

ТЕПЛОВОЙ СТРЕСС У ПТИЦЫ. СООБЩЕНИЕ II. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ПРОФИЛАКТИКИ И СМЯГЧЕНИЯ*

(обзор)

В.И. ФИСИНИН, А.Ш. КАВТАРАШВИЛИ

Тяжесть проявления теплового стресса зависит от внешних (состав рациона, вода, система содержания, плотность посадки, влажность воздуха, скорость движения воздуха и т.д.) и внутренних (вид, порода, возраст, физиологическое состояние птицы и т.д.) факторов. Для снижения теплообразования и улучшения теплоотдачи (тепловыделения), сохранения продуктивности и качества продукции и, следовательно, снижения экономических потерь в птицеводческих хозяйствах исследователи предлагают различные стратегии. К ним относят повышение плотности корма пропорционально снижению его потребления (N.J. Dagher, 2009) и содержания жира в рационе до 4-5 % (B.L. Red, 1981; N. Usayan с соавт., 2001; A.A. Ghazalah с соавт., 2008); снижение до 2-4 % количества сырого протеина (Q.U. Zaman с соавт., 2008) и углеводов (при метаболизме жиров образуется меньше теплопродукции, чем при метаболизме протеинов и углеводов) (N.A. Musharaf с соавт., 1999; N.J. Dagher, 2008); изменение баланса аминокислот (при потреблении несбалансированных по аминокислотному составу кормов птица производит больше тепла в расчете на 1 г потребленного корма, кроме того, при тепловом стрессе значительно увеличивается расход лизина и серосодержащих аминокислот) (R.M. Gous с соавт., 2005; S. Syaifan с соавт., 2011; O. Vjreck с соавт., 1980); дополнительное введение в корм витамина С в дозе 250 мг/кг (M. Ciftci с соавт., 2005; A. Кавтарашвили с соавт., 2010), витамина Е (200 мг/кг) (Z.Y. Niu с соавт., 2009; A.A. Rashidi с соавт., 2010), витамина А (8000 МЕ/кг) (H. Lin с соавт., 2002), макро- и микроэлементов или соответствующих витаминно-минеральных премиксов (В.И. Фисинин с соавт., 2009), добавление в корм или воду различных солей электролитов NaHCO_3 , KCl , CaCl_2 , NH_4Cl (R.G. Teeter с соавт., 1985; T. Ahmad с соавт., 2005); использование гранулированных кормов (R.M. Gous с соавт., 2005; A. Кавтарашвили с соавт., 2010); введение специальных режимов кормления (K. Higamoto с соавт., 1995; M.H. Uzum с соавт., 2013) и прерывистого освещения (A. Кавтарашвили с соавт., 2010; D. Balnave с соавт., 1998); замена соли в рационах на 50-80 % пищевой содой (периодически по 7 сут) (P.S. Silva с соавт., 1996; A. Кавтарашвили с соавт., 2010); скармливание курам смеси ракушки и известняка (1:1) из отдельных кормушек при снижении дозы кальция в рационе; введение в корм ферментных препаратов (В.И. Фисинин с соавт., 1999) и пробиотических штаммов *Lactobacillus* (P.T. Lan с соавт., 2004); применение специальных антистрессовых кормовых добавок и препаратов (П. Сурай с соавт., 2012; P. Surai с соавт., 2013); увлажнение корма при использовании экзогенных ферментов (H. Lin с соавт., 2006; M.A. Khoa, 2007); увеличение скорости движения воздуха до 2,0-2,5 м/с (J. Donald, 2000); использование туннельной вентиляции (M. Czarick, V.L. Tyson, 1989); оборудование птичника системой испарительного охлаждения (J. Donald, 2000; Э.С. Маилян, 2007); использование теплоизолирующих, светоотражающих кровельных материалов и орошение крыши холодной водой (S. Yahav с соавт., 2004); снижение плотность посадки птицы на 15-20 % (T. Ahmad с соавт., 2006); уменьшение толщины подстилки до 3-5 см (Salah H.M. Esmail, 2001); исключение беспокойства (вакцинация, пересадка и др.) птицы в наиболее жаркий период дня; обеспечение постоянного доступа птицы к воде, в том числе при проведении вакцинации с помощью питьевой воды; исключение вакцинации птицы шприцем (O. Михайловская с соавт., 2010); регулярная очистка и обеззараживание воды и системы поения; подкисление воды (A. Кавтарашвили, 2013); систематический слив воды из системы поения и наполнение ее свежей прохладной водой; изоляция резервуаров воды и водопроводных труб, расположенных на солнце, защита их тенью; охлаждение воды (S. Yahav с соавт., 1996); тепловой тренинг эмбрионов во второй период инкубации (Y. Piestun с соавт., 2008) и цыплят в 3-суточном возрасте (S. Yahav с соавт., 2001; S. Yahav с соавт. 2004); повышение теплоустойчивости птицы посредством селекции (A.B. Мифтахутдинов, 2011), а также введения в геном кур промышленных линий (посредством скрещивания) гена голошейности (*Na*) и гена курчавости оперения (*F*) (N. Deeb с соавт., 2001; M.V. Raju с соавт., 2004).

Ключевые слова: температура, тепловой стресс, птицеводство, продуктивность птицы, методы профилактики и смягчения.

Тепловой стресс вызывает поведенческие, физиологические и им-

* «Тепловой стресс у птицы. Сообщение I. Опасность, физиологические изменения в организме, признаки и проявления» см. в журнале «Сельскохозяйственная биология», 2015, том 50, № 2, с. 162-171.

мунологические изменения в организме птицы, что отрицательно сказывается на ее здоровье, потреблении корма, продуктивности и качестве продукции (1, 2). В результате неминуемы значительные финансовые потери. Тяжесть проявления теплового стресса зависит от внешних (состав рациона, вода, система содержания, плотность посадки, влажность воздуха, скорость движения воздуха и т.д.) и внутренних (вид, порода, возраст, физиологическое состояние птицы и т.д.) факторов (3).

В настоящее время известны различные методы и способы профилактики и смягчения теплового стресса у птицы.

Кормовые методы борьбы с тепловым стрессом. В условиях высокой температуры уменьшается потребление корма (2), изменяется кислотно-щелочной баланс организма (4, 5), снижается секреция и активность эндогенных ферментов (6), нарушается всасывающая способность кишечника (7), ускоряется прохождение корма через желудочно-кишечный тракт из-за увеличения потребления воды в 3-5 раз (8, 9). В связи с этим в организме птицы возникает дефицит питательных веществ, витаминов (особенно С и Е) и некоторых макро- и микроэлементов (10, 11).

Для снижения негативных последствий теплового стресса исследователи предлагают различные стратегии кормления птицы.

