

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЙ ВНЕШНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВНУТРИГНЕЗДОВУЮ МИКРОКЛИМАТ И РАЗВИТИЕ РАБОЧИХ ПЧЕЛ И ТРУТНЕЙ

© 2010 М.Д. Еськова

Российский государственный аграрный заочный университет, г. Балашиха

Поступила 21.04.2009

Рассмотрено влияние внешней температуры на температуру и содержание диоксида углерода в разных зонах пчелиного гнезда. Установлено, что перегрев гнезда дестабилизирует внутригнездовую температуру, снижает концентрацию диоксида углерода в нем и влияет на развитие рабочих пчел и трутней.

Ключевые слова: температура, рабочие пчелы, трутни, развитие, диоксид углерода, расплод, гнездо.

Пчелиная семья поддерживает в своем жилище, особенно в зоне используемой для локализации взрослых и развивающихся особей, стабильную температуру [1-6]. При этом пчелы реагируют на высокую концентрацию углекислого газа и стремятся удалить ее посредством активной аэрации (машут крыльями). Что касается влажности воздуха, то она зависит от внешней температуры и связанным с нею насыщением воздуха водяными парами [1].

Оптимальная внешняя температура для пчелиных семей находится в пределах 22-28°C [2]. Однако нередко внешняя температура в пределах ареала, занимаемого медоносной пчелой, может значительно и в течение длительного времени превышать верхнюю границу указанного температурного диапазона. Учитывая это, в задачу настоящего исследования входило изучение влияния относительно высоких летних температур на внутригнездовую температуру и развитие рабочих пчел и трутней.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на пчелиных семьях *Apis mellifera* L., содержавших по 25-30 тыс. рабочих особей. Фактор численности важен потому, что от него при прочих равных условиях зависит внутригнездовая температура. К тому же в небольших семьях пчелы тратят много энергии на терморегуляцию, что отвлекает их от кормления личинок.

Температуру в гнездах пчел измеряли терморезисторами, подключенными к измерительному неуравновешенному мосту, показания которого были отградуированы с точностью 0,1°C. Рядом с термодатчиками находились заборные отверстия полихлорвиниловых трубок. Через них отбирали пробы газа для анализа оптико-акустическим анализатором ОА 2209 концентрации углекислого газа.

Пчел и трутней, завершавших развитие выходом из ячеек, взвешивали на торсионных весах с точностью около 1 мг, а затем умерщвля-

ли и препарировали, что заключалось в вычленинии крыльев, хоботков и тергитов. Ампутированные части тела размещали на предметном стекле, смазанном глицерином. Их размеры измеряли окуляр-микрометром бинокулярного микроскопа МБС-10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В течение трех сезонов исследований анализировали внутригнездовую температуру при суточных колебаниях внешней от 6° до 21°C и от 17° до 38°C. От внешней температуры зависели абсолютные значения и стабильность разогрева гнезда в разных его зонах. Наиболее стабильная внутригнездовая температура поддерживалась пчелами в зоне размещения расплода и зависела от его локализации в гнезде.

Внутригнездовая температура. На расплоде, расположенном в центральной части гнезда, при повышении внешней температуры от 6° до 30°C температура увеличилась в среднем на 0,8°C ($P \geq 0,99$) – от 34,8 до 35,6°C. Со стороны, обращенной к летковому отверстию, в указанных пределах колебания внешней температуры в гнезде она повышалась в среднем на 1,3°C ($P \geq 0,99$) – от 33,7° до 35,0°C. На такую же величину с 34,5°C изменялась температура у расплода над центром гнезда, в той его зоне, которая граничит с кормовыми запасами. Наибольшей вариабельностью отличалась температура у расплода, локализованного со стороны, противоположной летку (у задней стенки улья). Здесь при указанных изменениях внешней температуры, внутригнездовая температура повышалась в среднем на 1,6°C ($P \geq 0,99$) – от 34,3° до 35,9°C.

В области оптимальных внешних температур (22-28°C) различия между температурой в разных зонах гнезда существенно уменьшалось. Но наиболее высокая температура поддерживалась в центре гнезда. Здесь она составляла 35,5°C, превышая таковую в предлетковой зоне в среднем на 0,8°C ($P \geq 0,99$), со стороны противоположной летку – на 0,5°C ($P \geq 0,95$)

Еськова Майя Дмитриевна, доцент кафедры экологии и охотоведения, ekeskov@yandex.ru.

и над центром гнезда – всего на $0,1^{\circ}\text{C}$ ($P \leq 0,90$).

