تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۲/ شماره ۷۹/پاییز ۱۴۰۰/ص ۳۲-۲۱
سایت مجله: https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله علمی– پژوهشی

مقایسه عملکرد سامانه‌های مختلف گرمایشی در مرغداری‌ها از لحاظ یکنواختی دما و مصرف انرژی

ابوالفضل علیخانی باغمیانی[۱]، محمدعلی میسمی[۲*]، روح‌اله کیانفر[۳] و شمس‌اله عبدالله‌پور[۴]

۱، ۲ و ۴- به ترتیب: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی؛ استادیار؛ و دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- استادیار گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۳۱

چکیده

بخش زیادی از مصرف سوخت در کشاورزی مربوط به صنعت پرورش طیور است. مصرف سوخت در مرغداری‌های کشورمان بیش از میزان استانداردهای جهانی است. مصرف زیاد منابع فسیلی در این صنعت، علی‌رغم ارزانی سوخت در ایران و تخصیص سوخت یارانه‌ای هزینه زیادی را به مرغدارها تحمیل نموده و امکان رقابت آنها در بازارهای جهانی را کاهش می‌دهد. همچنین، کیفیت گرمای تأمین شده برای جوجه‌ها یکی از دغدغه‌های اصلی صنعت مرغداری است که در بهره‌وری تولید نقش اساسی دارد. در گرمایش مرغداری‌ها، سامانه‌های گرمایشی کوره‌های هوای گرم (هیتر معمولی، جت هیتر)، سامانه‌های گرمایش از کف، سامانه‌های تابشی چتری و سامانه‌های گرمایش تابشی لوله‌ای کاربرد دارند. بر اساس مطالعه حاضر، از میان سامانه‌های گرمایشی اشاره شده، سامانه‌های گرمایشی تابشی لوله‌ای با مصرف انرژی ۶/۸ مگاژول بر متر مربع، کمترین مصرف انرژی و یکنواختی دمای مناسبی در ارتفاع ۳۰ سانتیمتری با تأمین میانگین دمای ۲/۵۰ ± ۲۸/۵۲ درجه سلسیوس داشتند. سامانه‌های گرمایش از کف بهترین یکنواختی دما را با میانگین ۲/۱۸ ± ۲۶/۱۰ درجه - سلسیوس داشتند اما مصرف انرژی آنها ۳۰ درصد بیشتر از سامانه تابشی لوله‌ای برآورد گردید. سامانه هیتر معمولی با میانگین دمای ۵/۱۶ ±۲۵/۸۳ درجه سلسیوس و سامانه جت هیتر با میانگین دمای ۵/۴۱ ±۲۳/۹۴ درجه سلسیوس از لحاظ یکنواختی دما بدترین وضعیت و سامانه هیتر معمولی با مصرف انرژی ۱۴/۳ مگاژول بر متر مربع و گرمایش از کف با مصرف انرژی ۳۰/۳ مگاژول بر متر مربع بیشترین مصرف انرژی را داشتند.

کلید واژه‌ها

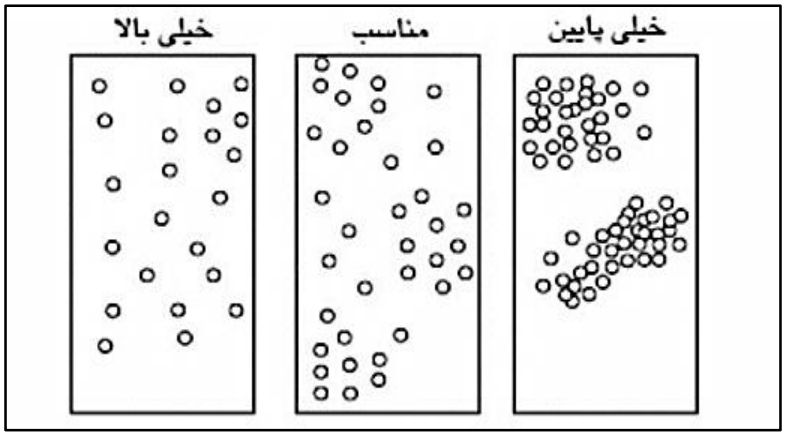
پرورش طیور، تخصیص سوخت، شرایط محیطی، کوره‌های هوای گرم،گرمایش تابشی

مقدمه

جوجه‌ها در مرغداری‌های صنعتی در محدوده مناسب و مشخصی از نوسانات محیط قادرند دمای بدن خود را ثابت نگه دارند که این محدوده آسایش حرارتی نامیده می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل در پرورش طیور تأمین دمای مناسب در داخل مرغداری و تأمین راحتی و آسایش جوجه است. راحتی و آسایش جوجه یعنی اینکه جوجه بال‌هایش را به دلیل گرمای زیاد از هم باز نکند و از طرفی دیگر جوجه‌ها برای فرار از سرما یا گرمای زیاد متمرکز نشوند. به بیانی دیگر جوجه‌ها باید پراکندگی یکنواخت در سطح سالن داشته باشند و در سرما و

*نگارنده مسئول: Email: maysami@tabrizu.ac.ir
http://doi: 10.22092/AMSR.2021.352927.1371

گرمای زیاد کنار دیواره‌ها و مکان‌های خنک و یا مقابل سامانه‌های گرم‌کننده محل تجمع یا فرار آنها نباشند. مطلوب‌ترین دمای داخل مرغداری در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از کف سالن ۲۵ الی ۲۷ درجه سلسیوس و محدوده رطوبت ۳۰ الی ۷۰ درصد است (Becky, 2015). نحوه پراکندگی جوجه‌ها در سالن در دماهای مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است (Pourreza, 2013).



