ПОЗНАЮЩЕЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ У ПЧЕЛ?

П. РАЙТ, Х. СТОКС, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

P. WRIGHT, Helen STOKES
Department of Psychology, University of Edinburgh, 7 George Square, EH8 9JZ, Edinburgh, Scotland, REINO UNIDO
Tel.: 0131-650-3430, Fax: 0131-654-3461, E-mail: P.Wright@.ed.ac.uk

Аннотация

В последние годы, психологи и нейрологи проявили большой интерес к пчелам, в результате повторного утверждения их высокого уровня познающего умения и особенно внушения, что медоносные пчелы используют "познающую карту" их окружающей среды (ГУЛД, 1990). Идеи о познающем картировании будут вкратце представлены в данной работе. Будет описан эксперимент, заменяющий озеро ГУЛДА некультивированным полем, так как считаем, что озеро не является соответствующим местом для медосбора. В отличие от эксперимента с озером, среднее число рекрутированных пчел было достоверно высшим в некультивированной зоне, чем в контрольной зоне с обильным медосбором. Такой результат можно ожидать от модели оптимального сбора, но наличие познающих карт и тщательное исследование пчелы остаются открытыми.

Способности навигации пчел Apis mellifera - одни из самых комплексных свойств, известных у непозвоночных и, возможно, даже позвоночных (кроме человека).

Несмотря на то, что, несомненно, медоносные пчелы способны летать используя знакомые ориентиры, две противоположные модели могут быть использованы для объяснения памятного пространственного представления, находящегося под влиянием этой способности. Первая предлагает мысль, что медоносные пчелы складируют память ориентиров в серии "моментальных снимков", специфичных их маршруту; они оказываются полезными в последовательном порядке для полета над знакомым маршрутом[1]. Медоносные пчелы обсуждают степень сходства или разницы между текущей картиной и "моментальным снимком", складированным в их памяти из предыдущего полета для зарождения направляющего сигнала, высылающего пчелу ближе к цели[2,3]. Наложение картин осуществляется независимо от способа, при котором пчела включается в сеть, например, по новым трассированным путям[3]. Метрические отношения на окружающей площади не могут быть получены из памяти такого рода, так как на карте специфичных путей сохраняется лишь коллинеарная информация, в том, что касается избранных пунктов, а не метрических отношений, связанных с расстоянием и углами[4]. Так, например, сохраняется тот факт, что улей находится на прямой линии, определенной парой "моментальных снимков" или, точнее, в перекрестке двух таких линий.

Это пораждает сильную дихотомию между позвоночными и непозвоночными, так как первые различным образом используют ориентиры полета, как часть мысленной карты[6]. "Познающая карта является познающей аналогичносностью топографической карты, соответственно познающему регистрированию, кодифицирующему относительные метрические позиции между пунктами, линиями и пространствами окружающей среды, сохраняющими все геометрические отношения между картографированными единицами. В операционных терминах это значит, что животное, использующее такую познающую картину должно быть способным под-считывать самое короткое расстояние между двумя картографированными пунктами, даже если никогда не прошли по этому пути. В более общих терминах животное должно быть способным определять свою позицию, скажем по отношению к своему гнезду или к любому картографированному пункту, даже если он перемещен в другом месте, но расположенном в его окружающей среде[7]. Позиция цели животного на его познающей карте это та, которая позволяет ему двигаться к этой цели скорее чем актуальное восприятие характеристик данной цели. Однако, некоторые исследователи указывают, что данная дихотомия между позвоночными-беспозвоночными в действительности не существует, так как есть доказательства, что беспозвоночные, как пчелы сборщицы Apis mellifera, способны разрабатывать и сохранять познающие карты окружающей среды[7]. Данная точка зрения не отрицает тот факт, что медоносные пчелы могут, иногда, применять стратегию момента, но утверждают, что стратегия картографического типа находится в распоряжении других условий.

Существенным образом, наиважнейшее доказательство происходит от экспериментов, которые экзаминируют ловкость пчел летать по новому маршруту, по которому они раньше никогда не летали. Новейшие эксперименты, включающие полет тренированных пчел сборщиц, уловленных в одном месте сбора и освобожденных в другом не поддерживают версию ловкости познающего картирования пчел[9].

