



**П.Ф. СУРАЙ**, доктор биологических наук, Шотландский сельскохозяйственный колледж, Великобритания  
**Т.И. ФОТИНА**, доктор ветеринарных наук, Сумской Национальный Аграрный Университет, Украина

## Физиологические механизмы и практические приемы снижения отрицательного влияния теплового стресса в свиноводстве

С наступлением лета свиноводов ждут новые испытания, связанные с высокой температурой внешней среды и потребностью снижения отрицательных последствий теплового стресса на растущих поросят и взрослых свиней. Известно, что тепловой стресс отрицательно сказывается на продуктивности свиней, включая рост, репродукцию, конверсию корма и здоровье, что приводит к значительным финансовым потерям в области свиноводства. Так, в исследованиях, опубликованных в 2003 году, было отмечено, что свиноводы США теряют ежегодно около 300 миллионов долларов в результате негативного воздействия теплового стресса. За последние 10 лет потери от теплового стресса не только не снизились, но и выросли. Эффект теплового стресса на свиней во многом зависит от других условий внешней среды, включая тип фермы, физиологическое состояние организма (беременность, лактация), состава рациона, плотности посадки, типа пола, внешней температуры, влажности, типа вентиляции (скорость движения воздуха) и методов кормления и поения. Для разработки эффективных мер предупреждения теплового стресса и снижения отрицательных последствий его воздействия необходимо понять физиологические механизмы терморегуляции у свиней и молекулярные адаптационные механизмы в их организме, позволяющие приспособиться к изменяющимся условиям внешней среды и выйти с минимальными потерями из данной ситуации. Статья рассматривает современные представления о механизмах развития теплового стресса у свиней.

### Оптимальная температура для свиней

Терморегуляция — это способность животного поддерживать температуру тела, которая для свиней в среднем составляет 38,5°C. При этом животные используют метаболическую энергию корма для поддержания данной температуры. С точки зрения химии можно отметить, что повышение температуры на 10°C удваивает скорость химических реакций, в организме же все биохимические реакции протекают в оптимальных температурных условиях. При этом все ферменты в организме имеют узкий оптимум pH, что подчеркивает важность поддержания кислотно-щелочного и электролитного баланса в организме.

Внешняя температура, ниже которой животные повышают образование тепла, используя дрожание или же другие механизмы термогенеза для поддержания термального баланса, называется нижней критической температурой (НКТ). Соответственно, внешняя температура, выше которой животное повышает потерю тепла за счет испарения для поддержания термального баланса, называется верхней критической температурой (ВКТ). Разброс температуры между НКТ и ВКТ, в

которой животные могут поддерживать температуру тела при минимальных затратах энергии, называется термонейтральной зоной (ТНЗ).

В целом, когда животные становятся старше и достигают большей массы тела, их термонейтральная зона снижается. Таким образом, тепловой стресс особенно проблематичен для более взрослого поголовья на откорме (выше 50 кг) и для свиноматок и хряков, которые начинают чувствовать отрицательный эффект теплового стресса, когда температура поднимается выше 20°C. Согласно исследований Black и сотрудников (1993) термонейтральная зона для беременных и лактирующих свиноматок обычно поддерживается между 12 и 20°C. Другие исследователи (Verstegen and Henken (1987), для лактирующих свиноматок определили комфортную зону между 15 и 22°C.

### Особенности терморегуляции свиней в условиях теплового стресса

Когда свиньи подвергаются тепловому стрессу, они должны или снизить выделение метаболического тепла или же

увеличить потерю тепла из тела. В условиях теплового стресса свиньи используют физиологические и поведенческие механизмы, включая изменение положения тела, расширение кровеносных сосудов и повышение скорости дыхания для усиления переноса избытка тепла из тела в атмосферу. Обычно скорость дыхания свиней составляет от 15 до 22 дыханий в минуту. При этом частота дыхания выше 40 дыханий за минуту свидетельствуют о возможном тепловом стрессе.

В сравнении с другими видами животных, свиньи особенно чувствительны к тепловому стрессу, поскольку они характеризуются ограниченными физиологическими возможностями охлаждения за счет испарения влаги из-за недоразвитых потовых желез и относительно небольшой поверхности легких и особенностей строения головы и носа. К тому же, свиньи характеризуются относительно низкой способностью рассеивать тепло тела. Следует иметь в виду, что основным продуцентом тепла в организме являются мышцы. При этом слой подкожного жира изолирует мышцы и ограничивает передачу тепла во внешнюю среду. Таким образом, свиньи в большей степени, чем другие виды животных рассчитывают на снижение образования метаболического тепла для поддержания температуры тела в жарких условиях. Данный механизм терморегуляции связан со снижением потребления корма, что имеет отрицательные последствия на продуктивность и воспроизводительные качества животных. При этом повышенная влажность снижает эффективность испарения из кожи и, тем самым, еще больше усиливает отрицательный эффект теплового стресса.

