

В. В. БАРБАРИН и Л. М. СОЛОВЬЕВА

**ДЫХАНИЕ ИНFUЗОРИИ *BURSARIA TRUNCATELLA* ПРИ
КОНЪЮГАЦИИ И ПРИ ИНЦИСТИРОВАНИИ**

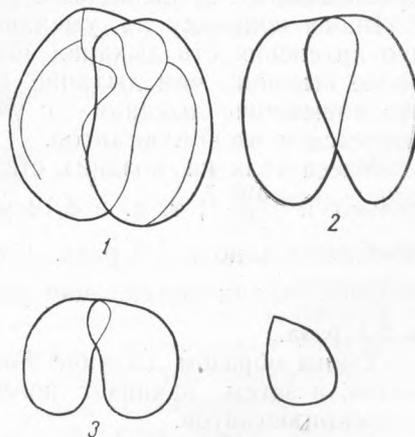
(Представлено академиком К. И. Скрябиным 3 VIII 1946)

1. В специальных экспериментах по действию различных внешних факторов (соли, высокая температура, удушье) на конъюгирующие особи *Bursaria truncatella* (6) удалось установить факт изменения чувствительности к этим факторам на разных стадиях конъюгации. Настоящая работа была предпринята с целью проверки предположения о том, что интенсивность дыхания инфузорий на разных стадиях конъюгации изменяется (2). В качестве материала для опытов была использована крупная инфузория *Bursaria truncatella*, культивировавшаяся в прокипяченной и аэрированной воде по методу Л. М. Соловьевой (6).

Эпидемия конъюгации вызывалась действием голода. Для опыта брались конъюганты 3—5 часов, что соответствует профазе первого деления созревания, 48 часов — второму делению синкариона и эксконъюганты в первый момент после разделения конъюгантов, до образования перистома. Дыхание инфузорий измерялось в спирометре Варбурга. Во всех опытах в камеру помещалось 75 пар конъюгирующих инфузорий, дыхание которых измерялось в продолжение 2 час. 30 мин.

В качестве контроля служили 150 нормальных, накормленных инфузорий.

За конъюгационный период величина инфузорий резко меняется, уменьшаясь к концу периода в несколько раз. В первый период конъюгации (3—5 час.) величина инфузорий по отношению к контрольным нейтральным остается без видимых изменений. Инфузории этого периода обладают нормальными перистомами (рис., 1). Средняя длина их 310 μ (средняя длина нормальных 318 μ). Через 18—20 часов после начала конъюгации инфузории утрачивают перистома, чем, вероятно, главным образом и объясняется некоторое уменьшение их размеров (рис., 2). Поздние конъюганты (48 час.) обнаруживают крайне значительное уменьшение размеров тела, которое в данном случае уже не может зависеть от исчезновения перистома, так как его нет и у инфузорий предыдущей, 18—20-часовой стадии. На стадии 48 час. резко уменьшается вся живая масса тела инфузории (рис., 3), так как длина их снижается до 212 μ и в такой же пропорции сокращаются и остальные размеры тела. Это явление, без сомнения, является пря-



мым следствием продолжительного голодания (2). Размеры тела эксконъюгантов являются минимальными для всего периода конъюгации: эксконъюганты в несколько раз меньше всех ранних стадий и по меньшей мере вдвое меньше поздних, т. е. 48-часовых конъюгантов (рис., 4). Их средняя длина 197 μ .

Во всех опытах с конъюгирующими инфузориями удалось установить значительное уменьшение интенсивности дыхания в первый период конъюгации (от 3 до 5 час.). На поздней стадии конъюгации (48 час.)

Таблица 1

Изменение дыхания *Bursaria truncatella* при конъюгации (показание шкалы спирометра в мм за 1 час дыхания)

Серии опытов	Контроль	Ранние конъюганты (3 час.)	Поздние конъюганты (48 час.)	Эксконъюганты
I	200	175	133	—
II	94	46	32	70
III	135	100	83	78
IV	140	103	76	88
V	70	55	25	75

абсолютная цифра дыхания несколько снижается, но здесь необходимо учесть значительное уменьшение живой массы тела, относительно превышающее происшедшее уменьшение дыхания.

Внося поправку на уменьшение массы тела, мы вправе считать, что интенсивность дыхания поздних конъюгантов будет значительно более высокой, чем дыхание ранних конъюгантов. Еще более резко это повышение дыхания — с учетом уменьшения размеров тела — сказывается у эксконъюгантов.