Считается, что суточную норму питательных веществ в условиях теплового стресса необходимо поддерживать за счет повышения плотности корма пропорционально снижению его потребления (12, 13). Например, если ожидается снижение потребления корма на 10 %, содержание всех питательных веществ (включая витамины, минеральные соединения, микроэлементы) необходимо повысить на 10 %. Однако для определенных веществ применение этой стратегии иногда ограничено возможностями производства. Так, не всегда приемлемо добавление к кормосмеси более 6-8 % жира. Кроме того, дозы некоторых кормовых добавок нельзя изменять, не зная, как это подействует на здоровье птицы. Во многих случаях снижение потребления корма настолько значительно, что его невозможно компенсировать за счет повышения количества питательных веществ.

Некоторые авторы утверждают, что при тепловом стрессе положительное влияние оказывает увеличение доли сырого протеина в рационе на фоне низкого потребления корма (14, 15). Другие исследователи сообщают о вреде скармливания бройлерам кормов с высоким содержанием протеина при повышенных температурах окружающей среды (16-18). Согласно данным Q.U. Zaman с соавт. (19), в условиях теплового стресса (32-39 °С) рацион с низким количеством сырого протеина (190 г/кг) и высоким содержанием обменной энергии (12,55 МДж/кг) при нормативных величинах незаменимых аминокислот способствует большей продуктивности цыплят-бройлеров, чем корма с высоким количеством протеина (210 и 230 г/кг) и обменной энергии (12,55 МДж/кг).

В условиях высоких температур включение в рацион цыплят-бройлеров 5 % жира (20), молодых кур-несушек — 5 % жира (21), 4 % соевого (22) или пальмового масла (23) позволяет улучшить продуктивность птицы. Это объясняется тем, что, во-первых, жир повышает вкусовые качества кормов и стимулирует их потребление, во-вторых, при метаболизме жиров образуется меньше эндогенного тепла, чем при метаболизме протеинов и углеводов (14, 24, 25).

Для снижения производства эндогенного тепла у птицы при тепловом стрессе V. De Basilio с соавт. (26) рекомендуют применять два рациона: в жаркий период суток — рацион с повышенным (на 4-5 %) содержанием жира и пониженным (на 2-4 %) количеством сырого протеина, в

прохладный период — рацион с пониженным содержанием жира и повышенной долей сырого протеина.

Положительные результаты дает изменение в энергии кормов пропорции жиров и углеводов, то есть соотношения эффективной и обменной энергии (27). На практике возможности применения этого метода в некоторой степени ограничены из-за использования в кормах тех ингредиентов, которые хозяйства могут приобрести (12).

Важное значение имеет также баланс аминокислот. При потреблении несбалансированных по аминокислотному составу кормов птица производит больше тепла в расчете на 1 г корма (11, 12). Дополнительное введение аминокислот в рацион приводит к усилению окислительных процессов в фолликулярной ткани, росту и развитию фолликулов и, соответственно, к увеличению продуктивности кур (28). При повышении температуры окружающей среды значительно возрастает расход лизина на поддержание 1 кг живой массы кур и серосодержащих аминокислот на поддержание яичной продукции (29). Многие авторы (30, 31) считают, что несбалансированный по аминокислотному составу корм способствует увеличению содержания азотистых веществ в помете, что приводит к накоплению аммиака в птичнике, которое негативно воздействует на продуктивность, состояние здоровья и терморегуляцию птицы.

Положительные результаты получены при дополнительном введении в рацион птицы витамина С в дозе 250 мг/кг корма (32, 33). При более высоких дозах (500 и 750 мг/кг корма) эффект становится отрицательным (34). При добавлении аскорбиновой кислоты в воду, а не в корм, потребление воды увеличивается (35).

Z.Y. Niu с соавт. (36) обнаружили, что при тепловом стрессе (38 °С) цыплята-бройлеры, получавшие витамин Е (200 мг/кг корма), имели более высокую активность макрофагов и большее количество IgM и IgG по сравнению с птицей, которой не давали витамин. Есть сведения (37) о значительном увеличении фагоцитоза, количества Т-лимфоцитов, SRBC (sheep red blood cells, овечьи красные кровяные тельца) антител, массы селезенки и фабрициевой сумки у цыплят-бройлеров при добавлении в рацион витамина Е (100 МЕ/кг корма) в период воздействия теплового стресса (32 °С). Другие исследователи (38) отмечают, что при 33 °С добавка витамина Е в количестве 200 мг/кг корма повышает титры SRBC антител у кур-несушек. Витамин Е — важнейший компонент антиоксидантной защиты, однако исследования последних лет показали, что он не всегда способен улучшить ситуацию (39, 40).

Вредного воздействия теплового стресса на яйценоскость кур также можно избежать посредством дополнительного введения в рацион витамина А (8000 МЕ/кг корма) (41). Наибольший эффект достигается при скармливании комплексов витаминов, например С и Е (42), А и Е (43), или соответствующих витаминно-минеральных премиксов (40).

Высокую эффективность показывает введение в корм или воду различных солей электролитов (NaHCO_3 , KCl , CaCl_2 , NH_4Cl) (4, 44). Добавление в корм бикарбоната натрия из расчета 4-10 кг/т помогает восстановить кислотно-щелочное равновесие, утраченное при алкалозе в результате гиперпноэ птицы в жару. Дополнительное количество электролитов, например хлорида калия (0,25-0,5 % выпойкой или 0,5-1,0 % в корм), восстанавливает электролитный баланс (33). Выпаивать растворы электролитов необходимо утром, до быстрого подъема температуры воздуха (45). Избыток калия птицы переносят легче, чем избыток натрия (46). При тепловом стрессе организм стремится сохранить больше электролитов (Na, K,

Cl) для поддержания кислотно-щелочного баланса. Количество электролитов в моче зависит от их содержания в корме и от температуры окружающей среды. Потребление воды связано с возрастом птицы, поступлением К, Na и Cl с кормом и оказывает прямое действие на влажность помета и изменение ректальной температуры (47, 48).

Структура корма может влиять на величину энергозатрат организма птицы, связанную с его потреблением. Например, поедание корма в виде гранул занимает на треть меньше времени по сравнению с таким же количеством рассыпанного корма и позволяет птице экономить около 6 % энергии (12), что может благотворно сказаться на снижении теплопродукции организма. Кроме того, гранулирование повышает физическую плотность корма, обеспечивая большее потребление питательных веществ (12, 33, 49).