Высокий уровень разработки предложенных способностей познающего картирования медоносных пчел показан в ряде "экспериментов с озером"[8,9]. В первом случае пчелы тренированы вдоль

берега озера[11], а техника перенаправления[12] применена для манипулирования танцев тренированных пчел для указания пункта по середине озера. Рекрутированные пчелы отказались эксплорировать пункт по середине озера; если перенапрвление фиксировано до нуля, много пчел прилетели к станции, находящейся на берегу озера.

В модифицированном варианте указанного выше эксперименте, ГУЛД и ГУЛД[10] тренировали группу сборщиц долететь до кормушки, размещенной в лодке по середине озера и другую группу – до кормушки, размещенной на том же расстоянии от улья, но на берегу озера. При повышении концентрации сахарного раствора, обе группы сборщиц вернулись в улей и танцевали, но рекрутированные пчелы долетели до станции, расположенной на берегу озера. Как контроль, эксперимент повторен после того, как улей ночью переместили на другом месте (на поле с границей лес/поле), с размерами и направлением, подобными границе земля/озеро из предыдущего эксперимента. Кормушки занимали позицию на поле в лодках, в одинаковых позициях по отношению к улью в том, что касается указанных границ. Когда концентрация сахарного раствора повысилась, более сокращенное число рекрутированных пчел направились к кормушке, позиция которой находилась в зеркале с озерной станцией, сравнительно с кормушкой, находящейся в зеркале со станцией на берегу озера, несмотря на интенсивном танце двух групп.

ГУЛД и ГУЛД (1988) выразили предположение, что этот факт включает применение пчелами познавательной карты в оценивании сообщения, содержащегося в танце возвращенных сборщиц. "Вместо, чтобы считали этот танец просто набором указаний, они принимают его как указание пункта карты земного участка. Когда указанный пункт не находится на участке с медосбором, сообщение игнорировано". Из эксперимента с озером вытекают два важные вывода. Первый вывод говорит о том, что пчелы способны фиксировать указанное место на познающей карте танцем. Второй вывод показывает, что пчелы владеют какимто чувством, позволяющим им принимать решение, основанное на информации в том, что касается сообщения источника сбора. Они могут использовать (или нет) информации, основанные на этой карте в их навигации к источнику корма.

Настоящий эксперимент является модифицированным вариантом озерных экспериментов ГУЛДА, но без неотделимых проблем тренирования пчел для сбора за какой-либо водой. Данный эксперимент рассматривает оценивание того факта, являются ли или нет медоносные пчелы способными использовать познающую карту для идентифицирования указанного места балансированным танцем и способны ли пчелы оценивать указанное место и решать, является ли или нет успешной для сбора зона. Был задуман эксперимент, в котором пчелы вовлечены долететь до кормушки в двух ситуациях. В условиях эксперимента пчелы вовлечены летать на пустом поле, вспаханном и осемененном овсом. Как и в озерном эксперименте пчелы, знающие местную зону, будут "знать", что эта зона не может быть использована для сбора, так как во время их существования поле не дало никакого сбора. Однако, в отличие от зоны, покрытой водой, возможные рекрутированные пчелы мало вероятно отвергнуты враждебными запахами и, следовательно они не заблуждаются и не тонут при изыскании источника корма. Контрольные пчелы тренированы долететь до пункта кормления, находящегося на подобном поле, но с обильными источниками натурального сбора. Улей расположен на границе между пустой зоной и зоной с богатыми источниками натурального сбора.

Процедуры тренировки

Был проведен ряд поперечных сечений для оценивания имеющегося для пчел сбора на окружающей улей площади. Зарегистрированы атмос-ферное давление, температура, влажность, процент облачного покрова и скорость ветра.

Пчелы были тренированы в пустой для сбора зоне, осемененной овсом. Процедура тренировки основывалась на техниках, разработанных Фон ФРИШОМ[13] и расширенными ГУЛДОМ и ГУЛДОМ (1988). Несколько капель концентрированного сахарного раствора (2 г) разлиты пипеткой на летную доску. Сахарный раствор ароматизирован клеверным маслом при добавлении одной капли на литр. Сахарный раствор размещен на расстоянии нескольких см от летной доски, а потом на горизонтальной планшетке, устроенной вдоль летной доски. На планшетке прочерчена белой краской центральная линия для руководства пчел.