### Реакция животных на тепловой стресс

Тепловой стресс у поросят сопряжен с повышенным потреблением воды и выделением мочи, валянием на полу, медлительностью и летаргией, мышечной дрожью, оцепенением, конвульсиями, пониженной живой массой, грубой кожей, повышенным падежом, быстрым снижением потребления корма, снижением среднесуточного привеса, учащенным дыханием. Беременные и лактирующие свиноматки особенно чувствительны к тепловому стрессу. В частности, еще в 1950-х было показано, что при одинаковой температуре в 37°C, частота дыхания беременных свиноматок

ток составляла 186 дыханий в минуту, в то время как этот показатель у небеременных свиноматок составлял лишь 64 дыхания в минуту. Подобные исследования повторялись многократно за последние 60 лет, но ответы были аналогичными. Это связано с тем, что беременной свиноматке, в теле которой образуется повышенное количество тепла, нужно избавляться от него через расширение сосудов и дыхание.

Тепловой стресс в летние месяцы повышает случаи неоплодотворенности у свиноматок, приводя к снижению последующих репродуктивных возможностей беременных и лактирующих свиноматок. Было убедительно продемонстрировано, что в условиях, когда наружная температура превышает 35°C, наблюдается удлинение интервала от отъема до охоты и искусственного осеменения, по сравнению с результатами при 30°C. Согласно результатам исследований Пруниера и соавторов, опубликованных в 1997 году, лишь 39% свиноматок, подвергшихся повышенной температуре (27°C) возвращались к эструсу (охоте) в течение 10 дней после отъема поросят, в сравнении с 77% свиноматок, содержащихся при нормальной (18°C) температуре. Тепловой стресс понижает процент оплодотворяемости и опороса у свиноматок, масса поросят на отъеме также снижается. Одновременно с этим наблюдается уменьшение размера приплода (количество рожденных и живорожденных поросят), что, вероятно, связано с повышенной эмбриональной смертностью поросят. Кстати, есть научные доказательства того, что и уровень овуляции падает в условиях теплового стресса через 3 недели после искусственного осеменения. В то же время, тепловой стресс в середине и в конце беременности приводит к увеличению процента мертворожденных поросят.

### Биохимические механизмы адаптации к стрессу

При тепловом стрессе на физиолого-биохимическом уровне наблюдаются повышение рН крови, понижение клеточного рН, появление стресс-гормонов в крови, дополнительные затраты ресурсов организма на восстановление гомеостаза, потеря бикарбоната (HCO<sub>3</sub>), нарушение функции генов, активация протеинов теплового шока для изменения многих

метаболических реакций и защиты чувствительных тканей. В условиях, когда внешняя температура превышает компенсаторные возможности животного по поддержанию постоянной температуры тела, наблюдается сердечная и сосудистая недостаточность, что в конечном итоге может привести к смерти.

В условиях теплового стресса в организме наблюдается много различных приспособительных изменений, которые на молекулярном уровне "подстраивают" организм для более эффективного метаболизма и меньших потерь от стресса. В частности, исследованиями последних лет доказано, что окислительный стресс на клеточном уровне является неотъемлемой частью теплового стресса, также как и других стрессов у свиней. Таким образом, избыточное образование свободных радикалов в условиях теплового стресса приводит к повреждению биологически-важных белков, липидов и нуклеиновых кислот, что сказывается на снижении их продуктивности, нарушает иммунную систему и в критических ситуациях приводит к гибели животных.

В организме животных существует множество адаптивных механизмов, способствующих на молекулярном уровне преодолению отрицательных последствий теплового стресса. Данные механизмы во многом основаны на активации витагенов и последующем синтезе защитных молекул (белки теплового шока, различные антиоксидантные молекулы и др.). Детали данного вопроса были детально рассмотрены в нашей предыдущей публикации в этом журнале (Сурай и Мельничук, 2012).

### Практические аспекты применения концепции витагенов для борьбы с тепловым стрессом

На основании анализа литературы и собственных исследований с использованием концепции витагенов был разработан препарат «Фид-Фуд Меджик Антистресс Микс», который является неотъемлемой частью системы защиты поросят и взрослых свиней от теплового стресса. При этом он включает:

- Электролиты, способствующие поддержанию электролитного баланса (K, Na, Mg и бикарбонат) в организме при повышенном потреблении воды поросятами и свиноматками в усло-

виях теплового стресса. Это позволяет избежать многих нежелательных изменений в организме. В частности, усиленное дыхание и мочеиспускание являются важнейшими факторами потери электролитного баланса. При этом наблюдается потеря калия через мочу и понижение концентрации бикарбоната (HCO<sub>3</sub>) в крови. Если сюда добавить диарею, возникающую из-за избыточного потребления воды и недоедания, то важность электролитов в поддержании продуктивных и воспроизводительных качеств свиней в условиях теплового стресса не требует дальнейших объяснений.