Положительные результаты дают специальные режимы кормления. Некоторые ученые (50-52) рекомендуют ограничивать птицу в кормах за 4-6 ч до начала теплового стресса. За это время остатки корма выводятся из кишечника, и прирост тепла, связанный с потреблением корма в жаркий период дня, снижается. Целесообразно сдвинуть основные кормления на утреннее и вечернее время или использовать «принцип ночного кормления» (53). Для этого мы рекомендуем внедрить режимы прерывистого освещения, предусматривающие ночное включение света на 2 ч, темные периоды продолжительностью 3-4 ч в наиболее жаркое время дня и кормления птицы ночью (49, 54). Другие авторы предлагают в жаркий период года постепенно (по 15 мин в неделю) добавлять 1 ч света ночью (например, с 24.00 до 01.00, но не менее чем через 4 ч после окончания основного периода освещения). К обычному режиму освещения возвращаются осенью, постепенно уменьшая «ночное кормление» по той же схеме. Однако при использовании такой технологии у птицы может сдвигаться суточный ритм снесения яиц (55, 56), что, возможно, приведет к некоторому снижению продуктивности. D. Valnave и S.K. Muheereza (57) сообщают, что при режиме прерывистого освещения 3С:1Т (С — свет, Т — темнота, ч) по сравнению с 16С:8Т в условиях высокой температуры (32 °С) достоверно увеличилось потребление корма, живая масса, масса яиц, толщина и прочность скорлупы. Положительный эффект прерывистого освещения объясняется тем, что в темноте птица меньше двигается и, следовательно, меньше производит тепловую энергию. Установлено, что при высокой температуре в птичнике потребление корма можно стимулировать посредством увеличения кратности его раздачи до 5 раз и более с периодическим холостым запуском линии кормораздачи (49).

Вредное влияние теплового стресса можно смягчить, заменяя соли в рационах (на 50-80 %) пищевой содой (периодически по 7 сут), в особо тяжелых случаях добавку соды разрешается довести до 2-4 кг на 1 т кормосмеси (53, 58). Есть сведения о том, что добавление в корм хрома в дозе 600 мг/кг (59) или хрома (400 мг/кг) в комплексе с аскорбиновой кислотой (250 мг/кг) (60) способствует увеличению живой массы бройлеров. Положительные результаты дает скормливание курам смеси ракушки и известняка (1:1) из отдельных кормушек при одновременном снижении количества кальция в рационе (53, 61).

При тепловом стрессе для повышения переваримости птицы питательных веществ рекомендуют вводить в комбикорма ферментные препараты (53, 61). Повышению поедаемости кормов и переваримости питательных веществ способствует также увлажнение корма при использовании экзогенных ферментов (49, 62, 63).

Добавление пробиотических штаммов *Lactobacillus* может обогатить

разнообразие микрофлоры в тощей и слепой кишке кур и восстановить микробный баланс у цыплят-бройлеров после перенесенного теплового стресса (64). Во время теплового стресса можно использовать специальные кормовые добавки и препараты — ПровиГард, Catosal (Германия), Бетфин S1, ОптиПро, цинк бацитрацин, кормовые антибиотики, осмопротекторные добавки и др. (3, 40, 65-67).

Хотя кормовые методы, рекомендованные для уменьшения последствий теплового стресса, и показали потенциальные преимущества, ни один из них нельзя рассматривать как единственно идеальный или столь же эффективный, как сокращение тепловой нагрузки на птиц с использованием различных технологических приемов (12).

Снижение температуры воздуха в птичнике. Как известно, температура тела определяется теплообразованием (телопродукцией) и теплоотдачей (тепловыделением). В условиях высокой температуры птица испытывает трудности в достижении баланса между производством и потерей тепла. Если производство тепла превышает его максимальную потерю в течение длительного времени, она может погибнуть. Так, повышение температуры организма на 4 °С приводит к смерти бройлеров (13).

Для снижения температуры воздуха в птичнике рекомендуют увеличивать скорость движения воздуха до 2,0-2,5 м/с и количество свежего воздуха до 6-7 м³ на 1 кг живой массы в час, что создает у птицы ощущение пролады (53, 68). При этом использование туннельной вентиляции позволяет добиться максимальных конвективных теплотерь, особенно в условиях высокой влажности (69). В хозяйстве должна быть запасная система электропитания на случай перебоев в жаркое время. Необходимо оборудовать помещение системой испарительного охлаждения, при которой воздух проходит через бумажные прокладки, смоченные водой, и уже охлажденный попадает в птичник. С ее помощью даже при температуре внешней среды выше 35-38 °С в птичнике можно удерживать температуру 24-28 °С и ниже (68, 70). Однако следует учитывать, что чем выше влажность, тем ниже эффект испарительного охлаждения (62).

Система затуманивания (мелкий туман, создаваемый под высоким давлением внутри здания) увеличивает эффективность работы вентиляции до 50 %, но важно помнить, что птица гораздо хуже переносит влияние высоких температур при повышенной относительной влажности, поэтому в таких условиях нельзя проводить увлажнение пола, купание птицы и т.д. Влажность воздуха в птичнике в период воздействия высокой температуры при отсутствии должной вентиляции не должна превышать 50 % (68, 71).

Сообщается об эффективности теплоизолирующих, светоотражающих кровельных материалов (например, алюминиево-пластиковой фольги), орошения крыши холодной водой и т.п. (72, 73). По мнению некоторых авторов, при высокой температуре окружающей среды целесообразно снизить плотность посадки птицы на 15-20 % (33, 47). По данным V. Holik (74), плотность посадки при напольном и клеточном содержании птицы при температуре 25 °С должна составлять соответственно 5,5 гол/м² и 450 см²/гол, при 30 °С — 4,5 гол/м² и 550 см²/гол, при 35 °С — 3,5 гол/м² и 650 см²/гол. Для снижения выделения биотепла от разлагающихся компонентов толщина используемой подстилки должна быть не более 3-5 см (70, 75). Также следует увеличить частоту удаления помета из птичника (70).

Манипуляции с птицей при тепловом стрессе. При манипуляциях с птицей во время теплового стресса необходимо соблюдать следующие правила (45): нельзя беспокоить ее в наиболее жаркий период дня; вакцинацию, перевозку поголовья с площадки выращивания в птич-

ники для взрослой птицы следует проводить в прохладное время суток (ранним утром или поздним вечером); при вакцинации с помощью питьевой воды не прекращать ее подачу; исключить вакцинацию спреем; проводить профилактику бактериальной инфекции (при дыхании открытым ртом не происходит фильтрации воздуха через носовые каналы, в результате в организм попадает вторичная бактериальная инфекция, которая повышает отход птицы).

