

USE OF CLOSED SYSTEM OF AIR THROUGH EARTH TUBES AS AN ENVIRONMENT FRIEND FOR HEATING GREENHOUSES

Alghannam, A. O.

Agric. Systems Eng. Dept., College of Agric. and Food Sci., King Faisal Univ. Saudi Arabia.

Email: aalghannam@kfu.edu.sa

استخدام الدفع الموجب للهواء الطبيعي في أنابيب أرضية لتدفئة البيوت المحمية
كنظام صديق للبيئة

عبد الرحمن عثمان الغنم

قسم هندسة النظم الزراعية، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل، المملكة العربية
السعودية

البريد الإلكتروني: aalghannam@kfu.edu.sa

المخلص

يهدف هذا البحث إلى دراسة استخدام النظام المغلق للهواء خلال الأنابيب الأرضية في تدفئة البيوت المحمية. وسيتم تحقيق ذلك من خلال دراسة حقلية بتوزيع شبكة من الأنابيب الأرضية في ظل الظروف المناخية الجافة والحارة للمنطقة تحت الدراسة (الإحساء). تم تركيب وإنشاء بيت محمي إهليجي أو نصف دائري الشكل وملحقاته بالمواصفات الهندسية المناسبة لمكان التجربة. وكانت أهم النتائج أنه يمكن لنظام التدفئة الأرضي بالأنابيب البلاستيكية المغلقة أن يستخدم مستقلاً لتدفئة البيت المحمي للوصول إلى درجة الحرارة الملائمة لنمو النبات كما يمكن استخدامه في خفض استهلاك الطاقة. وكان أداء نظام التدفئة باستخدام الأنابيب البلاستيكية الأرضية قادراً على رفع درجات الحرارة في فصل الشتاء من -1.1^oم إلى 11.4^oم بمقدار 12.5^oم. وأيضاً يمكن أن يستخدم نظام الأنابيب الأرضية مستقلاً عندما تكون الحرارة في الشتاء غير منخفضة بشكل كبير أو مكماً لنظم التدفئة الأخرى في حالة البرودة الشديدة. وتوصى الدراسة بتطوير تصميم البيت المحمي وذلك بدفن الأنابيب تحت البيت المحمي وذلك لاستغلال المساحة وتقليل عدد المواسير والفقد في درجات الحرارة.

المقدمة

تعتبر عملية التدفئة والمحافظة على درجة الحرارة داخل البيوت المحمية من أهم العوامل الرئيسية في ثبات نمو المحاصيل وزيادة الإنتاج (Sethi & Sharma, 2008). ومن جهة أخرى تلعب التدفئة داخل البيوت المحمية دوراً هاماً في فصل الشتاء حيث تصل درجات الحرارة إلى درجات منخفضة جداً تقارب الصفر المئوي في بعض المناطق خصوصاً خلال ساعات الليل، ويعمل نظام التدفئة على رفع درجات الحرارة المنخفضة إلى الدرجة المطلوبة داخل البيت المحمي. وتوجد أنواع عديدة من أنظمة التدفئة للبيت المحمي أهمها: دفايات تعمل بالوقود (الديزل) مثل الأفران، أنابيب الماء الساخن التي تعمل كمبدلات حرارية (الغلايات). تستخدم الأفران الحمل القسري لنقل الحرارة المولدة من سطحه الخارجي إلى بيئة البيت المحمي. ويستخدم الغاز الطبيعي أو غاز البروبان المسال أو زيت الوقود كمصدر للطاقة (Kreider and Rabi- 1994). تستخدم الأفران الصغيرة كوحدة للبيوت المحمية المفردة حيث يستخدم مجرى أو ممر للتوزيع الحراري داخل البيت المحمي. يمكن التحكم بالأفران بواسطة المجسات التي تضبط إمداد الوقود والمراوح "on - off" وفقاً لدرجة الحرارة المناسبة أو المرغوبة (Nelson- 1998).