شکل ۱- رفتار کلی جوجه‌ها در دماهای گرمایش متفاوت در سالن

Fig. 1- General behavior of chickens at different heating temperatures in the hall

مطالعات متعددی برای بررسی یکنواختی و محدوده دمای سامانه‌های گرمایشی صورت گرفته است. از آنجایی که کنترل دما در مرغداری‌ها بسیار مهم است، می‌توان قبل از تأسیس سالن، بر اساس محدوده دمایی متناسب با آسایش حرارتی طیور موارد فنی مرتبط با سامانه گرمایشی را مدنظر قرار داد. بررسی الزامات ساختاری مرغداری‌ها و رعایت موازین فنی، مدیریتی و بهداشتی واحدهای مرغداری ارتباط تنگاتنگی با حیات مناسب مرغ‌ها در سالن دارد که حفظ یکنواختی دما در کف سالن از جمله این الزامات است.

در مطالعه‌ای در برزیل شبیه‌سازی توزیع دمای محیط و اثر سرعت هوا با تکنیک دینامیک سیالات محاسباتی[1] در ارتفاع ۲۸ تا ۳۵ سانتی‌متری کف سالن پرورش مرغ گوشتی انجام شد (Rocha *et al.*, 2014). نتایج به عنوان اطلاعات پایه برای طراحی اولیه مرغداری‌های با تهویه طبیعی و بهینه‌سازی جریان هوا استفاده شد. فایرچیلد و همکاران (Fairchild *et al.*, 2012) در پژوهشی با انجام محاسبات نظری نشان دادند که سامانه‌های کوره‌ای جابه‌جایی هوای گرم برای انتقال هوای گرم کافی به انتهای سالن و سامانه‌های گرمایش از کف برای گرم شدن لوله‌ها و پوشش کف نیاز به تنظیم دمای بالاتری نسبت به سامانه‌های گرمایش تابشی دارند. در مطالعه‌ای دیگر در برزیل روی بازده سامانه کمکی برای مرغداری بر اساس شاخص‌های حرارتی، سامانه گرمایش از کف به عنوان گرمایش کمکی برای سامانه کوره هوای گرم مورد بررسی قرار گرفت. در طول دوره آزمایشی، مقادیر دما و رطوبت با دماسنج‌های خشک و تر در سطح ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متری کف سالن نگهداری پرندگان اندازه‌گیری و سپس بر اساس این مقادیر و نیاز گرمایی مرغ در

1- Computational Fluid Dynamics

سن رشد در بازه زمانی مشخص، مقدار بار حرارتی برای سامانه گرمایش در سالن مرغداری ۴۵۰ کیلوکالری بر ساعت تعیین گردید. سپس با در نظر گرفتن ظرفیت گرمایی سامانه گرمایش کوره هوای گرم موجود، ظرفیت گرمایی سامانه گرمایشی کف محاسبه شد تا نمونه اولیه و پیشنهادی سامانه گرمایش کف کمکی برای مرغداری با شرایط دمایی توصیه شده برای جوجه‌ها را فراهم آورد. نهایتاً نتیجه بر این شد که سامانه کمکی گرمایش کف همراه با سامانه کوره هوای گرم موجود در مرغداری می‌توان مصرف انرژی نهایی را در سالن مرغداری به طور قابل توجهی تا ۴۰ درصد کاهش داد (Campos *et al.*, 2013). در مطالعه‌ای دیگر در یک مرغداری گوشتی در گیلان با استفاده از سامانه گرمایش کوره هوای گرم جت هیتر با چیدمان نامتقارن، نتایج نشان دادند که بخشی از سالن‌ها بسیار بیش از حد نیاز گرم می‌شود و این به معنی اتلاف شدید انرژی حرارتی و از دسترس خارج شدن آن قسمت از سالن به دلیل فرار جوجه‌ها از آنجا و ایجاد ازدحام در سایر قسمت‌ها بود. این امر به نحوه چیدمان و کنترل سامانه‌های گرمایش بستگی دارد. گرمایش بیش از حد برخی نقاط سالن به دلیل کمتر نشدن دمای انتهای سالن و توزیع غیریکنواخت هوا در سالن است. برای ایجاد وضعیت یکنواخت در توزیع دمای هوای سالن دو راه‌کار اصلی توصیه می‌شود: اول اینکه چیدمان سامانه‌های گرمایش اصلاح شود طوری‌که محدوده وسیعی از سالن را تحت پوشش قرار دهند؛ دوم آنکه از دمنده‌های محوری کوچک در نقاط کور سالن و نقاط تجمع هوای گرم نزدیک به سقف، استفاده شود تا به طور دائم، هوای گرم در سالن گردش داشته باشد. در مطالعه‌ای در شهر ریوکلاو در برآورد آسایش حرارتی جوجه‌های گوشتی، ابزارهای جدیدی برای اندازه-گیری راحتی حرارتی به ویژه دوربین‌های حرارتی به کار برده شدند (Maringa *et al.*, 2014). هدف از این مطالعه بررسی ارتباط سطح پرندگان با سامانه گرمایش هیتر معمولی و سایر تجهیزات برای برآورد انتقال گرمای معقول بود. برای این کار، چهار قسمت از یک سالن مرغداری انتخاب و با استفاده از یک دوربین حرارتی مادون قرمز هر ربع ساعت تصویر دمایی از آن قسمت‌ها تهیه شد. علاوه بر آن، هر ربع ساعت دمای محیط، رطوبت نسبی و سرعت باد نیز در حین گرفتن تصاویر ثبت شد. مطابق نتایج، دمای سطح بدن پرندگان با دمای سطح تجهیزات داخل سالن پرورش (پرده‌های جانبی، سقف و بستر) ارتباط دارد. در پژوهشی دیگر با توجه به این‌که در روزهای اول پرورش، جوجه‌های گوشتی نیاز به مراقبت بیشتری دارند، محیط حرارتی داخلی دو سالن مرغ گوشتی مورد ارزیابی قرار گرفت (Osorio *et al.*, 2016) در این پژوهش دو صنعت تولید مرغ طیور در آمریکای جنوبی و در کشور برزیل یکی با سامانه تهویه جانبی فشار قوی و دیگری دارای سامانه‌های تهویه تونل فشار منفی، مورد بررسی قرار گرفتند. پارامترهای محیطی مانند دمای هوا، رطوبت نسبی و شاخص درجه حرارت و رطوبت در این تحقیق استفاده شدند. نقشه‌های توزیع دما برای میانگین شرایط روز و شب برای سه هفته اول پرورش تعیین شد. بر اساس نتایج این مطالعه، بهترین شرایط یکنواختی دمایی در هفته اول پرورش جوجه‌ها با دمای ۳۱/۳ تا ۳۲ درجه سلسیوس و در هفته دوم پرورش با دمای ۲۸ تا ۳۰ درجه سلسیوس در سالن با سامانه تهویه تونل فشار منفی نمایان شد.

