تحديد أداء الحشوه المحلية في نظام التبريد التبخيري المباشر لحقل الدواجن

علي مازن عبدالمنعم
قسم المكننه الزراعيه /كلية الزراعة
جامعة بغداد

المستخلص

تم اجراء البحث في منطقة الراشديه ببغداد لدراسة تاثير كل من سمك الحشوه وبثلاث مستويات (7 ،10 ،13 سم) مع ثلاث معدلات لتصريف الماء هي (6 ،8 ،11 لتر/دقيقه) للفترة من 21 حزيران 2007 ولغاية 3 ايلول 2007 . قيست كل من درجة الحراره الجافه الداخليه والخارجيه ونقطة الندى والرطوبه النسبيه وكفاءة التبريد ودليل الحراره والرطوبه THI داخل القاعه. هدف البحث التوصل الى تحديد افضل اداء حراري للحشوه المركبه المتكونه من نسيج القصب وليف النخيل. طبق البحث بتجربه عامليه بتصميم تام التعشيه بثلاث مكررات.ادت زيادة سمك الحشوه من 7 الى 10 ثم الى 13 سم مع ثبات معدل تصريف الماء الى ارتفاع كفاءة التبريد والرطوبه النسبيه في حين ادت زيادة سمك الحشوه الى خفض قيم كل من درجة الحراره الجافه الداخليه ونقطة الندى ودليل الحراره والرطوبه THI . وجد بزيادة معدل تصريف الماء من 6 الى 8 ثم إلى 11 لتر/دقيقه مع ثبات سمك الحشوه سبب انخفاض بدرجة الحراره الجافه الداخليه ودليل الحراره والرطوبه THI وارتفاع كل من كفاءة التبريد ونقطة الندى والرطوبه النسبيه. اظهر تداخل سمك الحشوه الثالث 13 سم مع معدل تصريف الماء الثالث 11 لتر/دقيقه بالحصول على اعلى كفاءة تبريد 88.2 % واقل معدل لدليل الحراره والرطوبه THI 66.9 . بلغ اقل معدل لكفاءة التبريد 76.9 % واعلى معدل لدليل الحراره والرطوبه THI 71.2 من تداخل السمك الاول للحشوه 7سم ومعدل تصريف الماء 6 لتر/دقيقه. استنتج من البحث ان التوليفه المتكونه من سمك حشوه 13 سم وتصريف ماء 11 لتر/دقيقه ادت الى الحصول على درجة حرارة جافه داخليه 20.1 م° وكفاءة تبريد 88.2 % ونقطة ندى 15.5 م° ورطوبه نسبيه 76 % ودليل حراره ورطوبه THI 66.9 هي الافضل، لهذا ينصح باستخدام تلك التوليفه.علل ذلك بكونها ذات الاداء الحراري الافضل طوال مدة التجربه بالمقارنه مع السمكين والتصريفين الاخرين.

The Iraqi Journal of Agricultural Science 39 (3) : 122-128 (2008) Abdul-Munaim

DETERMINATION OF THE PERFORMANCE OF LOCAL PAD IN DIRECT EVAPORATIVE COOLING SYSTEM FOR POULTRY HOUSE

Ali M. Abdul-Munaim
Department of Agricultural Mechanization
College of Agriculture/University of Baghdad