За верхней границей оптимального диапазона температура в разных зонах размещения расплода в значительной мере сближается. Межзональные различия температуры достигали минимума при $35-38^{\circ}\text{C}$. В этом диапазоне внешних температур наиболее высокая температура, составлявшая в среднем $36,4^{\circ}\text{C}$, поддерживалась у задней стенки улья, что было связано преимущественно с ее разогревом солнечными лучами. В указанном диапазоне колебаний внешней температуре средние различия внутригнездовых температур находились в пределах $0,1-0,3^{\circ}\text{C}$.

Важно отметить, что при высокой внешней температуре прослеживалась некоторая специфика ее внутригнездовой регуляции. Это выражалось в том, что утром при повышении внешней температуры от 17° до 30°C происходил разогрев центра гнезда в среднем на $1,6^{\circ}\text{C}$ ($P \geq 0,99$). При 17°C температура в центре гнезда равнялась $34,9^{\circ}\text{C}$. В течение дня при повышении температуры от 30° до 35°C ее повышение у расплода составляло $1,3^{\circ}\text{C}$ ($P \geq 0,95$), а при $36-38^{\circ}\text{C}$ происходило понижение в среднем на $0,8^{\circ}\text{C}$ ($P \geq 0,9$). Отсюда следует, что в период установившейся высокой температуры пчелы активно противодействуют ее повышению у расплода. Причем повышению внешней температуры сопутствовало ее некоторое упреждающее снижение в гнезде.

Охлаждение гнезда в периоды его перегрева обеспечивалось пчелами, занимавшимися доставкой воды и аэрацией. В диапазоне оптимальных температур активность пчел-водоносов определялась в основном продуктивностью кормового участка. При низкой его продуктивности и при наличии в гнезде запасов меда активность пчел-водоносов резко интенсифицировалась. Обильное нектаровыделение снижало потребность в воде. Пчелы-водоносы прекращали полеты, если концентрация сахаров в нектаре не превышала $25-30\%$.

На индивидуально меченых пчел-водоносах прослежено влияние температуры на частоту их прилетов к поилке, находившейся в $12-25$ м от ульев. Частота прилетов пчел-водоносов к поилке возрастала с повышением температуры. В частности, при $15-20^{\circ}\text{C}$ интервал между прилетами пчел-водоносов к поилке составлял в среднем 397 ± 29 с ($C_v = 7\%$), при $21-25^{\circ}\text{C}$ – 308 ± 26 с ($C_v = 79\%$), при $26-30^{\circ}\text{C}$ – 224 ± 23 с ($C_v = 82\%$), при $31-35^{\circ}\text{C}$ – 121 ± 19 с ($C_v = 181\%$) и при $36-38^{\circ}\text{C}$ – 69 ± 16 с ($C_v = 89\%$).

Несмотря на повышение частоты полетов с повышением температуры, достигающей максимума при перегреве улья, количество воды в зобиках пчел-водоносов было максимальным при $22-28^{\circ}\text{C}$ и составляло в среднем $43,1 \pm 3,9$

мг ($C_v = 29\%$). С понижением температуры до $15-20^{\circ}\text{C}$ масса наполнения зобиков уменьшалась в $1,19$ раза ($P \geq 0,95$), а при повышении до $36-38^{\circ}\text{C}$ – в $1,48$ раза ($P \geq 0,99$).

Повышение внешней температуры за пределы оптимального диапазона стимулировало не только активизацию полетов пчел-водоносов, но и увеличение их количества. Так, при $20-25^{\circ}\text{C}$ доля пчел-водоносов среди рабочих особей, возвращавшихся в улей, составляла $9 \pm 1,8\%$ (рассчитано по уровню значимости равному $0,95$). С повышением температуры до $31-35^{\circ}\text{C}$ их доля возрастала до $38 \pm 4,7\%$, при $36-38^{\circ}\text{C}$ – до $89 \pm 9\%$.

Стабилизация температуры при перегреве обеспечивалась пчелами-водоносами и вентиляторами. В результате активного охлаждения ими гнезда самая высокая стабильность внутригнездовой температуры поддерживалась у расплода, находящегося в центральной части гнезда. В этой зоне она возрастает в среднем на $1,5^{\circ}\text{C}$ при повышении внешней температуры от $6-10^{\circ}$ до $35-38^{\circ}\text{C}$. Со стороны летка средние значения изменения внутригнездовой температуры достигали $2,4^{\circ}\text{C}$. Сила влияния внешней температуры на температуру в центре гнезда находилась на уровне $32 \pm 5,3\%$ ($P \geq 0,99$), а со стороны летка – $45 \pm 2,4\%$ ($P \geq 0,99$).

Газовый состав воздуха. Концентрация диоксида углерода в пчелином гнезде подвержена сильному влиянию внешней температуры. В зональном плане наиболее высокое содержание этого газа отмечалось в центральной части гнезда. Относительно низкая концентрация диоксида углерода поддерживалась у расплода, расположенного со стороны летка.