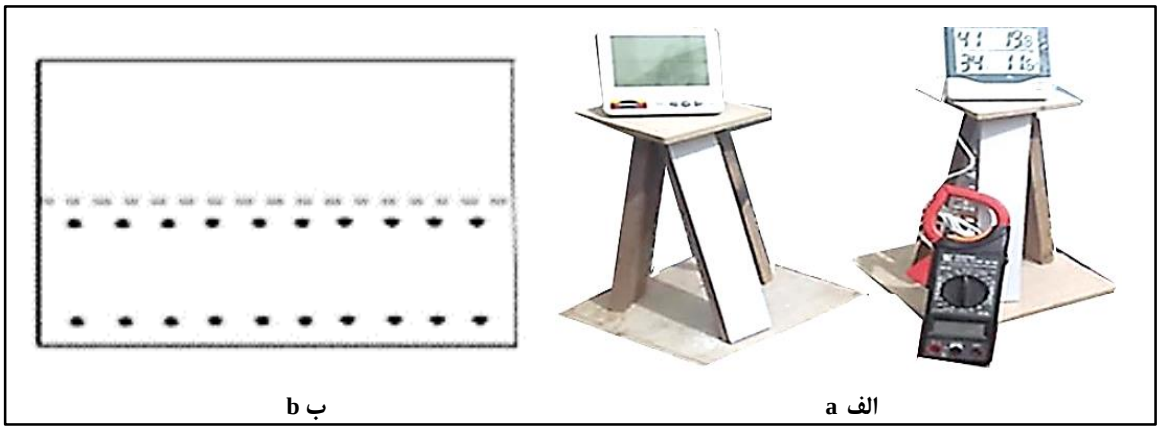
سوخت مصرفی، ۶۷ درصد از کل انرژی ورودی مرغداری را به خود اختصاص داده است (Abrishami *et al*., 2011). بر اساس گزارشی مصرف نفت گاز در واحدهای مرغداری ایران ۱۰ برابر اروپا و ۵ برابر میانگین جهانی است (Dansfaleh & Sharif., 2008). در مطالعه مصری گندشمین و عمید (Mesri Gandshmin & Amid, 2016) با توجه به سهم مصرف سوخت و ماهیت فعالیت‌های مختلف در مرغداری‌ها ۶۱/۴۸ درصد از انرژی مصرفی به منظور گرم کردن فضای سالن مرغداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. گرمایش همان فرایند افزایش دما است و گرمایش سالن‌های مرغداری یک موضوع بسیار مهم است که نیاز به یک رویکرد مسئولانه دارد. سامانه‌های گرمایشی زیادی وجود دارند که برای تأمین گرما از آنها استفاده می‌شود. انواع مختلفی از سامانه‌های گرمایشی اعم از سامانه‌های گرمایشی کوره‌های هوای گرم (هیتر معمولی، جت هیتر)، سامانه‌های گرمایش از کف و سامانه‌های گرمایش تابشی در مرغداری‌ها وجود دارند. تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از آنها به عملکرد این سامانه‌ها از بعد تأمین دمای یکنواخت در کف سالن مرغداری و نیز مقدار مصرف انرژی آنها بستگی دارد. لذا در این مطالعه، رفتار سامانه‌های مختلف گرمایشی استفاده شده در مرغداری‌های گوشتی استان آذربایجان شرقی بررسی شد. لازم به ذکر است که این استان از قطب‌های پرورش مرغ گوشتی است که با ۵۳۷ واحد مرغداری گوشتی ظرفیت تولید ۱۱۵۸۷ هزار قطعه مرغ در سال را دارد (Ebadzadeh *et al*., 2019). بنابر مطالعات قبل، اکثر تأسیسات و تجهیزات این واحدها مستهلک بوده و نیاز به نوسازی، تعویض و بهینه‌سازی سامانه‌های گرمایشی دارند.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش مرغداری‌های گوشتی با سامانه‌های مختلف گرمایشی در استان آذربایجان شرقی بودند. با در نظر گرفتن هدف آزمایش و با توجه به مقررات سخت از طرف مرغداران برای ورود به مرغداری، متفاوت بودن نوع سامانه گرمایشی مرغداری‌های گوشتی و استفاده معدود از سامانه گرمایشی تابشی لوله‌ای و سامانه گرمایش از کف در بین مرغداری‌های گوشتی، از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی استفاده شد. در این روش یک مرغداری به عنوان اولین عضو نمونه، به طریقی انتخاب شد که بیشترین ارتباط را با موضوع تحقیق داشت. از طریق ارتباط این عضو با اعضای دیگر جامعه آماری، امکان دسترسی به سایر نمونه‌ها میسر شد. به این ترتیب با روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی ۱۲ مرغداری گوشتی با سامانه‌های گرمایشی مختلف در محدوده استان آذربایجان شرقی واقع در شهرستان‌های میانه، مراغه، مرند، گوگان و شبستر انتخاب شدند. این تعداد شامل ۲ مرغداری با سامانه گرمایشی هیتر معمولی، ۳ مرغداری با سامانه گرمایشی جت هیتر، ۲ مرغداری با سامانه گرمایش از کف، ۲ مرغداری با سامانه گرمایش تابشی چتری و ۳ مرغداری با سامانه گرمایش تابشی لوله‌ای است. به دلیل عدم امکان دسترسی به تعداد مساوی از مرغداری‌ها با سامانه مختلف در این پژوهش از طرح کاملاً تصادفی در تکرارهای نامساوی استفاده شد. سامانه‌های گرمایشی گرمایش از کف و گرمایش تابشی لوله‌ای رواج کمتری نسبت به سایر سامانه‌ها دارند. مصرف انرژی سامانه گرمایشی و یکنواختی دما در این مرغداری‌ها بررسی شد. یکنواختی توزیع دما در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری کف مرغداری‌ها که محدوده

