

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ ТЕЛА И СОДЕРЖАНИЯ В НЕМ ВОДЫ У ПЧЕЛ (*Apis mellifera* L.) ПРИ АНЕСТЕЗИИ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА**Е.К. ЕСЬКОВ, М.Д. ЕСЬКОВА, С.Е. СПАСИК**

У медоносной пчелы, как и одиночно живущих насекомых, интенсивность дыхания находится в прямой зависимости от температуры, понижаясь с ее приближением к верхней границе витального диапазона, находящейся на уровне 40-45 °С. Специфическая особенность медоносной пчелы выражается в высокой толерантности к гипоксии. Действию особенно высоких концентраций CO₂, достигающих 6-8 %, пчелы подвергаются в период зимовки, когда интенсивное охлаждение стимулирует их агрегирование в небольшой зоне гнездового пространства. В изучении адаптаций пчел к широкому изменению внешней температуры остается невыясненным их отношение к гипо- и гипертермии в условиях гипоксии. Поскольку высокие концентрации CO₂ анестезируют пчел, мы изучили в динамике физиологические эффекты диоксида, в частности температурную (0 °С, 25 °С и 35 °С) зависимость потерь воды в состоянии, исключающем активное использование систем, которые обеспечивают регуляцию метаболизма и дыхания. Экспериментальными объектами были рабочие особи медоносной пчелы (*Apis mellifera* L.) весенне-летних поколений из одних и тех же семей. Установлено влияние анестезии на уменьшение массы тела пчел, что связано преимущественно с потерями воды. Понижение температуры от ее внутриульевых значений до состояния холодного оцепенения замедляет изменение массы головных, грудных и брюшных отделов тела и содержания воды в них. Из-за того, что в состоянии холодного оцепенения и анестезии дыхательная функция приостанавливается, транспорт воды происходит преимущественно через покровы тела.

Ключевые слова: медоносная пчела, масса, отделы тела, вода, анестезия, диоксид углерода, температура.

У наземных насекомых потери воды через кутикулу зависят от температуры. При ее значениях, вызывающих плавление восков эпикутикулы, скорость испарения воды резко возрастает. Эти температурные показатели у личинки мухи *Calliphora* равняются 37-38 °С, у куколки жука *Tenebrio* — около 48 °С (1), тогда как у нимфы *Rhodnius* — 58 °С (2), что обусловлено видовой специфичностью восков, обладающих разной температурой плавления (1-3).

С влиянием температуры на интенсивность дыхания связаны потери воды из тела насекомых. Поэтому в условиях пониженной влажности при высокой температуре для ограничения потерь воды насекомые закрывают дыхальца, что приводит к снижению интенсивности дыхания (4, 5).

У медоносной пчелы, как и одиночно живущих насекомых, интенсивность дыхания находится в прямой зависимости от температуры, понижаясь с ее приближением к верхней границе витального диапазона (6). Потери воды у пчел под влиянием гипертермии подвержены возрастной изменчивости (7). В регуляции водного обмена пчелы важная роль принадлежит метаболической воде, аккумулируемой в ректумах в то время весенне-летнего периода жизни, когда пчелы из-за неблагоприятной погоды не могут вылетать из улья (6).

Специфическая особенность медоносной пчелы выражается в высокой толерантности к гипоксии. Развитие этой адаптации у пчел сопряжено с приспособлением к жизни в укрытиях. Действию особенно высоких концентраций CO₂ особи подвергаются в период зимовки, когда интенсивное охлаждение стимулирует их агрегирование в небольшой зоне гнездового пространства (8). Гипоксия влияет на интенсивность метаболизма (9) и сокращение продолжительности жизни пчел (10).

В изучении адаптаций пчел к широкому изменению внешней температуры остается невыясненным их отношение к гипо- и гипертермии в условиях гипоксии.

Поскольку высокие концентрации CO₂ анестезируют пчел, в настоящей работе было предпринято изучение температурной зависимости потерь воды в состоянии, исключающем активное использование систем, которые обеспечивают регуляцию метаболизма и дыхания.

Методика. Исследование выполнено на разновозрастных пчелах весенне-летних генераций. Для каждого опыта насекомых одновременно отбирали из ульев в энтомологические садки по 150-200 особей из одних тех же семей. Для наркотизации пчел помещали в эксикатор с впускающим и выпускающим штуцерами. Через впускающий штуцер воздух в эксикаторе замещали химически чистым диоксидом углерода. Он за несколько секунд анестезировал пчел, после чего оба штуцера перекрывали и эксикаторы на определенное время помещали в суховоздушный термостат или холодильную камеру. Чтобы исключить затраты времени на нагревание или охлаждение эксикатора, его перед началом каждого опыта выдерживали в течение 2-3 ч при заданной температуре в термостате или в холодильной камере.

