ارزیابی عملکرد گرمایشی یک مبدل زمینی با جریان هوا بمنظور استفاده در گلخانه در شرایط آب و هوایی دشت مشهد

محمد حسین عباسپور فرد[۱]، عادل غلامی[۲]

[۱]دانشیار گروه ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد [۲]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی

Abaspour@um.ac.ir

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی راندمان سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا در شرایط آب و هوایی مشهد بمنظور کاهش بار گرمایی مورد نیاز در گلخانه ها بود. برای نیل به این هدف از طرح آزمایشی فاکتوریل ۳×۲×۲×۲، عمق دفن لوله ها در دو سطح ۲ و ٤ متر؛ طول لوله ها در دو سطح ۹ و ۱۸ متر؛ جنس لوله در دو سطح آهنی و پلاستیکی؛ و سرعت جریان هوا در سه سطح ٤، ۷ و ۱۰ متر بر ثانیه، در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار استفاده گردید. برای ارزیابی عملکرد این سامانه پارامترهای اختلاف دمای هوای خروجی و ورودی، میزان مبادله انرژی گرمایی با خاک و ضریب عملکرد سامانه مورد بررسی قرار گرفتند. در بین متغیر های مورد مطالعه، عمق دفن بیشترین تأثیر را بر اختلاف دمای هوای خروجی و ورودی از خود نشان داد. در مجموع با توجه به اینکه لوله آهنی در عمق ٤ متر، طول ۱۸ متر و با جریان هوای ۷ متر بر ثانیه بالاترین ضریب عملکرد را داشت (۳/۵۷) بهترین گزینه معرفی شد.

مقدمه

سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا شامل شبکه ای از لوله های زیر زمینی می‌باشد که جریان هوا به طور اجباری از داخل لوله ها عبور می‌کند [۲]. نمونه ای از چنین سامانه ای در احمد آباد هند که در مقایسه با دشت مشهد منطقه ای نسبتاً گرم است، ساخته شده است. آزمایش های سرمایش و گرمایش سه روز پشت سر هم در ماههای ژانویه و می انجام گردید. سامانه قادر بود هوای محیط را در ماه می ١٤ درجه خنک و در ماه ژانویه به همین اندازه گرم کند. ضریب عملکرد در هنگام سرمایش بطور میانگین ۳/۳ و هنگام گرمایش ۳/۸ اندازه گیری گردید [۳]. عملکرد سامانه های زمین گرمایی به میزان زیاد به بیشینه و کمینه دما در طول شبانه روز و همچنین طی سال وابسته است. دشت مشهد بدلیل تغییرات زیاد دما در طول شبانه روز و همچنین در طی سال می تواند یکی از مناسب ترین مناطق برای استفاده از این سامانه در گلخانه ها باشد. در صورت عملکرد مناسب، با نصب این سامانه در گلخانه می توان سامانه های گرمایشی گلخانه را کاملا حذف و یا با کاهش بار گرمایی گلخانه، دفعات خاموش و روشن شدن سامانه های گرمایشی را تقلیل، ضمن کاهش مصرف سوخت های فسیلی، عمر مفید تجهیزات گرمایشی را افزایش داد. در این تحقیق به بررسی راندمان سامانه مبدل گرمایی زمینی با جریان هوا در شرایط آب و هوایی مشهد پرداخته شده است.

مواد و روش ها

سامانه مورد نظر در زمینی به مساحت تقریبی ۱۰۰ متر مربع واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در پاییز ۱۳۸۷ اجرا شد. در این سامانه برای ایجاد جریان هوا با سرعت های مختلف از یک دمنده الکتریکی مجهز به دمپر استفاده شد. آزمون ها در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. متغیر وابسته مورد مطالعه در این تحقیق اختلاف دمای هوای خروجی و ورودی از لوله های زیرزمینی و ضریب عملکرد سامانه بود. ضریب عملکرد در این سامانه ها عبارت از نسبت گرمای گرفته شده از سامانه به انرژی داده شده به آن است[۱]. لوله های آهنی و لوله های پلاستیکی در کف کانال به موازت هم و به فاصله ٤٥ سانتیمتر در عمق ۲ و ٤ متری قرار داده شدند. یک خروجی دیگر از وسط لوله ها، علاوه بر دو انتهای آن، به سطح زمین آورده شدند تا سطوح مورد نظر طول لوله حاصل شوند. هنگام