والغلايات عبارة عن غرفة احتراق تصنع من الفولاذ أو النحاس أو الحديد لإنتاج بخار ماء عند ضغوط مختلفة. وهذه الغلايات تعمل بمصادر الطاقة المعروفة كالكهرباء أو الغاز أو زيت الوقود أو الخشب أو الفحم (Kreider and Rabi- 1994). ويندر استخدام المصادر الثلاثة الأخيرة لتشغيل الغلايات هذه الأيام. الغلايات عادةً ما تكون إما وحدات مركزية أو وحدات مفردة. الوحدات المفردة تكون مناسبة لمشاريع البيوت المحمية الصغيرة بينما الغلايات المركزية أكثر ملائمة لمشاريع البيوت المحمية الكبيرة التي تكون واحد فدان

على الأقل أو أكثر. وتوضع الغلايات المركزية في مواضع منفصلة عن البيوت المحمية وتوصل بالأنابيب إلى البيت المحمي. إلا أن إمكانية فقدان الحرارة تزيد بزيادة طول الأنابيب وهيكل الغلاية لذلك يفضل إنشاء الغلاية داخل البيت المحمي (Nelson- 1998).

تحول المدفأة المشعة الأشعة تحت الحمراء الممتصة بواسطة أي جسم في طريقها وتسخن ومن ثم هذه الأجسام تشع الحرارة إلى البيئة المحيطة. إن التدفئة باستخدام هذه الطريقة يخفض استهلاك الوقود إلى 30-50% عنها في حالة التدفئة بواسطة (الغلايات، الأفران). من الناحية الاقتصادية فإن التكلفة العالية من سخانات تعوض بواسطة خفض في التكلفة على المدى الطويل (Nelson - 1998) عن طريق طول مدة الاستخدام.

إن معظم نظم التدفئة تستخدم مصادر طاقة تسبب إنبعاثات قد تزيد من غازات الاحتباس الحراري (مثل ثاني أكسيد الكربون CO₂) أو ملوثات الهواء (مثل أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون) (Bartzanas et al. - 2005). وللد من هذه الإنبعاثات والارتفاع الحاد في أسعار كل من البترول والغاز الطبيعي يحتم وجود نظام تدفئة بديل ومكافئ لتدفئة البيوت المحمية (Lee - 2009).

نظراً لثبوت درجة الحرارة في الطبقات العميقة من التربة نسبياً لجميع مواسم السنة، فإن الأنابيب الأرضية تستخدم لنقل الحرارة بين الهواء وسطح تلك الطبقات من التربة. وإن دفع الهواء من خلال هذه الأنابيب سيوزع من خلال الفتحات والمخارج إلى البيت المحمي.

خلال هذه العملية يتم التحكم في درجة حرارة الهواء صيفاً وشتاءً، خاصةً عند استعمال النظام المغلق ويمكن السيطرة الكاملة على ثاني أكسيد الكربون في حاله الحاجة إلى رفع مستواه داخل البيت المحمي. لقد أوضح (Jadhav R. - 2004) أن نظم تبريد الهواء خلال الأنابيب الأرضية بواسطة المبادلات الحرارية الأرضية لها القدرة على رفع وخفض درجات الحرارة نسبياً داخل البيوت المحمية وبالتالي خفض كمية الطاقة المستهلكة في عملية التبريد والتدفئة من خلال النظم الأخرى.

تمت دراسة تطوير تصاميم مختلفة لأنظمة الأنابيب الأرضية في عملية التبريد والتدفئة للبيوت المحمية وحظائر الماشية بواسطة (Sharan et al.- 2001). كما قام (Jadhav R. - 2004) في الهند بمحاكاة نظام تدفئة للبيت المحمي من 9م إلى 22-23 م في ليالي الشتاء الباردة، إشارة إلى تقليل 34 % من ماء الري، وزيادة كمية المحصول نحو 2.7 مرة مقارنة بالحقل المفتوح نتيجة لثبات معدل ثاني أكسيد الكربون.

هناك العديد من الدارسين الذين توصلوا إلى زيادة متوسط درجات الحرارة داخل البيت المحمي بنحو 7 - 8م مقارنة بالهواء الخارجي في نهار الشتاء. تمت دراسات عديدة في مناطق مختلفة من العالم على تلك الظاهرة ومنها (Sodha et al.- 1985) و (Sawhney et al.- 1999) و (Kittas et al.- 2001) و (Lee and Short- 2001).

إن رفع درجة الحرارة في فصل الشتاء وتقليل استهلاك الطاقة وللد من الإنبعاثات ومواجهة الارتفاع الحاد في أسعار البترول والغاز الطبيعي في البيوت المحمية كان هدف رئيسي وتحدي أمام مناخ المناطق الصحراوية. حيث يوصف مناخ الصحراء بأنها باردة وجافة جداً، في منطقة الأحساء يكون متوسط تكون درجة حرارة البيئة حوالي 7-15م أثناء شهور الشتاء. وبما أن أكثر المحاصيل تنمو وتتطور داخل البيوت المحمية في درجات حرارة بين 22 و 27م ورطوبة نسبية 40-75 % فإن مثل هذه الظروف يتم السيطرة عليها من خلال استعمال وسائل التدفئة المختلفة (Nelson- 1998).