سر پرنده (Shahini *et al.*, 2017) و مرجع شناخته شده برای تعیین دمای مناسب محیط قرارگیری مرغ‌ها است، با اندازه‌گیری‌های تجربی به دست آمد. سالن‌های مرغداری به طور مداوم طی چند روز سرما در اسفند سال ۱۳۹۷ و فروردین سال ۱۳۹۸ که دوره سرما حاکم بود تحت نظارت قرار گرفتند. ابزار اندازه‌گیری (شکل۲- الف) شامل دو عدد دماسنج و رطوبت‌سنج دیجیتالی با مدل تفا[1] ساخت کشور آلمان با محدوده دمایی ۵۰+ تا۱۰- درجه سلسیوس و دقت ۱± درجه سلسیوس بود. دماسنج‌ها روی یک پایه چوبی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر قرار داده می‌شدند تا اندازه‌گیری دما در ناحیه ۳۰ سانتی‌متری کف سالن مرغداری صورت گیرد.

با توجه به بزرگ بودن سالن‌ها و محدودیت اعمال شده توسط مرغداران مبنی بر عدم امکان حضور طولانی در سالن‌ها به دلیل شرایط قرنطینه بهداشتی، برای نمونه‌برداری سالن‌ها به دو قسمت قرینه تقسیم‌بندی شدند (شکل ۲- ب). شرایط هر دو قسمت مشابه بوده و نمونه‌برداری از یک قسمت، برای درک شرایط کل سالن کفایت می‌کرد. با توجه به مطالعات اولیه، از نظر اختلاف دمای وسط سالن وکنار دیوارها با وجود پنجره‌های اینلت[2] و تلفات دمایی توسط دیوارها، هر دو قسمت شرایط مشابه داشتند که یکی از آنها در نهایت برای نمونه‌برداری اصلی انتخاب شد. اما به دلیل دریچه‌های خروجی سامانه‌های تهویه در انتهای سالن مرغداری، تفاوت دما در طول سالن متفاوت بود. بدین‌منظور از ابتدا تا انتهای سالن داده‌برداری از نقاط با فواصل یکسان در دو ردیف از سمت چپ (وسط سالن) و از سمت راست (کنار دیوار) صورت گرفت.



شکل ۲- الف) دما و رطوبت‌سنج و جریان‌سنج انبری مورد استفاده در این پژوهش و ب) محل‌های تقریبی داده‌برداری از سالن‌ها

Fig. 2- a) Temperature and hygrometer and clamp meters used in this research and b) Approximate data collection area of halls

در سامانه‌های مختلف گرمایشی از منابع انرژی مختلف از جمله گازوئیل، گاز، نفت و الکتریسیته استفاده می‌شود و در اغلب سامانه‌ها ترکیب الکتریسیته (برای راه‌اندازی دمنده‌ها) و یکی از منابع گازوئیل یا گاز (به عنوان سوخت) استفاده می‌شوند. یک عدد جریان‌سنج انبری[3] برای اندازه‌گیری ولتاژ برق مصرفی سامانه گرمایش جت هیتر، سامانه گرمایش هیتر معمولی، سامانه گرمایش تابشی چتری و سامانه گرمایش تابشی لوله‌ای مورد استفاده قرار گرفت. برای ثبت مقدار مصرف انرژی فسیلی

1- TFA
2- Inlet
3- Clamp Meter

سامانه‌ها از کنتور گاز و یا اندازه‌گیری مقدار مصرف گازوئیل در بازه زمانی مشخص استفاده شد.

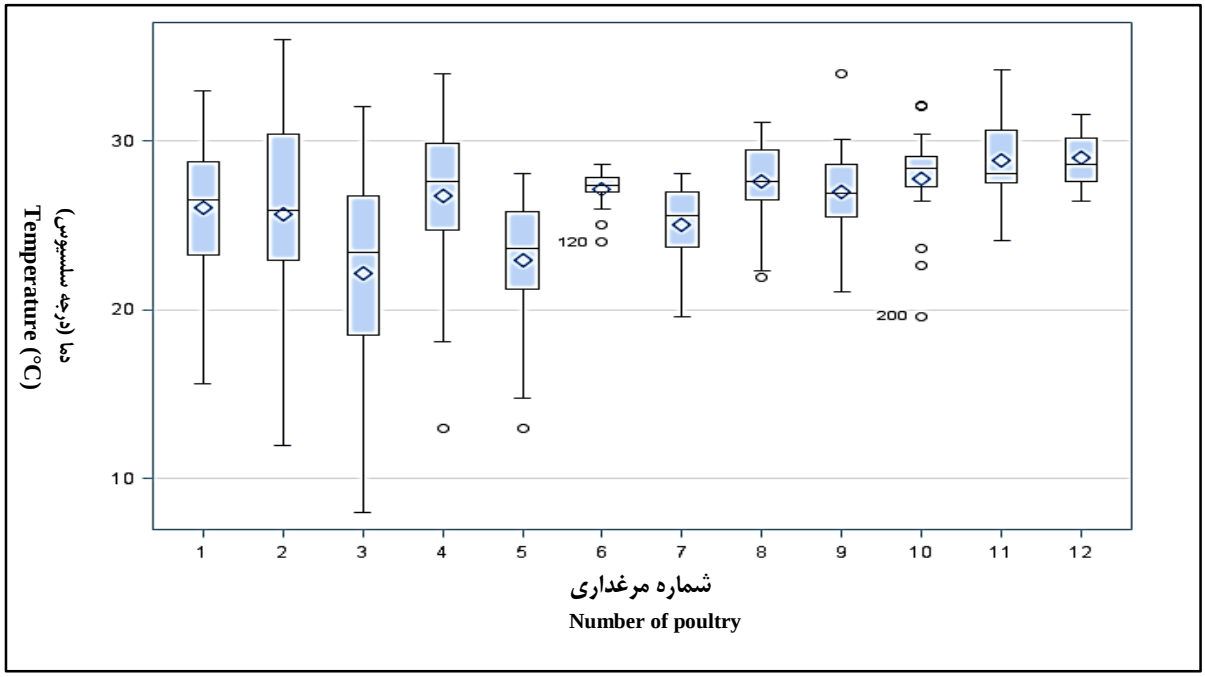
برای محاسبه مقدار انرژی بدین صورت عمل شد که ابتدا بخاری اتاق کارگری و تمام سامانه‌ها به جز یکی از سامانه‌ها خاموش شدند. طبق دستورالعمل سازمان ملی استاندارد کشور ایران، سامانه مورد نظر به مدت ۱۵ دقیقه روشن شد تا هم حجم گاز درون لوله برای جلوگیری از نوسانات گاز، کاملاً پر شود و هم سامانه گرمایشی مورد نظر در حالت بار حرارتی کامل و پایدار قرار گیرد. سپس در مدت ۵ دقیقه کار سامانه، به وسیله کنتور گاز یا باک گازوئیل، حجم گاز یا گازوئیل مصرفی سامانه مورد نظر اندازه گرفته شده و برای یک ساعت روشن بودن سامانه حساب گردید (Anon, 2013). مطابق مطالعات اولیه، داده‌های ثبت شده در این زمان با نسبت مشابه برای طولانی‌مدت هم صادق بود و تغییر محسوسی با گذر زمان مشاهده نشد.