ABSTRACT

An experiment was undertaken at Al-Rashidia in Baghdad to investigate the effect of pad thickness with three levels (7, 10, 13 cm) and three averages of water flow (6, 8, 11ℓ/min) during 21June 2007 to 3 September 2007. This was to measure out and indoor dry bulb, dew point temperature, cooling efficiency, relative humidity and temperature-humidity index inside the hall. The aim of the research was to determine the best heat performance for the pad contracted from reed and date palm fibers. A factorial experiment with completely randomized design with three replicates was used. Considerable increase in the pad thickness from 7 to 10 and to the 13cm with no change in the rate of water flow led to obvious increase in relative humidity and cooling efficiency while decreased the indoor dry bulb temperature, dew point and temperature -humidity index. An obvious decrease was noticed in indoor dry bulb temperature and temperature –humidity index, while increased the other parameters concomitantly with increase in water flow (from 6ℓ/min onward).Higher cooling efficiency (88.2%) and lower temperature-humidity index (66.9) were observed as a result of interaction between the third thickness 13cm and the third water flow (11ℓ/min).A lower (76.9%) cooling efficiency and higher (71.2)temperature-humidity index were achieved as a result of the interaction between first pad thickness(7cm)and water flow(6ℓ/min). The pad thickness 13cm with 11ℓ/min water flow gave a dry bulb temperature 20.1c°, cooling efficiency88.2%, dew point 15.1c°, relative humidity 76% and THI 66.9. Therefore that combination was recommended, because it was the best during the experiment, as compared with the others.

المقدمه

ان عملية التبريد التبخيري تحتاج الى مقدار من الحرارة الكامنه تمتصها من محيط حظائر الحيوانات وبالتالي تخفيضها لدرجة حرارة ذلك المحيط مع اضافة قدر من الرطوبه الى الهواء وبالتالي توفير البيئه الملائمه لتربية الحيوانات. تصلح هذه الطريقه بشكل فعال في المناطق الحاره الجافه، وتكون مثاليه في المناطق التي تصل فيها درجة الحراره الى 45 م° وتقل فيها درجة الرطوبه النسبيه الى اقل من 30 % ويعتبر العراق واحدا من الدول التي تمتاز بهذه المواصفات.

تعد درجة الحراره الجافه الداخليه مؤشرا أوليا الى مدى ايجابية نظاما تبخيريا ما ، حيث تنخفض درجة الحراره الجافه الداخليه بشكل واضح بزيادة سمك الحشوه المستخدمه باعتبارها الوسط التبخيري . كذلك زيادة سمك وسط التبريد (الحشوه) تحدث انخفاضا بدرجة الحراره الجافه الداخليه بسبب طول الفتره الزمنيه التي يتعرض لها الهواء الداخل من الخارج عبر الحشوه من جانب بالتزامن مع زيادة تصريف الماء من جانبا اخر الذي يؤدي الى تغطية اجزاء من الحشوه كانت غير مرطبة لدى استخدام التصاريف القليلة من الماء (3 ، 6 ، 9).

ان الدليل الرئيس الذي يحدد بشكل لا يقبل الشك مقدار نجاح او فشل نظام التبريد التبخيري هو كفاءة التبريد حيث تختلف باختلاف سمك الحشوه. تؤدي زيادة السمك الى ارتفاع قيم كفاءة التبريد فتم بدراسه استخدام سمكين من حشوة مصنعه من الياف الجوت(6 و7.5 سم) اديا الى رفع كفاءة التبريد من 74.5 الى 80.5 % بسبب زيادة فرص تشبع الحشوه بالماء.كما وجد بزيادة معدل تصريف الماء من 7.2 الى 9 لتر/دقيقه سبب ارتفاع بكفاءة التبريد من 43.4 الى 54.1 % لزيادة الرطوبه النسبيه لوحدة التبريد (4،8). كذلك نقطة الندى تتاثر بسمك وكمية الماء المتدفق الى الحشوه حيث شدة التاثر ترتبط بكل من درجة الحراره الجافه الداخليه والرطوبه النسبيه للهواء الخارج من الحشوه (2، 5).

تزداد الرطوبه النسبيه الداخليه بزيادة سمك الحشوه حيث تم التوصل بدراسه تم فيها زيادة السمك من 5 الى 10 ثم الى 15 سم ادى الى رفع الرطوبه النسبيه الداخليه من 61.8 الى 64.5 ثم الى 66.1 % بالتتابع بسبب ازدياد ترطيب طبقات الهواء الدقيقه المجاوره لسطوح الحشوه مما يولد اضطراب هوائي مع سطوح الحشوه الرطبه فيزداد معدل التبخر وتصل الرطوبه النسبيه الى اعلى قيمة لها (8). كما ان الرطوبه النسبيه تزداد بزيادة ارتفاع معدل تصريف الماء لزيادة مساحة الترطيب لاجزاء الحشوه (1 ، 4 ، 13).

