Estrategias para mejorar la ingestión durante periodos de estrés por calor

El estrés por calor se produce cuando el animal es incapaz de disipar suficiente calor para mantener su temperatura (T) corporal por debajo de 38.5 °C. Este aumento en la T corporal puede proceder del ambiente cuando las T ambientales son elevadas o puede ser producido internamente durante los procesos de fermentación ruminal y metabolismo de nutrientes. Además, el estrés por calor provoca un aumento del ritmo respiratorio (jadeo) para aumentar la eliminación de calor. Este aumento en la actividad física es el responsable de que los animales en ambientes calurosos produzcan más calor que en ambientes fríos

La producción de calor interno aumenta al incrementar la producción de leche y el consumo de alimentos, por lo que vacas más productoras son más sensibles al estrés térmico que las vacas menos productoras. Un estudio llevado a cabo en Israel (Berman, 2005) demostró que la T a la que las vacas comienzan a sufrir los efectos del estrés por calor era 5 °C mas baja al aumentar la producción de leche de 35 a 45 kg/día. Además, reportaron que la velocidad del aire incrementa esa temperatura umbral máxima, indicando que las vacas que están alojadas en instalaciones que disponen de ventilación forzada pueden tolerar mayores T ambientales.

Una medida fisiológica que adoptan los animales para reducir la producción de calor es disminuir el consumo, así menos calor debe ser disipado. El estrés por calor estimula el centro de la saciedad localizado en el hipotálamo provocando una reducción en el consumo y por consiguiente un descenso en la producción. El consumo de materia seca (MS) disminuyó desde 20 hasta 14 kg cuando la T corporal de vacas sometidas a estrés por calor ascendió de 38.5 a 40 °C. La producción lechera también se redujo de 34.3 a 27.8 kg/día (Knapp y Grummer, 1991). Estos resultados concuerdan con estudios recientes realizados en la Universidad de Arizona con vacas de alta producción (producciones superiores a 35 kg/día). Los autores afirman que las vacas lecheras comienzan a disminuir la producción cuando la T rectal supera los 38.5 °C. Este aumento en la T corporal ocurrió con T ambientales de 22 °C cuando la humedad relativa (HR) ambiental superó el 45% (Collier y col., 2012).

Fernando Díaz-Royón y **Álvaro García**
Dairy Science Dpt. South Dakota State University, EE UU.
Fernando.Diaz@sdstate.edu

Las vacas en lactación empiezan a disminuir la ingestión de alimentos cuando la T ambiental supera los 25 – 26 °C, con una marcada reducción cuando la T supera los 30 °C (NRC, 1989). Sin embargo, además de la T, otros factores ambientales deben ser considerados. Investigadores de la Universidad de Cornell desarrollaron una ecuación para corregir el consumo de MS según la T ambiental, HR, velocidad del viento y exposición directa a la luz solar (tabla 1). Se puede apreciar que cuando la T ambiental es de 20 C, la HR óptima es 50%. Sin embargo, cuando la T ambiental supera los 24 °C disminuye considerablemente la ingestión de alimentos al aumentar la HR del ambiente. Esto es debido a que cuando la HR ambiental es elevada disminuye la capacidad de eliminar calor a través de los pulmones durante la respiración y el jadeo, ocasionando un aumento en la T corporal y una reducción de la ingestión.

Sin embargo, cuando las T ambientales disminuyen durante la noche por debajo de 21 °C las vacas pueden tolerar mayores T durante el día, esto su-

Tabla 1. Disminución de la ingestión según los factores ambientales de temperatura y humedad relativa.

% Disminución en la ingestión de materia seca											
Temp. °C	% Humedad relativa										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	3	2	1	1	1	0	0	1	1	2	2
22	3	2	2	2	2	2	3	3	4	5	6
24	3	3	3	3	4	4	5	6	7	9	10
26	3	3	4	5	5	6	8	9	11	12	14
28	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	18
30	4	5	6	7	9	11	13	15	17	20	22
32	4	5	7	9	11	13	16	18	21	24	27
34	4	6	8	11	13	16	18	21	24	28	31
36	5	7	10	12	15	18	21	25	28	32	35
38	6	8	11	14	17	21	24	28	32	36	40
40	6	9	13	16	20	23	27	31	36	40	45
42	7	11	4	18	22	26	30	35	39	44	49
44	8	12	4	20	24	29	34	38	43	49	54