برای اینکه امکان مقایسه مصرف منابع مختلف انرژی الکتریسیته، گاز و گازوئیل فراهم شود، انتخاب پایه مشترک انرژی برای آنها لازم بود. مطابق توصیه‌های مطالعات انرژی (Hammond, 2015; Vanek, 2016)، بهترین پایه معادل انرژی اولیه است (Anon, 2006). معادل انرژی اولیه گاز طبیعی ۴۹/۵ مگاژول بر متر مکعب، گازوئیل ۴۷/۸ مگاژول بر لیتر و معادل انرژی الکتریسیته ۸/۴ مگاژول بر کیلووات ساعت (Maysami, 2014) در نظر گرفته شد و در مقدار مصرف هر کدام از آنها ضرب شد. برای حذف اثر مساحت سالن‌ها، جمع انرژی مصرف شده بر مساحت هر سالن مرغداری تقسیم شد تا امکان مقایسه مصرف انرژی برای سامانه‌های مختلف بر حسب مگاژول بر متر مربع فراهم شود.

با تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار SAS پراکندگی دمایی در سالن‌ها ارزیابی شد. برای قضاوت در مورد میزان مصرف انرژی سامانه‌های مختلف گرمایشی مرغداری‌ها، مقایسه میانگین داده‌های مصرف انرژی انجام شد. نمودار جعبه‌ای (باکس-ویسکرز) در بیان نتایج آورده شده‌اند.

نتایج و بحث

یکنواختی توزیع دما در کف مرغداری و در محدوده قابل قبول بودن آن (۲۷ - ۲۵ درجه سلسیوس) امری مطلوب و ارزیابی آن هدف اول مطالعه حاضر بود. لذا مقایسه مرغداری‌ها از لحاظ توزیع دما در کف مدنظر قرار گرفت. دماهای ثبت شده از ۱۲ مرغداری مطالعه شده در بین محدوده ۸ تا ۳۶ درجه سلسیوس مشاهده شد که میانگین کل نقاط اندازه‌گیری شده ۴/۲± ۲۶/۳ درجه سلسیوس بود (مجموعاً ۲۴۰ دمای ثبت شده). برای حفظ یکنواختی شرایط مرغداری‌ها اندازه‌گیری دما در زمان‌هایی انجام گرفت که دمای هوا در آن مناطق مشابه باشد. دمای هوای بیرون در زمان اندازه‌گیری‌ها در همه مرغداری‌ها در محدوده ۸/۴ تا ۱۱/۴ درجه سلسیوس بود که این اختلاف با توجه به گستردگی منطقه لاجرم و قابل اغماض است. با تجزیه و تحلیل آماری دماهای اندازه‌گیری شده مشخص شد بیشترین میانگین دمای سالن با ۲۸ درجه سلسیوس برای مرغداری‌های شماره ۱۱ و ۱۲ با سامانه گرمایشی تابشی لوله‌ای و کمترین دما، با ۸ درجه سلسیوس برای مرغداری شماره ۳ با سامانه جت هیتر بود.



شکل ۳- نمودار جعبه‌ای توزیع فراوانی دما در ارتفاع ۳۰ سانتیمتری کف مرغداری‌ها

Fig. 3- Box diagrams of temperature distribution boxes at a height of 30 cm from the floor of poultries