يهدف هذا البحث إلى دراسة استخدام النظام المغلق للهواء خلال الأنابيب الأرضية في تدفئة البيوت المحمية من خلال دراسة حقلية في ظل الظروف المناخية الجافة والحارة للمنطقة تحت الدراسة (الإحساء - المنطقة الغربية - السعودية).

الدراسة الأولية

قبل البدء في تصميم نظام الأنابيب الأرضية للبيت المحمي تم قياس درجة الحرارة للتربة في موقع الدراسة. تمت هذه القياسات على فترات مختلفة عامي 2003 م و 2004 م على أعماق مختلفة وذلك بتسجيل درجات الحرارة على كل عمق باستخدام أسلاك الأزواج الحراري. بمراجعة الدراسات السابقة إستخدم النموذج الرياضي لمحاكاة درجات الحرارة تحت سطح التربة عند أعماق مختلفة. وتتشابه معظم هذه النماذج الرياضية في المعادلات الأساسية فالحرارة الجوية والتحت أرضية عبارة عن منحني جيبي (Alghannam- 2011). أوضحت النتائج أن درجة حرارة التربة على عمق 1-3 متر تحت سطح الأرض تأخذ شكل منحني جيبي لتباين درجات الحرارة خلال شهور السنة. وأن درجة حرارة التربة على هذا العمق كانت شبه مستقرة خلال فصلي الصيف والشتاء. وقد تراوحت درجات الحرارة خلال فصل الصيف بين 32 - 35 درجة مئوية وبين 19-20 درجة مئوية خلال فصل الشتاء في منطقة الدراسة.

المواد والأجهزة

تم تركيب وإنشاء بيت محمي أهليجي الشكل وملحقاته بالمواصفات الهندسية المناسبة لمكان التجربة بطول = 29.2م, وعرض = 9.2م, وارتفاع = 3.5م بالمنطقة تحت الدراسة (الإحساء).

اشتملت المواد والأجهزة المستخدمة على:

- مروحة طرد مركزية (القدرة 1.59 حصان وعدد اللفات في الدقيقة 1402 لفة - تدفق الهواء 5000 قدم³/دقيقة والضغط الإستاتيكي صفر).
- وصلات المواسير المرنة لممرات الهواء.
- مجسات HOBO data logger لرصد وتسجيل درجات الحرارة والرطوبة داخل وخارج البيت المحمي والبيت المقارن.
- 68 ماسورة بلاستيكية بطول 4م وقطر 6 بوصة وسماكة 3.5مم.
- 6 مجسات لنهايات المواسير.
- جهاز حاسب آلي وذلك لإدخال وإخراج النتائج ثم تحليلها حسابياً وبيانياً.

صممت التجربة على ضوء الأهداف الرئيسية للبحث بعمل حفرة ذات طول 21م وعرض 9م وعمق 3م كما هو موضح بالصورة (1). إنشاء 6 مجمعات كلاً منها على شكل مستطيل بارتفاع 0.5م وعرض 2.76م. تركيب فتحات دائرية داخل المواسير من الأمام بقطر 1.53م ومن الأعلى بقطر 2.08م والمسافة ما بين كل فتحة والأخرى 0.5م. ربط نهايات جميع المواسير في الصف بواسطة ثلاثة مجمعات كل مجمع يربط خمسة صفوف (3×5 = 15 صف) كما هو موضح بالصورة (2). تم ردم الحفرة بالكامل وإخراج أعناق الأنابيب من باطن الأرض كما هو موضح بالصورة (3). بعد عملية الردم تم توصيل المواسير بالبيت المحمي قيد الدراسة من جهتين (شكل 1)، الجهة الأولى جهة مروحة الطرد المركزي للهواء من داخل البيت المحمي ويمر عبر المواسير، الجهة الثانية التي يدخل منه الهواء المتغير إلى داخل البيت المحمي. حيث يتم سحب الهواء الموجود داخل البيت المحمي إلى المواسير بصورة مغلقة بحيث يسمح بانتقال درجة الحرارة بين التربة والهواء المار عبر المواسير عن طريق انتقال الحرارة بواسطة التبادل الحراري بين الهواء والتربة. يتم قياس درجة حرارة الهواء الخارج من الأنابيب الأرضية بواسطة مجسات دقيقة ليتم تخزين القراءات المرصودة ومن ثم إدخالها في جهاز الحاسب الآلي ليتم تحليل البيانات لاستخراج النتائج.