Особенности водоподготовки и поения птицы в условиях высокой температуры. При высокой температуре окружающей среды в результате присутствия в воде минеральных и органических примесей в поильных системах создаются благоприятные условия для размножения микроорганизмов, патогенных бактерий, плесеней, водорослей. Они накапливаются и образуют так называемую биопленку. Кроме того, в результате отложения минеральных веществ в трубах формируется известковая корка, которая служит убежищем для микроорганизмов, нарушает нормальную работу системы поения (76).

В условиях высокой температуры необходимо проводить очистку и обеззараживание воды и системы поения с помощью препаратов, содержащих смеси различных органических (муравьиная, уксусная, лимонная, фумаровая и др.) кислот. Подкисление воды способствует санации полости рта, носа и всей пищеварительной системы птицы, благоприятствуют полезным бактериям, подавляет патогенные микроорганизмы (сальмонеллы, *Escherichia coli*, плесневые и дрожжевые грибы) в желудочно-кишечном тракте. Кислотная среда также помогает выработке ферментов поджелудочной железы и способствует превращению пепсиногена в пепсин, замедляет прохождение химуса через желудочно-кишечный тракт (76). Кроме того, рекомендуется обеспечить систематический слив воды из системы поения для наполнения ее свежей прохладной водой; изоляцию резервуаров воды и водопроводных труб, расположенных на солнце, их защиту тенью; охлаждение питьевой воды до 5-18 °С (повышает потребление корма на 5-11,6 %) (8, 77); свободный доступ птицы к воде и увеличение фронта поения на 20-25 %; своевременную замену фильтров воды (45). Установлено, что прием холодной воды (10 °С) помогает птицам выдерживать температуру окружающей среды 42,2 °С в течение 11,5 ч (8).

Тепловой тренинг. Последствия теплового стресса можно достаточно эффективно смягчить с помощью теплового тренинга. Яйца кур мясного кросса Cobb инкубировали при стандартном температурно-влажностном режиме (37,8 °С/56 %, контрольная группа) (78). В подопытной группе яйца с 7-х по 16-е сут инкубации подвергали тренингу в течение 12 или 24 ч при температуре 39,5 °С и влажности воздуха 65 %. На 35-е сут выращивания цыплят из всех групп подвергли тепловой нагрузке (35,5 °С в течение 5 ч), в результате чего была показана более высокая термоустойчивость цыплят-бройлеров опытных групп.

Также установлено, что тепловой тренинг цыплят в 3-суточном возрасте (36-37,5 °С в течение 24 ч) повышает устойчивость птицы к высокой температуре в более поздний период выращивания (56, 79). Обычно сразу после теплового воздействия наблюдается замедление роста, однако затем следует компенсаторный рост, способствующий формированию у бройлеров большей живой массы в конце выращивания по сравнению с птицей, не подвергнутой тепловому тренингу (79).

Объяснить этот феномен можно импринтингом (запечатлением) развивающимися эмбрионами теплового тренинга и формированием у них эпигенетической тепловой адаптации, проявляющейся в увеличении ус-

тойчивости организма птицы к действию высокой температуры (80). Аналогичного мнения придерживаются и другие авторы (81, 82), которые обнаружили, что если яйца домашней птицы во время инкубации подвергать температурному стрессу, вылупляющиеся особи на протяжении всей последующей жизни демонстрируют изменения в термосенситивности нейронов гипоталамуса.

Селекционно-племенная работа. Перспективным направлением профилактики и смягчения последствий теплового стресса может считаться повышение теплоустойчивости птицы посредством селекционно-племенной работы (83). Однако при этом необходимо помнить, что фактическая наследуемость признака устойчивости птицы к высокой температуре очень низкая (84, 85). Кроме того, селекция на увеличение термотолерантности может обусловить снижение потенциала роста в комфортных температурных условиях. Следовательно, необходимо уточнить взаимосвязь и взаимовлияние используемых селекционных признаков при различных температурных условиях окружающей среды (86).

Результаты, полученные при изучении влияния тепловой нагрузки (35 °C/50 %/14 сут, температура/влажность/подолжительность) на 38-недельных кур яичных кроссов Hy-Line Brown, W36 и W98, доказывают их различную термотолерантность (87). За период действия теплового стресс-фактора уменьшение яичной продуктивности, потребления корма и толщины скорлупы яиц составило у коричневого кросса соответственно 31,0 %, 35,0 % и 0,07 мм, у кросса W36 — 19,7 %, 29,0 % и 0,04 мм, у кросса W98 — 13,0 %, 27,0 % и 0,05 мм, а смертность, наоборот, увеличилась соответственно на 16,0; 4,0 и 8,0 %. Обнаружена согласованность изменения показателей толщины скорлупы и всасывания кальция в кишечнике: у особей коричневого кросса всасывание уменьшилось на 52,5 %, тогда как у других кроссов — лишь на 30 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что термотолерантность у несушек исследованных генотипов неодинакова, причем поголовье кросса W98 обладает наибольшей термоустойчивостью. Это положение, основанное на анализе показателей продуктивности, подтверждается также данными по известным маркерам состояния теплового стресса. Так, интенсивность полипноэ у W98 меньше, на что указывает величина pCO_2 крови: у W36 она снизилась на 24 %, у коричневого кросса — на 17 %, у W98 — лишь на 13 %.

В недавнем исследовании (88) оценили термотолерантность пяти коммерческих генотипов кур — ломанн коричневый (Lohmann Brown), ломанн белый (Lohmann White), нью-гемпшир (New Hampshire), мини белый леггорн (dwarf White Leghorn) и отселекционированный по конверсии корма белый леггорн (White Leghorn), которые были разделены на две подгруппы. Куры первой подгруппы каждого генотипа продолжительное время содержались при комфортной температуре (18-20 °C), второй — в условиях теплового стресса (30-32 °C). У всей птицы из первой подгруппы потребление корма, живая масса, яйценоскость, масса яиц, толщина и прочность скорлупы были выше, чем у подвергнутых гипертермии. Наибольшая стабильность живой массы, массы яйца и конверсии корма отмечена у кур нью-гемпшир, а интенсивность яйценоскости и выход яичной массы на 1 гол/сут оказались самыми устойчивыми у кур белый леггорн. Это исследование показало, что негативное проявление теплового стресса зависит от генотипа.

Заслуживает внимания использование в селекции птицы генов, способствующих термоустойчивости, таких как ген голошейности (*Na*) и ген курчавости оперения (*F*). Ген голошейности (*Na*) способствует увеличению скорости роста цыплят-бройлеров, выхода грудных мышц, потерь

тепла через шею, при этом отмечено снижение жировых отложений в коже и грудной мышце (89, 90). У гетерозиготных (Na/na) и гомозиготных (Na/Na) особей масса пера по отношению к массе тела меньше соответственно на 20 и 40 % по сравнению с полностью оперенной птицей (91). Ген курчавости оперения (F) птицы позволяет снизить теплоизоляцию пера. Благоприятное влияние гена F на живую массу бройлеров при высокой температуре меньше, чем гена Na . Однако существует положительный эффект при одновременном использовании гетерозиготных генов (Na/na и F/f) у бройлеров (92).