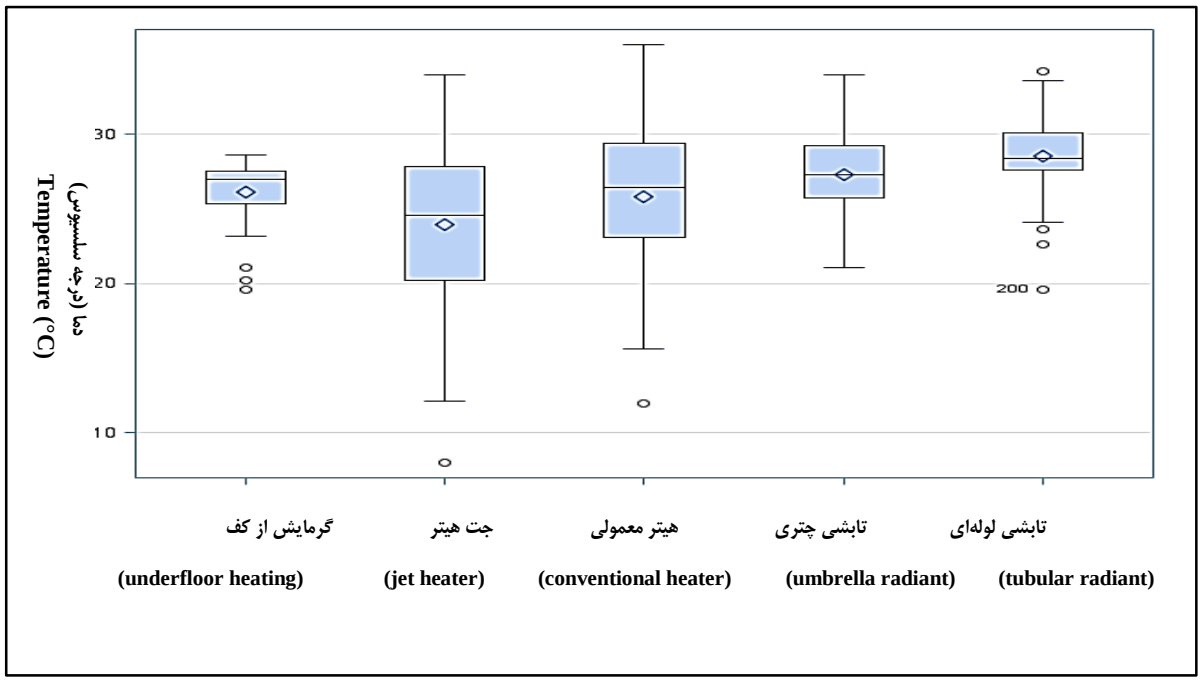
در شکل ۳ توزیع جعبه‌ای (باکس-ویسکرز) دمای مرغداری‌ها مشاهده می‌شود. بر اساس این شکل پراکندگی دمایی در داخل مرغداری‌های شماره ۱ تا ۵ بسیار بیشتر و متفاوت از سایر مرغداری‌ها است. این مرغداری‌ها دارای سامانه گرمایشی هیتر معمولی و جت هیتر بودند. در مرغداری‌های با سامانه تابشی (شماره ۸ تا ۱۱) دمای نقاط در سالن در نزدیکی میانگین دمایی قرار دارند که نشان‌دهنده یکنواختی دمایی بیشتر در داخل سالن مرغداری است.

مطابق هدف مطالعه که بررسی یکنواختی دما در سامانه‌های گرمایشی مختلف بود، مرغداری‌ها بر اساس تفاوت در سامانه گرمایش مورد بررسی قرار گرفتند. همان‌طور که در تجزیه واریانس داده‌های دمایی در جدول ۱ نشان داده شده است، تفاوت میانگین دمایی در سامانه‌های گرمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد با یکدیگر داشتند.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین دمای ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از کف مرغداری‌ها در سامانه‌های مختلف گرمایشی

Table 1- Analysis table of variance of the mean temperature of 30 cm from the floor of poultries in different heating systems

منبع تغییرات (Source)	درجه آزادی (Degree freedom)	مجموع مربعات (Sum Squares)	میانگین مربعات (Mean Square)	F	Pr>F
سامانه گرمایشی (Heating System)	4	679.41	169.85	11.12	<0.0001
خطا (Error)	235	3588.25	15.27		
کل (Total)	239	4267.66			



شکل ٤- نمودار جعبه‌ای توزیع فراوانی میانگین دمایی در سامانه‌های مختلف گرمایشی در مرغداری‌های گوشتی

Fig. 4 - Diagram of frequency distribution boxes of mean temperature in different heating systems in broiler farms

شکل ۴ توزیع پراکندگی دمایی را در سامانه‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به نمودار جعبه‌ای شکل ۴ میانگین دمایی سامانه‌های تابشی لوله‌ای با اختلاف ۹/۱ درصد از دیگر سامانه‌ها بیشتر است. در سامانه کوره هوای گرم (هیتر معمولی و جت هیتر)، تفاوت و پراکندگی در دماهای ثبت شده در نقاط مختلف سالن بیشتر است که از شکل ۴ مشخص است. با بررسی دماهای ثبت شده در بازه ۸ تا ۳۶ درجه سلسیوس مشخص شد که دماهای ثبت شده در مسیر ورود هوای گرم به سالن بیشتر و نقاط دور از آن کمتر هستند که ۱۴ درصد نسبت به هم تفاوت دارند. دمای هر دو منطقه نیز از دمای مطلوب پرندگان فاصله داشت. این باعث می‌شود پرندگان قرار گرفته در آن مناطق دچار تنش دمایی شوند و یا منجر به فرار آنها از آن مناطق شده و در نتیجه سطح مفید سالن کاهش یافته و سایر مناطق دچار ازدحام و تجمع و ایجاد تنش ناشی از آن می‌شود.

نتایج مقایسه میانگین دمای سامانه‌های گرمایشی به روش دانکن (جدول ۳) مشخص می‌کند که تفاوت معنی‌داری بین سامانه‌های تابشی لوله‌ای و چتری وجود نداشت. اما بین سامانه تابشی لوله‌ای با بیشترین میانگین (۲۸/۵۲ درجه سلسیوس) و سایر روش‌ها تفاوت معنی‌دار بود. سامانه جت هیتر نیز با میانگین ۲۳/۹۴ درجه سلسیوس کمترین دما را داشته و متمایز از سایر سامانه‌ها بود. دمای میانگین سامانه تابشی لوله‌ای و سامانه جت هیتر در محدوده دمایی مناسب توصیه شده (۲۷ - ۲۵ درجه سلسیوس) قرار نداشتند.