Влияние разной продолжительности воздействия диоксидом углерода на массу головных, грудных и брюшных отделов тела пчел определяли посредством их расчленения и последующего взвешивания с точностью до 0,05 мг на аналитических электронных (AR 2140, Россия) или торсионных (ВТ-500, Россия) весах. Содержание воды в теле пчел определяли высушиванием при 102 °С до постоянной массы.

Статистический анализ цифровых данных выполняли с использованием Microsoft Excel для Office XP и профессионального пакета для обработки и анализа многомерной статистической информации (11).

Результаты. Пчелы, использованные в каждом опыте, были отобраны из одних тех же семей в одно и то же время, что позволяло нивелировать возможные существенные различия между особями по физиологическому состоянию в течение весенне-летнего периода.

Особи, анестезированные диоксидом углерода, как и охлажденные до состояния холодового оцепенения, находились в неподвижном состоянии. Для активизации анестезированных пчел был необходим кислород воздуха, для находящихся в состоянии холодового оцепенения — нагрев до температуры, превосходящей порог холодового оцепенения. Продолжительность жизни анестезированных пчел летних генераций при 25 °С ограничивалась 7 ч, при 35 °С — 5 ч. В состоянии холодового оцепенения при 0 °С пчелы сохраняли жизнеспособность до 3 сут.

1. Изменение массы (мг) разных отделов тела у пчел *Apis mellifera* L. под влиянием анестезии диоксидом углерода

| Состояние | Голова | | Грудь | | Брюшко | |
|-----------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| | $M \pm m$ (lim) | Cv, % | $M \pm m$ (lim) | Cv, % | $M \pm m$ (lim) | Cv, % |
| А | 14,8±0,20 (13-17) | 8,8 | 40,3±0,40 (36-45) | 7,3 | 72,1±1,90 (48-98) | 19,2 |
| Б | 13,1±0,20 (10-16) | 11,7 | 37,9±0,40 (32-41) | 8,1 | 67,7±2,10 (56-92) | 16,8 |
| В | 12,8±0,20 (10-16) | 8,3 | 37,3±0,50 (33-44) | 11,8 | 66,6±2,60 (39-88) | 19,5 |

Примечание. А — исходное состояние, Б — анестезия в течение 3 ч при 25 °С, В — анестезия в течение 3 ч при 35 °С.

Анестезия при 25 и 35 °С. Изменение массы тела анестезированных пчел зависело от температуры (табл. 1). У особей при 25 °С за 3 ч масса головных отделов уменьшалась в среднем на 11,5 %, грудных — на 6,0 % и брюшных — на 6,1 % ($P \geq 0,99$). За такое же время у анестези-

рованных пчел, находившихся при 35 °С, масса указанных отделов уменьшалась соответственно на 13,5; 7,4 и 7,6 % ($P > 0,99$).

Различия по уменьшению массы тела между анестезированными пчелами, находившимися при 25 и 35 °С, в значительной мере согласовывались с таковыми по потерям воды. При 25 °С содержание воды за 3 ч в головных отделах у пчел уменьшалось на 4,0 %, в грудных — на 2,4 % и в брюшных — на 7,9 %. Повышение температуры на 10 °С способствовало увеличению потерь воды (табл. 2). При 35 °С в головных отделах содержание воды уменьшалось на 4,7 %, в грудных — на 2,8 % и в брюшных — на 8,7 % ($P \geq 0,95$).

2. Изменение содержания воды (%) в разных отделах тела у пчел *Apis mellifera* L. под влиянием анестезии диоксидом углерода

| Состояние | Голова | | Грудь | | Брюшко | |
|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | $M \pm m$ (lim) | C_v , % | $M \pm m$ (lim) | C_v , % | $M \pm m$ (lim) | C_v , % |
| А | 70,3±0,50 (66-79) | 5,3 | 67,1±0,40 (63-73) | 4,9 | 76,6±0,70 (69-88) | 6,8 |
| Б | 66,3±0,60 (62-75) | 6,5 | 64,7±0,40 (62-71) | 4,1 | 68,7±1,40 (66-85) | 13,9 |
| В | 65,6±0,70 (61-73) | 7,3 | 64,3±0,40 (61-70) | 4,2 | 67,9±1,20 (65-82) | 11,2 |

Примечание. А — исходное состояние, Б — анестезия в течение 3 ч при 25 °С, В — анестезия в течение 3 ч при 35 °С.

