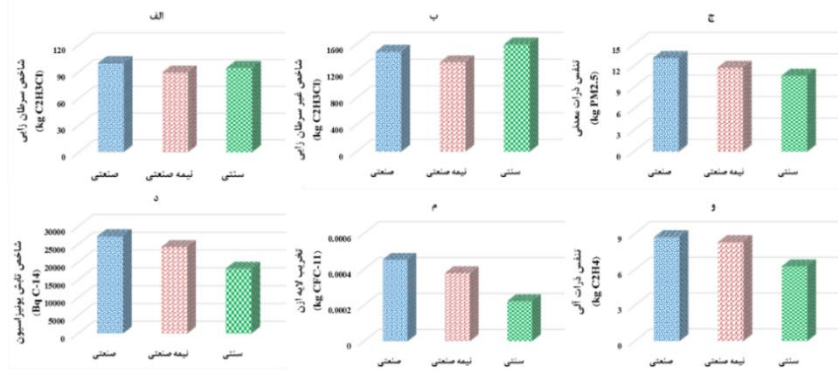
ذرات ریز معلق در هوا با اندازه‌های ۲/۵ تا ۱۰ میکرون و ترکیبات ارگانیک فرار و همچنین حلقه بنزن که در سوخت وجود دارد از مهمترین آلاینده‌های سرطان‌زا می‌باشند. بررسی داده‌های بدست آمده (شکل ۱ الف و ب) از آلاینده‌های بنزن و ذرات معلق در هوا به‌زای تولید یک تن دادم پرواری زنده نشان می‌دهد که در روش پرورش صنعتی میزان این آلاینده‌ها بالاتر از روش‌های دیگر است. بر همین اساس میزان شاخص سرطان‌زایی بودن در روش پرورش صنعتی بالاتر از دو روش دیگر پرورش است. در مطالعات اپیدمیولوژیک، قرار گرفتن در معرض ذرات با قطر $PM_{2.5}$ با عوارض جانبی مختلف سلامتی و کاهش امید به زندگی از جمله بیماری‌های مزمن و حاد تنفسی و قلبی عروقی، سرطان ریه، دیابت و پیامدهای نامطلوب تولد همراه است (۲۳). مقادیر شاخص سرطان‌زایی در پژوهش حاضر بین ۹۴/۱۷ تا $99/59 \text{ kg } C_2H_3Cl$ و شاخص غیر سرطان‌زایی بین $1330/77$ تا $1608/08 \text{ kg } C_2H_3Cl$ به‌زای هر تن گوساله پرواری تغییر یافت در حالی مقادیر شاخص سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی در پژوهش (۲۷) به‌میزان ۰/۲۰ و $1,4 \text{ kg DCB eq}$ به‌زای هر کیلوگرم گوساله پرواری بدست آمد که تقریباً مشابه با نتایج این پژوهش است.

بررسی شاخص تنفس ذرات معدنی (شکل ۱ ج) نیز نشان می‌دهد که روش پرورش صنعتی گوساله‌های پرواری بالاترین میزان را نسبت به دو روش پرورش دیگر به‌خود اختصاص داده است. این شاخص به‌صورت تاثیرات موادمعدنی تنفسی بر سلامت انسانی که شامل پراکنده شدن ذرات اولیه و ثانویه ریزگردها است، بیان می‌شود، که یکی از مهمترین عوامل استرس‌زای محیطی است و سبب بیماری‌زایی در انسان می‌شود. ذرات با قطر $PM_{2.5}$ برای نشان دادن خطرات ناشی

از تنفس مواد غیرآلی در این بخش توسط مجامع بهداشتی در $LCIA^1$ انتخاب شده است، زیرا به بهترین وجه مؤلفه ذرات معلق در هوا را توصیف می‌کند (۲۱). یکی از منابع تولید این ذرات اولیه مواد غیر آلی تنفسی علاوه بر کشت و کار در سطح مزرعه به‌صورت مستقیم، استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌باشد که در مطالعه حاضر استفاده از سوخت‌های فسیلی و تولید این ذرات در روش پرورش صنعتی به‌میزان بالایی می‌باشد.

بررسی شاخص تابش یونیزاسیون (شکل ۱ د) نشان می‌دهد که روش پرورش صنعتی به‌طور قابل ملاحظه‌ای میزان این شاخص را نسبت به روش پرورش سنتی افزایش می‌دهد. این تابش می‌تواند آثار بیولوژیکی نظیر اثرات ژنتیکی، سوختگی پوست و آب مروارید شده و بروز آثاری نظیر سردرد، سرگیجه، بی‌حالی، تپش قلب و کم شدن تعداد گلبول‌های سفید خون را به‌ویژه با افزایش سن بالا ببرد. پرورش گوساله‌های پرواری به روش صنعتی می‌تواند سبب تولید گازهای آلاینده و تخریب‌کننده لایه ازن باشد که به‌واسطه آن تابش‌هایی با قابلیت یونیزاسیون بیشتری به سطح زمین رسیده و می‌تواند آثار سو بیشتر نسبت به دو روش دیگر پرورش یعنی روش سنتی و نیمه صنعتی باشد.