جدول ۳- مقایسه میانگین دمایی در سامانه‌های مختلف گرمایشی مرغداری‌ها

Table 3 - Comparison of mean temperatures in different poultry heating systems

سامانه‌گرمایشی (Heating System)	تعداد داده (data)	میانگین دما (درجه سلسیوس) Temperature (°C)	انحراف معیار استاندارد (Standard deviation)	مقایسه میانگین (به روش دانکن)* Comparing the mean (by Duncan method)
جت هیتر (jet heater)	60	23.94	5.41	C
هیترمعمولی (conventional heater)	40	25.83	5.16	B
گرمایش از کف (underfloor heating)	40	26.10	2.18	B
تابشی چتری (umbrella radiant)	40	27.30	2.65	AB
تابشی لوله‌ای (tubular radiant)	60	28.52	2.50	A

* در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد غیر معنی‌دار هستند.

* Differences of means with similar letters at the level of 5% probability are insignificant.

مقایسه مصرف سوخت سامانه‌های گرمایشی

علاوه بر یکنواختی دما، آگاهی از مصرف انرژی نیز جزو مهم‌ترین مباحث و عوامل در انتخاب سامانه گرمایشی مناسب است. همان‌طور که اشاره شد، مصرف سوخت سامانه‌ها در مرغداری‌ها در هر ساعت از کار اندازه‌گیری شد. سپس بر اساس ساعات کار سامانه، تعداد سامانه‌ها در هر سالن و مساحتی که سامانه‌ها تحت پوشش قرار می‌دادند، مصرف انرژی به ازای هر متر مربع از سالن اندازه‌گیری شد. در به دست آوردن این مصرف سوخت ویژه از تفاوت در تراکم جوجه در واحد سطح صرف‌نظر شد زیرا تعداد جوجه در واحد سطح در اکثر مرغداری‌ها از محدوده متعارف و استاندارد ۱۲ قطعه جوجه در متر مربع (Fallah Georgiani *et al.*, 2018) تبعیت می‌کرد و اختلاف در حد قابل صرف‌نظر بود. همچنین تفاوت سنی جوجه‌ها در سالن مرغداری‌های مختلف نیز نادیده گرفته شد. در انتخاب مرغداری‌ها رعایت سن جوجه‌ها (اواسط عمر) مد نظر قرار گرفته بود.

با توجه به اینکه نوع سوخت سامانه‌ها متفاوت بود و برخی الکتریسیته هم مصرف می‌کردند برای رسیدن به پایه مشترک، مطابق شرح آمده در مواد و روش‌ها، معادل انرژی براساس انرژی اولیه محاسبه گردید و به صورت مگاژول بر متر مربع محاسبه شد. سالن‌های مرغداری با سامانه‌های تابشی لوله‌ای با ۵/۴ الی ۸/۱ مگاژول بر متر مربع، کمترین مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند. مصرف ویژه انرژی برای هردو سامانه گرمایش از کف با ۳۰/۳ و ۲۳/۸ مگاژول بر متر مربع بیشترین مقدار بود. یعنی سامانه گرمایش از کف بیشترین مصرف انرژی با فاصله ۴۸/۸ درصد، از دیگر سامانه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد. سامانه جت هیتر نیز با مصرف ۸/۵ الی ۹/۵ مگاژول بر متر مربع نسبت به سامانه گرمایشی تابشی چتری ۲۹/۵ درصد، مصرف انرژی کمی دارد اما سامانه گرمایشی هیتر معمولی با ۱۲/۶ الی ۱۴/۳ مگاژول بر متر مربع نسبت سامانه گرمایشی تابشی چتری ۱۲ درصد، مصرف انرژی بیشتری داشت. سامانه‌های تابشی نسبت به سامانه‌های همرفتی مصرف ویژه انرژی کمی دارند. با رفع همپوشانی و مشکلات در نحوه نصب و استفاده، مصرف در این سامانه‌ها باز هم می‌تواند اصلاح شود. سامانه‌های

تابشی چتری با بیشترین همپوشانی می‌توانند باعث افزایش مصرف انرژی شوند که در یکی از مرغداری‌های مطالعه شده مصرف انرژی ۱۶ مگاژول بر متر مربع محاسبه شد در حالی‌که در دیگری به ۸/۵ مگاژول بر متر مربع می‌رسید. از این دیدگاه، بهترین سامانه گرمایشی، سامانه تابشی لوله‌ای است که با میانگین مصرف انرژی ۶/۸ مگاژول بر متر مربع با ۱۸/۸ درصد، کمترین مصرف انرژی را نسبت به سایر سامانه‌های گرمایشی به خود اختصاص می‌داد.

نتیجه‌گیری

استفاده از سامانه‌های مختلف گرمایشی در مرغداری‌های گوشتی، نیازمند بررسی کیفیت سامانه‌ها از باب یکنواختی توزیع دما در کف سالن و انرژی مصرف شده در گرمایش است. از پنج سامانه رایج در گرمایش سالن مرغداری‌ها، گرمایش تابشی لوله‌ای یکنواختی دما را با ۹۰/۸ درصد فراهم می‌کرد اما میانگین دمایی ۲۸/۵ درجه سلسیوس از بازه توصیه شده بیشتر بود. مطلوب‌ترین مصرف انرژی در بین سامانه‌های مختلف گرمایشی در این پژوهش با مصرف انرژی ۶/۸ مگاژول بر متر مربع متعلق به سامانه گرمایش تابشی لوله‌ای است که با ۱۸/۸ درصد، کمترین مصرف انرژی را نسبت به سایر سامانه‌ها به خود اختصاص می‌داد. در حالی‌که سامانه گرمایش از کف با میانگین مصرف انرزی ۲۷/۱ مگاژول بر متر مربع با ۴۸/۸ درصد، بیشترین مصرف انرژی را نشان می‌داد که به صورت فاحشی با ۳۰ درصد از نوع تابشی لوله‌ای بیشتر بود. اگرچه سامانه گرمایش از کف یکنواختی بیشتری فراهم می‌کند اما با توجه به مصرف انرژی بالای آن از نوع سامانه گرمایش تابشی لوله‌ای عقب می‌ماند. گرمایش با سامانه جت هیتر و هیتر معمولی هم کمترین یکنواختی را داشته و دما در قسمت‌های مختلف سالن با هم اختلاف بیشتری داشت و پراکندگی دمایی در سامانه جت هیتر و هیتر معمولی نیز بیشتر از سایر سامانه‌ها است.