Datos obtenidos de Fox y Tyluki (1998). Los datos han sido obtenidos para animales alojados permanentemente a la sombra y sin ventilación artificial, por lo que los factores de velocidad del viento y las horas de exposición directa a la luz solar fueron cero. Se utilizó la formula para temperatura ambiental superior a 20 °C sin enfriamiento nocturno.

giere que hay que encontrar medidas para disminuir la T durante la noche siempre y cuando sea necesario. Además, también ha sido publicado que la disminución en el consumo y la producción están más correlacionados con las condiciones climáticas de dos días anteriores que con las condiciones ambientales del mismo día (West, 2003).

La disminución del consumo de MS es menos acentuada en vacas de menor consumo y/o menor producción. Maust y col. (1972) llevaron a cabo un experimento para comprobar los efectos del estrés por calor sobre el consumo según el momento de la lactación. Las vacas en mitad de la lactación (100 a 180 días en leche, DEL) fueron las más afectadas, a continuación las de final de lactación (180 – 260 DEL) y por último las vacas al principio de la lactación <100 DEL). Las vacas al principio de la lactación consumieron la menor cantidad de MS, sin embargo fueron las que más leche produjeron. Esto indica que los animales al comienzo de la lactación utilizan las reservas corporales para compensar los efectos del calor. Además, los efectos del estrés por calor también dependen del número de lactancias. Holter y col. (1997) encontraron que vacas multíparas gestantes en mitad de la lactación expuestas a estrés por calor deprimieron más el consumo de MS (22%) que vacas primíparas (9 %) en el mismo estado de lactación y gestación.

Como ha quedado demostrado, el estrés por calor disminuye el consumo, y por lo tanto la producción láctea. Pero experimentos realizados en la Universidad de Arizona demuestran que la reducción de la ingestión provocada por el efecto del calor solamente es responsable de un 40 – 50 % de la reducción en la producción. Otras alteraciones biológicas, como cambios en el sistema endocrino y aumento de los gastos de mantenimiento, también contribuyen a la disminución de la energía disponible para la producción láctea (Baumgard y col., 2011; Rhoads y col., 2009, 2010; Wheelock y col., 2010). Durante el estrés por calor, además de reducir el consumo, las vacas buscan la sombra y la ventilación, aumentan el consumo de agua, disminuyen la actividad física y aumentan el ritmo de respiración (jadeo) y el sudor.

Mejora de las instalaciones:

Proporcionar agua limpia y fresca, suficiente sombra y buena ventilación es indispensable para asegurar altas producciones. Pero bajo el estrés por calor son necesarias otras medidas adicionales. Cuando los animales no están sometidos a estrés por calor, gran parte del calor corporal se elimina a través de la piel. Sin embargo, según aumenta la T ambiental aumentan las pérdidas de calor por medio de los pulmones y disminuyen las pérdidas de calor a través de la piel. Los animales aumentan el ritmo de la respiración (jadeo) para aumentar la eliminación de calor mediante evaporación. Las pérdidas de calor a través de la piel aumentan cuando la piel y la capa de pelo se mojan. El calor corporal de los animales provoca que el agua se evapore disipando el calor corporal. Una de las medidas más efectivas para mejorar el consumo de MS y la producción láctea es la instalación de aspersores en la línea del comedero. Estos aspersores forman gotas de gran tamaño que son dispersadas sobre el dorso del animal mientras este se encuentra en el comedero. Las gotas de agua deben de ser lo suficientemente grandes para mojar la piel del animal y deben ser aplicadas de forma intermitente para dar tiempo a que se evaporen antes de comenzar el siguiente ciclo de mojado.

La tabla 2 resume los beneficios obtenidos en varios experimentos realizados en USA con el sistema de enfriamiento compuesto por aspersores y ventiladores. Investigadores de la Universidad de Missouri-Columbia (Igono y col., 1985) comprobaron el efecto de mojar las vacas durante el verano. Para ello colocaron dos líneas de aspersores en una instalación de cubículos, una línea en el comedero

Tabla 2. Efectos de diferentes sistemas de enfriamiento sobre los rendimientos productivos.