خاکریزی ابتدا یک لایه ۲۰ سانتیمتری خاک نرم روی آنها ریخته شد تا لوله ها آسیب نبینند. ورودی هر لوله به دمنده و خروجی آنها به فضای بیرون متصل شدند. شکل۱ نحوه قرارگیری لوله ها، محل ورود و خروج هوا، و دمنده را در سامانه نشان می دهد. بافت خاک در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد مورد آزمایش قرارگرفت. نوع خاک لومی با ۳۸٪ شن،٤٤٪ سیلت و ۱۸٪ رس و با رطوبت ۱۸٪ تعیین گردیدآزمایش ها هفته آخر اسفند ماه و نیمه شب ها از ساعت۱۲ بامداد تا ۵ صبح هنگامی که هوا سرد بود انجام شد. آزمایشات در سه شب مختلف در همین ساعات تکرار می-شد. میانگین رطوبت هوا در این سه شب ٦٧٪ و میانگین دما در هنگام آزمایش در این سه شب ۳/۷۹ درجه سانتیگراد یادداشت شد. در ضمن دقت شده بود که در این سه شب دمای هوا تا حد ممکن یکسان باشد. با توجه به طرح فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار، در مجموع ۷۲ آزمایش با سطوح مختلف از متغیر های مستقل زیر انجام شد:

عمق دفن لوله ها در ۲ سطح برحسب متر: A_1= ۲ ، A_2= ٤

طول لوله ها در ۲ سطح بر حسب متر: B_1=۹، B_2=۱۸

جنس لوله ها در ۲ سطح : آهنی =C_1، پلاستیکی =C_2

سرعت جریان هوا در لوله ها در ۳ سطح بر حسب متر بر ثانیه: D_1= ٤ ، ۷ =D_2 و D_3= ۱۰

با توجه به طرح آماری به کار رفته در این تحقیق، داده های به دست آمده از آزمایش های گرمایش در محیط نرم افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و کلیه مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شدند.

شکل۱- آماده سازی نهایی زمین آزمایش همراه با دمنده هوا به انضمام چهار دهانه ورودی و چهار دهانه خروجی.

نتایج و بحث

با انجام تجزیه واریانس داده های بدست آمده از آزمایش های مختلف مشخص شد که عمق دفن (A)، طول لوله (B)، جنس لوله (C) و سرعت جریان هوا (D) در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شده اند. به عبارت دیگر متغیرهای عمق دفن، جنس لوله، طول لوله و سرعت جریان هوا در لوله به احتمال ۹۹٪ روی میزان گرمای استحصالی از زمین اثر معنی داری داشته است. همچنین اثرات متقابل عمق دفن و طول لوله (AB) و سرعت جریان هوا با طول لوله (BD) و همچنین اثر متقابل سه جانبه عمق دفن، طول لوله و سرعت جریان هوا (ABD) به احتمال ۹۹٪ اثر معنی داری بر روی میزان گرمای اخذ شده از زمین داشته است. یعنی اینکه این فاکتور ها در اثرات متقابل از نظر تأثیر بر روی افزایش دمای هوای خروجی از سامانه به صورت مستقل عمل نمی‌کنند. ولی اثرات متقابل عمق دفن و جنس لوله (AC)؛ جنس لوله و سرعت جریان هوا (CD)؛ عمق دفن و سرعت جریان هوا (AD)؛ جنس لوله و طول لوله (BC) و بقیه اثرات متقابل سه جانبه و اثر متقابل چهار جانبه متغیر های چهار گانه (ABCD) در سطح احتمال ۱٪ معنی دار نشده اند. این بدین معنی است که اثرات سطوح یک عامل بر عوامل دیگر به احتمال ۹۹٪ مشابه هم نبودند، و به صورت مستقل عمل کرده اند.

در جدول۱ نتیجه محاسبه میزان انرژی گرمایی مبادله شده و ضریب عملکرد سامانه نشان داده شده است. بیشترین میزان انرژی مبادله شده در تیمار هایی است که سرعت جریان هوا ۱۰ متر بر ثانیه (D_3) است، زیرا در این تیمار ها بدلیل بالا بودن نرخ جریان حجمی هوا از تمام گرادیان دمایی بوجود آمده بین دمای خاک و محیط استفاده می شود. البته زیاد بودن انرژی مبادله شده دلیل بر عملکرد بهتر نمی باشد زیرا بالا بردن سرعت جریان هوا نیازمند افزایش انرژی مورد نیاز دمنده می باشد. در بین تمام تیمار ها، تیماری که لوله ها در عمق ٤ متری، به طول ۱۸ متر، از جنس آهنی و با جریان هوای ۱۰ متر بر ثانیه

($A_2B_2C_1D_2$) استفاده شده است، بیشترین میزان انرژی مبادله شده با خاک را و به میزان ۷۷۱/۱۰ ژول بر ثانیه داشته است. اگر چه بیشینه بودن مقدار انرژی گرفته شده از خاک مطلوب می باشد، با این وجود استفاده از ضریب عملکرد واقع بینانه تـر مـی باشد، زیرا نشان دهنده مقدار انرژی خالص دریافت شده از زمین است.