На около 10 см от летной доски на планшетке была размещена кормушка. Это была, на деле, чашка Петри (8 см диаметра и 1,5 см глубины), окруженная светло желтым картоном, как зрительная помощь для пчел при локализации источника корма Необходимым было обеспечивать все время чашку полной для минимализации эффектов концентрации после испарения раствора.

Доску кормушки постепенно передвигали к концу 60 см-ой пластинки, после чего расположили на треножнике, на той же высоте. Когда было установлено, что пчелы приспособились к переходу, пчелы, которые осещали аходящуюся на треножке кормушку были маркированы цветным пунктом на груди, используя маркер для маток, из торговой сети.

Когда число сборщиц дошло до 30, сахарный раствор заменен более разбавленным раствором (около 0,375 М), очень мало ароматизированным, так, чтобы не были рекрутированы

другие пчелы (Фон ФРИШ[13], 1967). Для плавного перехода между пластинками с раствором разной концентрации пчелы были обязаны покидать место кормления с помошью дымаря. Когда пчелы начали снова кормиться треножник был постепенно перемещен далее от улья. Треножник никогда не оставляли менее 20 мин. в одном и том же месте, для того, чтобы пчелы не оставлялись "окамененными" на том или ином расстоянии (ГУЛД и ГУЛД, 1988). Когда сборщицы посещали установленную кормушку (около 80 м от улья) в кормушку наливали большее количество концентрированного и ароматизированного раствора, для того, чтобы пчелы осуществляли балансированный танец при возвращении в улей. Был налюдатель для проверения того, что эти танцы были действительно осуществлены маркированными пчелами.

Видеокамера позиционирована прямо над конечным пунктом корма, благодаря чему зарегистрирована вся деятельность на этом пункте в течение 75 мин. с момента, когда тренированным пчелам предложили концентриро-ванный раствор. Каждая ново прилетевшая на пункт корма немаркированная пчела была маркирована другой краской, чем первоначально тренированные пчелы. Одновременно, в улье, в течение 1 мин. через каждые 5 мин. изымали боковые деревянные стенки наблюдая за числом маркированных пчел на сотах. Деревянные стенки ставили затем на место на 4 мин между наблюдениями.

Точно такая же процедура повторена в контрольном пункте в почти идентичных климатических условиях, но в зоне с обильным натуральным медосбором около улья. Число новых рекрутированных пчел, ранее рекрути-рованных и тренированных пчел, которые посещали кормушку в течение 1 мин. установлено регистрированиями видеокамерой.

Результаты

В противоположность с результатами озерного эксперимента ГУЛДА (1988) было обнаружено, что рекрутирование пчел осуществлено успешно в зоне без взятка. В рамках эксперимента было рекрутировано больше пчел, чем в контроле, где был обильный медосбор (86 и, соответственно 39 пчел).(таблица I).

Таблица I

Общее число посещений питательной станции

	Опытное положение	Контрольное положение
Новые рекруты	86	39
Посещения рекрутов	394	145
Посещения тренированных пчел	335	187
Всего посещений	729	332