يعد Temperature- Humidity Index (THI) من المؤشرات التي تعتمد عند تصميم المباني الخاصه بتربية الحيوانات حيث هذا المؤشر يحسب وفق معادله تجمع ما بين اهم ثلاثه علاقات متناقضه هي (نقطة الندى ودرجة الحراره الجافه الداخليه والرطوبه) حيث من خلال هذا المؤشر يمكن الوصول الى الحاله المثاليه للبيئه الداخليه للمبنى فكلما كانت قيمة (THI) منخفضه كلما كان ذلك افضل للوضع البيئي للمبنى حيث اقصى حد مسموح به هو 84 (7). فزيادة سمك الحشوه يسبب انخفاض بقيمة (THI) لانخفاض درجة الحراره الجافه الداخليه (14). وينخفض (THI) عند زيادة معدل تصريف الماء لارتفاع قيم الرطوبه النسبيه الداخليه (11 ، 12 ، 15).

كان هدف البحث معرفة الاداء الحراري لمنظومة التبريد التبخيري لكل من سمك الحشوه ومعدل تصريف الماء عند استخدام الحشوه المركبه المتكونه من نسيج القصب وليف النخيل كبديل عن الحشوه الخشبيه التقليديه ،ويتم ذلك بمعرفة كفاءة التبريد للحشوه المركبه لاسيما وان نظام التبريد التبخيري هو النظام الرئيس المستخدم في معظم حقول الدواجن بالقطر.

المواد وطرائق العمل

تم اجراء البحث في قاعة للدواجن ببغداد للفترة من 21 حزيران 2007 ولغاية 3 ايلول 2007 القاعه مبنيه بالبلوك وهو من المواد الشائعه الاستخدام في القطر . ابعاد القاعه كانت 12 × 6 × 2.8 متر ارتفاع. وحدات التبريد التبخيري كانت محلية الصنع من النوع الذي يستخدمه اغلب مربي الدواجن ، استخدمت وحدتين للتبريد التبخيري ابعاد كل وحده 1.25 متر طول و1.6 متر عرض و 0.15 متر سمك . بالجهه المقابله لوحدات التبريد التبخيري استخدمت مروحتين للسحب ذات قطر 60 سم وقدرة محرك 0.65 كيلوواط

وسرعة مروحه 42.4 م/ثا .جهزت وحدتا التبريد التبخيري بالماء بواسطة مضخه ذات تصريف 25 لتر /دقيقه متصله بخزان معدني ذو سعه متر مكعب واحد.

نفذ البحث بتصميم تام التعشيه وحللت البيانات بتجربه عامليه ضمت عاملين الاول سمك الحشوه وبواقع ثلاث اسمك (7 و 10 و 13 سم) ،الحشوه المستخدمه كانت مركبه من طبقتين الاولى من حصيره من القصب والمعروفه محليا ب(الباريه) حيث تم فرش نسيج القصب بطبقه اولى على مساحة مشبك التبريد التبخيري (الشباك) وتاتي فوقها طبقه اخرى من ليف النخيل معبأ في كيس مشابه الى الكيس النايلوني المستخدم في تعبئة وسائد المبرده التبخيريه المنزليه حيث تم ربط الطبقتين معا بواسطة اسلاك معدنيه لهذا تباينت كتل كل سمك حيث كانت 2.5 و 4 و 5.2 كغم بالتتابع .وضعت الطبقه المصنعه من نسيج القصب (الباريه) على الجهة الخارجيه للمبنى التي تواجه اشعة الشمس اما طبقة الليف فكانت من الجهة المقابله للقاعه. العامل الثاني كان تصريف الماء المتدفق الى الحشوه بواقع ثلاث معدلات لتصريف الماء (6 و 8 و 11 لتر/دقيقه) تم التحكم بمعدل تصريف الماء من خلال معايرة محبس الماء وحساب الوقت المستغرق لملء وعاء مدرج خلال دقيقه واحده ، وبهذا تضمن البحث ست معاملات وبثلاث مكررات . تم حساب كفاءة التبريد بالمعادله التاليه (10) :