التكلفة الإنسانية (التكاليف الثابتة) لبناء البيت المحمي

جدول (1) يبين حساب التكلفة الفعلية لبناء البيت المحمي (أنابيب) ومقارنتها مع تكلفة إنشاء البيت المقارن. من الجدول تبين أن تكلفة وحدة المساحة للصوبة المفتوحة 6.1 ريال/م مقابل 50.3 ريال/م في الصوبة التقليدية.



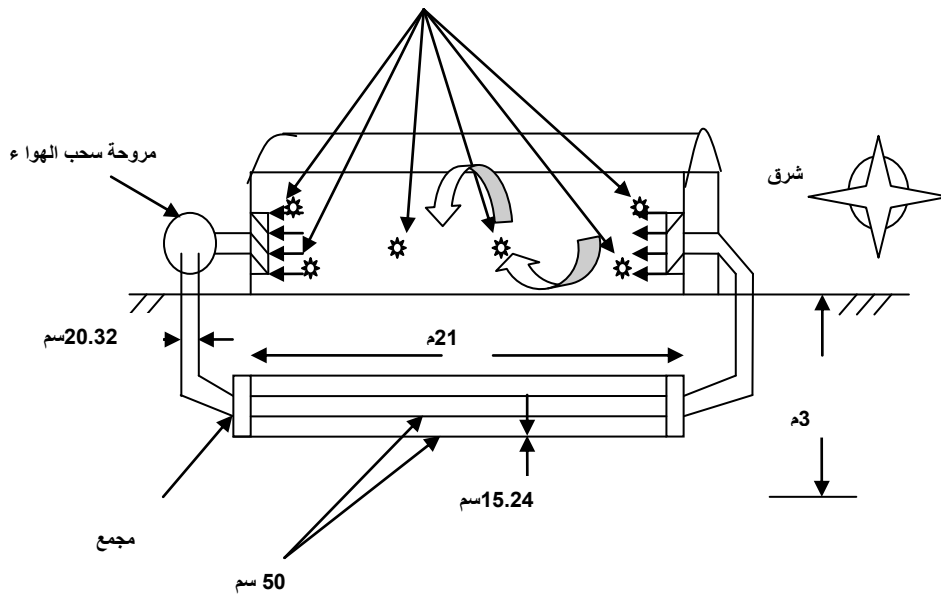
صورة (1): مرحلة الحفر



صورة (2): ربط المجمعات الثلاثة بالمواسير



صورة (3): الأنابيب الخارجة من باطن الأرض عند عمق 3م
توزيع المجسات



شكل (1): رسم تخطيطي للبيت المحمي والأنابيب الأرضية

النتائج والمناقشة

سجلت قراءات درجات الحرارة في يناير (2007) تدنى ملحوظ حيث انه لم يحدث في الماضي القريب ان وصلت الحرارة الى الصفر أو تحت الصفر خلال ساعات الليل ويشير جدول (2) إلى المقارنة بين متوسط درجات الحرارة للهواء الداخل للبيت المحمي (أنابيب) مع متوسط درجات الحرارة الخارجية حيث كانت أعلى درجة حرارة داخلية للبيت المحمي (أنابيب) 24.9°C بينما كانت أعلى درجة للحرارة الخارجية 25.8°C . كما سجلت أقل درجة حرارة داخلية للبيت المحمي (أنابيب) 10.3°C بينما أقل درجة حرارة خارجية 1.1°C . ومتوسط درجات الحرارة للهواء الداخل للبيت المحمي (أنابيب) 16.05°C بينما متوسط درجات الحرارة الخارجية 9.6°C ، كان الفرق بين متوسط درجات الحرارة الداخلية للبيت المحمي (أنابيب) ومتوسط درجات الحرارة الخارجية 6.9°C . سجلت أقل درجة للحرارة الخارجية 1.1°C عند تمام الساعة 3 صباحاً لدرجة الحرارة للهواء الداخل للبيت المحمي 11.4°C في نفس الوقت، أي أن استخدام الأنابيب الأرضية رفعت درجة الحرارة داخل البيت المحمي بمقدار 12.5°C تقريباً.