تخریب لایه ازن (شکل ۱ م) نتیجه انتشار گازهای N_2O ، متان و... می‌باشد. افزایش تابش اشعه UV با توجه به حذف لایه ازن در گیاهان باعث تغییر در فرآیندهای نمو، کاهش رشد از طریق کاهش تبخیر از طریق روزنه‌های گیاهی و کاهش بهره‌وری، تغییر در شکل گیاهان و توزیع مواد غذایی در درون گیاه می‌شود. گاز N_2O که بر تخریب این لایه اثر هم‌افزایی دارد، در اثر کاربرد دیزل و الکتریسیته و همچنین می‌تواند در پرورش گوساله‌های پرواری از میان مدفوع تولید شده متصاعد گردد. در روش پرورش صنعتی، استفاده از ماشین‌ها و تجهیزات مستهلک که از سوخت دیزل استفاده می‌کنند، می‌تواند به‌عنوان منبع تشدید کننده این اثر باشد. تنفس ارگانیک (شکل ۱ و) خطرات بهداشت تنفسی ذرات ارگانیک که از هر بخش به هوا منتقل می‌شوند (بر حسب کیلوگرم C_2H_4) را نشان می‌دهد. گرد و غبارهای ارگانیک مخلوط‌های پیچیده‌ای هستند که اغلب آلوده به اندوتوکسین‌ها هستند. در معرض قرار گرفتن این گرد و غبارها، بر پیشرفت بیماری‌های تنفسی مانند آسم، پنومونیت حساس، بایسینوز، برونشیت مزمن و آمفیوزم تأثیر می‌گذارد (۳۴). فعالیت‌های درون دامداری‌های صنعتی اعم از تمیز کردن بستر دام، جابجایی علوفه و... نیازمند ماشین‌ها و تجهیزاتی می‌باشد که منجر به استفاده از سوخت‌های فسیلی مانند گازوییل می‌شود. احتراق گازوییل در ماشین‌های مورد استفاده سبب انتشار NOx و هیدروکربن‌ها مثل $NM VOC$ می‌گردد که از عوامل افزایشده خطرات تنفس ارگانیک می‌باشند. مجموع این عوامل در نهایت منجر به آلودگی محیطی و اکوسیستم می‌شوند که بر سلامت انسان و کیفیت اکوسیستم تاثیر نامطلوبی دارند.



شکل ۱- مقایسه شاخص‌های زیست‌محیطی میانی تاثیرگذار در ایجاد شاخص سلامتی انسان در روش‌های مختلف پرورش
Figure 1. Comparison of intermediate environmental indicators effective in creating human health indicators in different production methods

اسیدی شدن حاصل تولید گازهای NH_3 ، SO_2 ، NO_x و NO می‌باشد. پتانسیل اسیدی شدن با میزان ورود املاح و ترکیبات معدنی به خاک و بر اساس SO_2 یکسان‌سازی شده است (۱۰). مهمترین مواد دارای پتانسیل اسیدی شدن در اکوسیستم‌ها، SO_2 و NO_x هستند که می‌توانند از مصرف سوخت‌های فسیلی تولید شوند. همچنین NO_2 ، NH_3 و NO_x در محیط دامداری‌ها می‌تواند از مدفوع و ادرار دام‌ها ایجاد شود. آمونیاک هم اگرچه قلیایی است اما در اتمسفر به اسید نیتریک اکسید می‌شود (۱۱) و به همراه دیگر گازها پس از واکنش با مولکول‌های هوا به صورت باران اسیدی به سطح زمین می‌رسند (۲۴) و سبب اسیدی شدن خاک می‌گردند و کاهش حاصلخیزی خاک را به همراه دارد. آلاینده‌های منتشر شده از سطح مزرعه دارای بالاترین سهم در ایجاد شاخص اسیدی شدن را دارد.

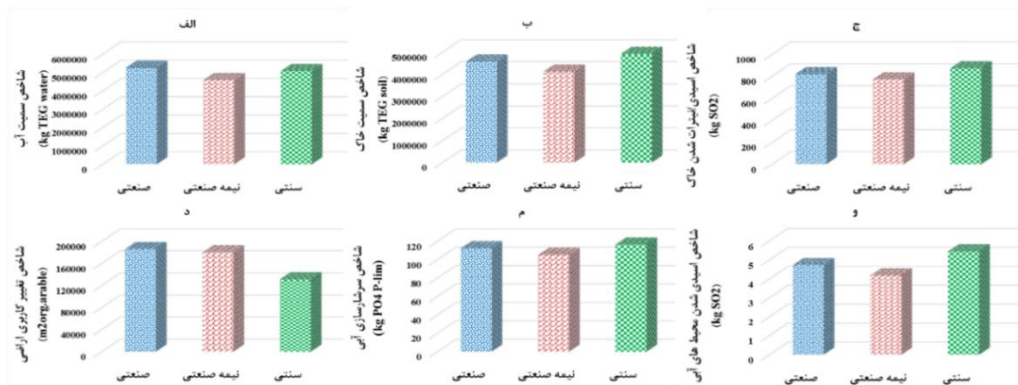
شاخص دیگر تاثیرگذار بر کیفیت اکوسیستم، شاخص تغییر کاربری اراضی می‌باشد. بالاترین میزان این شاخص مربوط به پرورش گوساله به صورت صنعتی می‌باشد. نهاده‌هایی مانند جو، ذرت علوفه‌ای و اجزای کنسانتره سهم بالایی در ایجاد این شاخص در روش‌های مختلف پرورش داشتند. دلیل بالابودن سهم این علوفه‌ها در ایجاد این شاخص این است که به منظور تولید جیره برای دام باید زمین مورد نیاز برای کشت و تولید این علوفه‌ها فراهم شود که می‌تواند با تغییر کاربری زمین از مرتع و جنگل و ... همراه باشد. نتایج پژوهش نیک نهاد و مارامایی (۲۸) نشان داد که در اثر تغییر کاربری اراضی، بافت خاک از خاصیت خمیری بالا به خاک رسی با خاصیت خمیری پایین تبدیل شده و متوسط قطر خاکدانه‌ها نیز کاهش یافت و خاک زراعی تغییر کاربری داده شده در مقایسه با خاک‌های جنگلی و مرتعی دارای تخلخل کمتر و جرم مخصوص بیشتری شد. همچنین میزان ماده آلی، ازت آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در کاربری زراعی در قیاس با کاربری‌های جنگل و مرتع کاهش معنی‌داری دارد. مقادیر شاخص کاربری اراضی در پژوهش‌های مختلف از $111/9$ تا 274 m^2/year (۱۵) و $32/6$ تا $194/4$ m^2/year (۵) برای پرورش هر کیلوگرم گوساله پرواری بود در حالی که در پژوهش حاضر مقادیر این شاخص $131/18$ تا $\text{m}^2 \text{ year}^{-1}$ برای هر کیلوگرم گوساله پرواری به دست آمد.