$$eff = \frac{Tdb - Tc}{Tdb - Tw} \times 100 \text{ ----------\%}$$

حيث ان :

eff : كفاءة التبريد % و Tdb : درجة حرارة الهواء الجافه خارج القاعه م° و Tc :درجة حرارة الهواء الجافه داخل القاعه م° و Tw :درجة الحراره الرطبه م° .

تم قياس درجات الحراره للهواء (خارج القاعه) بواسطة جهاز Kestrel 3500 فكانت للسمك الاول 7 سم (43 و 40 و 41 م°) في حين للسمك الثاني 10 سم (42 و 43 و 41 م°) وللسمك الاخير 13 سم (44 و 44 و 41 م°) حيث اعتمدت هذه المعدلات لحساب معادلة كفاءة التبريد.

القراءات التي تمت داخل القاعه دونت بعد تشغيل المراوح ومضخة الماء قبل نصف ساعه للوصول الى حالة التوازن الحراري لحساب درجة الحرارة الجافه الداخليه ونقطة الندى.

اما قيمة THI فقد جرى حسابها بالاعتماد على المعادله التاليه (7):

$$THI = Tdb + 0.36 \times Tdp + 41.2$$

حيث ان :

Temperature-Humidity Index:THI و Tdb :درجة حرارة الهواء الجاف داخل القاعة م° و Tdp :درجة نقطة الندى م°.

النتائج والمناقشة

يتضح لنا من بيانات جدول 1 ان معدلات درجة الحرارة الجافه الداخليه قد اختلفت باختلاف سمك الحشوة لذلك نجد ان درجة الحراره الجافه الداخليه قد انخفضت من 23.6 الى 22.4 ثم الى 21.2 م°لدى الانتقال من سمك 7 الى 10 ثم الى 13 سم اي بنسبتي انخفاض 5 و 5.4 % بالتتابع. كذلك فقد انخفضت درجة الحراره الجافه الداخليه من 23.3 الى 22.6 ثم الى 21.3 م°لدى الانتقال من تصريف ماء 6 الى 8 ثم الى 11 لتر/دقيقه. اكد Mckonnen (9) ان درجة حرارة الجافه الداخليه والمقاسه امام الحشوه من الداخل تختلف باختلاف سمك الحشوه ومعدل تصريف الماء المتوفر للحشوه لان زيادة سمك الحشوه يعطي فرصه اكبر للهواء الداخل الى الحشوات بالبقاء لفتره زمنيه اطول مما يتيح المجال الى سحب تلك الحراره من الهواء الجاف وبالتالي خفض درجة الحراره الجافه الداخليه. اما زيادة تصريف الماء فيعطي فرصه لاسيما للاجزاء السفلى من الحشوه بوصول كميه كافيه من الماء اللازم لخفض درجة الحراره الجافه الداخليه المقاسه امام الحشوه (3 ،6). اما التداخل فلم يكن معنويا.

نلاحظ من بيانات جدول 2 تاثير كل من سمك الحشوه ومعدل تصريف الماء في كفاءة التبريد فكان تاثير سمك الحشوه معنويا في هذه الصفه فعند تغير سمك الحشوه من 7 الى 10 ثم الى 13سم ارتفعت كفاءة التبريد من 78.5 الى 82.3 ثم الى 84.9 % يرجع السبب الى زيادة فرص تشبع اجزاء الحشوه المركبه بالماء مما ينعكس ايجابيا على كفاءة التبريد وهذا ما اكده Camargo وEbinuma وCardoso (2).