مراجع

Abrishami, H., Hasantash, S., G., Abdoli, Q., & Samimi, S. (2011). Economic study of the possibility of modernizing the country's poultry industry with focus on optimizing fuel consumption. *Journal of Economics and Energy Studies*, *155*, 30-179. (in Persian)

Anon. (2006). Environmental management Life cycle assessment, requirements and guidelines. *ISO 14044.* Available at: http://www.iso.org.

Anon. (2013). ISIRI Standard 12886: Gas fried industrial heaters with displacement method with capacity of less than 70 kw – Criteria and technical specifications of energy consumption and energy label. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian)

Becky, M. (2015). *Principles of broiler breeding*. Tehran. Danesh Marz. (in Persian)

Campos, A. T., Klosowski, E. S., Sousa, F. A., Ponciano, P. F., Navarini, F. C., & Yanagi, J. T. (2013). Eficiênciade sistema de aquecimento auxiliar para aviários, com base nos índices de conforto térmico. *Bioscience Journal, Uberlândia, 29*(3), 703-711.

Dansfaleh, R., & Sharif, M. (2008). *Fuel consumption status and energy saving potentials in the country's poultry industry. 16th Annual Conference on Mechanical Engineering, Kerman, Faculty of Engineering*, May 16, Shahid Bahonar University. (in Persian)

Ebadzadeh, H. R., Ahmadi, K., & Afrozi, Sh. M. (2019). Statistics letter of the Ministry of Jihad Agriculture. (in Persian)

Fallah Georgiani, M., Hosseini Moghadam, S. H., & Mohiti, M. (2018). *Investigation of the effect of density the performance of commercial broilers in Guilan province. Proceedings of the Second National Conference on New Research in Animal Sciences*, April 11, Birjand University. (in Persian)

Fairchild, B., Collins, N. E., & Czarick, M. (2012). Environmental factors for controlling chicks Circulation fans in houses with radiant brooders. College of Agricultural and Environment Sciences, University of Georgia, Georgia.

Hammond, G. (2015). Environmental life cycle assessment (LCA) of energy systems. In: G. Hammond., C. Jones., & A. Ogrady (Eds.) Handbook of Clean Energy System. Sweden, Wiley.

Maringa, D. J. R., Tinoco, I. de F. F., Vieira, M. F. A., Mendes, M. A., Sousa, F. C. de, & França, L. G. (2014). Mapeamento do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistema vertical decriação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19*, 996 -1004.

Maysami, M. A. (2014). Energy efficiency in dairy cattle farming and related feed production in Iran (Ph. D. Thesis), Humboldt University of Berlin.

Mesri Gandshmin, T., & Amid, S. (2016). Modeling of energy efficiency using the approach of artificial perceptron neural networks (Case study of Ardabil province). *Journal of Livestock Production Research, 5*(2), 73-85. (in Persian)

Osorio, R. H., Ilda F. F., Tinoco Jairo, A., & Osorio, S. (2016). Thermal environment in two broiler barns during the first three weeks of age. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 20*(3), 256-262.

Pourreza, J. (2013). Scientific and practical principles of poultry breeding, Jihad Daneshgahi Pub, Isfahan University of Technology. (in Persian)

Rocha, K. S. O., Martins, J. H., Saraz, O. A. J., & Martins, M. A. (2014). Modeling and simulation of internal environment conditions in high-density poultry houses with ventilation using computational fluid dynamics. Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, July 6-10, Zurich.

Shahini, H., Saadat Fard, M., & Taki, M. (2017). *Construction and evaluation of underfloor heating system in model poultry hall. Proceedings of the 3rd National Congress of Development and Promotion of Agricultural Engineering and Soil Sciences of Iran*, Sep. 13, Tehran, Iran. (In Persian)

Vanek, F. (2016). *Energy systems engineering, Evaluation and Implementation*. New York. McGraw-Hill Education.

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.22/No.79/Autumnr2021/P:21-32
Journal Home Page: https://amsr.areeo.ac.ir

Research Paper

Comparison of the Performance of Different Heating Systems in Poultries in Terms of Temperature Uniformity and Energy Consumption

A. Alikhani Baghmyani, M. A. Maysami*, R. Kianfar, Sh. Abdollahpour

*Corresponding Author: Assistant Professor, Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: maysami@tabrizu.ac.ir.
Received: 14 Decembert 2020, Accepted: 20 April 2021
http://doi: 10.22092/AMSR.2021.352927.1371

Abstract

A large part of fuel consumption in agriculture is related to the poultry industry. Fuel consumption in our country's poultries is more than international standards. High consumption of fossil resources in this industry, despite the cheapness of fuel in Iran and the allocation of subsidized fuel, imposes a high cost on poultries and reduces the possibility of their competition in global markets. Also, the quality of heat provided to chickens is one of the main concerns of the poultry industry, which plays a key role in production efficiency. In poultry heating, heating systems of hot air furnaces (conventional heaters, jet heaters), underfloor heating systems and umbrella radiant systems and tubular radiant heating systems are used. According to the present study, among the common heating systems, tubular radiant heating systems with energy consumption of 6.8 MJ/m2, the lowest energy consumption and suitable temperature uniformity at a height of 30 cm with mean temperature of 28.52±2.50°C. They had. Underfloor heating systems had the best temperature uniformity with mean of 26.10±2.18°C, but their energy consumption was estimated to be 30% higher than that of tubular radiation system. Conventional heater system with mean temperature of 25.83±5.16°C and jet heater system with mean temperature of 23.94 ±5.41°C in terms of temperature uniformity is the worst condition and conventional heater system with energy consumption of 14.3 MJ/m^2 and Underfloor heating with energy consumption of 30.3 MJ/m^2 had the highest energy consumption.

Keywords: Birds Breeding, Environmental Conditions, Fuel Allocation, Hot Air Furnaces, Radiant Heating

© 2021 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)