شاخص‌های تاثیرگذار بر کیفیت اکوسیستم

سمیت محیط‌های آبی اشاره به تاثیر مواد سمی منتشر شده در محل پرورش گوساله‌های پرواری به اکوسیستم‌های آبی دارد. بررسی شاخص سمیت آب در سه روش پرورش گوساله پرواری (شکل ۲ الف) نشان می‌دهد که روش صنعتی نسبت به دو روش دیگر پرورش (نیمه‌صنعتی و سنتی) از مقادیر بالاتری برخوردار است. یکی از عوامل تاثیرگذار بر این شاخص، آلاینده‌های مستقیم از سطح مزرعه می‌باشد. همچنین در کنار این عوامل، کاربرد و تولید منابع با منشأ فسفرآلی می‌باشد که سبب افزایش میزان سمیت در این محیط‌ها می‌گردد. نتایج نشان داد که به دلیل استفاده از جیره متفاوت، در روش پرورش صنعتی میزان مدفوع و ادرار بالاتری تولید می‌گردد که این امر سبب انتقال مقادیر بیشتری فسفرآلی به آب شده و در نتیجه سمیت آب افزایش می‌یابد. همچنین بررسی شاخص سمیت خاک (شکل ۲ ب) نشان می‌دهد که روش پرورش سنتی نسبت به دو روش دیگر (صنعتی و نیمه‌صنعتی) دارای مقادیر بالاتری می‌باشد. یکی از عوامل تاثیرگذار بر میزان سمیت خاک، می‌تواند فلزات سنگین منتقل شده به خاک باشد. فلزات سنگین منتشر شده از مدفوع و ادرار دام قابلیت تجمع‌پذیری در آب و خاک را داشته و به سبب تجمع این فلزات در این اکوسیستم، میزان سمیت این محیط‌ها افزایش یافته و به دنبال آن امکان حیات موجودات زنده از دست می‌رود. همچنین با نفوذ این فلزات سنگین در بدن موجودات زنده گیاهی و جانوری و تجمع آنها در این موجودات، از طریق زنجیره غذایی، وارد چرخه غذایی انسان‌ها شده و به دنبال آن بیماری‌هایی چون نارسایی کبد و کلیه و ... را به همراه دارد (۳۶،۷،۳). نتایج به دست آمده در بخش آلاینده‌های مستقیم در سطح دامداری‌ها نشان داد که بخش پرورش صنعتی دارای مقادیر بالاتری فلزات سنگین (موجود در مدفوع و ادرار دفع شده توسط دام) نسبت به دو روش دیگر بوده و این آلاینده‌ها به خاک منتقل می‌شود. اما در عین حال باید توجه داشت که به دلیل استفاده بالا از شبدر در جیره غذایی در روش پرورش سنتی، و مصرف بالای کودهای نیتروژنه در تولید علوفه به خصوص شبدر می‌تواند مقادیر بالایی فلزات سنگین را به خاک منتقل کند که این امر سبب افزایش شاخص سمیت خاک در روش پرورش سنتی می‌باشد.

اسیدی شدن محیط‌های آبی می‌باشد. بررسی نتایج بدست آمده نشان داد که روش پرورش سنتی نسبت به دو روش دیگر یعنی روش‌های صنعتی و نیمه‌صنعتی دارای مقادیر بالاتری می‌باشد. تحلیل داده‌ها در هر سه بخش سنتی، نیمه‌صنعتی و صنعتی نشان داد که وجود کنسانتره در جیره غذایی بالاترین سهم در ایجاد شاخص اسیدی شدن محیط‌های آبی را دارد. بررسی‌ها نشان از تمایل بیشتر دامداران سنتی به مصرف کنسانتره در جیره غذایی برای پرورش گوساله‌های پرواری بوده و به همین دلیل اثرات زیست‌محیطی این محصول در روش سنتی نسبت به روش صنعتی بالاتر می‌باشد.