يوضح جدول 2 ان تاثير معدل تصريف الماء له تاثير معنوي فعند تغير معدل تصريف الماء من 6 الى 8 ثم الى 11 لتر/دقيقه ارتفعت كفاءة التبريد من 79.2 الى 81.7 ثم الى 84.9 %. لقد اكد Liao وChiu (8) ان زيادة اشباع الماء لمساحه سطحيه اضافيه من اجزاء الحشوه التي لم تكن مشبعه عند معدلات الماء المنخفضه تؤدي الى زياده بالرطوبه وبالتالي رفع كفاءة التبريد.هذا وكان التداخل معنويا بين كل من سمك الحشوه ومعدل تصريف الماء وذلك بامتصاص الماء للحراره الكامنه اللازمه لتبخره من الهواء المراد تبريده فارتفاع معدل تصريف الماء ادى الى زيادة مساحة السطح المترطب الملامس للهواء المتحرك متزامنا مع طول فترة التماس بسبب زيادة السمك للحشوه مؤديا الى خفض درجة حرارته وبالتالي حدوث ارتفاع بكفاءة التبريد(2).

يوضح جدول 3 تاثير كل من سمك الحشوه ومعدل تصريف الماء في نقطة الندى داخل القاعه فكان تاثير سمك الحشوه معنويا في هذه الصفه فعند تغير سمك الحشوه من 7 الى 10 ثم الى 13 سم انخفضت نقطة الندى من 16.5 الى 16.2 ثم الى 15.4 م° اي بنسبتي انخفاض 1.8 و 4.9 % بالتتابع ، وذلك لزيادة الرطوبه النسبيه للهواء الداخل (5). استنادا لذلك فان نقطة الندى هي معيار جيد لتحديد الاداء الحراري ، لأنها تمثل مدى قابلية العمليه الاديباتيكيه على استيعاب مراحل التبريد التبخيري.

اما تأثير تصريف الماء لم يكون معنويا في هذه الصفه بسبب درجة الحراره الجافه الداخليه التي كانت اكبر من معدلات نقطة الندى . لقد وجد بعض الباحثين (7 ، 11) نتيجه مماثله لذلك.ان هذا يوضح بانه على الرغم من كون الرطوبه النسبيه الداخليه قد ازدادت مع زيادة معدل تصريف الماء الا ان نقطة الندى لم تتاثر بذلك لان كمية الرطوبه ليست دالة الحاله بل هي دالة المسار الذي سلكه الكيان الثرموديناميكي للوصول الى الحاله النهائيه عند تبريده، لهذا اعتمدت نقطة الندى في معادلة THI الجديده.هذا ولم يكن التداخل معنويا.

جدول1. تأثير كل من سمك الحشوة ومعدل تصريف الماء في درجة الحراره الجافه الداخليه م°

سمك الحشوه(سم)	تصريف الماء (لتر/دقيقه)			المعدل
	6.0	8.0	11.0	
7.0	24.3	23.8	22.7	23.6
10.0	23.5	22.6	21.2	22.4
13.0	22.2	21.4	20.1	21.2
ا.ف.م 5%	n.s			0.2
المعدل	23.3	22.6	21.3	
ا.ف.م 5%	0.2			

جدول2. تأثير كل من سمك الحشوة ومعدل تصريف الماء في كفاءة التبريد%

سمك الحشوه(سم)	تصريف الماء (لتر/دقيقه)			المعدل
	6.0	8.0	11.0	
7.0	76.9	77.1	81.6	78.5
10.0	79.4	82.7	84.9	82.3
13.0	81.3	85.3	88.2	84.9
ا.ف.م 5%	1.0			0.6
المعدل	79.2	81.7	84.9	
ا.ف.م 5%	0.6			

جدول3. تأثير كل من سمك الحشوة ومعدل تصريف الماء في درجة نقطة الندى م°

سمك الحشوه(سم)	تصريف الماء (لتر/دقيقه)			المعدل
	6.0	8.0	11.0	
7.0	15.8	16.9	16.7	16.5
10.0	16.5	16.1	16	16.2
13.0	15.0	15.8	15.5	15.4
ا.ف.م 5%	n.s			0.7
المعدل	15.8	16.3	16.1	
ا.ف.م 5%	n.s			