يوضح شكل (2) المقارنة بين متوسط درجات حرارة الهواء الداخل للبيت المحمي (أنابيب) ومتوسط درجات الحرارة الخارجية على مدى أسبوع حيث يبين الشكل وجود فروق في درجات الحرارة خلال ساعات النهار والليل كما يلاحظ أن درجات الحرارة للهواء الداخل للبيت المحمي (أنابيب) تقع بين $11-26^{\circ}\text{C}$ بينما درجة الحرارة الخارجية تقع بين $1-26^{\circ}\text{C}$.

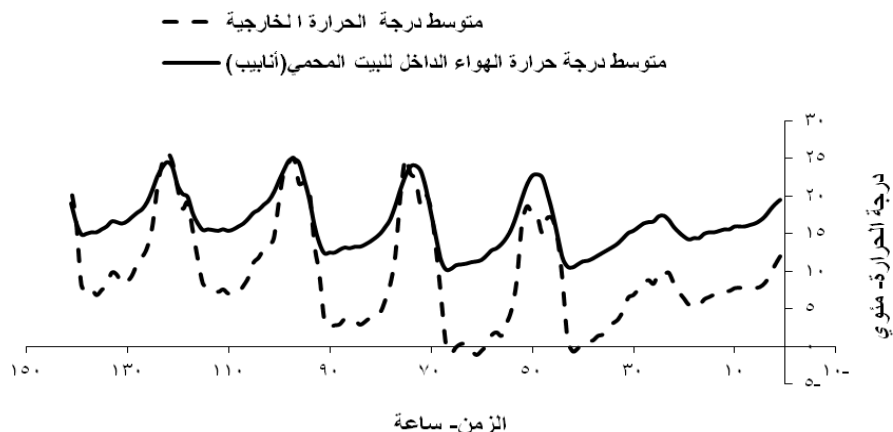
جدول (1): تكلفة إنشاء البيت المحمي تبريد أنابيب والبيت المحمي تبريد تبخيري

البيت المحمي تبريد تبخيري		البيت المحمي تبريد أنابيب	
التكلفة بالريال	اسم الصنف	التكلفة بالريال	اسم الصنف
5500	وسائد	6700	أنابيب بلاستيكية
3600	مروحة	5000	مروحة طرد مركزية
2750	غطاء بلاستيكي	2750	غطاء بلاستيكي
300	مضخة مياه	800	حفر
250	خزان مياه بعوامة	1000	عمال
300	مواسير لإيصال الماء للخلايا	-	-
800	عمال		
13500 ريال = 50.3 ريال/م	مجموع التكلفة	625 ريال = 6.1 ريال/م	مجموع التكلفة

جدول (2): الفرق بين متوسط درجات الحرارة الداخلية ومتوسط درجات الحرارة الخارجية في فصل الشتاء

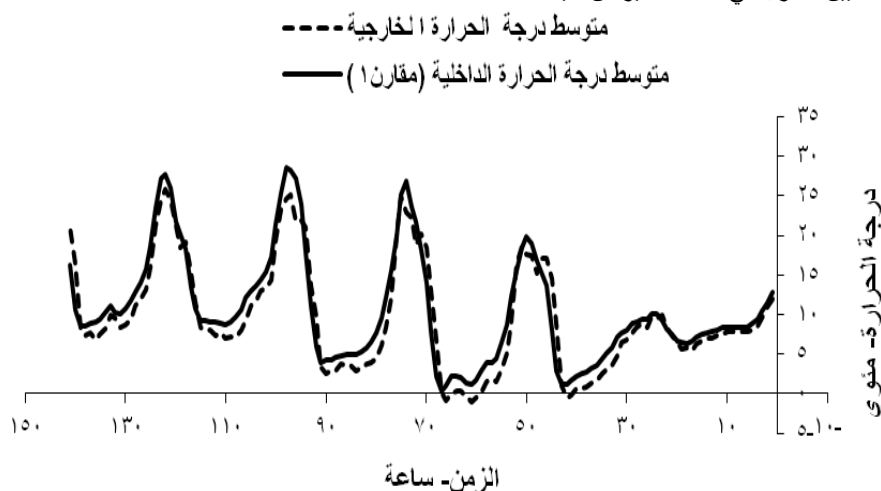
وجه المقارنة	أقل درجة حرارة ($^{\circ}\text{C}$)	أعلى درجة حرارة ($^{\circ}\text{C}$)	متوسط درجة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$)	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف (CV, %)
درجة الحرارة للهواء الداخل للبيت المحمي (أنابيب)	10.3	24.9	16.05	$3.6 \pm$	22.1
داخل البيت المحمي (مقارن)	0.4	28.6	10.6	$6.8 \pm$	64.4
درجة الحرارة الخارجية	-1.1	25.8	9.6	$6.9 \pm$	72.3