Таким образом, в условиях теплового стресса потребление корма снижается, а воды — растет, что приводит к уменьшению продуктивности птицы. Для смягчения последствий теплового стресса необходимо вносить в рацион птицы соответствующие коррективы, которые помогут снизить теплопродукцию ее тела и поддержать необходимое потребление ею питательных веществ корма. Также нужно свести к минимуму физическую активность птицы в самое жаркое время дня. Профилактика и смягчение последствий теплового стресса у птицы требуют комплексного подхода и могут включать: селекцию на термотолерантность; смену режимов кормления, поения и освещения; изменение энерго-протеинового отношения и баланса аминокислот в рационе; применение специальных добавок к корму или воде (витамины и микроэлементы, антистрессовые добавки, ферменты, пробиотики); перепланировку птичника; улучшение систем вентиляции и охлаждения воздуха; особые технологические приемы. Выбор адекватных мер зависит от многих факторов, таких как интенсивность, продолжительность и суточные колебания повышенных температур; генетические особенности птицы; особенности кормления и содержания (напольное или клеточное) птицы; возраст и продуктивность птицы; относительная влажность воздуха; конструкция птичника и т.д. Своевременный прогноз наступления теплового стресса и адекватные меры по его профилактике помогут нивелировать его негативные последствия для птицы и связанные с ним убытки для хозяйства.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
и технологический институт птицеводства,
141300 Россия, Московская обл., г. Сергиев Посад-11,
ул. Птицеградская, 10,
e-mail: fisinin@vnitip.ru, alexk@vnitip.ru

Поступила в редакцию
23 марта 2015 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2015, V. 50, № 4, pp. 431-443

HEAT STRESS IN POULTRY. II. METHODS AND TECHNIQUES FOR PREVENTION AND ALLEVIATION (review)

V.I. Fisinin, A.Sh. Kavtarashvili

All-Russian Research and Technological Poultry Institute, Federal Agency of Scientific Organizations, 10, ul. Pitssegradskaya, Sergiev Posad-11, Moscow Province, 141300 Russia, e-mail fisinin@vnitip.ru, alexk@vnitip.ru
Received March 23, 2015

doi: 10.15389/agrobiol.2015.4.431eng

Abstract

An adverse effect of heat stress in poultry depends on both the external factors such as diet, water supply, rearing technology, birds' population density, air humidity and flow rate, etc., and the internal factors, particularly, poultry species and breed specificity, physiological conditions, etc. Herein, the approaches to prevention and alleviation of heat stress in poultry are summarized and discussed. Different strategies were proposed for lowering of body heat production and for better heat dissipation, thus maintaining productivity and product quality and minimizing losses for poultry farms. These strategies include the increase in energetic level of a diet in accordance with decrease in

feed consumption due to stress (N.J. Dagher, 2009) and inclusion of higher (up to 4-5 %) levels of fat (B.L. Red, 1981; N. Usayran et al., 2001; A.A. Ghazalah et al., 2008); decrease by 2-4 % of dietary crude protein (Q.U. Zaman et al., 2008) and carbohydrate levels (metabolization of fat produces less heat than protein and carbohydrates) (N.A. Musharaf, J.D. Latslaw, 1999; N.J. Dagher, 2008); changes in amino acid profile of a diet (diets imbalanced in amino acids may increase heat production; moreover, requirements in lysine and sulfur-containing amino acids are much higher in heat stressed poultry) (R.M. Gous, T.R. Morris, 2005; S. Syafwan et al., 2011; O. Vjreck, M. Kirchgessner, 1980); supplementation with additional 250 ppm of vitamin C (M. Ciftci et al., 2005; A. Kavtarashvili, T. Kolokolnikova, 2010), 200 ppm of vitamin E (Z.Y. Niu et al., 2009; A.A. Rashidi et al., 2010), 8000 IU/kg of vitamin A (H. Lin et al., 2002), minerals or proper premix of vitamins and minerals (V.I. Fisinin et al., 2009), supplementation of feed or drinking water with electrolytes NaHCO₃, KCl, CaCl₂, NH₄Cl (R.G. Teeter et al., 1985; T. Ahmad et al., 2005); pelleting of diets (R.M. Gous, T.R. Morris, 2005; A. Kavtarashvili, T. Kolokolnikova, 2010); special regimes of feeding (K. Hiramoto et al., 1995; M.H. Uzum, H.D. Oral Toplu, 2013) and intermitted lighting (A. Kavtarashvili, T. Kolokolnikova, 2010; D. Balnave, S.K. Muheereza, 1998); periodic (in 7-day periods) substitution of soda (NaHCO₃) for 50-80 % of dietary salt (P.S. Silva et al., 1996; A. Kavtarashvili et al., 2010); feeding of mixture of ground mussel and lime (1:1) from separate feeders with simultaneous decrease in dietary Ca level; inclusion of dietary enzyme preparations (V.I. Fisinin et al., 1999) and probiotic strains of *Lactobacillus* (P.T. Lan et al., 2004); the use of special anti-stress additives and preparations (P. Surai et al., 2012; P. Surai et al., 2013); moistening of enzyme-supplemented diets (H. Lin et al., 2006; M.A. Khoa, 2007); increase in air velocity in poultry houses up to 2.0-2.5 m/s (J. Donald, 2000); tunnel ventilation systems (M. Czarick, B.L. Tyson, 1989); systems of evaporative air cooling (J. Donald, 2000; E.S. Mailyan, 2007); the use of heat-insulating and light-reflective roof materials, sprinkling of roof with cold water (S. Yahav et al., 2004); 15-20 % decrease in stock density (T. Ahmad et al., 2006); a decreased litter thickness (to 3-5 cm) (Salah H.M. Esmail, 2001); decrease in any disturbing activity (vaccination, repopulation etc.) during the hottest hours; providing poultry with constant access to water including days when poultry is vaccinated via water; elimination of spray vaccines during heat stress (O. Mikhailovskaya et al., 2010); regular cleaning and disinfection of drinking water and drinking systems; acidification of drinking water (A. Kavtarashvili, 2013); regular refilling of drinking system with fresh and cold water; isolation and shading of water tanks and pipes exposed to direct sunlight; cooling of drinking water (S. Yahav et al., 1996); thermal training of embryos during 2nd half of embryogenesis (Y. Piestun et al., 2008) and 3-day chicks (S. Yahav et al., 2001; S. Yahav et al. 2004); genetic improvements in thermal tolerance (A.V. Miftahutdinov, 2011) including activated expression of naked neck gene *Na* and frizzle feather gene *F* (N. Deeb et al., 2001; M.V. Raju et al., 2004).