توضح بيانات جدول 4 تاثير كل من سمك الحشوه ومعدل تصريف الماء في الرطوبه النسبيه الداخليه فكان تاثير سمك الحشوه معنويا في هذه الصفه فعند تغير سمك الحشوه من 7 الى 10 ثم الى 13 سم ازدادت الرطوبه النسبيه من 63.7 الى 67.3 ثم الى 68.3 % اي بنسبتي زياده 5.7 و 1.5 % على التوالي بسبب ازدياد ترطيب طبقات الهواء الدقيقه المجاوره لسطوح الحشوه مما يولد اضطراب هوائي مع سطوح الحشوه الرطبه فيزداد معدل التبخر وتصل الرطوبه النسبيه الى اعلى قيمه لها (1). اما تاثير تصريف الماء فكان معنويا هو الاخر في هذه الصفه فعند زيادة تصريف الماء ازدادت الرطوبه النسبيه. يتضح من هذه الصفه ان معدل 11 لتر/دقيقه كان الافضل حيث اعطى معدل رطوبه نسبيه 71.7 % بالمقارنه مع التصريفين الاخرين 6 و 8 لتر/دقيقه الذين اعطيا المعدلين 61.3 و 66.3 % بالتتابع من الرطوبه النسبيه الداخليه.ان هذا يؤكد مرة اخرى دور تصريف الماء بالتاثير بالرطوبه النسبيه الذي يعلل بزيادة ترطيب الماء لمساحه سطحيه اضافيه من اجزاء الحشوه التى كانت غير مرطبه سابقا عند المعدلات الواطئه لتصريف الماء (6 و 8 و 13).كما لم يكن هناك تاثير معنوي للتداخل.

تشير النتائج الموضحه في الجدول 5 الى وجود فروق معنويه لكل من سمك الحشوه وتصريف الماء في THI فعند تغير سمك الحشوه من 7 الى 10 ثم الى 13 سم انخفض THI من 70.7 الى 69.5 ثم الى 68 اي بنسبتي انخفاض 1.7 و 2.2 % بسبب انخفاض درجة الحراره الجافه الداخليه

وهذا مطابق لما ذكره Yanagi وXin وGates (14). كذلك الحال بالنسبه لانخفاض معدلات THI من 70.2 الى 69.7 ثم الى 68.3 عند زيادة معدل تصريف الماء من 6 الى 8 ثم الى 11 لتر/دقيقه حيث يعود ذلك الى ارتفاع الرطوبه النسبيه الداخليه (11 و 12 و15) . وجد Huhnke وMcCowan وMeraz وHarp وPayton (7) ان قيمة THI كلما كانت منخفضه كلما كان ذلك دليلا على نجاح نظام التبريد التبخيري أي عندما يكون الفرق بين درجة الحراره الجافه داخل القاعه ودرجة الحراره الجافه خارج القاعه معلوم فأن ما يفقد من درجة حرارة القاعه عن طريق التوصيل والحمل والاشعاع يتناسب طرديا مع الفرق بين درجة الحراره الجافه داخل القاعه وخارجها وبما ان المعدل الزمني لتغير درجة حرارة القاعه يتوقف على المعدل الزمني الذي تكتسب او تفقد فيه الحراره لذلك فأن معدل تغير الحرارة يتناسب هو الاخر طرديا مع الفرق بين درجة حرارة القاعه ومحيطها بفعل الحمل الاضطراري Forced Convectionالناتج عن تأثير مراوح السحب بالجانب المقابل للحشوه.هذا وام يظهر اي تداخل معنوي بين السمك والتصريف.

