

РАБОЧИЕ ПЧЕЛЫ (*APIS MELLIFERA*) СПОСОБНЫ ИСПОЛЬЗОВАТЬ КРАХМАЛ КАК ТОПЛИВО ДЛЯ ПОЛЕТА, А ТРУТНИ НЕ ВЛАДЕЮТ ЭТОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Н. ХРАССНИГ, Р. БРОДСНАЙДЕР, П. ФЛАЙШМАН¹, К. КРАИЛСГЕЙМ, АВСТРИЯ

N. HRASSNIGG¹, R. BRODSCHNEIDER¹, P. FLEISCHMANN², K. CRAILSHEIM¹

¹Institut für Zoologie an der Karl-Franzens-Universität in Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, AUSTRIA
E-mail: norbert.hrassnigg@uni-graz.at, tel.: ++43 (0)316 380 5617, Fax.: ++43 (0)316 380 9875

²Institut für Biomedizinische Technik, Technische Universität Graz, Krenngasse 37, A-8010 Graz, AUSTRIA

Аннотация

Когда взрослых пчел от станции кормили двумолярным раствором глюкозы, содержащим и эквивалент растворимого крахмала одномолярной глюкозы, интервал их полета увеличился на 24%. Трутни, которым давали тот же раствор не увеличили интервал полета, а наоборот, достоверно сократили этот интервал (на 23,6%) сравнительно с периодом, когда их кормили чистым двумолярным раствором глюкозы. Данные два режима кормления не модифицировали среднюю скорость ни в случае взрослых рабочих пчел, ни в случае трутней. Наши результаты показывают, что рабочие пчелы могут использовать крахмал во время полета, а трутни нет. Это показывает, что энзиматическая амилаза, обнаруженная в гипофарингеальных железах взрослых рабочих пчел повышает их эффективность в применении комплексных гидратов углерода и подчеркивает роль последних в переработке корма в высокой социальной системе пчел.

Ключевые слова: трутень/метаболизм полета/крахмал/энзим/пищеварение

Введение

Высоко развитое разделение труда у пчел включает выполнение многих задач возрастного периода, в том числе и пищеварения. Пчелы возрастом когда занимаются содержанием расплода, потребляют большинство количества пыльцы, приносимой пчелами-сборщицами. В специализированных железах пчелы, кормилицы получают из этой пыльцы белковое желе (корм расплода). Этот корм получают расплод, другие рабочие особи, трутни и матка (КРАИЛСГЕЙМ, 1992; КРАИЛСГЕЙМ с сотр., 1992; ХРАССНИГ и КРАИЛСГЕЙМ, 1998 а, b). Рабочие пчелы очень эффективны в переваривании корма, состоящего из нектара и пыльцы. Это отражает выделение энзимов, как сахаразы (СИМПСОН с сотр., 1968) или амилазы в гипофарингеальных железах, которые переваривают гидраты углерода, а также присутствие, протеолитических энзимов в кишке, которые используются, главным образом, для деградирования белков, содержащихся в пыльце (МОРИЦ и КРАИЛСГЕЙМ, 1987). Выделение этих энзимов в высокой степени зависит от активности рабочих пчел. У молодых пчел (кормилиц) гипофарингеальные железы производят, в основном, белковое желе, а взрослые пчелы (сборщицы) производят в основном энзимы для переваривания гидратов углерода (ГАЛБЕРШТАТ, 1980; КУБО с сотр., 1996). Амилаза и сахараза деградируют комплексные гидраты углерода, в результате чего получают их мономеры, в то время как глюкоз-оксидаза способствует лучшему хранению меда, благодаря производства небольших количеств перекиси водорода. Эти карбогидразы обнаружены также в складируемом в сотах меду.

Самцы лишены гипофарингеальных желез (СНОДГРАСС, 1956). Трутни не включены в процесс сбора и складирования кормовых запасов семьи. Их единственная задача (так нам известно до сих пор) – производство спермы и оплодотворение матки. Для выполнения этой задачи они осуществляют резистентные полеты (ГМАЙНБАУЕР и КРАИЛСГЕЙМ, 1993). Они получают энергию для этих полетов из кормовых запасов семьи. Известно, что пчелы способны переваривать крахмал, но пока точно не знаем, является ли этот процесс довольно быстрым для поддержания метаболизма полета или нет. Не известно также, могут ли трутни переваривать крахмал, или могут ли они использовать его для полета, или нет. Рабочие пчелы и трутни могут ли использовать крахмал в метаболизме полета?