Анестезия при 0 °С. Охлаждение до состояния холодого оцепенения при 0 °С и анестезия диоксидом углерода обладали сходным, но не одинаковым влиянием на динамику массы и содержание воды в теле пчел. В состоянии холодого оцепенения за 3 ч масса головных отделов уменьшалась на 1,5 %, грудных — на 1,8 % и брюшных — на 1,3 %, за 7 ч эти изменения возросли и значения потерь составили соответственно 3,8; 2,6 и 2,0 %, за 24 ч — 6,4; 16,7 и 6,4 %, а за 48 ч — 16,4; 9,5 и 15,5 % ($P > 0,99$) (табл. 3).

3. Изменение массы разных отделов тела и содержания воды в них у пчел *Apis mellifera* L. в естественной воздушной среде под влиянием холодого оцепенения при 0 °С

| Отдел тела | Время, ч | Масса, мг | | Содержание воды, % | |
|------------|----------|-------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | | $M \pm m$ (lim) | C_v , % | $M \pm m$ (lim) | C_v , % |
| Голова | 0 | 13,2±0,22 (10-15) | 11,8 | 73,7±0,59 (63,1-74,5) | 5,6 |
| Грудь | | 38,8±0,54 (33-45) | 9,6 | 67,7±0,49 (62,5-78,1) | 5,1 |
| Брюшко | | 68,6±0,59 (34-90) | 19,5 | 85,1±0,59 (74,9-90,8) | 5,5 |
| Голова | 3 | 13,0±0,21 (10-14) | 8,9 | 72,8±0,57 (62,9-72,2) | 5,8 |
| Грудь | | 38,1±0,49 (33-44) | 9,1 | 66,7±0,52 (62,1-77,3) | 6,3 |
| Брюшко | | 67,7±0,58 (33-88) | 19,7 | 83,3±0,57 (73,1-88,5) | 7,3 |
| Голова | 7 | 12,7±0,22 (10-15) | 11,8 | 70,3±0,59 (63,3-84,6) | 5,6 |
| Грудь | | 37,8±0,54 (33-45) | 9,7 | 64,5±0,49 (61,1-78,3) | 5,0 |
| Брюшко | | 67,2±0,89 (54-90) | 15,5 | 82,4±0,67 (75,6-92,9) | 5,5 |
| Голова | 24 | 12,4±0,17 (10-13) | 8,0 | 70,0±0,93 (63,6-75,0) | 6,9 |
| Грудь | | 36,2±0,47 (31-39) | 6,6 | 63,4±0,37 (62,5-71,0) | 2,8 |
| Брюшко | | 64,2±1,85 (50-70) | 18,7 | 80,1±0,75 (70,0-85,9) | 4,7 |
| Голова | 48 | 10,9±0,16 (9-13) | 8,9 | 65,5±0,70 (55,5-72,7) | 6,3 |
| Грудь | | 35,1±0,57 (30-40) | 9,5 | 62,1±0,32 (60,0-67,5) | 2,9 |
| Брюшко | | 59,3±1,47 (40-66) | 15,7 | 78,8±0,66 (70,0-85,9) | 4,8 |

Анестезия диоксидом углерода оцепеневших пчел снижала влияние охлаждения на динамику массы отделов тела. У анестезированных пчел при 0 °С за 3 ч масса головных отделов уменьшалась на 0,8 %, грудных — на 1,0 % и брюшных — на 0,3 %, за 7 ч эти показатели составляли соответственно 2,3; 2,1 и 0,7 %, за 24 ч — 5,3; 4,1 и 2,4 %, а за 48 ч — 15,2; 8,2 и 11,5 % (табл. 4).

Динамика содержания воды подобно массе тела различалась у анестезированных и неанестезированных пчел (см. табл. 4). У оцепеневших пчел, находившихся при свободном доступе воздуха, за 3 ч потери воды в

головном отделе составляли 0,9 %, в грудном — 1,0 %, в брюшном — 1,8 %. За 24 ч потери воды достигли в среднем 3,7; 4,3 и 4,0 %, а за 48 ч — 8,2; 5,6 и 6,3 %.