В центральной части пчелиных гнезд при повышении внешней температуры от $6-10$ до $25-30^{\circ}\text{C}$ концентрация диоксида углерода уменьшалась в среднем в $8,1$ раза ($P \geq 0,99$). При $6-7^{\circ}\text{C}$ содержание диоксида углерода в этой зоне гнезда достигала $2,4-3,1\%$. У расплода, расположенного со стороны задней стенки улья, при указанных изменениях внешней температуры концентрация диоксида углерода уменьшалась в среднем в $3,7$ раза, над гнездом – в $3,1$ и у летка – в $4,2$ раза ($P \geq 0,99$). При внешней температуре, превышающей 30°C , концентрация диоксида углерода резко снижалась.

Связанное с перегревом гнезда понижение в нем концентрации диоксида углерода происходило из-за активизации пчел-вентиляторов. Они, реагируя учащением взмахов крыльями на перегрев гнезда, аэрировали его. При высокой внешней температуре большинство пчел выполняло функцию вентиляторов. Поэтому при высокой температуре активная аэрация гнезда обеспечивает его защиту от перегрева.

Сила влияния внешней температуры на концентрацию диоксида углерода у расплода,

расположенного в центральной части гнезда составляло $73 \pm 1,1\%$ ($P \geq 0,999$). У расплода, расположенного на периферии гнезда, сила влияния внешней температуры на содержание диоксида углерода составляло $64 \pm 3,6\%$ ($P \geq 0,99$).

Итак, внутригнездовая концентрация диоксида углерода зависит от внешней температуры, влияющей на активность пчел-вентиляторов. Они активизируются при перегреве гнезда. Поэтому колебаниям внешней температуры соответствуют противоположные изменения содержания диоксида углерода. В суточном цикле динамики концентрации диоксида углерода газа днем обычно выше, чем ночью.

Морфометрические признаки пчел и трутней. Для изучения влияния разной внешней температуры на развитие пчел и трутней их отбирали после завершения постэмбрионального развития в периоды, отличавшиеся по внешней температуре. В эти пе-

риоды в подопытных семьях, находилось достаточное количество меда (не менее 8-11 кг) и по 4-5 перговых рамок (цветочная пыльца с медом).

Установлено, что развитие рабочих пчел при относительно высокой внешней температуре отражалось на уменьшении влияния их массы (табл. 1). Она была меньше, чем у пчел, развивавшихся в периоды с относительно низкой в среднем на $11,8\%$ ($P \geq 0,99$).

Морфометрические признаки имели разную направленность изменения под влиянием развития в относительно прохладное или жаркое время лета. В частности, длина хоботка увеличилась в периоды с относительно высокой температурой в среднем на $1,5\%$ ($P \approx 0,95$). В отличие от этого размеры крыльев и тела отличались меньшими размерами. Длина крыла уменьшалась на $0,8\%$, его ширина – на 1% ($P \approx 0,9$), длина четвертого тергита – на $2,6\%$, его ширина – на $1,8\%$ ($P \geq 0,95$).

Таблица 1. Морфометрические признаки рабочих пчел, развивавшихся в периоды, отличавшиеся по внешней температуре

| Анализируемые признаки | Внешняя температура (°C) | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|-------------|--------------------|
| | от 9 до 21 | | от 17 до 38 | |
| | M±m | C _v , % | M±m | C _v , % |
| Масса тела, мг | 109,0±1,7 | 10,3 | 96,1±1,6 | 11,2 |
| Длина хоботка, мм | 6,05±0,011 | 1,1 | 6,14±0,012 | 1,0 |
| Длина переднего крыла, мм | 9,03±0,082 | 0,8 | 8,96±0,079 | 0,9 |
| Ширина переднего крыла, мм | 3,04±0,071 | 1,4 | 2,2±0,073 | 1,5 |
| Длина 4-го тергита, мм | 2,29±0,014 | 2,8 | 2,23±0,015 | 3,1 |
| Ширина 4-го тергита, мм | 5,06±0,024 | 2,0 | 4,97±0,021 | 2,3 |

На развитие трутней внешняя температура оказывала сходное с таковым у пчел (табл. 2). В периоды относительно высокой температурой у трутней отмечалось уменьшение массы тела в среднем на $15,2\%$, длины передних

крыльев – на $2,4\%$ ($P \geq 0,95$), их ширины – на $1,6\%$ ($P \approx 0,9$), длины четвертых тергитов – на $3,2$ и их ширины – на $2,4\%$. Но длина хоботков возрастала в среднем на $3,2\%$ ($P \geq 0,95$).