	Tratamiento	Ventilación comedero	Ventilación cubiculos	Aspersión comedero	Consumo (kg/día)	Producción (Kg/día)
Igono y col. (1985)	Control	No	No	No	N.D.	23.2[a]
	Experimental	No	No	Sí	N.D.	23.9[b]
Igono y col. (1987)	Control	No	No	No	N.D.	23.3[a]
	Experimental	Sí	Sí	Sí	N.D.	25.3[b]
Linn y col. (1998)	Control	Sí	Sí	No	22.5a	21.2[a]
	Experimental	Sí	Sí	Sí	23.5b	22.1[b]
Brouk y col. (1999a)	2 S	No	Sí (Doble)	Sí	25.3	42.7[a]
	F + S	Sí	Sí	Sí	25.5	44.9[b]
	F +2S	Sí	Si (Doble)	Sí	25.6	43.9[ab]
Brouk y col. (2001)	F	Sí	No	Sí	23.9	36.3[a]
	F + S	Sí	Sí	Sí	24.5	38.9[b]
Brouk y col. (1999b)	F + S	Sí	Sí	Sí	22.7	36.7
	S	No	Sí	Sí	22.6	36.5

Nota: [a,b] = Efectos significativos (P<0.05); N.D.= Datos no disponibles.

y la otra en el pasillo entre los cubículos y la pared lateral. Los aspersores estuvieron funcionando en ciclos de 30 min (20 min. encendidos - 10 min apagados). A pesar de que consiguieron bajar la temperatura rectal 0.3 °C, solo mejoraron la producción de leche en 0.7 kg (23.9 kg en el grupo experimental). Un año después repitieron el experimento (Igono y col., 1987), pero esta vez incluyendo un sistema de ventilación forzada en la línea de comedero y en los cubículos. En este caso la producción de leche aumentó en 2.0 kg por día. Esto demuestra que al incrementar el movimiento de aire que rodea a los animales que han sido mojados aumenta la evaporación de calor a través de la piel.

En otro experimento llevado a cabo en Alabama, Lin y col. (1998, Tabla 2) al instalar aspersores en la línea del comedero mejoraron la producción de leche y el consumo MS en 1 kg al día. En ese experimento los aspersores estuvieron funcionando en ciclos de 15 min. (3 min. encendidos - 12 min. apagados). Ambos tratamientos contaban con ventiladores en el comedero y sobre los cubículos. Pero los ventiladores por sí solos no mejoraron el confort de los animales. Los trabajos de Missouri y Alabama indican que en situaciones de estrés por calor severo el tratamiento de las vacas exclusivamente con aspersores o con ventiladores no es suficiente para disminuir la T corporal de los animales por debajo de 39.1 °C y estas dos herramientas deben usarse en combinación.

Una serie de estudios llevados a cabo en Kansas State University evaluaron la eficacia de diferentes sistemas de enfriamiento para aliviar los efectos del estrés por calor. En el primer experimento realizado durante el verano de 1999 (Brouk y col., 1999a; Tabla 2) se evaluaron tres diferentes combinaciones de aspersores y ventiladores en naves con 4 filas de cubículos. Todos los sistemas disponían de aspersores en la línea de comedero programados con ciclos de 15 min. (3 min. funcionando y 12 min. apagados). El tratamiento 2S disponía de dos filas de ventiladores sobre los cubículos, el tratamiento F+S disponía de una fila de ventiladores sobre los cubículos y otra sobre el comedero, y por último, el tratamiento F+2S disponía de dos líneas de ventiladores sobre los cubículos y una línea sobre el comedero. No aparecieron diferencias significativas en el consumo de MS entre los tratamientos, pero sí en la producción de leche. Las vacas enfriadas con ventiladores sobre los cubículos y la línea de comedero produjeron más leche que las enfriadas con ventiladores solo en la línea de comedero (44.9 vs 43.9 kg/día). No aparecieron ventajas productivas al doblar el numero de ventiladores sobre los cubículos (F+2S). En otra prueba realizada posteriormente (Brouk y col., 2001; Tabla 2) evaluaron dos sistemas de enfriamiento, ambos con aspersores y ventiladores sobre la línea de comedero, pero solamente uno de ellos disponía de una línea de ventiladores sobre los cubículos (F+S). Los investigadores comprobaron que al complementar los ventiladores situados en el comedero con los situados sobre los cubículos aumentó la producción de leche en 2.6 kg/día. Basados en los resultados de estas dos pruebas, los autores concluyeron que el sistema de enfriamiento más efectivo para instalaciones con 4 filas de cubículos está compuesto por aspersores en la línea de comedero y dos filas de ventiladores, una sobre los cubículos y otra en el comedero. Sin embargo, los resultados fueron diferentes para naves con 2 filas de cubículos y sistema de aspersión sobre la línea de comedero (Brouk y col., 1999b; Tabla 2). Para este tipo de instalaciones el mejor sistema de enfriamiento esta formado por una línea de aspersores sobre el comedero y una línea de ventiladores sobre los cubículos (S). Una fila adicional de ventiladores sobre el comedero no mejora la producción. La anchura de las naves con 2 filas de cubículos es menor que en las naves de 4 filas, esto provoca un aumento de la ventilación natural.