Keywords: temperature, heat stress, poultry farming, productivity, methods of prevention and alleviation.

REFERENCES

1. Kadim L.T., AI-Qamshui B.H.A., Mahgoub O., Ai-Marzooqi W., Johnson E.H. Effect of seasonal temperatures and ascorbic acid supplementation on performance of broiler chickens maintained in closed and open-sided houses. *Int. J. Poult. Sci.*, 2008, 7: 655-660 (doi: 10.3923/ijps.2008.655.660).
2. Abidin Z., Khatoon A. Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. *World's Poult. Sci. J.*, 2013, 69: 135-151 (doi: 10.1017/S0043933913000123).
3. Surai P.F., Fotina T.I. Physiological mechanisms of stress development in poultry industry. *Animal Breeding Today*, 2013, 6: 54-60.
4. Teeter R.G., Smith M.O., Owens F.N., Arp S.C., Sangiah S., Breazdle J.E. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chickens. *Poultry Science*, 1985, 64: 1060-1064 (doi: 10.3382/ps.0641060).
5. Borges S.A., Fischer Da Silva A.V., Majorca A., Hooge D.M., Cummings K.R. Physiological responses of broiler chicken to heat stress and electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalent per kilogram). *Poult. Sci.*, 2004, 83: 1551-1558 (doi: 10.1093/ps/83.9.1551).
6. Attia Y.A., Hassan R.A., Qota M.A. Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics I: Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. *Tropical Animal Health and Production*, 2009, 41: 807-818 (doi: 10.1007/s11250-008-9256-9).
7. Garriga C., Hunter R.R., Amat C., Planas J.M., Mitchell M.A., Moreto M. Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2006, 290(1): 195-201 (doi: 10.1152/ajpregu.00393.2005).

8. Kavtarashvili A.Sh. *Ptitsevodstvo*, 2012, 7: 13-17.
9. Kavtarashvili A.Sh. *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2012, 9: 13-14.
10. Sahin K., Sahin N., Kucuk O., Hayirli A., Prasad A.S. Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review. *Poult. Sci.*, 2009, 88(10): 2176-2183 (doi: 10.3382/ps.2008-00560).
11. Syafwan S., Kwakkell P., Verstegen M.W.A. Heat stress and feeding strategies in meat-type chickens. *World's Poult. Sci. J.*, 2011, 67: 653-673 (doi: 10.1017/S0043933911000742).
12. Gous R.M., Morris T.R. Nutritional interventions in alleviating the effects of high temperatures in broiler production. *World's Poult. Sci. J.*, 2005, 61: 463-475 (doi: 10.1079/WPS200568).
13. Dagher N.J. Nutritional strategies to reduce heat stress in broilers and broiler breeders. *Lohmann Information*, 2009, 44: 6-15.
14. Huwaida E.E. Malik, Rashid H.O. Suliaman, Ibrahim A. Yousif, Khalid M. Elamin. Effect of dietary protein level and strain on carcass characteristics of heat stressed broiler chicks. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 2013, 4(5): 504-511 (doi: 10.5251/abjna.2013.4.5.504.511).
15. Temim S., Chagneau A., Peresson M., Tesseraud S. Chronic heat exposure alters protein turnover of three different skeletal muscles in finishing broiler chickens fed 20 or 25 % protein diets. *J. Nutr.*, 2000, 130(4): 813-819.
16. Teeter R.G. Optimizing production of heat stressed broilers. *Poultry Digest*, 1994, 26: 10-24.
17. Cheng T.K., Hambre M.X., Coon C.N. Responses of broilers to dietary protein levels and amino acid supplementation to low protein diets at various environmental temperatures. *J. Appl. Poultry Res.*, 1997, 6: 18-33.
18. Cheng T.K., Hamre M.X., Coon C.N. Effect of constant and cyclic environmental temperatures, dietary protein, and amino acid levels on broiler performance. *J. Appl. Poultry Res.*, 1999, 8: 426-439 (doi: 10.1093/japr/8.4.426).
19. Zaman Q.U., Mushtaq T., Nawaz H., Mirza M.A., Mahmood S., Ahmad T., Babar M.E., Mushtaq M.M.H. Effect of varying dietary energy and protein on broiler performance in hot climate. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, 46: 302-312 (doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.01.006).
20. Ghazalah A.A., Abd-Elsamee M.O., Ali A.M. Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat term. *Int. J. Poult. Sci.*, 2008, 7(4): 355-359.
21. Red B.L. Fat levels in layer feeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1981, 58: 306-309.
22. Usayran N., Farran M.T., Awadallah H.H.O., Al-Hawi I.R., Asmar R.J., Ashkarian V.M. Effects of added dietary fat and phosphorus on the performance and egg quality of laying hens subjected to a constant high environmental temperature. *Poult. Sci.*, 2001, 80: 1695-1701 (doi: 10.1093/ps/80.12.1695).
23. Njoku P.C., Nwazota A.O.U. Effect of dietary inclusion of ascorbic acid and palm oil on the performance of laying hens in a hot tropical environment. *Br. Poult. Sci.*, 1989, 30: 831-840 (doi: 10.1080/00071668908417209).
24. Musharaf N.A., Latshaw J.D. Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. *World's Poult. Sci. J.*, 1999, 55: 233-240 (doi: 10.1079/WPS19990017).
25. Dagher N.J. Broiler feeding and management in hot climates. In: *Poultry production in hot climates* /N.J. Dagher (ed.). CABI, Oxfordshire, UK, 2008: 227-260.
26. De Basilio V., Vilarino M., Yahav S., Picard M. Early age thermal conditioning and a dual feeding program for male broilers challenged by heat stress. *Poult. Sci.*, 2001, 80: 29-36 (doi: 10.1093/ps/80.1.29).
27. Emmons G.C. Effective energy: a concept of energy utilization applied across species. *Br. J. Nutr.*, 1994, 71: 801-821 (doi: 10.1079/BJN19940188).
28. Vjreck O., Kirchgessner M. Zum Erhaltungsbedarf on Energie und Rohprotein bei Legehennen. *Arch. Teirernahr.*, 1980, 30(1): 10-12.
29. Kuznetsov N. *Aminokislotoe i energeticheskoe pitanie myasnykh kur v usloviyakh zharkogo klimata. Kandidatskaya dissertatsiya.* Sergiev Posad, 1987.
30. Miles D.M., Branton S.L., Lott B.D. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. *Poult. Sci.*, 2004, 83: 1650-1654 (doi: 10.1093/ps/83.10.1650).
31. Yahav S. Ammonia affects performance and thermoregulation of male broiler chickens. *Anim. Res.*, 2004, 53: 289-293 (doi: 10.1051/animres:2004015).
32. Ciftci M., Ertas O.N., Guler T. Effects of vitamin E and vitamin C dietary supplementation on egg production and egg quality of laying hens exposed to a chronic heat stress. *Revue de Medecine Veterinaire*, 2005, 156: 107-111.
33. Kavtarashvili A., Kolokol'nikova T. *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2010, 5-6: 17-20.
34. Sabah Elkheffi M.K., Mohammed Ahmed M.M., Abdel Gadir S.M. Effect of feed restriction and ascorbic acid supplementation on performance of broiler chicks reared under heat stress. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 2008, 3: 1-8.
35. Mckee J.S., Harrison P.C., Riskowski G.L. Effects of supplemental ascorbic acid