Под влиянием анестезии небольшое уменьшение потерь воды прослеживалось у пчел, находившихся в состоянии оцепенения в течение 24 и 48 ч. У первых из них содержание воды в головных отделах уменьшалось на 3,6 %, в грудных — на 3,9 %, в брюшных — на 3,8 %, а у вторых — соответственно на 7,8; 5,1 и 5,9 % (см. табл. 4).

4. Изменение массы разных отделов тела и содержания воды в них у пчел *Apis mellifera* L. под влиянием анестезии диоксидом углерода при 0 °С

| Отдел тела | Время, ч | Масса, мг | | Содержание воды, % | |
|------------|----------|-------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | | $M \pm m$ (lim) | C_v , % | $M \pm m$ (lim) | C_v , % |
| Голова | 0 | 13,2±0,22 (10-15) | 11,8 | 73,7±0,59 (63,3-75,6) | 5,6 |
| Грудь | | 38,8±0,54 (33-45) | 9,6 | 67,7±0,49 (62,5-78,3) | 5,1 |
| Брюшко | | 68,6±0,59 (34-90) | 19,5 | 85,1±0,67 (75,6-92,9) | 5,5 |
| Голова | 3 | 13,1±0,22 (10-15) | 9,9 | 72,6±0,52 (60,1-82,2) | 5,3 |
| Грудь | | 38,4±0,43 (32-44) | 9,2 | 66,7±0,44 (62,3-77,1) | 5,4 |
| Брюшко | | 68,4±0,59 (34-88) | 16,4 | 83,5±0,77 (74,5-87,6) | 5,9 |
| Голова | 7 | 12,9±0,31 (9-15) | 13,0 | 70,5±0,63 (63,3-75,0) | 4,8 |
| Грудь | | 38,0±0,86 (31-50) | 12,0 | 64,6±0,91 (51,4-74,4) | 7,7 |
| Брюшко | | 68,1±2,01 (55-96) | 15,2 | 82,7±1,18 (66,6-88,5) | 8,1 |
| Голова | 24 | 12,5±0,21 (9-14) | 9,4 | 70,1±0,89 (63,6-79,2) | 7,0 |
| Грудь | | 37,2±0,53 (31,41) | 7,6 | 63,8±0,44 (58,0-65,8) | 3,9 |
| Брюшко | | 66,8±2,08 (52-80) | 16,6 | 81,3±1,21 (53,7-78,8) | 9,3 |
| Голова | 48 | 11,2±0,17 (9-13) | 10,2 | 65,9±0,74 (55,5-72,7) | 6,8 |
| Грудь | | 35,6±0,52 (28-42) | 9,0 | 62,6±0,40 (60,6-69,4) | 3,8 |
| Брюшко | | 60,7±1,61 (40-73) | 16,0 | 79,2±0,60 (73,3-87,8) | 4,4 |

Таким образом, анестезия стимулирует резкое уменьшение массы тела пчел, что, очевидно, связано преимущественно с потерями воды. Повышение температуры в диапазоне, обеспечивающем высокий уровень активности пчел, интенсифицирует уменьшение массы тела и потери воды. В отличие от этого в состоянии холодого оцепенения анестезия замедляет динамику уменьшения массы и содержания воды в разных отделах тела пчел. Поскольку в состоянии холодого оцепенения и анестезии дыхательная функция приостанавливается, транспорт воды происходит преимущественно через покровы тела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beament J.W.L. The waterproofing mechanism of arthropods. J. Exp. Biol., 1959, 36: 391-422.
2. Wigglesworth V.B. Transpiration through the epicuticle of insect. J. Exp. Biol., 1945, 21: 97-114.
3. Oloffs P.C., Scudder G.G. The transition phenomenon in relation to the penetration of water through the cuticle of an insect, *Cenocorixa expleta* (Hungerford). Canad. J. Zool., 1966, 44: 621-630.
4. Тыщенко В.П. Основы физиологии насекомых. Ч. 1. Физиология метаболических систем. Л., 1976.
5. Miller P.L. Factors altering spiracle control in adult dragonflies: water balance. J. Exp. Biol. 1964, 41: 331-343.
6. Еськов Е.К. Экология медоносной пчелы. Рязань, 1995.
7. Еськов Е.К., Бабкина Н.Г. Возрастная и сезонная изменчивость индивидуальной устойчивости медоносной пчелы к экстремальным температурам. Энтомологическое обозрение, 1990, 69(1): 481-485.
8. Еськов Е.К. Индивидуальные и социальные адаптации медоносной пчелы к зимовке. Успехи современной биологии, 2003, 123(4): 383-390.
9. Еськов Е.К., Еськова М.Д. Физиологические эффекты гипоксии развивающихся и взрослых пчел *Apis mellifera* L. Журнал эволюционной биохимии и физиологии, 2011, 6: 469-474.
10. Еськов Е.К., Еськова М.Д., Спасик С.Е. Изменение массы тела и продолжительности жизни пчел *Apis mellifera* L. под влиянием наркотизации диоксидом угле-

