

И. КОЖАНЧИКОВ

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТКАНЕВОГО ДЫХАНИЯ НАСЕКОМЫХ

(Представлено академиком С. А. Зерновым 7 IV. 1938)

Тканевое дыхание насекомых до настоящего времени еще мало затронуто физиологическими исследованиями, хотя в связи с установившимся мнением об отсутствии дыхательной функции крови у *Tracheata* физиологический механизм тканевого дыхания их представляет существенный интерес.

Что касается дыхательного значения крови насекомых, то из физиологов лишь Muttkowski⁽⁵⁾ на основании опытов с инъекцией пирогаллола считает, что гемолимфа насекомых активна к кислороду и его содержит; по мнению этого автора в переносе кислорода играет роль медь, может быть, в составе соответствующего хромопротеида. Непосредственные определения количества рыхло связанного или свободного кислорода в крови насекомых показывают однако ничтожное его количество или даже полное отсутствие^(1, 2, 4). Хромопротеиды в крови насекомых также отсутствуют, за исключением видов *Chironomidae*, имеющих гемоглобин. Тем не менее на несомненность дыхательной функции крови насекомых указывают гистологические исследования последнего времени⁽⁶⁾.

Предлагаемое исследование произведено помощью приборов Баркрофта и Винтерштейна. Кровь в количестве 150—50 мг бралась от одной особи через разрезание кожных покровов (чаще ног) и выпускалась непосредственно в приемники прибора Баркрофта; прибор немедленно помещался в водяную баню, после чего обычным образом велось определение поглощения кислорода кровью. От этих же особей после препаровки в физиологическом растворе брались ткани—кусочки кожи (очищенные от мышц), эпителий средней кишки или дольки жирового тела; кусочки тканей весом в 100—50 мг помещались в изотоническом растворе NaCl в приемник прибора Винтерштейна и измерение дыхания велось обычным образом. Все измерения проводились при 15° с применением поглотителя CO₂ (раствор едкого калия 20%) при полном насыщении воздуха парами воды.

Результаты измерения поглощения кислорода кровью приведены в виде кривых (см. фигуру) для крови гусениц *Lasiocampa quercus* L. и личинок *Calliphora erythrocephala* Meis. По техническим условиям определения поглощения кислорода кровью начинались всегда через 8—10 мин. после взятия крови. Приводимые кривые основаны на определении десяти проб для каждого вида и на нескольких десятках предварительных определений. Величины кислорода даны в мм³ на 1 г крови и на 1 час времени.

Приводимые кривые показывают, что поглощение кислорода кровью особенно велико в первые минуты после ее взятия; через 8—10 мин. после взятия крови интенсивность поглощения ею кислорода доходит до 5 000 мм³ для личинок мух и до 1 250 мм³ для шелкопряда. Через полчаса после взятия кровь уже значительно насыщается кислородом, и через час активность ее к кислороду почти отсутствует.

Существенно указать, что кривые поглощения кислорода кровью у обоих видов принципиально одинаковы. Они показывают, что кровь обоих исследованных видов содержит вещество, очень активное к кислороду, причем количество его (или может быть только активность) специфично и для личинок мух значительно больше, чем для гусениц *Lasiocampa quercus*. Если приближенно принять ход поглощения кислорода за гиперболу [кривая все же несколько отличается (см. фигуру)], то можно приближенно исчислить емкость 1 г крови к кислороду за 1 час времени; для личинок мух эта величина лежит в пределах 40 000—18 000 мм³, а для гусениц шелкопряда 16 000—9 000 мм³. Это показывает очень высокую активность крови исследованных видов насекомых к кислороду и чрезвычайно большую ее абсолютную емкость.

Сравнение интенсивности дыхания тканей с приведенными данными по активности крови к кислороду может быть сделано по цифрам таблицы.

Средние величины интенсивности дыхания особей некоторых насекомых и их тканей

Название вида	Дыхание 1 г живого вещества за 1 час в мм ³			
	Целое насекомое	Гиподерма	Эпителий средней кишки	Соединительная ткань
1. <i>Lasiocampa quercus</i> L.	258	272	243	—
2. <i>Calliphora erythrocephala</i> Meis. . .	434	371	—	438
3. <i>Anisoplia austriaca</i> L.	141	193	—	—

Степень изменчивости дыхания тканей у отдельных особей невелика и значительно ниже, чем изменчивость дыхания целых особей.