Материал и методика

Для исследования метаболизма полета рабочих пчел и трутней, нами они подготовили для полета в карусели, описанной уже ХРАССНИГОМ и КРАИЛСГЕЙМОМ, 1999). Если крахмал использован в метаболизме полета пчел, то дополнительное применение крахмала в растворе глюкозы должно увеличивать продолжительность полета и/или числом маршрутов пчел внутри летной камеры. Нами взяты пробы рабочих пчел от станции кормления после применения одномолярного раствора сахарозы. Трутни взяты с боковых рамок одной семьи, где обычно

находятся взрослые особи. Пчелы подготовлены для фиксирования на ручке карусели. В начале, пчел стимулировали летать без того, чтобы дополнительный корм принудил их израсходовать запасы энергии (сахар). Затем их кормили определенными количествами раствора глюкозы и глюкоз-крахмала и стимулировали снова летать. Каждое кругообразное движение регистрировано компьютером, а общая продолжительность полета дополнительно хронометрирована вручную. В подсчетах использовали лишь активный период полета.

После первого полета рабочие пчелы и трутни получили 10 μ л раствора чистой глюкозы (2 М). Спустя 5 мин перерыва их стимулировали летать. В момент истощения, их сняли с ручки карусели и кормили раствором глюкоз-крахмала (концентрация глюкозы – 2 М, а крахмала – 1 М). Для экспериментов нами использована чистая глюкоза и растворимый крахмал (по ЗУЛКОВСКОМУ) от Мерка. Количество крахмала исчислено для его мономеров, как ангидрая глюкоза ($C_6H_{10}O_5$) с молекулярным весом 162 г. Нами увеличено количество крахмала на 10%.

Результаты

Период полета рабочих пчел в карусели был на 19% больше, чем у трутней, при применении того же количества глюкозы (10 μ л, 2 М) (рис. 1).

Когда трутням дали раствор чистой глюкозы (10 μ л, глюкоза 2 М) они летели достоверно дольше, чем в случае скармливания им глюкозы с крахмалом (10 μ л, глюкоза 2 М, 1 М ангидрой глюкозы). Таким образом, у трутней, которым дополнительно скармливали крахмал, период полета сократился на 23,6% (рис. 1).

Рабочие пчелы, которых кормили глюкозой с крахмалом продлили полет на 24,2% по сравнению с пчелами, которым скармливали одинаковое количество только глюкозы. Не обнаружено ни одной достоверной разницы в общей продолжительности полета, когда пчел кормили 10 μ л трехмолярного раствора глюкозы или 10 μ л раствора, содержащего 2 М глюкозы и 1 М ангидрой глюкозы.

Расстояние полета пчел, которых кормили глюкозой (10 μ л, 2 М) было достоверно короче, чем у пчел, которым давали глюкозу + крахмал (10 μ л, глюкоза 2 М и 1 М ангидрой глюкозы) и составляла $1665,0 \pm 199,1$ м ($n = 11$) и, соответственно, $2249,4 \pm 331,1$ м ($n = 15$) (тест U, $p < 0,001$). Расстояние полета трутней, которых кормили глюкозой составляло $1727,0 \pm 357,3$ м ($n = 9$), а у трутней, которым давали глюкозу с крахмалом – $1380,7 \pm 153,1$ м ($n = 9$) (тест U, $p < 0,05$). Продолжительность полета рабочих пчел и трутней, которым давали раствор чистой глюкозы была почти одинаковой ($P = 0,70$), а трутней, которым скармливали дополнительно и крахмал была достоверно короче ($P < 0,001$).

Наши результаты показывают, что энзиматическое оснащение рабочих пчел дает им возможность использовать не только сахара, но и крахмал для их интенсивного метаболизма полета, что не действительно для трутней, которые имели сокращенный полет после поглощения крахмала.

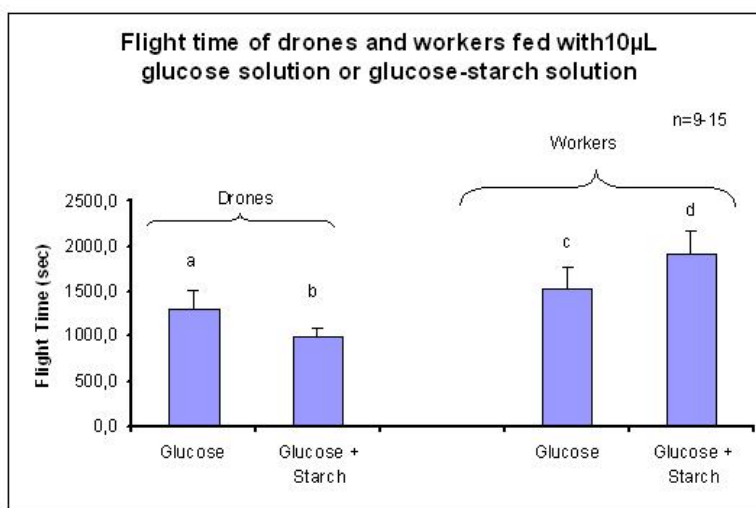


Рис. 1: Общий период полета трутней и рабочих пчел, которым скармливали либо двухмолярный раствор глюкозы, либо 10 μ л двухмолярного раствора глюкозы с крахмалом, что является эквивалентом раствору трехмолярной глюкозы.

Идентичные буквы над колоннами указывают отсутствие статистически достоверных разниц (ANOVA; $P < 0,05$).