ФГБОУ ВПО Российский государственный
аграрный заочный университет,
143900 Россия, Московская обл., г. Балашиха,
ул. Ю. Фучика, 1,
e-mail: ekeskov@yandex.ru

Поступила в редакцию
19 ноября 2013 года

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON BODY WEIGHT AND WATER CONTENT IN HONEY BEES (*Apis mellifera* L.) UNDER AN ANESTHESIA WITH CARBON DIOXIDE

E.K. Eskov, M.D. Eskova, S.E. Spasik

Russian State Agrarian Extramural University, 1, ul. Yu. Fuchika, Balashikha, Moscow Province, 143900 Russia, e-mail ekeskov@yandex.ru
Received November 19, 2013

Abstract

In bees *Apis mellifera* L., similar to other insects, the respiration depends directly on temperature, being suppressed as the temperature approaches the upper limit of viability. High hypoxia tolerance is known to be a characteristic feature of honey bees. In winter, bees are influenced by the high CO₂ level when the low temperatures stimulate their aggregation in a limited zone of the nest space. In adaptation of bees to a wide range of outer temperature, the effect of hypo- and hyperthermia under hypoxia are still not studied. Because the high CO₂ concentrations act as anesthetics, we examined in dynamics a physiological effect of temperature (0 °C, 25 °C, and 35 °C), particularly body weight and water losses, when the systems regulating metabolism and respiration activity in insects are out of active use. The worker bees of spring and summer generations from the same families were investigated. CO₂ was shown to influence the body weight losses, due to the water losses mainly. If the temperature changes from the parameter registered inside a hive to that causing a cold numb, the weigh of and the water content in bees' head, thorax and abdomen decreased slowly. Because of repressed respiration under cold numb and anesthesia, the transpiration occurs through an integument.

Keywords: honey bee, weight, parts of a body, water, anesthesia, carbon dioxide, temperature.

Редакция журнала «Сельскохозяйственная биология»
выполняет рассылку электронных отписков опубликованных статей

Для получения электронного отписка Вам необходимо:

- ❖ отослать точное описание заказа (авторы и название статьи, год, номер журнала, страницы) по адресу agrobiol@mail.ru, указав Ваши фамилию, имя, отчество (полностью), город, где проживаете, контактные e-mail и телефон;
- ❖ получить из редакции по своему e-mail подтверждение заказа (с присвоенным ему номером);
- ❖ оплатить услугу, указав в платежном документе в графе «Назначение платежа» присвоенный заказу номер и Ваши фамилию, имя, отчество.

Отписки высылаются на Ваш контактный e-mail после зачисления оплаты на счет редакции.

Банковские реквизиты редакции:

Получатель:

ИНН 7708051012 Редакция журнала «Сельскохозяйственная биология», Марьиноорошинское ОСБ 7981, г. Москва, р/с 40703810638050100603

Банк получателя:

Сбербанк России ОАО г. Москва, БИК 044525225, к/с 30101810400000000225

В назначении платежа укажите номер заказа, Ваши фамилию, имя, отчество.

Стоимость услуги:

- ❖ один оттиск — 120 руб.,
- ❖ не более шести отписков (абонемент) — 360 руб.,
- ❖ не более двенадцати отписков (абонемент) — 700 руб.

Цены приведены с учетом НДС 10 %. Абонементное обслуживание предполагает предоставление указанного числа отписков за период не более каждого текущего года по предоплате.

E-mail для заказа электронных отписков — agrobiol@mail.ru

© Электронные отписки являются интеллектуальной собственностью редакции журнала «Сельскохозяйственная биология». Внесение в них каких бы то ни было изменений и дополнений не допускается. Перепечатка, тиражирование, размещение в средствах информации, в том числе электронных и сети Интернет, а также коммерческое распространение возможны только с разрешения редакции.