شاخص تاثیرگذار دیگر بر کیفیت اکوسیستم پدیده سرشارسازی آبی (یوتروفیکاسیون) است. این گروه تاثیر بر اساس میزان (PO_4^{3-}) یکسان‌سازی شده است (۶). غنی سازی آب توسط مواد مغذی آلی مخصوصاً ترکیبات نیتروژن و فسفر، رشد سریع آلگا و بسیاری از گیاهان آبی را تقویت کرده و متعاقباً یک اختلال نامطلوب در تعادل ارگانیزم‌ها و کیفیت آب به وجود می‌آورند (۴). مقادیر پتانسیل سرشارسازی آبی در بازه ۱۲۳ تا 154 kg PO_4 (۳۰) و 104 kg PO_4 (۲۹) تغییر یافت و با نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر که در بازه $105/35$ تا $116/53 \text{ kg PO}_4$ تغییر یافت، مشابهت داشت. شاخص دیگر اثرگذار بر کیفیت اکوسیستم، شاخص

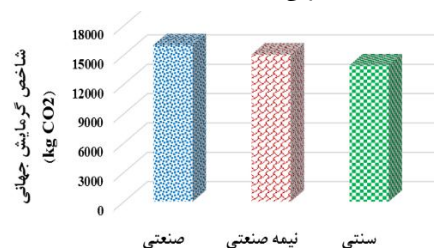


شکل ۲- مقایسه شاخص‌های زیست‌محیطی میانی تاثیرگذار در ایجاد شاخص کیفیت اکوسیستم در روش‌های مختلف پرورش
Figure 2. Comparison of intermediate environmental indicators effective in creating ecosystem quality indicators in different production methods

دارا می‌باشد (۳۸). این گاز عمدتاً در شرایط پرورش دام از مدفوع متصاعد می‌گردد که می‌تواند به هوا انتشار یابد. بررسی آلاینده‌های اثرگذار (CH_4 و N_2O) بر ایجاد گرمایش جهانی نشان می‌دهد که آلاینده‌های ایجاد شده از سطح دامداری‌ها بالاترین سهم در ایجاد گرمایش جهانی را دارد. همچنین در روش پرورش صنعتی و نیمه‌صنعتی احتراق سوخت‌های فسیلی از مهم‌ترین منابع تولید این گازها به‌شمار می‌رود. اکسید نیتروس به تدریج پس دی‌نویز شده شدن از بیوسفر وارد استراتوسفر می‌شود و در حدود ۱۵۰ سال در اتمسفر دوام می‌آورد (۳۸). در پژوهش‌های دیگر (۶) شاخص گرمایش جهانی از $10/1$ تا $12/7 \text{ kg CO}_2\text{eq}$ برای هر کیلوگرم گوساله پرواری و برای پژوهش حاضر $13947/4$ تا $1602/45 \text{ CO}_2\text{eq}$ به‌ازای هر تن گوساله پرواری بود.

شاخص تغییرات اقلیم

شاخص گرمایش جهانی یک شاخص بسیار مهم در ایجاد تغییرات اقلیم می‌باشد. از پتانسیل گرمایش جهانی برای بیان میزان مشارکت انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای (CO_2 , CH_4 , N_2O) در بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی و تغییر اقلیم استفاده می‌گردد و بر اساس معادل دی‌اکسیدکربن ($\text{kg CO}_2\text{-eq}$) یکسان‌سازی شده است (۱۶). عوامل مؤثر و دخیل در ایجاد این شاخص انتشار گاز CH_4 ناشی از هضم شکمبه‌ای و متصاعد شدن این گاز از مدفوع تولیدی توسط دام‌ها می‌باشد. هر مولکول متان حدود ۲۵ برابر بیشتر از مولکولی دی‌اکسیدکربن توانایی جذب اشعه مادون قرمز را دارد و پس از ورود به اتمسفر به مدت ۸-۱۱ سال باقی می‌ماند (۳۸). همچنین نیتروز اکسید (N_2O) دیگر گاز تاثیرگذار بر گرمایش جهانی، دارای اثر ۶ درصدی گلخانه‌ای بوده و توانایی جذب ۲۹۸ برابری اشعه مادون قرمز نسبت به گاز دی‌اکسیدکربن را

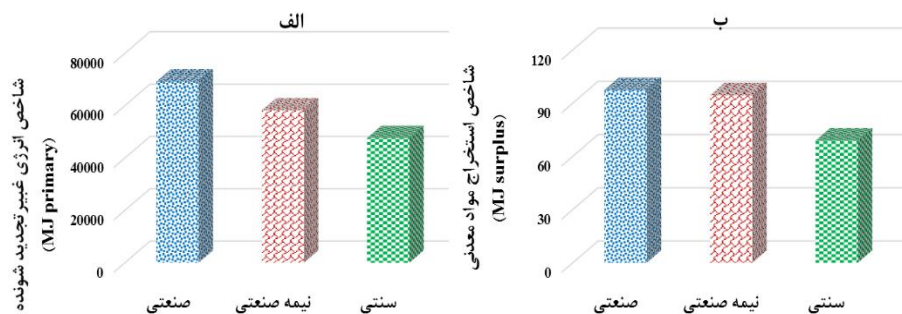


شکل ۳- مقایسه مقادیر مختلف گرمایش جهانی در ایجاد شاخص تغییرات اقلیم در روش‌های مختلف پرورش
Figure 3. Comparison of global warming in creating climate change indicators in different production methods