- Осмогены, в частности бетаин, способствующий поддержанию осмотического баланса в условиях теплового шока. В исследованиях, выполненных в Голландии, было убедительно продемонстрировано, что бетаин в рационе свиней достоверно снижает теплопродукцию, что может быть особенно важно при тепловом стрессе. Если учесть данные литературы о способности бетаина снижать температуру тела цыплят при тепловом стрессе, поддерживать структуру кишечника и защищать его от заселения патогенами в стресс-условиях, становится понятным важность этого нутриента. Неоценима также его роль как источника метильных групп (в условиях сниженного потребления метионина и холина) и осмогена, предотвращающего осмотический шок в условиях теплового стресса. В обзоре литературы, подготовленном исследователями университета в Германии (Галле) и опубликованном в 2008 году,

рекомендуется использовать бетаин в качестве важнейшего средства снижения отрицательного эффекта теплового шока в свиноводстве. Кроме того, недавние исследования, выполненные в Австралии и опубликованные в 2012 году, свидетельствуют о положительном влиянии бетаина на размер приплода свиноматок в летние жаркие месяцы.

- Карнитин, способствующий поддержанию печени и существенно снижающий образование свободных радикалов в митохондриях клеток в условиях стресса. В недавних исследованиях, выполненных в Германии, результаты которых опубликованы в 2011 году, было показано, что включение в рацион поросят карнитина приводит к изменению экспрессии 211 генов. Из них для повышения устойчивости к тепловому стрессу важную роль играет супрессивное действие карнитина на гены, участвующие в апоптозе. К тому же, карнитин - один из важнейших регуляторов витагенов.
- Комплекс веществ, стимулирующих витагены и улучшающих адаптацию животных к тепловому стрессу. Сюда относятся карнитин, бетаин, витамин Е, витамин С, селен и ряд других компонентов. Включение их в антистрессовую композицию в оптимальном соотношении позволяет улучшить адаптацию организма поросят и взрослых свиней к тепловому шоку и снизить его отрицательные последствия. Это осуществляется как через синтез белков теплового шока, так и через синтез ферментов антиоксидантной защиты (супероксид-дисму-

таза, глутатионпероксидаза, каталаза и др.), так и других антиоксидантов, таких как тиоредоксин, пероксиредоксин, глутатион и др.

- Комплекс антиоксидантов, снижающих окислительный стресс на уровне клеток организма и, тем самым, уменьшающих отрицательные последствия теплового стресса. Сюда относится прежде всего витамин Е и система его рециклизации. Данные последних лет убедительно показали, что эффективность витамина Е больше зависит от его рециклизации, чем от концентрации.
- Комплекс органических кислот, поддерживающих целостность кишечника и способствующих развитию полезной микрофлоры. Оптимизированная смесь лимонной, пропионовой и сорбиновой кислот помогают поддерживать здоровый кишечник в условиях стресса.
- Комплекс иммуномодулирующих веществ, способствующих поддержанию высокой иммунокомпетентности. Как уже отмечалось выше, иммунная система одна из первых страдает в условиях теплового стресса. Это во многом связано с тем, что избыточное образование свободных радикалов в условиях теплового стресса, когда система образования свободных радикалов в митохондриях клеток перестает надежно контролироваться, нарушает рецепторы иммунных клеток. Такие повреждения приводят к нарушению коммуникации между всеми типами иммунных клеток, что ведет к иммуносупрессии. За счет комбинации антиоксидантов и других

вышеупомянутых веществ удается существенно снизить такие повреждения и поддержать высокую иммунокомпетентность в условиях теплового стресса.

- Незаменимые аминокислоты лизин и метионин, которые являются лимитирующими в условиях стресса из-за снижения потребления корма. Комбинация лизина и метионина с бетаином позволяет существенно пополнить запас метильных групп, необходимых для очень важных процессов в клетке, а также позволяет частично восполнить недополученные аминокислоты в силу сниженного потребления корма. Все это положительно сказывается на продуктивности животных в условиях теплового стресса.
- Минералы, необходимые для синтеза многих антиоксидантных молекул, включая антиоксидантные ферменты. Добавление в препарат цинка, марганца, селена и магния дает возможность обеспечить организм простетическими группами для синтеза антиоксидантных ферментов. При этом оптимальный баланс вышеназванных микроэлементов является абсолютно необходимым для поддержания высокой адаптационной способности животных к тепловому стрессу.
- Комплекс жир- и водо-растворимых витаминов, восполняющих их потребность в условиях сниженного потребления корма, позволяет поддержать многие функциональные системы организма в условиях теплового стресса. Таким образом, выпаивая данный препарат с водой поросятам и взрослому поголовью свиней перед тепловым стрессом, во время стресса и после его, удается существенно повысить адаптационную способность животных к тепловому стрессу. При этом происходит активация витагенов и мобилизация защитных сил организма, что снижает отрицательные последствия теплового стресса на продуктивные и воспроизводительные способности животных. Это один из важных технологических приемов борьбы с тепловым стрессом в летние месяцы выращивания свиней. ■

*Цитируемые ссылки литературы и дополнительная информация, касающаяся данной статьи, может быть получены у автора [psurai@feedfood.co.uk](mailto:psurai@feedfood.co.uk)*