La frecuencia de mojado y del flujo de aire también influyen en la eficacia del sistema de enfriamiento (Brouk y col., 2003, 2004). Para aumentar la eficiencia de la aspersión los animales deben estar secos antes de comenzar el siguiente ciclo de mojado. La capacidad de diferentes frecuencias de mojado (ciclos cada 5, 10 y 15 min.) fue comparada para disminuir la T corporal de vacas en lactación. Cada ciclo de mojado proporcionó cantidades de agua similares en todos los tratamientos (1.32 litros por plaza de comedero) durante el mismo tiempo (1 min.). El flujo de aire de los ventiladores fue continuo y aportó 20 m3/min. La disminución en la T corporal aumentó al incrementar la frecuencia de mojado. Los resultados indican que el sistema más efectivo para aliviar el estrés por calor es la ventilación forzada continua y frecuencias de mojado cada 5 min. Posteriormente para comprobar si el flujo de aire puede influir en la eficacia del sistema de enfriamiento, se evaluaron tres diferentes flujos de aire (14, 21 y 25 m3/m) con frecuencia de mojado cada 5 min. El sistema con menor flujo de aire fue el menos efectivo, y no hubo diferencias entre los otros dos. Este experimento demostró que no hay ventajas al aumentar el flujo de aire por encima de 21 m3/min. cuando la frecuencia de mojado por aspersión es de 5 min.

Para reducir la cantidad de agua utilizada en el sistema de aspersión, algunas instalaciones han optado por instalar sistemas de atomización de agua a alta presión mediante microdifusores o nebulizadores. A diferencia de los aspersores, estos sistemas dispersan gotas muy finas. Si estas gotas no son capaces de mojar por completo la capa de pelo y la piel del animal, se puede crear una capa de aire entre la piel y la película de agua. Esta capa de aire aísla y puede impedir la eliminación de calor a través de la piel y agravar la carga de calor en los animales.

Según (Brouk y col., 2004b), el sistema de atomización de agua en la línea del comedero junto con ventilación forzada solo puede ser igual de eficiente que el sistema de aspersión (con ciclos cada 5 min.) cuando consigue mojar la piel del animal completamente. Para ello debe estar funcionando continuamente con un caudal de agua mínimo de 13 litros/hora. Cuando el ganado se moja con este sistema de atomización, se combina el efecto de enfriar el aire del entorno con el de enfriar al animal mediante la evaporación del agua de la piel. Microdifusores con caudales de agua de 6.5 litros/h pudieron disminuir la T corporal de las vacas, pero no fueron tan eficientes como los microdifusores con caudales de 13 litros/hora o los aspersores con ciclos de 5 minutos. El sistema de microdifusores con alto caudal (13 litros/hora) utiliza un 18% menos agua que el sistema de aspersores con frecuencias de 5 min. (1.3 litros/min. o 16 litros/h). Son necesarios más estudios productivos para comprobar si esta reducción en la utilización de agua compensa el mayor aumento de la HR ambiental, sobre todo en climas donde la HR ambiental es elevada. En el campo se han podido apreciar un aumento de los problemas respiratorios en granjas que usan sistemas de atomización, sobre todo cuando la ventilación no es adecuada y el nivel de HR ambiental es

elevado.