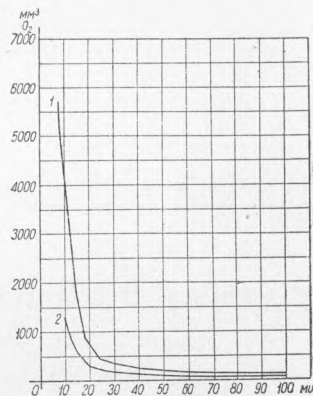
Приведенные в таблице данные показывают, что интенсивность дыхания тканей разных видов насекомых специфична и в среднем такова же, как и интенсивность дыхания особи данного вида в покоем состоянии; с другой стороны, видно, что интенсивность дыхания тканей более чем в 10 раз ниже интенсивности поглощения кислорода кровью даже через 10 мин. после ее взятия из организма; активность крови к кислороду в первые секунды ее соприкосновения с воздухом, как видно из кривых, должна быть в десятки раз выше, чем интенсивность дыхания тканей.

Приведенные результаты позволяют заключить, что ткани исследованных видов насекомых не терпят дефицита кислорода, если интенсивность их дыхания такова же, как и целой особи, находящейся в покоем состоянии. На основании полученных данных также можно считать, что поглощение кислорода из трахейной системы в значительной мере происходит сначала кровью, а затем он уже отдается тканям. Высокая активность крови насекомых к кислороду дает возможность легче понять условия газообмена в трахейной системе, где токи воздуха для большинства ее отделов исключены; тем не менее физиологический механизм передачи кровью кислорода остается неясным. Вытеснение кислорода из крови обычными реактивами (насыщенный раствор K_3FeCN_6) в моих определениях привело к отрицательным результатам; кислород в заметных количествах (по при-

бору Винтерштейна) из крови не вытеснялся. Таким образом кислород связывается кровью насекомых более прочно, чем гемоглобином позвоночных, хотя отсутствие возможности вытеснить его обычными окислителями (действительными для гемоглобина) еще совсем не говорит об отсутствии дыхательных функций у крови насекомых. В согласии с полученными данными стоят приведенные ранее факты об отсутствии свободного или рыхло связанного кислорода в крови насекомых, а также данные J. Bodine и J. Walkin⁽³⁾ об отсутствии связи изменений интенсивности дыхания яиц саранчевых с изменениями содержания железа в тканях эмбрионов.

Заслуживает упоминания и еще один вывод. Активность крови к кислороду у разных видов стоит в связи видимо не только с их спецификой, но и с экологией их; у личинок мух, жизнь которых протекает в гниющем субстрате при условиях сниженной аэрации, активность крови к кислороду значительно выше, чем у гусениц шелкопряда, живущих в условиях хорошего снабжения кислородом. Наконец полученные результаты, возможно, объясняют отсутствие влияния на интенсивность дыхания насекомых снижения парциального давления кислорода среды более, чем на 50% от нормального.

В заключение необходимо указать, что кроме двух подробнее изученных видов исследованием затронуты и некоторые другие виды насекомых — гусеницы *Pieris brassicae* L., *Pieris rapae* L., *Lasiocampa pini* L., *Cosmotriche potatoia* L. и личинки *Aedes punctor* Kirby с тем же результатом; тем не менее для некоторых видов (*Amphimallon*, *Anisoplia*) получены неясные результаты, и возможно, что условия тканевого дыхания у этих видов иные.



Интенсивность поглощения кислорода (1 мм³/1 час) 1 г гемолимфы личинок *Calliphora erythrocephala* Meis. (1) и *Lasiocampa quercus* L. (2) в разные сроки после взятия ее из организма. Ордината — мм³ кислорода, абсцисса — время в минутах.

Поступило
10 IV 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G. Adler, Scand. Arch. Physiol., **36**, 146—152 (1917). ² G. Bishop, A. Briggs a. E. Bonzani, Journ. Biol. Chem., **58**, 543—565 (1923); **66**, 77—88 (1926). ³ J. Bodine a. J. Walkin, Physiol. Zool. Chicago, **7**, 464—469 (1934). ⁴ M. Florkin, C. R. Soc. Biol. Paris, **117**, 1224—1226 (1934). ⁵ K. Muttkowski, Ann. Ent. Soc. Amer., **14**, 150—156 (1921). ⁶ V. Wigglesworth, Biol. Rev., **6**, 182—220 (1931).