جدول۱- میزان انرژی گرمایی مبادله شده با خاک و ضریب عملکرد سامانه مبدل گرمایی در تیمار های مختلف.

تیمار	گرمایی مبادله شده (ژول بر ثانیه)	ضریب عملکرد	تیمار	گرمایی مبادله شده (ژول بر ثانیه)	ضریب عملکرد
$A_1B_1C_1D_1$	۱۹۶/۶۷	۱/۶۶	$A_2B_1C_1D_1$	۲۹۷/۹۲	۲/۵۲
$A_1B_1C_1D_2$	۳۰۰/۹۵	۱/۷۶	$A_2B_1C_1D_2$	۴۹۷/۸۳	۲/۹۲
$A_1B_1C_1D_3$	۳۷۴/۲۸	۱/۱۱	$A_2B_1C_1D_3$	۶۶۷/۵۴	۱/۹۹
$A_1B_1C_2D_1$	۱۸۵/۱۴	۱/۵۶	$A_2B_1C_2D_1$	۲۷۴/۰۱	۲/۳۱
$A_1B_1C_2D_2$	۲۷۰/۰۸	۱/۵۸	$A_2B_1C_2D_2$	۴۹۰/۷۰	۲/۸۸
$A_1B_1C_2D_3$	۳۳۸/۳۲	۱/۰۱	$A_2B_1C_2D_3$	۶۳۰/۷۰	۱/۸۸
$A_1B_2C_1D_1$	۲۸۰/۵۵	۲/۳۷	$A_2B_2C_1D_1$	۳۶۸/۲۱	۳/۱۱
$A_1B_2C_1D_2$	۴۴۶/۳۸	۲/۶۲	$A_2B_2C_1D_2$	۶۰۹/۶۵	۳/۵۷
$A_1B_2C_1D_3$	۵۷۷/۷۹	۱/۷۲	$A_2B_2C_1D_3$	۷۷۱/۱۰	۲/۳۰
$A_1B_2C_2D_1$	۲۷۰/۰۹	۲/۲۸	$A_2B_2C_2D_1$	۳۵۲/۸	۲/۹۸
$A_1B_2C_2D_2$	۴۲۰/۰۰	۲/۴۷	$A_2B_2C_2D_2$	۵۵۴/۹۷	۳/۲۵
$A_1B_2C_2D_3$	۵۱۷/۶۳	۱/۵۴	$A_2B_2C_2D_3$	۷۱۴/۹۶	۲/۱۳

بیشترین ضریب عملکرد معادل ۳/۵۷، در تیماری با لوله آهنی به طول ۱۸ متر، در عمق دفن ۴ متر، و با جریان هوای ۷ متر بـر ثانیه ($A_2B_2C_1D_2$) می‌باشد. این بدان معنی است که الزاماً بهترین عملکرد در تیماری با بیشترین مقدار گرمای مبادله با خـاک رخ نمی‌دهد. بدلیل آنکه در تیمار هایی که سرعت جریان هوا زیاد است (D_3)، توان مصرفی دمنده نیز افـزایش مـی یابـد. بـه عبارت دیگر با افزایش سرعت جریان هوا، به همان میزانی که مصرف انرژی الکتریکی دمنده افزایش می یابد انـرژی دریافـت شده از خاک افزایش نمی یابد و در نتیجه ضریب عملکرد سامانه تنزل می یابد.

منابع:

[۱] ASHRAE ۱۹۸۵. Handbook of application. Atlanta Ga. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc.

[۲] Sethi, V. P. and Sharma, S. K. ۲۰۰۸. Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. Solar Energy ۸۲. Pp ۸۳۲–۸۵۹.

[۳] Sharan, G. and Jadhav, R. ۲۰۰۲. Soil temperature regime at Ahmedabad. Journal of Agricultural Engineering. ۳۹ (۱), January-March.