Как спасается пчела от излишнего тепла?

Английский «Журнал экспериментальной биологии» опубликовал статью о пчелах. С помощью высокочувствительных приборов выяснили, что <u>в жару летящая пчела вырабатывает больше тепла, чем может отдать в окружающее пространство</u> с помощью теплопередачи. А <u>с нектаром лететь еще тяжелей, еще жарче</u> и можно получить тепловой удар. Тем не менее, <u>температура тела пчелы остается постоянной</u>.

Как такое может быть? Возможно, <u>у пчелы есть</u> какой-то <u>дополнительный способ охлаждения</u>. Как спасается пчела от теплового удара?

Ученые не сразу поняли, в чем причина. Между тем АРИЗ легко выводит на правильный ответ. Попробуйте его найти.

Задача подготовлена И.Андржеевской

МЗ. При полете в жару - а тем более с нектаром - пчела, казалось бы, должна перегреваться, а ее температура не меняется. Почему?
АП. Нужно разобраться, как пчела отводит от себя избыточное тепло, но у нас нет ни возможности наблюдений за пчелами, ни измерительных приборов.

<u>ВАРИАНТ 1</u> (легкий, но не совсем глубокий)
КП. Пчела и избыток тепла.
ФП. Пчела должна переносить нектар, т.к. это ее работа, и пчела не должна переносить нектар, т.к. из-за лишней нагрузки может получить тепловой удар.
ИКР1. Пчела САМА избавляется от избытка тепла.
ИКР2. Избыток тепла САМ покидает пчелу.
ВПР:
- Поток воздуха.
- Нектар, который переносит пчела.

Идея решения:
- ✓ Пчела переносит часть нектара не внутри себя, а снаружи. В результате нектар, обдуваемый потоком воздуха, САМ помогает избавиться от избытка тепла.

И действительно, ученые заметили, что пчела переносит каплю нектара на кончике хоботка.

ВАРИАНТ 2 (для вдумчивых исследователей)

Первый, легкий вариант решения оставляет открытыми ряд вопросов:

- Как конкретно эта капля способна отобрать у пчелы лишнее тепло? Ведь она – не на теле, а на кончике тонюсенького хоботка, т.е. практически – вне пчелы.
- А что дальше происходит с этой каплей нектара? Не израсходует ли пчела на свое охлаждение во время обратной дороги весь собранный нектар?
- А если пчела еще только летит за нектаром? Ведь по условию задачи проблема сохраняется и в этом случае.
- А если вместо нектара пчела собирает пыльцу, смолку и пр. – тогда как?

Попробуем разобраться в этих вопросах.

Может быть, у пчелы нет никаких особых способов отведения лишнего тепла? Она же летает с цветка на цветок. Нагреется – посидит, остынет - дальше летит. Но это означало бы, что температура ее тела колеблется, а по условию задачи она остается постоянной.

Эффективность охлаждения движущегося объекта зависит от скорости встречного потока воздуха, разницы температур потока и охлаждаемой поверхности, площади этой поверхности, а также физико-химических свойств веществ, составляющих эту поверхность. На температуру воздуха пчела влиять не может. Предположим, что ей удается сбросить избыток тепла за счет увеличения скорости полета или площади теплоотвода.

ТП1. Если пчела увеличит скорость полета или площадь своей поверхности, то теплоотведение улучшится, но из-за дополнительных усилий (на увеличение скорости или преодоление дополнительного сопротивления) увеличится и количество вырабатываемого ею тепла.

Следовательно, капля нектара на кончике хоботка не только помогает, но и вредит: из-за нее возрастает сопротивление встречному потоку.

Возможно, дело в балансе между преимуществами и недостатками. Для ответа на вопрос о балансе необходимы специалисты и сложные теплотехнические расчеты.

ТП2. Если пчела не увеличивает скорость полета или площадь своей поверхности, то дополнительных усилий не нужно и добавочный перегрев не возникает, но эффективности теплоотведения недостаточно для полета в жару и требуются другие способы стабилизации температуры тела.

Из указанных выше способов охлаждения осталось только изменение физико-химических свойств веществ, составляющих охлаждаемую поверхность. Предположим, что пчеле это удается. Тогда из ТП2 следует:

ИКР. Физико-химические свойства охлаждаемой поверхности тела пчелы САМИ обеспечивают постоянство температуры ее тела без каких-либо вредных для нее последствий.

Пчела располагает многими внешними и собственными ресурсами, которые могут быть использованы для реализации физико-химических способов саморегулирования температуры.

ВПР:

- Встречный поток воздуха.
- Солнечное излучение.
- Поле гравитации.
- Излучение, выделяемое пчелой.
- Слюна (у пчелы хорошо развиты слюнные железы, имеется большой грудной резервуар для слюны).
- Собранный нектар, хранящийся в брюшке, в медовом желудочке.
- Воск, который умеет выделять пчела.
- Части тела пчелы (лапки, хоботок, ворсинки на теле и др.) и особенности их строения.
- Комплекс мышц, определяющих способ полета пчелы.

Рассматривая отдельные ресурсы, а также их сочетания, можно получить гипотезы термостабилизации тела пчелы. Причем сочетания ресурсов более целесообразны, а значит и более вероятны.

Рассмотрим один из примеров построения гипотезы с использованием сочетания ресурсов:

ИКР+ВПР. Свойства слюны/нектара в сочетании с потоком воздуха и солнечным излучением САМИ обеспечивают стабилизацию температуры тела пчелы.

Указанное сочетание создает возможность охлаждения благодаря испарению жидкости на кончике хоботка. Однако охлаждать нужно тело, а не капельку на кончике хоботка.

ФП. Испарение жидкости благодаря теплоте, уходящей на парообразование, должно обеспечить охлаждение пчелы, чтобы она не перегрелась, но испарение жидкости не должно (не может) обеспечить охлаждение пчелы, поскольку жидкость находится не на поверхности тела, а на кончике хоботка.

ФП. *(уточняющее).* Жидкость должна находиться на кончике хоботка, чтобы охлаждаться за счет испарения, но жидкость не должна находиться на кончике хоботка, чтобы охлаждать пчелу.

Идея решения:

- ✓ Охлаждающая жидкость (слюна или нектар) циркулирует между кончиком хоботка и внутренними органами пчелы, тем самым охлаждая пчелу ***изнутри.***

И в самом деле, если бы одна капелька нектара постоянно висела на хоботке, она бы просто загустела и перестала выполнять нужную функцию.

О пчелах, собирающих мед (пчелах–работницах), в известных нам источниках такой информации нет. Однако известно, что пчелы-приемщицы нектара, работающие в ульях, сгущают нектар, выпаривая его путем подобной циркуляции: «Пчела приемщица многократно (120 – 240 раз) выпускает капельку нектара на хоботок и снова заглатывает ее. При этом значительная часть воды, содержащаяся в нектаре, испаряется».[1] Строение внутренних органов у пчел-работниц и пчел-приемщиц примерно сходное. Следовательно, пчела-работница может таким способом, одновременно с терморегулировкой, осуществлять предварительную подготовку нектара.

Эта исследовательская задача интересна тем, что «окончательный правильный» ответ науке пока неизвестен. Возможно, нас еще ждут новые маленькие открытия... Попробуйте предложить другие гипотезы, используя перечисленные выше ресурсы.

[1] Кузьмина К.А. Лечение пчелиным медом и ядом. – Изд-во Саратовского ун-та. 1983