شاخص تقلیل منابع

بنزین و الکتریسته می‌تواند نقش تاثیرگذاری در ایجاد شاخص انرژی‌های تجدیدناپذیر داشته باشند در حالی که در روش پرورش سنتی، استفاده از نیروی کارگری بالا (عدم استفاده از تجهیزات و ماشین‌ها) میزان شاخص انرژی‌های تجدیدناپذیر را کاهش می‌دهد. همچنین بررسی شاخص استخراج مواد معدنی نشان از تفاوت زیاد در روش‌های مختلف پرورش گوساله‌های پرواری دارد. این شاخص تقلیل مواد معدنی را در روش‌های مختلف پرورش گوساله پرواری را نشان می‌دهد و نشانگر این است که دسترسی نسل‌های آینده به این منابع به چه میزان کاهش می‌یابد. بررسی نتایج نشان از سهم بالای جو، ذرت علوفه‌ای و شیر در ایجاد شاخص تقلیل یا استخراج مواد معدنی می‌باشد. دلیل این امر آن است که این سه محصول سهم بالایی در جیره غذایی پرورش گوساله‌های پرواری از زمان تولد تا کشتار دارد. به‌منظور تولید این محصولات، مواد مختلف معدنی اعم از انواع کودهای شیمیایی و تقویتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که می‌تواند در نهایت شاخص تقلیل منابع معدنی را در تولید گوساله پرواری افزایش دهند.

شاخص انرژی‌های غیرتجدیدشونده یکی از شاخص‌های مهم و تاثیرگذار بر شاخص نهایی استفاده از منابع می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که روش پرورش صنعتی گوساله‌های پرواری بالاترین میزان و روش پرورش سنتی پایین‌ترین میزان در ایجاد شاخص انرژی‌های غیرتجدیدشونده دارد. این شاخص نمایانگر مصرف سوخت‌ها و انرژی‌های تجدیدناپذیر در فرآیند پرورش گوساله‌های پرواری می‌باشد. یکی از دلایل مهم بالا بودن این شاخص در بخش پرورش صنعتی، استفاده بیشتر از ماشین‌ها و تجهیزات مختلف به منظور تهیه و توزیع جیره غذایی در دامداری‌های صنعتی، تمیزسازی بستر دام‌ها، حمل و جابه‌جایی فضولات، روشنایی و تهویه و ... می‌باشد که نیازمند مصرف سوخت و انرژی الکتریسته می‌باشد. همچنین بررسی نهاده‌های تاثیرگذار بر ایجاد شاخص انرژی‌های تجدیدناپذیر نشان از این بود که در روش پرورش صنعتی سوخت دیزل و در روش پرورش سنتی کنسانتره بالاترین تاثیر را داشتند. دلیل این امر آن است که در روش پرورش صنعتی به‌دلیل مکانیزه بودن بخش پرورش استفاده از انرژی‌های فسیلی و غیرتجدیدپذیر مانند دیزل،



شکل ۴- مقایسه مقادیر مختلف زیست‌محیطی میانی تاثیرگذار در ایجاد شاخص نهایی منابع در روش‌های مختلف پرورش دام زنده
Figure 4. Comparison of intermediate environmental indicators effective in creating resources indicators in different production methods

بررسی شاخص‌های نهایی

تولید این محصولات نیازمند زمین‌های کشاورزی بوده و یا با استفاده از تغییر کاربری اراضی (تبدیل مراتع و مناطق جنگلی و ... به اراضی کشاورزی) زمین‌های مورد نیاز برای کشت این محصولات آماده شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. بررسی شاخص تغییر کاربری اراضی در روش‌های پرورش صنعتی و نیمه‌صنعتی نشان از بالا بودن این شاخص می‌دهد که این امر تاثیر فراوانی بر شاخص کیفیت اکوسیستم دارد. در هر سه روش پرورش گوساله‌های پرواری انتشارات آلاینده از سطح مزرعه بالاترین میزان تاثیر را بر تغییرات اقلیم دارا می‌باشد. دلیل این امر آن است که میزان گازهای CH_4 و N_2O متصاعد شده از فضولات دامی بالا می‌باشد. همچنین میزان گاز متان (CH_4) تولیدی در مرحله هضم شکمبه‌ای نیز در گوساله‌های پرواری بالا بوده و این عامل می‌تواند با تاثیر بالا در گرمایش جهانی، میزان شاخص تغییرات اقلیم را افزایش دهد. در هر دو روش پرورش صنعتی و نیمه صنعتی، سوخت گازوئیل سهم بالایی در ایجاد شاخص تقلیل منابع را دارد. از دلایل این امر می‌توان به مکانیزه بودن فرآیند پرورش