Un programa de enfriamiento puede incrementar la frecuencia de mojado en el comedero según aumenta la T. Un ejemplo de programa de enfriamiento es el siguiente:

- T entre 25 y 30 °C: un ciclo de mojado cada 12 min
- T superior a 30 °C: un ciclo de mojado cada 8 min.

Cada ciclo de mojado puede tener una duración entre 45 y 60 segundos. Los ventiladores deben funcionar continuamente cuando la T ambiental sea superior a 20 °C. Aunque estas recomendaciones pueden servir como ejemplo, cada granja debe de confeccionar un programa de enfriamiento específico según los factores ambientales, el diseño de la nave, nivel de producción y estado de los animales. Los animales en preparto (3 semanas) y en lactación temprana son los más sensibles al estrés por calor, por lo que las medidas de refrigeración en esos animales deben ser más intensas que en el resto.

Estrategias alimentarias:

Debido a la disminución del consumo causado por el estrés por calor, los nutricionistas generalmente incrementan la energía de la ración aumentando el aporte de concentrados y rebajando la cantidad de forrajes. Esta práctica es recomendable siempre que se aporten los niveles mínimos de fibra efectiva necesarios para estimular la rumia y mantener un pH ruminal adecuado. Las vacas estresadas por calor disminuyen la rumia, y además tienden a seleccionar las partículas finas en las dietas unifeed (ración completa mezclada) más que en épocas frías. La combinación de raciones más concentradas, junto con la menor capacidad de los animales a mantener el pH ruminal, aumenta el riesgo acidosis ruminal durante épocas cálidas. Estos problemas de salud ruminal se pueden apreciar en las granjas en una disminución en el porcentaje de grasa de la leche y en un aumento de la incidencia de cojeras.

Algunas estrategias en el manejo alimentario pueden ayudar a incrementar la ingestión de alimentos:

- Suministrar la comida a las primeras horas del día (5 – 6 a.m.) y al anochecer es recomendado para evitar que el pico de máxima producción de calor producido durante la digestión coincida con las máximas T ambientales.
- Evitar que falte comida en el comedero. Es recomendable que sobre entre un 0.5 y un 5% de la comida aportada antes de la siguiente distribución de comida fresca. El objetivo varía según el momento de la lactación. Los animales recién paridos necesitan la mayor cantidad de alimento disponible (3 – 5% de rechazos), posteriormente el grupo de alta producción (1 – 4%) y por ultimo las de final de lactación (0.5 – 3%). Estos rechazos deben ser recogidos al menos una vez al día para evitar el calentamiento de la nueva comida.
- El uso de raciones unifeed es mejor que el aporte de alimentos por separado.
- Utilizar preferiblemente forrajes húmedos (ensilados) para mejorar la apetecibilidad de la ración. Además, como tienen pH bajos retrasan el crecimiento de hongos y levaduras de la ración y disminuye el calentamiento. Los hongos y levaduras en algunas ocasiones producen compuestos con olor y sabor desagradables.
- La inclusión de otros productos húmedos como bagazo de cerveza, pulpas de cítricos o melazas también es recomendable.
- Cuando el contenido en materia seca de la dieta es superior al 60%, en necesario la inclusión de agua para disminuir este valor hasta el 50%. Al añadir agua mejora la mezcla, disminuye el polvo e incrementa la apetecibilidad de la dieta.
- Alimentar dos veces al día como mínimo y preparar la ración unifeed inmediatamente antes de distribuirla. De esta forma se consigue enlentecer el calentamiento de la ración en el comedero.
- Empujar el alimento en el comedero 8 -10 veces al día. Además hay que asegurarse que haya alimento disponible en toda la línea del comedero, ya que los animales se concentran a comer en las zonas con mayor ventilación o cerca de los bebederos.
- Para prevenir segundas fermentaciones de los ensilados en necesario realizar un manejo apropiado de la cara expuesta del silo. Es conveniente extraer el silo con desensiladoras para evitar la infiltración de oxígeno. En época calurosa en necesario extraer 30 cm al día de toda la cara expuesta. Por ultimo, hay que utilizar inmediatamente todo el silo que haya sido extraído del montón y evitar dejar silo fermentando en el suelo.