- on the energy conversion of broiler chicks during heat stress and feed withdrawal. *Poult. Sci.*, 1997, 76: 1278-1286 (doi: 10.1093/ps/76.9.1278).
36. Niu Z.Y., Yan Q.L., Li W.C. Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress. *Poult. Sci.*, 2009, 88: 2101-2107 (doi: 10.3382/ps.2009-00220).
 37. Rashidi A.A., Gofrani F., Ivvari Y., Khatibjoo A., Vakili R. Effect of dietary fat, vitamin E and zinc on immune response and blood parameters of broilers reared under heat stress. *Research Journal of Poultry Science*, 2010, 3: 32-38 (doi: 10.3923/rjps.2010.32.38).
 38. Asli M.M., Hosseini S.A., Lotfollahian H., Shariatmadari F. Effect of probiotics, yeast, vitamin E and vitamin C supplements on performance and immune response of laying hens during high environmental temperature. *Int. J. Poult. Sci.*, 2007, 6: 895-900 (doi: 10.3923/ijps.2007.895.900).
 39. Yardibi H., Turkay G. The effects of vitamin E on the antioxidant system, egg production, and egg quality in heat stressed laying hens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2008, 32(5): 319-325.
 40. Fisinin V.I., Surai P., Papazyan T. *Ptitsevodstvo*, 2009, 8: 10-14.
 41. Lin H., Wang L.F., Song J.L., Xie Y.M., Yang Q.M. Effect of dietary supplemental levels of vitamin A on egg production and immune responses of heat-stressed laying hens. *Poult. Sci.*, 2002, 81: 458-465 (doi: 10.1093/ps/81.4.458).
 42. Whitehead C.C., Keller T. An update on ascorbic acid in poultry. *World's Poult. Sci. J.*, 2003, 59: 161-184 (doi: 10.1079/WPS20030010).
 43. Sahin K., Sahin N., Sari M., Gursu M.F. Effects of vitamins E and A supplementation on lipid peroxidation and concentration of some mineral in broilers reared under heat stress (32 °C). *Nutr. Res.*, 2002, 22: 723-731 (doi: 10.1016/S0271-5317(02)00376-7).
 44. Ahmad T., Sarwar M., Mahr-Un-Nisa, Ahsan-Ul-Haq, Zia-Ul-Hasan. Influence of varying sources of dietary electrolytes on the performance of broilers reared in a high temperature environment. *Animal Feed Science and Technology*, 2005, 20: 277-298 (doi: 10.1016/j.anifeeds.2005.02.028).
 45. Mikhailovskaya O., Medvedenko A., Stepanenko V. *Temperaturnyi stress u kur nesushek v zharkii period goda* [Temperature stress in laying hens at hot season]. Hy-Line International, 2010 (<http://www.hyline.com>).
 46. Nesheim M.C., Leach R.M., Zeigler T.R., Serafin J.A. Interrelationships between dietary levels of sodium, chloride and potassium. *J. Nutr.*, 1964, 84: 361-366.
 47. Ahmad T., Sarwar M. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. *World's Poult. Sci. J.*, 2006, 62: 638-653 (doi: 10.1017/S0043933906001188).
 48. Borges S.A., Fischer Da Silva A.V., Maiorka A. Acid-base balance in broilers. *World's Poult. Sci. J.*, 2007, 63(1): 73-81 (doi: 10.1017/S0043933907001286).
 49. Kavtarashvili A.Sh., Kolokol'nikova T.N. *RatsVetInform*, 2010, 4(104): 13-19.
 50. Boulahsen A.A., Garlich J.D., Edens F.W. Calcium deficiency and food deprivation improve the response of chickens to acute heat stress. *J. Nutr.*, 1993, 123: 98-105.
 51. Hiramoto K., Satoh K., Yano Y. Effect of diurnal fasting on broiler performance reared under summer condition. *Japanese Poultry Science*, 1995, 32: 169-176 (doi: 10.2141/jpsa.32.169).
 52. Uzum M.H., Oral Toplu H.D. Effects of stocking density and feed restriction on performance, carcass, meat quality characteristics and some stress parameters in broilers under heat stress. *Revue Méd. Vét.*, 2013, 164(12): 546-554.
 53. Kavtarashvili A.Sh., Kolokol'nikova T.N. *Feniks-Kus (Kazakhstan)*, 2010, 8: 11-18.
 54. Kavtarashvili A.Sh. *Ptitsa i ptitseprodukty*, 2007, 5: 45-47.
 55. Lott B.D. The effect of feed intake on body temperature and water consumption of male broilers during heat exposure. *Poult. Sci.*, 1991, 70: 756-759 (doi: 10.3382/ps.0700756).
 56. Yahav S., Hurwitz S. Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at an early age. *Poult. Sci.*, 1996, 75: 402-406 (doi: 10.3382/ps.0750402).
 57. Balnave D., Myheereza S.K. Intermittent lighting and dietary sodium bicarbonate supplementation for laying hens at high temperatures. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1998, 49: 279-284.
 58. Silva P.S., Sousa F.M., Fuentes M.F. Influence of sodium bicarbonate on the performance of chickens reared under conditions of chronic high temperature in the period of 21-42 days. *Proc. XX World's Poultry Congr.* New Delhi, India, 1996: 256.
 59. Zhang M., Wang D., Du R., Zhang W., Zhou S., Xie B. Effects of dietary chromium levels on performance and serum traits of broilers under heat stress. *Acta Zoonutrimenta Sinica*, 2002, 14: 5.
 60. Sahin K., Sahin N., Kucuk O. Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature (32 deg C). *Nutrition Research*, 2003, 23: 225-238 (doi: 10.1016/S0271-5317(02)00513-4).