Масса тела на поздних стадиях конъюгации изменяется приблизительно в $\left(\frac{310}{212}\right)^3$, т. е. в 3,12 раза, в то время как дыхание снижается приблизительно в 1,5 раза. Следовательно, интенсивность дыхания на поздней стадии конъюгации увеличивается приблизительно в $\frac{3,12}{1,5}$, т. е. в 2,1 раза.

Таким образом дыхание *Bursaria* падает в первый период конъюгации, а затем начинает повышаться и достигает своего максимума у эксконъюгантов.

Zweibaum (7), изучая дыхание конъюгирующих *Paramaecium caudatum*, не отмечает понижения дыхания на ранней стадии конъюгации, а, наоборот, считает, что конъюгация сразу же повышает дыхание. Но он ставил свои опыты на смешанном конъюгирующем материале, без учета сроков конъюгации, чем, естественно, затемнил точную картину конъюгационных изменений дыхания.

Полученная нами кривая дыхания конъюгантов напоминает установленную нами кривую дыхания при голодании (2). Расе (3), на основании наблюдений над действием KCN на дыхание голодающих инфузорий, приходит к обратному выводу. Однако, по нашему мнению, в обоих случаях, т. е. при конъюгации и голодании, имеет место падение интенсивности дыхания на ранних стадиях каждого из этих процессов и повышение его на более поздних. Накопление жира в ходе процесса конъюгации, по данным Полянского (4), опять таки напоминает ожирение при голоде, описанное Барбариным (1). По данным Полянского (4) и Раммельмейер (5), можно установить аналогию в накоплении гликогена при конъюгации с накоплением его при голодании (1).

Сходство кривых дыхания при конъюгации и голодании, накопление жира и гликогена в обоих случаях позволяют с большой долей вероятности предположить, что картина внешних и протоплазматических изменений, наблюдаемых у конъюгирующих инфузорий, является прямым следствием длительного голодания, которому они подвергаются во время половых процессов.

2. Нами было исследовано изменение дыхания *Bursaria truncatella* в период инцистирования.

Эпидемия инцистирования экспериментально нами вызывалась голоданием больших количеств инфузорий, помещенных в глубокие часовые стекла. В конце вторых суток, как правило, инцистирование наступало в стеклах с густой массой помещенных туда инфузорий. В стеклах же, где голодание шло без скопления большого количества инфузорий, как правило, наступала конъюгация.

Таким образом, возникновение эпидемии инцистирования вызывается комплексом более сильных неблагоприятных воздействий (голод, перенаселение), в то время как для наступления полового процесса достаточно одного голодания.

Экцистирование вызывалось рядом повторных промывок скоплений цист свежей водой и прибавлением в нее *Paramaecium caudatum*, которые служат пищей для *Bursaria truncatella*. Начало процесса экцистирования обычно наступало через сутки после промывания цист. Для эксперимента нами помещалось в спирометр Варбурга 300 цист. Дыхание в каждом опыте измерялось в продолжение 3 часов.

Цифры интенсивности дыхания, приводимые в табл. 2, показывают, что ранние стадии цист *Bursaria truncatella* обладают сравнительно очень высоким дыханием. Уменьшение абсолютного значения цифр для этой стадии по сравнению с активными инфузориями вовсе не означает уменьшения интенсивности дыхания.

Если рассчитать хотя бы приблизительно интенсивность дыхания в соответствии с объемом дышащей массы плазмы, то получится, что цисты в момент возникновения дышат не менее, а может быть даже более интенсивно, чем активные инфузории (средняя величина диаметра цисты равна 141,4 μ , в то время как средняя величина нормальной инфузории равна 322,8 μ).

Далее, через сутки из часового стекла с цистами бралась вторая проба цист. К этому времени цисты образуют прилегающие к протоплазме оболочки-эндоцисты и отстающие от них эктоцисты многоугольной неправильной формы. Данные, приводимые нами в табл. 2, позволяют сделать вывод о резком падении интенсивности дыхания, так как размеры цист при этом остаются неизменными.