يتضح لنا من بيانات هذا البحث ان سمك الحشوه ومعدل تصريف الماء كانا واضحا التأثير على صفات الاداء الحراري لمنظومة التبريد التبخيري لهذا يمكن أن نستنتج بأن افضل توليفه كانت باستخدام سمك 13 سم ومعدل تصريف ماء 11 لتر/دقيقه للحشوه المركبه من نسيج القصب وليف النخيل حيث تم الحصول على اعلى كفاءة تبريد والبالغه 88.2 % واقل درجة حرارة جافه داخليه 20.1 م° واقل قيمه لدليل الحراره والرطوبه THI كانت 66.9 ،

جدول4. تأثير كل من سمك الحشوة ومعدل تصريف الماء في الرطوبه النسبيه%

سمك الحشوه(سم)	تصريف الماء (لتر/دقيقه)			المعدل
	6.0	8.0	11.0	
7.0	59.0	64.0	68.0	63.7
10.0	64.0	67.0	71.0	67.3
13.0	61.0	68.0	76.0	68.3
ا.ف.م 5%	n.s			2.4
المعدل	61.3	66.3	71.7	
ا.ف.م 5%	2.4			

جدول5. تأثير كل من سمك الحشوة ومعدل تصريف الماء في THI

سمك الحشوه(سم)	تصريف الماء (لتر/دقيقه)			المعدل
	6.0	8.0	11.0	
7.0	71.2	71.1	69.9	70.7
10.0	70.6	69.6	68.2	69.9
13.0	68.8	68.3	66.9	68.0
ا.ف.م 5%	n.s			0.3
المعدل	70.2	69.7	68.3	
ا.ف.م 5%	0.3			

المصادر

1-Ashrae, J.2001.Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., Georgia, USA, pp.934.

2-Camargo, J.R., C.D.Ebinuma and S.Cardoso.2003.Amathematical model for direct evaporative cooling air conditioning system .Science 18(4):30-34.

3-Chepete,H.J.,and H.Xin.2004.Ventilation rates of a laying hen house based on new v.s. old heat and moisture production data. Applied Engineering in Agriculture 20(6):835-842.

4-Dzivama, A.U., U.B.Bindir, and F.O.Aboaba.1999.Evaluation of pad materials in construction of active evaporative cooler for storage of fruits and vegetables in arid environments. Agricultural Mechanization in Asia 2(3):51-55.

5-Gates, R.S., H.Zhang, D.G.Colliver, and D.G.Overhults.1995.Regional Variation in temperature humidity index for poultry. Transaction of the ASAE 38(1):197-205.

6-Gates, R.S., J.L.Usry, J.A.Nienaber, L.W.Turner and .C.Bridges.1991.An optimal misting method for cooling livestock housing. Transaction of the ASAE 34(5):2199-2206.

7-Huhnke.R.L., L.C.McCowan, G.M.Meraz,S.L.Harp and M.E.Payton.2004. Using evaporative cooling to reduce the frequency and duration of elevated temperature-humidity indices in Oklahoma. Applied Engineering in Agriculture 20(1):95-99.

8-Liao, C., and K., Chiu.2002.Wind tunnel modeling the system performance of alternative evaporative cooling pads in Taiwan region. Building and Environment 37(2):177-187.

9-Mekonnen, K. 1994.Evaporative cooling and its applicability to livestock housing in Ethiopia .Agricultural Engineering 49(2):44-48.

10-Simmons, J.D., and B.D.Lott.1996.Evaporative cooling performance resulting from changes in water temperature. Applied Engineering in Agriculture 12(4):497-500.

11-Tao, X., and H.Xin.2003a.Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broiler .Transaction of the ASAE 46(2):491-497.

12- Tao, X., and H.Xin.2003b.Surface wetting and its optimization to cool broiler chickens. Transaction of the ASAE 46(2):483-490.

13-Xin, H., I.L.Berry, G.T.Tabler and T.L.Barton.1994.Temperaturer and humidity profiles of broiler house with experimental conventional and tunnel ventilation systems. Applied Engineering in Agriculture 10(4):535-542.

14-Yanagi, J.R., H.Xin and R.S.Gates.2002a.A research facility for studying poultry responses to heat stress and its relief. Applied Engineering in Agriculture 18(2):255-260.

15-Yanagi, J.R., H.Xin and R.S.Gates.2002b.Optimization of partial surface wetting to cool caged laying hens. Transaction of the ASAE 45(4):1091-1099.