(сверху) Период полета трутней и рабочих пчел, которым скармливали 10 μ л раствора глюкозы или раствор глюкозы-крахмала.

(по вертикали) Продолжительность полета (сек.)

(по горизонтали, сверху) трутни рабочие пчелы $n = 9-15$

(по горизонтали, снизу) глюкоза глюкоза+ крахмал глюкоза глюкоза+ крахмал

Дискуссии

Крахмал не является главным элементом кормления медоносных пчел. Он находится в пыльце в различных количествах (кукуруза, например, содержит много крахмала – 22,4% (СТЕНЛИ и ЛИНСКЕНС, 1985). Пчелиная семья потребляет около 80 кг меда и 20 кг пыльцы в год (ШИЛИ, 1985). Если предположим, что пыльца содержит в среднем 10% сухого веса, получается дополнительное количество в 2 кг ангидрой глюкозы, эквивалент 2,6 кг меда. Сравнительно с общим количеством гидратов углерода (82,6 кг: мед плюс крахмал), энергетический эквивалент крахмала является только частью в 3,1%. Это относительно мало и будет еще меньше из-за того, что энтомофильные растения производят меньше крахмала, чем аэрофильные (СТЕНЛИ и ЛИНСКЕНС, 1985).

В отличие от трутней, рабочие пчелы могут переваривать крахмал в их метаболизме полета, что повышает их летную активность. Наши результаты показывают также, что трутни специально приспособлены к корму, которого берут из ячеек сотов с медом и не нуждаются в амилазе для переваривания крахмала. Это соответствует факту, что трутни поглощают мало пыльцы (ШОЛДЕРИЦ и КРАЙЛСГЕЙМ, 1993). Следует установить исследованиями, способны ли матки использовать крахмал или нет. Сокращенная продолжительность полета трутней в нашем эксперименте может основываться на адсорбции глюкозы у молекул поглощенного крахмала. В натуральных условиях, перед полетом, трутни поглощают мед из ячеек сотов. Таким образом, они поглощают и энзимы, производимые рабочими пчелами. Это не случай нашего эксперимента, в котором трутней кормили чистым раствором сахара или сахара-крахмала. Таким образом, возможно, что в натуральных условиях, поглощенный крахмал может быть использован трутнями через энзимы, попадающие сразу с медом. Но это подчеркивает еще раз важную функцию рабочих пчел в переработке корма и в поддержании мужского рода.

Наши результаты – дополнительное доказательство высокоразвитого разделения труда в семьях медоносной пчелы, где рабочие пчелы занимаются не только сбором корма, но переваривают его для других членов семьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Gmeinbauer R., Crailsheim K. (1993), Glucose utilization during flight of honeybee (*Apis mellifera*) workers, drones and queens. *J Insect Physiol* 39: 959-967
- Crailsheim K. (1992), The flow of jelly within a honeybee colony. *J Comp Physiol B* 162: 681-689
- Crailsheim K., Schneider L.H.W., Hrassnigg N., Bühlmann G., Brosch U., Gmeinbauer R., Schöffmann B. (1992), Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): Dependence on individual age and function. *J Insect Physiol* 38: 409-419
- Halberstadt K. (1980), Elektrophoretische Untersuchungen zur Sektionstätigkeit der Hypopharynxdrüse der Honigbiene (*Apis mellifera* L.). *Insectes Sociaux* 27: 61-77
- Hrassnigg N., Crailsheim K. (1998a), The influence of brood on the pollen consumption of worker bees (*Apis mellifera* L.). *J Insect Physiol* 44: 393-404
- Hrassnigg N., Crailsheim K. (1998b), Adaptation of hypopharyngeal gland development to the brood status of honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *J Insect Physiol* 44: 929-939
- Hrassnigg N., Crailsheim K. (1999), Metabolic rates and metabolic power of honeybees in tethered flight related to temperature and drag (*Hymenoptera: Apidae*). *Entomol Gener* 24: 23-30
- Kubo T., Sasaki M., Nakamura J., Sasagawa H., Ohashi K., Takeuchi H., Natori S. (1996), Change in the expression of hypopharyngeal-gland proteins of the worker honeybees (*Apis mellifera* L.) with age and/or role. *J Biochem* 119: 291-295
- Moritz B., Crailsheim K. (1987), Physiology of protein digestion in the midgut of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *J Insect Physiol* 33: 923-931
- Seeley T.D. (1985), Honeybee Ecology. Princeton University Press. Princeton, New Jersey pp202
- Simpson J., Riedel IBM, Wilding N. (1968), Invertase in the hypopharyngeal glands of the honeybee. *J Apic Res* 7: 29-36
- Snodgrass R. E. (1956), Anatomy of the honey bee. Cornell University Press, Ithaca, London
- Stanley R.G., Linskens H.F. (1985), Pollen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Szolderits M.J., Crailsheim K. (1993), A comparison of pollen consumption and digestion in honeybee (*Apis mellifera carnica*) drones and workers. *J Insect Physiol* 39: 877-881