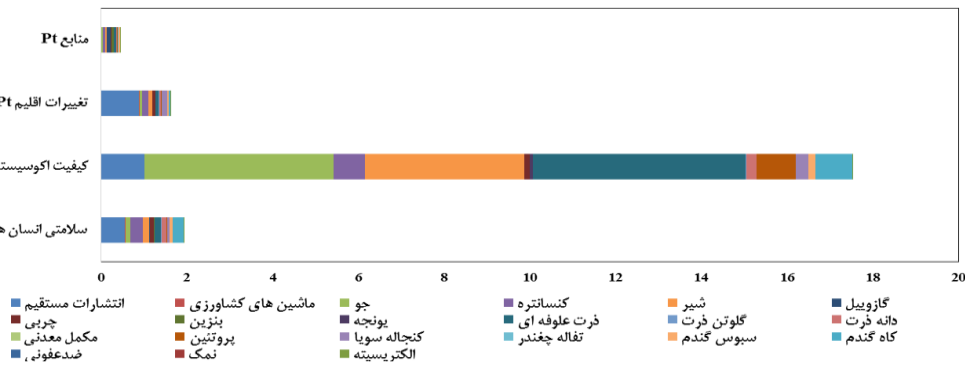
شاخص‌های نهایی هم‌وزن شده و تاثیر نهاده‌های ورودی بر ایجاد این شاخص‌ها در روش پرورش صنعتی در شکل ۵، پرورش نیمه‌صنعتی در شکل ۶ و پرورش سنتی در شکل ۷ آورده شده است. بررسی نتایج در دو بخش پرورش صنعتی و نیمه صنعتی نشان داد که به‌دلیل آلاینده‌های منتشر شده از سطح دامداری‌ها شامل گازهای مختلف متصاعد شده از فضولات دام، آلاینده‌های خروجی از ماشین‌ها و تجهیزات و همچنین گازهای خروجی حاصل از هضم شکمبه‌ای بوده که این گازها در یک فرآیند پیچیده می‌تواند به‌طور مستقیم مورد تنفس انسان‌ها قرار گرفته و یا این گازها بر لایه ازن تاثیر گذاشته و به‌دنبال آن تخریب لایه ازن و تابش یونیزاسیون افزایش یافته و به‌دنبال آن سلامتی انسان‌ها مورد تهدید قرار می‌گیرد. همچنین استفاده از ذرت علوفه‌ای و جو سهم بالایی را در ایجاد شاخص کیفیت اکوسیستم در دو روش پرورش صنعتی و نیمه‌صنعتی به‌همراه دارد که دلیل این امر آن است که این دو محصول سهم بالایی در جیره غذایی دارد. به‌منظور

محصول (شیر) به‌طور غیر مستقیم نیازمند به زمین‌های زراعی بالا برای تولید جیره غذایی بوده و شاخص تغییر کاربری اراضی را افزایش داده و به‌دنبال آن شاخص کیفیت اکوسیستم افزایش می‌یابد.

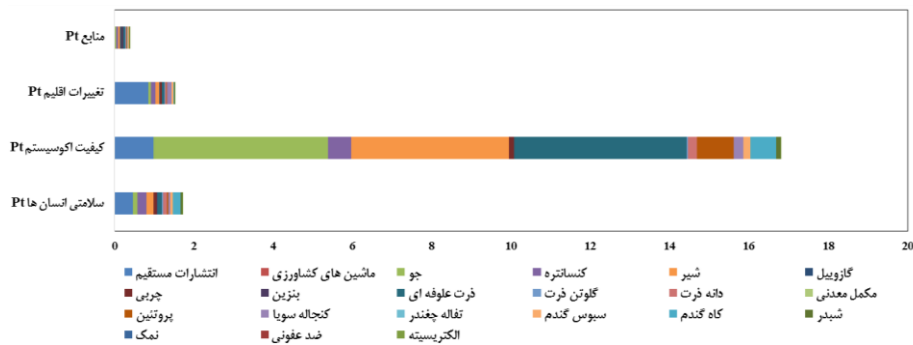
بررسی‌های صورت گرفته در هر سه روش پرورش گوساله پرواری نشان می‌دهد که کیفیت اکوسیستم به‌طور معنی‌داری نسبت به سه شاخص نهایی دیگر (سلامتی انسان‌ها، تغییرات اقلیم و منابع) بالاتر است. یکی دیگر از دلایل مهم در بالا بودن شاخص کیفیت اکوسیستم تولید مدفوع و ادرار در محیط دامداری‌ها بوده و آلاینده‌های آنها به محیط‌های خاکی و آب انتشار می‌یابد. بخشی از آلاینده‌های تولیدی این فضولات وارد آب‌های سطحی شده و بخش دیگری وارد محیط‌های خاکی می‌گردد و همچنین بخشی از مواد معدنی و فلزات سنگین در این فضولات به‌وسیله گیاهان جذب می‌شود. نیترات‌ها به‌همراه موادمعدنی مانند فسفات و پتاسیم به‌سرعت به آب‌های زیرزمینی وارد می‌شوند. افزایش مواد معدنی به خصوص نیترات و فسفات سبب کاهش تعداد گونه‌های گیاهی می‌شود که می‌تواند تاثیر فراوانی بر کیفیت اکوسیستم داشته و به دنبال آن کیفیت اکوسیستم کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش شش سیستم تولید گوساله پرواری در جنوب استرالیا نشان داد که دامنه تغییرات سلامتی انسان‌ها از $10^{-6} \times 2/10$ تا $10^{-6} \times 2/76$ (daily) و کیفیت اکوسیستم از $2/19$ تا $2/76$ برای تولید هر کیلوگرم گوساله پرواری می‌باشد (۳۱).

گاوه‌های پرواری (مخصوصاً روش صنعتی) اشاره کرد. بررسی‌های میدانی در دامداری‌های صنعتی و نیمه صنعتی نشان از فرسوده بودن تجهیزات بود که البته می‌توان با به‌روز کردن این تجهیزات و ماشین‌ها سهم مصرف سوخت را در فرآیند پرورش دام‌ها کاهش داد و به‌دنبال آن شاخص تقلیل منابع نیز کاهش می‌یابد.