يشير جدول (2) إلى المقارنة بين متوسط درجات الحرارة داخل البيت المحمي المقارن مع متوسط درجات الحرارة الخارجية حيث سجلت أعلى درجة حرارة داخل البيت المحمي المقارن 28.6°C بينما كانت أعلى درجة للحرارة الخارجية 25.8°C وأقل درجة حرارة داخل البيت المحمي المقارن 0.4°C بينما أقل درجة حرارة خارجية 1.1°C . ومتوسط درجات الحرارة داخل البيت المحمي المقارن 10.6°C بينما متوسط درجات الحرارة الخارجية 9.6°C . حيث كان الفرق بين متوسط درجات الحرارة داخل البيت المحمي المقارن ومتوسط درجات الحرارة الخارجية 1°C . كذلك عندما كانت أقل درجة للحرارة الخارجية 1.1°C عند تمام الساعة 3 صباحاً كانت درجة الحرارة للهواء الداخل للبيت المحمي 1.7°C في نفس الوقت حيث تم رفع درجة الحرارة بمقدار 2.8°C .



شكل (2) المقارنة بين متوسط درجة حرارة الهواء الداخل للبيت المحمي (أنابيب) مع درجة الحرارة الخارجية شتاءً

شكل (3) يبين المقارنة بين متوسط درجات الحرارة الداخلية (مقارن) ومتوسط درجات الحرارة الخارجية على مدى 6 أيام. من شكل (3) يلاحظ أن الفرق في درجات الحرارة بين المنحنيين غير ملموس حيث يقع انطباق درجة الحرارة الداخلية للمقارن مع درجة الحرارة الخارجية في معظم ساعات الليل والنهار ويكون الفرق بين المنحنيين متقارب في الثلث الأخير من الليل.



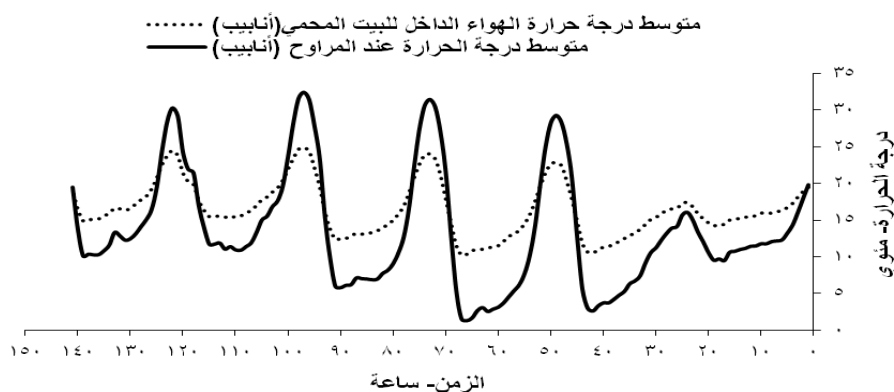
شكل (3): المقارنة بين متوسط درجة الحرارة الداخلية (مقارن) مع متوسط درجة الحرارة الخارجية.

يشير جدول (3) إلى المقارنة بين متوسط درجات الحرارة الداخلة ومتوسط درجات الحرارة الخارجة من البيت المحمي (أنابيب). كانت أعلى درجة حرارة داخلية للبيت المحمي (أنابيب) 24.9°C بينما كانت أعلى درجة حرارة خارجة من البيت المحمي (أنابيب) 32.4°C , وأقل درجة حرارة داخلية للبيت المحمي (أنابيب) 10.3°C بينما أقل درجة حرارة خارجة من البيت المحمي (أنابيب) 1.3°C , ومتوسط درجة الحرارة الداخلة للبيت المحمي (أنابيب) 16.05°C بينما متوسط درجات الحرارة الخارجة من البيت المحمي (أنابيب) 13.6°C شكل (4), كذلك عندما كانت أقل درجة حرارة خارجه من البيت المحمي (أنابيب) 1.3°C وكانت أقل درجة حرارة داخله للبيت المحمي (أنابيب) 10.3°C في نفس الوقت بفرق 9.11°C .