- Cuando el calentamiento de la ración en el comedero es elevado se pueden incluir en la dieta estabilizadores de la ración para controlar el crecimiento de hongos y evitar segundas fermentaciones en el comedero. La mayoría de estos productos están compuestos por ácidos orgánicos o sales de estos, principalmente ácido propiónico.
- Alimentar con forrajes de buena calidad de alta digestibilidad. La cantidad mínima de fibra neutro detergente efectiva debe ser igual a 22% de la ración (sobre MS). Para alcanzar este nivel se puede incluir hasta 0.6 kg de paja de cereales cuando sea necesario. El tamaño de partículas de los forrajes debe ser de entre 2.5 y 5 cm para evitar la selección.
- Evitar un picado excesivo de los forrajes durante el proceso de mezclado. La mayoría de remolques unifeed requieren tiempo de mezcla entre 3 y 6 min. cuando han estado en funcionamiento durante el proceso de carga. Para comprobar si el tamaño de la fibra es adecuado es necesario valorar el tamaño de partícula de la dieta con la caja separadora de partículas de la Universidad de Pennsylvania. Se recomienda

que en la criba superior se mantenga entre un 2–8% de la dieta (caja con 3 cribas y una bandeja).

- La administración de aditivos alimentarios como levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), hongos (*Aspergillus oryzae*) y probioticos (*Lactobacillus spp, Propionibacterium spp., Enterococcus spp.*) para mejorar la salud ruminal.
- Aumentar la inclusión de tamponantes en las dietas (bicarbonato de sodio) hasta un 1% de la dieta. Además, es conveniente administrar bicarbonato sódico a libre disposición.
- Los animales secretan grandes cantidades de minerales durante periodos de estrés por calor. Aumentar la inclusión de sodio, potasio y magnesio hasta niveles mínimos de 1.5, 0.45 y 0.35% de la dieta (sobre MS), respectivamente. Sin embargo, es necesario mantener la concentración de cloro en 0.35% de la dieta (sobre MS), por lo que no es conveniente utilizar la sal común (cloruro sódico) ni el cloruro potásico en exceso como fuentes de estos minerales.
- Usar grasas para aumentar las necesidades energéticas de la dieta, pero evitar la inclusión de grasas no protegidas de la fermentación ruminal como aceites vegetales, sebos o mantecas.
- Mantener los niveles máximos de almidones y azúcares de la dieta en 26 y 8%, respectivamente. Los cereales que contienen almidones con velocidades de degradación más lentas (maíz) son más adecuados que los que tienen velocidades de degradación más rápidos (trigo, cebada).

Aporte de agua:

El agua es un nutriente especialmente importante durante periodos de estrés por calor. Las pérdidas de agua corporal por medio de la evaporación aumentan al aumentar la T ambiental. Si a esto lo sumamos que la leche contiene más de un 85% de agua, una vaca produciendo 45 kg de leche diarios puede ingerir 135 litros de agua al día cuando la T ambiental es de 27 °C. Esta cantidad es un 20% superior (27 litros) que cuando la T ambiental es de 5 °C (Tabla 3).

Las vacas prefieren beber el agua templada, es decir, ni muy caliente ni muy fría, con una T entre 17 y 28 °C. Si el agua esta demasiado caliente, cuando es ingerida por el animal puede suponer una carga de calor. La elevada cantidad de fluidos corporales perdidos mediante los procesos de sudor y jadeo puede incrementar el riesgo de disfunciones cardiovasculares. Por todas estas razones es importante aportar agua limpia y fresca durante el verano. Además, es conveniente mantener los bebederos a la sombra y limpiarlos frecuentemente.

Tabla 3: Ingestión de agua según el nivel productivo y temperatura ambiental.

Producción de leche (kg/d)	Temperatura media ambiental		
	4.4 °C	15.5 °C	27 °C
18	70	83	96
27	82	96	109
36	95	108	122
45	108	121	135

Fuente: Waldner and Looper. Oklahoma State University (ANSI - 4275)

Referencias

Baumgard, L. H., J. B. Wheelock, S. R. Sanders, C. E. Moore, H. B. Green, M. R. Waldron, and R. P. Rhoads. 2011. Postabsorptive carbohydrate adaptations to heat stress and monensin supplementation in lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. 94:5620–5633.