Третья проба бралась нами через 2 суток после инцистирования из этого же часового стекла, откуда были взяты и две предыдущие пробы. Цисты этого срока обнаружили полное отсутствие дыхания при измерении в спирометре Варбурга (только в единичных случаях наблюдались ничтожные сдвиги в уровне жидкости на шкале спирометра, не поддающиеся точному цифровому выражению). Последующие, еще более поздние сроки инцистирования также не обнаружили дыхания до начала процесса экцистирования. При измерении дыхания эксцистантов нами брались самые ранние стадии, т. е. инфузории, только что вышедшие из оболочек цисты. Дыхание эксцистантов оказалось относительно очень высоким. Принимая же во внимание сильно уменьшенные размеры эксцистантов (средний размер эксцистантов 130 μ , а нормальных инфузорий 322,8 μ), дыхание на этой стадии следует признать более интенсивным, чем дыхание активных инфузорий.

Как было установлено ранее, дыхание *Bursaria truncatella* при голодании обнаруживает значительное повышение интенсивности в первые 2—3 суток голодания⁽²⁾. Эти данные вполне подтверждаются кривой

чувствительности к летальным концентрациям KCN (соли, действующие на дыхательный механизм клетки) голодающих *Paramaecium caudatum* и *B. truncatella* (6, 8). Все это позволяет констатировать сходство кривых дыхания при голодании и инцистировании.

Помряжская (10) в работе по изучению цист *Oxytricha hymenostoma*

Таблица 2

Дыхание *Bursaria truncatella* в период инцистирования (показания шкалы спирометра в мм за 1 час дыхания)

Серия спытсв	Активные инфузории (300 инф.)	Ранние цисты (300 цист)	Через сутки после инцистиров. (300 цист)	Через 2 суток после инцистиров. (300 цист)	Экцистанты (300 инф.)
I	125	70	32	0	82
II	135	80	45	0	87
III	140	70	40	0	80
IV	140	84	46	0	74
V	140	106	80	10	95
VI	120	60	37	0	75
VII	126	76	35	0	83

отмечает резкое увеличение и последующее еще более значительное возрастание жира у инфузорий, взятых из культур, в которых вскоре после этого наступала эпидемия инцистирования. Количество жира продолжало возрастать в первые дни формирования цист, достигая максимума во вполне сформировавшихся цистах, после чего наступало его постепенное уменьшение.

Полянский (4), наблюдая состояние протоплазмы в цистах *Bursaria truncatella*, а Бранд (9) — в цистах *Jodamoeba Butschli*, констатировали увеличение количества гликогена в цистах, причем Бранд, так же как и Помряжская, отмечает постепенное снижение количеств гликогена в цистах поздних сроков по мере их старения. В работе Барбарина (1) по изучению баланса жира и гликогена в протоплазме *Paramaecium caudatum* при голодании отмечалось значительное увеличение жира и гликогена в первые дни голодания и постепенное снижение их количеств на более поздних сроках голода.

Таким образом, характер изменений в балансе жира и гликогена при инцистировании вполне сходен с характером изменений количеств этих веществ при голодании. Распад белков может служить источником образования гликогена, который в данном случае выступает в качестве промежуточного продукта в расщепительных процессах, являющихся энергетическим ресурсом при голодании.

Отсюда следует, что в различные моменты жизненного цикла инфузории, т. е. при конъюгации и инцистировании, многие специфические особенности обоих процессов (характер дыхания, протоплазматические изменения) могут быть объяснены периодом продолжительного голодания, который вызывает оба эти процесса и действием которого в обоих случаях инфузории подвергаются продолжительное время.

Ленинградский государственный педагогический институт им. А. И. Герцена

Поступило 27 VI 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹Б. Барбарин, Биологич. журн., 6, № 4 (1937). ²В. Барбарини Л. Соловьева, ДАН, 31, № 1 (1941). ³Рассе, Biol. Bull., 89, 1 (1945). ⁴G. Poljanskij, Arch. f. Protistenkunde, 81, 3 (1934). ⁵H. Rammelmeyer, ibid., 51 (1925). ⁶Л. Соловьева, Зоологич. журн., 25, 1 (1946). ⁷J. Z weibaum, Arch. f. Protistenkunde, 46, 1 (1922). ⁸В. Барбарин, Уч. зап. Лен. пед. ин-та им. Герцена, 30 (1940). ⁹Th. Brand, Z. f. Parasitenkunde, 4, 4 (1932). ¹⁰Н. Помряжская, Уч. зап. Лен. п. д. ин-та им. Герцена, 30 (1940). ¹¹J. Z weibaum, Arch. f. Protistenkunde, 44, 3 (1921).