61. Fisinin V.I., Imangulov Sh.A., Kavtarashvili A.Sh. *Povyshenie effektivnosti yaichnogo ptitsevodstva* [How to increase efficiency of commercial egg production in poultry]. Sergiev Posad, 1999: 143.
62. Lin H., Jiao H.C., Buyse J., Decuyper E. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poult. Sci. J.*, 2006, 62: 71-86 (doi: 10.1079/WPS200585).
63. Khoa M.A. *Wet and coarse diets in broiler nutrition: development of the GI tract and performance*. Dissertation prepared in Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen, 2007: 141.
64. Lan P.T., Sakamoto M., Benno Y. Effects of two probiotic *Lactobacillus* strains on jejunal and cecal microbiota of broiler chicken under acute heat stress condition as revealed by molecular analysis of 16S rRNA genes. *Microbiol. Immunol.*, 2004, 48(12): 917-929 (doi: 10.1111/j.1348-0421.2004.tb03620.x).
65. Surai P., Fotina T. *Efektivne ptakhivnitstvo (Ukraina)*, 2010, 8(68): 20-25.
66. Markin Yu.V., Spiridonov D.N., Zevakova V.K., Polunina S.V. *Kombikorma*, 2011, 4: 59-60.
67. Surai P., Fisinin V.I. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2012, 4: 3-13 (doi: 10.15389/agrobiology.2012.4.3rus, 10.15389/agrobiology.2012.4.3eng).
68. Donald J. Getting the most from evaporative cooling systems in tunnel ventilated broiler houses. *World Poultry*, 2000, 16: 34-39.
69. Czarick M., Tyson B.L. Design considerations for tunnel-ventilated broiler houses. *ASAE paper No. 89-4527*. ASAE, St. Joseph, MI 49085-9659, 1989.
70. Mailyan E.S. *Zoindustriya*, 2007, 9: 8-13.
71. Kavtarashvili A.Sh. *RatsVetInform*, 2011, 7(119): 9-11.
72. Yahav S., Straschnow A., Luger D., Shinder D., Tanny J., Cohen S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. *Poult. Sci.*, 2004, 83: 253-258 (doi: 10.1093/ps/83.2.253).
73. Kavtarashvili A.Sh., Kolokol'nikova T.N. *Metody profilaktiki. Materialy Mezhdunarodnogo veterinarnogo kongressa «Aktual'nye veterinarnye problemy v promyshlennom ptitsevodstve»* [Proc. Int. Vet. Congress «Actual veterinary challenges in commercial poultry»]. Moscow, 2013: 129-132.
74. Holik V. Management of laying hens to minimize heat stress. *Lohmann Information*, 2009, 44(1): 16-29.
75. Salah H.M. Esmail. Thermal influences on poultry. *World Poultry*, 2001, 17(3): 26-27.
76. Kavtarashvili A. *Ptitsevodstvo*, 2013, 3: 17-25.
77. Gutierrez W.M., Min W., Chang H.H. Effects of chilled drinking water on performance of laying hens during constant high ambient temperature. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2009, 22(5): 694-699 (doi: 10.5713/ajas.2009.80549).
78. Piestun Y., Shinder D., Ruzal M., Halevy O., Brake J., Yahav S. Thermal manipulations during broiler embryogenesis: effect on the acquisition of thermotolerance. *Poult. Sci.*, 2008, 87: 1516-1525 (doi: 10.3382/ps.2008-00030).
79. Yahav S., Mcmurthy J.P. Thermotolerance acquisition in broiler chickens by temperature conditioning early in life — The effect of timing and ambient temperature. *Poult. Sci.*, 2001, 80: 1662-1666 (doi: 10.1093/ps/80.12.1662).
80. Yahav S., Sasson R., Shinder D. The effect of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chicks (*Gallus domesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch. *J. Therm. Biol.*, 2004, 29: 245-250 (doi: 10.1016/j.jtherbio.2004.03.002).
81. Tzschentke B., Plegemann A. Imprinting and critical periods in early development. *World's Poult. Sci. J.*, 2006, 62: 626-637 (doi: 10.1017/S0043933906001176).
82. Tzschentke B. Attainment of thermoregulation as affected by environmental factors. *Poult. Sci.*, 2007, 86: 1025-1036 (doi: 10.1093/ps/86.5.1025).
83. Miftakhutdinov A.V. *Uchenye zapiski UO Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny*, 2011, 47(2/1): 188-190.
84. El-Gendy E., Washburg K.W. Genetic variation in body temperature and its response to short-term acute heat stress in broilers. *Poult. Sci.*, 1995, 74: 225-230 (doi: 10.3382/ps.0740225).
85. Gowe R.S., Fairfull R.W. Breeding for resistance to heat stress. In: *Poultry production in hot climates* /N.J. Dagher (ed.). CABI, Oxfordshire, UK, 2008: 13-30.
86. Deeb N., Cahaner A. Genotype by environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 3. Growth rate and water consumption of broiler progeny from weight-selected versus non selected parents under normal and high ambient temperatures. *Poult. Sci.*, 2002, 81: 293-330.
87. Franco-Jimenez D.J., Scheideler S.E., Kittok R.J., Brown-Brandl T.M., Robeson L.R., Taira H., Beck V.V. Differential effects of heat stress in there strains of laying hens. *J. Appl. Poultry Res.*, 2007, 16(4): 628-634 (doi: 10.3382/japr.2005-00088).
88. Melesse A., Maak S., Pingel H., Lengerken G.V. Assessing the thermotolerance potentials of five commercial layer chicken genotypes under long-term heat stress

- environment as measured by their performance traits. *J. Anim. Prod. Adv.*, 2013, 3(8): 254-264 (doi: 10.5455/japa.20120929125835).
89. Deeb N., Cahaner A. Genotype-by-temperature interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 1. The effects of high ambient temperature and naked-neck genotype on lines differing in genetic background. *Poult. Sci.*, 2001, 80: 695-702.
 90. Raju M.V., Sunder G.S., Chawak M.M., Rao S.V., Sadagopan V.R. Response of naked neck (*Nana*) and normal (*nana*) broiler chickens to dietary energy levels in a subtropical climate. *Br. Poult. Sci.*, 2004, 45: 186-193 (doi: 10.1080/00071660410001715786).
 91. Merat P. Potential usefulness of the *Na* (naked neck) gene in poultry production. *World's Poult. Sci. J.*, 1986, 42: 124-142 (doi: 10.1079/WPS19860010).
 92. Yunis R., Cahaner A. The effects of the naked neck (*Na*) and frizzle (*F*) genes on growth and meat yield of broilers and their interactions with ambient temperatures and potential growth rate. *Poult. Sci.*, 1999, 78: 1347-1352 (doi: 10.1093/ps/78.10.1347).