Таблица 2. Морфометрические признаки трутней, постэмбриональное развитие которых проходило при разных погодных условиях

| Анализируемые признаки | Внешняя температура (°C) | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|-------------|--------------------|
| | от 9 до 21 | | от 17 до 38 | |
| | M±m | C _v , % | M±m | C _v , % |
| Масса тела, мг | 267,4±0,30 | 7,3 | 232,1±3,02 | 8,2 |
| Длина хоботка, мм | 3,61±0,024 | 3,2 | 3,73±0,022 | 2,9 |
| Длина переднего крыла, мм | 12,3±0,037 | 2,1 | 12,0±0,028 | 1,7 |
| Ширина переднего крыла, мм | 3,72±0,023 | 4,6 | 3,66±0,021 | 4,4 |
| Длина 4-го тергита, мм | 2,83±0,012 | 4,8 | 2,74±0,011 | 4,1 |
| Ширина 4-го тергита, мм | 6,40±0,027 | 2,7 | 6,26±0,024 | 2,5 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зависимость внутригнездовой температуры от изменений внешней опровергает сложившееся в пчеловодстве представление о постоянстве или температуры в пчельном гнезде. В действительности она находится в прямой зависимости от внешней температуры. Ее повы-

шению от уровня, приостанавливающего летную активность пчел ($8-10^\circ\text{C}$), до превосходящей оптимальное значение, сопутствует повышение температуры в разных зонах локализации расплода на $1,5-2,5^\circ\text{C}$. В пределах этого диапазона температура наименьшими изменениями температуры отличается центральная часть гнезда, занятая расплодом.

Диоксид углерода неравномерно распределяется в пчелином гнезде. Наибольшим содержанием отличается центральная часть гнезда. Но во всех зонах гнезда концентрация диоксида углерода находится в обратной зависимости от внешней температуры. Это обусловлено тем, что ее превышение за пределы оптимального диапазона стимулирует пчел аэрировать гнездо. Имеет также значение уменьшение плотности агрегирования пчел в ответ на повышение внешней температуры.

Из факторов, влияющих на изменчивость морфометрических признаков пчел и трутней, с высокой вероятностью можно исключить изменения внутригнездовой концентрации диоксида углерода, поскольку ее изменения в установленных пределах не оказывают существенного влияния на развитие расплода (Еськов, 1995). Исключается обеспеченность пчелиных семей кормовыми запасами (углеводными и белковыми), хотя при перегреве гнезда трофическое обеспечение личинок могло сокращаться из-за того, что большое количество пчел вынуждены были заниматься доставкой воды и аэрацией гнезда. Вероятнее всего основное влияние на уменьшение размеров и массы тела пчел оказывало в жаркое время повышение внутригнездовой температуры. Это ограничивало их по-

тенциальные возможности эффективного участия в медосборе, потому, что уменьшение размеров тела сопряжено с уменьшением емкости медовых зобиков, а крыльев – со снижением развиваемой ими подъемной силы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №№ 07-04-00305; 08-04-97009)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еськов Е.К. Этология медоносной пчелы. М.: Колос. 1992. 336 с.
2. Еськов Е.К. Экология медоносной пчелы. Рязань. Русское слово, 1995. 392 с.
3. Еськов Е.К. Индивидуальные и социальные адаптации медоносной пчелы к зимовке // Успехи совр. биологии. 2003. Т. 123, № 4. С. 383-390.
4. Рыбочкин А.Ф., Пустовалов С.Н. Определение расположения пчелиного клуба на основе распределения тепловых полей // Пчеловодство холодного и умеренного климата. Материалы. 2-й междунар. 4-й Всерос. научн.-практ. конф. (Псков 17-18 марта 2007). Москва, 2007. С. 51-54.
5. Free J.B., Spencer-Booth G. Temperature regulation by honeybees. *Bee World*. №7, 40, 1959, p. 173-177.
6. Heinrich B. Thermoregulation and flight energetics of desert insects // *Environmental Physiology of Desert Organisms* / Ed. N F. Hadley. Stroudsburg (Pa.): Dowden, Hutchinson and Ross, 1975. P. 90-105

INFLUENCE OF HIGH EXTERNAL TEMPERATURE ON THE INTERNAL-NEST MICROCLIMATE AND DEVELOPMENT OF WORKING BEES AND DRONES

© 2010 M.D. Es'kova

Russian State Agricultural Correspondence University, Balashicha

Influence of external temperature on temperature and the contents of carbon dioxide in different zones of a bee nest is considered. It is established, that overheating destabilizes within nest temperature, reduces concentration CO₂ in it and influences development of working bees and drones.

Key words: temperature, working bees, drones, development, CO₂, brood, nest