جدول (3): المقارنة بين متوسط درجات الحرارة الداخلة ومتوسط درجات الحرارة الخارجة للبيت المحمي (أنابيب) في فصل الشتاء .

معامل الاختلاف (CV, %)	الانحراف المعياري	متوسط درجة الحرارة (م°)	أعلى درجة حرارة (م°)	أقل درجة حرارة (م°)	وجه المقارنة
57.7	7.8±	13.6	32.4	1.3	درجة الحرارة الخارجة (أنابيب)
22.1	3.6±	16.05	24.9	10.3	درجة الحرارة الداخلة (أنابيب)

يوضح شكل (4) المقارنة بين متوسط درجات الحرارة الداخلة للبيت المحمي (أنابيب) ومتوسط درجات الحرارة الخارجة من البيت المحمي (أنابيب) على مدى 6 أيام. من الشكل يلاحظ انخفاض درجة حرارة الهواء الداخلة للبيت المحمي (أنابيب)، ليسجل فروق ملموسة في درجات الحرارة في ساعات الليل المتأخرة. أما خلال ساعات النهار فإن ارتفاع درجات الحرارة بالقرب من المراوح بسبب شدة الإشعاع الشمسي.



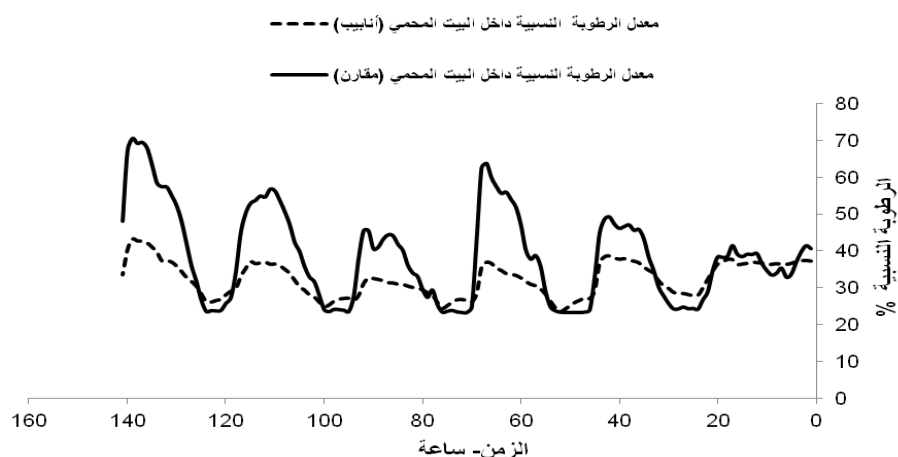
شكل (4): منحنى يوضح المقارنة بين متوسط درجة الحرارة الداخلة والخارجة (أنابيب)

يوضح الجدول (4) المقارنة في الرطوبة النسبية بين البيت المحمي (أنابيب) والبيت المحمي المقارن حيث كانت أعلى رطوبة نسبية في البيت المحمي (أنابيب) 43.2% بينما كانت أعلى رطوبة نسبية في البيت المحمي المقارن 70.5%، وأقل رطوبة نسبية في البيت المحمي (أنابيب) 23.5% مقابل 23.4% في المقارن، ومتوسط الرطوبة النسبية للبيت المحمي (أنابيب) 32.3% مقابل 38.7%. وقد كان الفرق في متوسط الرطوبة النسبية بين البيت المحمي (أنابيب) والبيت المحمي المقارن حوالي 6.4%.

جدول رقم (4) المقارنة بين الرطوبة النسبية في البيت المحمي (أنابيب) و(المقارن) شتاءً.

معامل الاختلاف (CV, %)	الانحراف المعياري	متوسط الرطوبة نسبية %	أعلى رطوبة نسبية %	أقل رطوبة نسبية %	وجه المقارنة
14.7	4.8±	32.3	43.2	23.5	الرطوبة النسبية (أنابيب)
32.5	12.6±	38.7	70.5	23.4	الرطوبة النسبية للمقارن

يوضح شكل (5) المقارنة بين معدل الرطوبة النسبية للبيت المحمي (أنابيب) والبيت المحمي المقارن على مدى 6 أيام ويبين الشكل انخفاض معدل الرطوبة النسبية داخل البيت المحمي (أنابيب) خصوصاً في ساعات النهار كذلك ارتفاع معدل الرطوبة النسبية داخل البيت المحمي المقارن أثناء ساعات النهار كما ينخفض المعدل أثناء ساعات الليل وذلك راجع إلى عملية التهوية أثناء ساعات النهار.