Berman, A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for holstein dairy cows. J. Animal Sci, 83:1377-1384.

Brouk, M. J., J. P. Harner, J. F. Smith, W. F. Miller, and B. Cvetkovic. 2004a. Responses of lactating holstein cows to differing levels and direction of supplemental airflow. Proceeding of the Dairy Day. Kansas State UniversityAgricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Brouk, M. J., Harner J.P., Smith J. F., Miller W.F. And Cvetkovic B. 2004b. Response of lactating hosltein cows to low pressure soaking or high pressure misting during heat stress. Proceeding of the Dairy Day. Kansas State UniversityAgricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Brouk M.J., Smith J.F. And J.P. Harner. 2003. Effect of sprinkling frequency and airflow on respiration rate, nody surface temperature and body tempertature of heat stressed dairy cattle. Fifth International Dairy Housing Proceedings of The 29-31 January Conference. 263-268.

Brouk M.J., Smith J.F., Harner J.P. And S.E. Defrain. 2001. Effect of fan placement on milk production and dry matter intake of lactating dairy cows housed in a 4 row freestall barn. Proceeding of the Dairy Day. Kansas State UniversityAgricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Brouk, M. J., J. F. Smith, J. P. Harner, B. J. Pulkrabek, D. T. McCarty, and J. E Shirley. 1999a. Performance of lactanting dairy cattle housed in a four row freestall barn equipped with three different cooling systems. Proceeding of the Dairy Day. Kansas State UniversityAgricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Brouk, M. J., J. F. Smith, J. P. Harner, B. J. Pulkrabek, D. T. McCarty, and J. E Shirley. 1999b. Performance of lactating dairy cattle housed in two-row freestall barns equipped with three different cooling systems. Proceeding of the Dairy Day. Kansas State UniversityAgricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Collier, R.J., Hall L.W., Rungruang S. And R.B. Zimbleman. 2012. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. 23rd Florida Ruminant Nutrition Symposium Proceedings.

Fox, D.G. and T. P. Tylutki. 1998. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. J. Dairy Sci. 81:3085–3095.

Holter, J. B., J. W. West, and M. L. McGilliard. 1997. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. J. Dairy Sci. 80:2188–2199.

Igono, M. O., Johnson H. D., Steevens B. J., Krause G. F. And M. D. Shanklin. 1987. Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray, and fan system versus shade for holstein cows during summer heat. J. Dairy Sci. 70:1069-1079

Igono, M.O., Steevens B. J., Shanklin M. D. And H. D. Johnson. 1985. Spray Cooling Effects on milk production, milk, and rectal temperatures of cows during a moderate temperate summer season. J. Dairy Sci. 68:979-985

Knapp, D. M. and R. R. Grumyea. 1991. Response of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress. J. Dairy Sci. 74:2573-2579.

Lin, J. C., Moss B. R., Pas, J. L. Koon, C. A. Flood, S. Rowe, J. R. Martin, B. Brady, F. Degraves, And R. C. Smith. 1998. Effect of sprinkling over the feed area and misting free stalls on milk production. The Professional Animal Scientist, 14:102–107.

Maust, L. E., Mcdowell R. E. And N. W. Hooven. 1972. Effect of summer weafher on performance of holstein cows in three stages of lactation. J. Dairy Sci. 55:1133-1139.

National Research Council. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th ed. Nat'l Acad. Press. Wash., DC.

Rhoads, M. L., J. W. Kim, R. J. Collier, B. A. Crooker, Y. R. Boisclair, L. H. Baumgard, and R. P. Rhoads. 2010. Effects of heat stress and nutrition on lactating holstein cows: II. Aspects of hepatic growth hormone responsiveness. J. Dairy Sci. 93:170–179.

Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R. Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker, and L. H. Baumgard. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism and aspects of circulating somatotropin. J. Dairy Sci. 92:1986–1997.

Waldner, D.N. and Looper M.L. Water For Dairy Cattle. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. Oklahoma Cooperative Extension Service. Ansi-4275. http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2038/ANSI-4275web.pdf

Wheelock, J. B., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, S. R. Sanders, and L.H. Baumgard. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. 93:644–655.

West, J.W. 2003. Effect of heat stress on production in dairy cattle. J. Dairy Sci. 86:2131-2144.