در روش پرورش سنتی، کنسانتره عامل تاثیرگذار در ایجاد شاخص سلامتی انسان‌ها بود. در حالی‌که در بخش صنعتی و نیمه صنعتی آلاینده‌های سطح دامداری‌ها دارای نقش بیشتری بودند. دلیل این امر این است که در بخش سنتی اکثر فعالیت‌ها (تمیز کردن بستر دام، مخلوط کردن جیره غذایی، حمل و نقل فضولات و ...) در دامداری‌ها توسط نیروی کارگری انجام شده و تقریباً ماشین‌ها و تجهیزاتی خاصی در این بخش مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. از این‌رو مصرف سوخت‌های فسیلی کمتر بوده و به‌دنبال آن آلاینده‌های تولیدی کمتری تولید شده و سلامتی انسان‌ها کمتر دچار مخاطره می‌گردد. همچنین در بخش کیفیت اکوسیستم بخش سنتی مانند بخش صنعتی عمل می‌کند و شیر، جو و ذرت علوفه‌ای سهم بالایی در ایجاد این شاخص دارند. دلیل بالا بودن سهم شیر در ایجاد این شاخص این است که گوساله‌های پرواری تا چند ماه پس از تولد از شیر مادر خود تغذیه کرده و در ماه‌های اولیه رشد، این محصول یکی از اصلی‌ترین مواد غذایی برای آنها می‌باشد. از آنجاکه برای تولید شیر توسط گاوهای شیری نیاز به علوفه، دانه‌های خشک غلات و همچنین مکمل‌های مختلف است، لذا این



شکل ۵- مقادیر مختلف شاخص‌های زیست محیطی نهایی به‌ازای تولید یک تن دام زنده در روش پرورش صنعتی
Figure 5. Different values of final environmental indicators for the production of one ton of live cattle in the method of industrial production



شکل ۶- مقادیر مختلف شاخص‌های زیست محیطی نهایی به‌ازای تولید یک تن دام زنده در روش پرورش نیمه‌صنعتی
Figure 6. Different values of final environmental indicators for the production of one ton of live cattle in the method

منابع

1. Arrieta, E.M., D.A. Cabrol, A. Cuchietti and A.D. González. 2020. Biomass consumption and environmental footprints of beef cattle production in Argentina. *Agricultural Systems*, 185: 102944.
2. Asem-Hiablie, S., T. Battagliese, K.R. Stackhouse-Lawson and C.A. Rotz. 2019. A life cycle assessment of the environmental impacts of a beef system in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24: 441-455.
3. Bai, L., Zeng b. X, L. Li, P. Chang and S. Li. 2010. Effects of land use on heavy metal accumulation in soils and sources analysis. *Agricultural Sciences in China*, 9(11): 1650-58.
4. Bitton, G. *Wastewater Microbiology*, 3rd Edition, Wiley press, 772 pp.
5. Bragaglio, A., F. Napolitano, C. Pacelli, G. Pirlo, E. Sabia, F. Serrapica, M. Serrapica and A. Braghieri. 2018. Environmental impacts of Italian beef production: A comparison between different systems. *Journal of Cleaner Production*, 172: 4033-43.
6. Brentrup, F., J. Küsters, H. Kuhlmann and J. Lammel. 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. *European Journal of Agronomy*, 20: 247-264.
7. Chibuike, G.U. and S.C. Obiora. 2014. Heavy Metal Polluted Soils: Effect on Plants and Bioremediation Methods. *Applied and Environmental Soil Science*, 12.
8. Costantini, M., I. Vázquez-Rowe, A. Manzardo, and J. Bacenetti. 2021. Environmental impact assessment of beef cattle production in semi-intensive systems in Paraguay. *Sustainable Production and Consumption*, 27: 269-281
9. Dick, M., M. Abreu da Silva, and H. Dewes. 2015. Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96: 426-434.
10. Dincer, I. and A. Abu-Rayash. 2020. *Energy Sustainability*. Academic Press, 266 pp.
11. Engström, R., A. Wadeskog and G. Finnveden. 2009. Environmental assessment of Swedish agriculture. *Ecological Economics*, 60: 550-563.
12. Georgiopoulou, M. and G. Lyberatos. 2018. Life cycle assessment of the use of alternative fuels in cement kilns: a case study. *Journal of Environmental Management*, 216: 224-234.
13. Hischer, R., B. Nowack and F. Gottschalk. 2015. Life cycle assessment of façade coating systems containing manufactured nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, 17: 68-79.
14. Hosseini-Fashami, F., A. Motevali, A. Nabavi-Pelesaraei, S.J. Hashemi and K. Chau. 2019. Energy-Life cycle assessment on applying solar technologies for greenhouse strawberry production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109411: 1-18.
15. Huerta, A.R., L.P. Güereca and M.S. Rubio Lozano. 2016. Environmental impact of beef production in Mexico through life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 109: 44-53.
16. ISO 14040: International Organization for Standardization. 2006. *Environmental management-Life Cycle*.
17. Jafarnia, M. and A. Esmaili. 2014. Investigating linkage between productivity and environmental pollution for beef cattle farms in Shiraz. *Agricultural science and sustainable production*, 23(4): 41-49 (In Persian).
18. Jolliet, O., M. Margni, R. Charles, S. Humbert, J. Payet and G. Rebitzer. 2003. IMPACT 2002: a new life cycle impact assessment methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8: 324-337.
19. José Florindo, T., G.I.B. Medeiros Florindo, E. Talamini, J. Severinoda Costa and C. Favarini Ruviano. 2017. Carbon footprint and life cycle costing of beef cattle in the Brazilian Midwest. *Journal of Cleaner Production*, 147: 119-129.
20. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, H. Mousazadeh and Clark, S. 2013. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Journal of Cleaner Production*, 73(15): 1-10.
21. Lim, S., M. Lee, G. Lee, S. Yoon and K. Kang. 2012. Ionic and carbonaceous compositions of PM10, PM2.5 and PM1. OatGosan ABC Superstation and their ratios as source signature. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12: 2024-2012.
22. Liu W.R., D. Zeng, L. She, W.X. Su, D.C. He, G.Y. Wu, X.R. Ma, S. Jiang, C.H. Jiang, and G.G. Ying. 2020. Comparisons of pollution characteristics, emission situations, and mass loads for heavy metals in the manures of different livestock and poultry in China, *Science of the Total Environment*, 734: 139023.
23. Loomis, D., Y. Grosse, B. Lauby-Secretan, F. Ghissassi, and Bouvard, V. 2013. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *Lancet oncology*, 14(13): 1262-1263.
24. Mogensen, L., J.E. Hermansen, N. Halberg, R. Dalgaard, J. Vis and B.G. Smith. 2009. Life cycle assessment across the food supply chain. *Sustainability in the Food Industry*, 115-144.
25. Molaei, M. and F. Sani. 2017. Evaluating the impact of environmental pollutants on technical efficiencies of dairy farms using stochastic frontier analysis. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 48(1): 35-42 (In Persian).