شكل (5): المقارنة بين الرطوبة النسبية للبيت المحمي (أنابيب) والمقارن

الخلاصة

- 1- يمكن لنظام التدفئة الأرضي بالأنابيب البلاستيكية المغلقة أن يستخدم مستقلاً لتدفئة البيت المحمي للوصول إلى درجة الحرارة الملائمة لنمو النبات ويمكن استخدامه في خفض استهلاك الطاقة.
 - 2- كان أداء نظام التدفئة باستخدام الأنابيب البلاستيكية الأرضية قادراً على رفع درجات الحرارة في فصل الشتاء من 1.1[°]م إلى 11.4[°]م بمقدار 12.5[°]م.
 - 3- يمكن أن يستخدم نظام الأنابيب الأرضية مستقلاً عندما تكون الحرارة في الشتاء غير منخفضة بشكل كبير أو مكماً لنظم التدفئة الأخرى في حالة البرودة الشديدة.
- يوصى بالبحث بتطوير تصميم البيت المحمي وذلك بدفن الأنابيب تحت البيت المحمي وذلك لاستغلال المساحة وتقليل عدد المواسير والفقد في درجات الحرارة.

المراجع

- Alghannam, A.O. (2011). Mathematical Simulation of soil Subsurface Temperatures, Minufiya J. Agric. Res. Vol.36 No. 3
- Bartzanas T., Tchamitchian M. and C. Kittas (2005). Influence of the Heating Method on Greenhouse Microclimate and Energy Consumption. Biosystems Engineering (2005) 91 (4), 487-499.
- Jadhav R. (2004). Performance of Greenhouse Coupled to Earth-Tube-Heat-Exchanger in Closed-Loop Mode.
- Kittas C., Bartzanas T. and A. Jaffrin (2001). Greenhouse Evaporative Cooling: Measurement and Data Analysis, Transactions of the ASAE Vol. 44(3): 683-689.
- Kreider J. and A. Rabl. (1994). Heating and Cooling Buildings. McGraw-Hill, Inc. NJ.
- Lee I. B. and T. H. Short (2001). Verification of Computational Fluid Dynamic Temperature Simulations in Full-Scale Naturally Ventilated Greenhouse, Transactions of the ASAE .V.44 (1): 119-127.
- Lee J. (2009). Current status of ground source heat pumps in Korea. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, 1560e1568
- Nelson, P. V. (1998). Greenhouse Operation and Management. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ 07458.

- Sawhney R. L. and D. Buddhi (1999). Thanu NM. An experimental study of summer performance of a recirculation type underground airpipe air conditioning system. *Building and Environment* 1999;34:189–96
- Sethi V.P. and S. K. Sharma (2008). Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy* 82: 832–859.
- Sharan G.; Sahu R.K. and Jadhav R. (2001). Earth-tube heat exchanger based airconditioning
- Sodha M. S.; Sharma A. K.; and S. P. Singh (1985). Bansal Kumar A. Evaluation of an earth–air tunnel system for cooling/heating of a hospital complex. *Building and Environment* 1985; 20(2): 115–22.

USE OF CLOSED SYSTEM OF AIR THROUGH EARTH TUBES AS AN ENVIRONMENT FRIEND FOR HEATING GREENHOUSES

Alghannam, A. O.

Agric. Systems Eng. Dept., College of Agric. and Food Sci., King Faisal Univ. Saudi Arabia.

Email: aalghannam@kfu.edu.sa

ABSTRACT

This research aims to study the use of the closed system of air through earth tubes for heating greenhouses. This had been achieved by a field study using plastic earth tubes under the hot climatic conditions of the region under study. An elliptical shaped greenhouse and its accessories were constructed according to the appropriate engineering specifications of the experiment site. Results showed that the heating closed systems of air through plastic earth tubes can be used independently for heating the greenhouse in order to attain the suitable temperature for plant growth. The performance of the heating system was capable to increase temperatures during winter season from -1.1°C - 11.4°C i.e. by a magnitude of 12.5°C . Also the system can be used independently when the temperature during winter is not substantially reduced or as a complementary to other heating systems in case of extreme cold.

قام بتحكيم البحث

أ.د / زكريا إسماعيل إبراهيم
أ.د / شريف محمد عبد الحق

كلية الزراعة – جامعة المنصورة
كلية زراعة الإسماعيلية – جامعة قناة السويس