26. Motevali, A., S.J. Hashemi and R. Tabatabaeekoloor. 2019. Environmental footprint study of white rice production chain-case study: Northern of Iran. *Journal of Environmental Management*, 241: 305-318.
27. Nabavi-Pelesaraei, A., S. Rafiee, S.S. Mohtasebi, H. Hosseinzadeh-Bandbafha and K. Chau. 2019. Comprehensive model of energy, environmental impacts and economic in rice milling factories by coupling adaptive neuro-fuzzy inference system and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 217: 742-56.
28. Niknahad Gharmakher, H. and M. Maramaei. 2011. Effects of land use changes on soil properties (Case Study: the Kechik catchment), *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 1: 81-96 (In Persian).
29. Pelletier, N., R. Pirog, R. Rasmussen. 2010. Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States. *Agricultural Systems*, 103: 380-89.
30. Presumido, P.H., F. Sousa, A. Gonçalves, T.C. Dal Bosco, M. Feliciano. 2018. Environmental Impacts of the Beef Production Chain in the Northeast of Portugal Using Life Cycle Assessment. *Agriculture*, 8(10): 165.
31. Ridoutt. B.G., P. Sanguansri and G.S. Harper. 2011. Comparing Carbon and Water Footprints for Beef Cattle Production in Southern Australia. *Sustainability*, 2443-2455.
32. Rotz, C.A., S. Asem-Hiablie, J. Dillon, H. Bonifacio. 2015. Cradle-to-farm gate environmental footprints of beef cattle production in Kansas, Oklahoma, and Texas. *Journal of Animal Science*, 93: 2509-2519
33. Rotz, C.A., S. Asem-Hiablie, S. Place, and G. Thoma. 2019. Environmental footprints of beef cattle production in the United States. *Agricultural Systems*, 169: 1-13.
34. Simpson, J.C., A.C. Fletcher and A. Andersen. 1998. Prevalence and predictors of work related respiratory symptoms in workers exposed to organic dusts. *Occupational and Environmental Medicine*, 55: 668-672.
35. Soheili-Fard, F., H. Kouchaki-Penchah, M. Ghasemi Nejad and C. Guangnan. 2018. Cradle to grave environmental-economic analysis of tea life cycle in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 196: 953-960.
36. Tchounwou, P.B., C.G. Yedjou, A.K. Patlolla and D.J. Sutton. 2012. Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia supplementum*, 101: 133-64.
37. Tsutsumi, M., Y. Ono, H. Ogasawara, M. Hojito. 2018. Life-cycle impact assessment of organic and non-organic grass-fed beef production in Japan. *Journal of Cleaner Production*, 172: 2513-2520.
38. World Meteorological Organization (WMO). 2006. The state of greenhouse gases in the atmosphere using global observations. National Oceanic and Atmospheric Administration, Annual greenhouse gas index (AGGI). <http://www.wmo.int/weather/climate/water>.

Investigation of Environmental Impact of Cattle Beef Production (Case study: Mazandaran province)

Ali Motevali¹, Ali Adiby² and Yadollah Chashnidel³

1- Associated Professor, Biosystem Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran (Corresponding author: a.motevali@sanru.ac.ir)

2- M.Sc. student of Biosystem Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3- Associated Professor, Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 16 January, 2021

Accepted: 8 March, 2021

Abstract

Meat is an important source of protein and energy, which contains large amounts of essential amino acids and fats along with vitamins and minerals. The livestock industry is one of the most important sources of pollutants due to its high consumption of energy and water, as well as the production of excrement. In the present study, the environmental impact of cattle beef production in three industrial, semi-industrial and traditional breeding methods were evaluated using Life cycle assessment method in Mazandaran province. The environmental impacts of producing one ton of cattle beef were evaluated by IMPCAT 2002+ methods in the form of 15 midpoint environmental indicators and 4 endpoint environmental indicators. The results showed that in the industrial and semi-industrial production method, direct pollutants from livestock farm and in the traditional production method, the use of concentrate has the highest impact on creating intermediate environmental indicators. In different production methods, human health in the range of 1.72 to 1.92 Pt, ecosystem quality in the range of 13.36 to 17.5 Pt, climate change in the range of 1.41 to 1.62 Pt and the resources in the range of 0.31 to 0.46 Pt were changed. Also the final environmental indicator showed that the highest and lowest final environmental indicator occurs in the industrial and traditional production methods at the rate of 21.58 and Pt 16.81 per ton of live weight.

Keywords: Beef calves, Climate change, Ecosystem quality, Environmental indicators, Human health