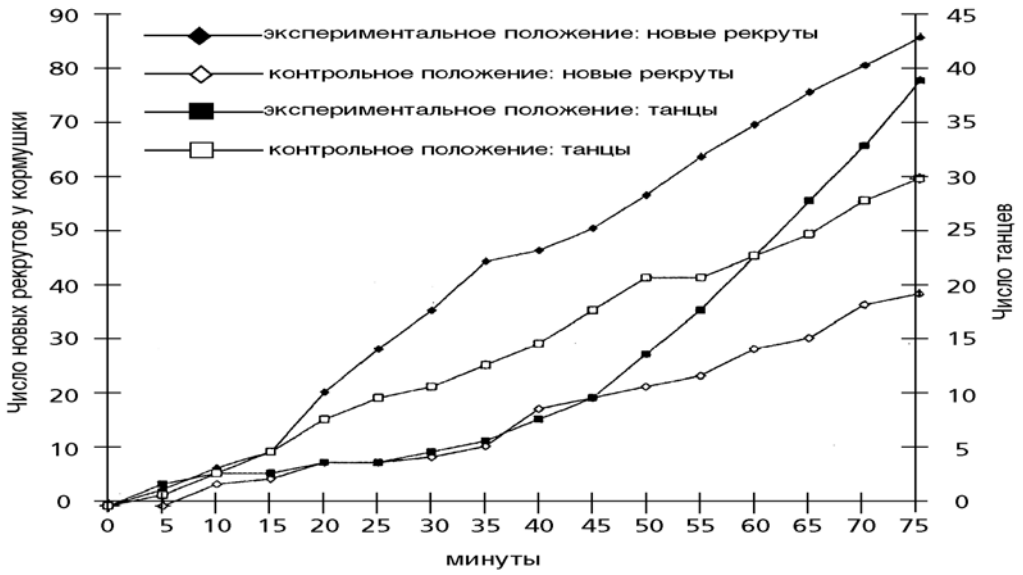


Рис. 1 – Число новых рекрутов у кормушки после увеличения количества сахарного раствора и число танцев у улья

Тренированные пчелы в большей степени посещали кормушку в зоне без источников корма, чем в контрольной (335 и, соответственно, 187), несмотря на то, что 30 пчел тренированы в рамках каждой из двух положений. Рекруты оказали предпочтение посещению кормушки в экспериментальных рамках, со средней 4,58 посещения/пчелу в зоне без источников корма и 3,72 посещения в зонах с нормальным сбором. Таким образом, число посещений рекрутированных пчел превышало число посещений тренированных в эксперименте пчел спустя 57 мин. Общее число посещений кормушки в зоне без источников корма был в два раза выше положения из зоны с обильным сбором (729 по отношению к 332). Эволюция во времени прилета рекрутов и тренированных пчел, как в опытном, так и в контрольном положении показана на рис. 1 и 2.

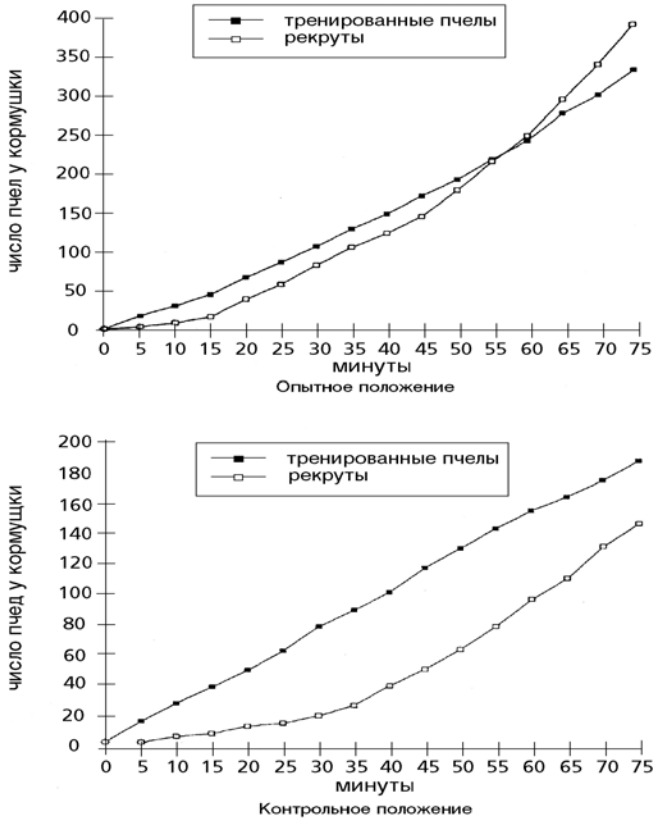


Рис.2 Сравнение между числом посещений пчел рекрутов и числом тренированных пчел

Эти последствия не объясняются тем, что другие факторы среды оказали влияние на результаты, так как климатические условия и локализация были идентичными в двух ситуациях. Их нельзя объяснять тем, что большее число рекрутов в эксперименте причинено более интенсивно тренированными пчелами, которые продолжали посещать кормушку, так как больше танцев фактически отмечено в контроле в продолжение первого часа эксперимента. Число танцев является лишь показателем реального числа танцев маркированных пчел, так как за ними не следили 4 мин. из 5 мин. танца. Несмотря на это, решено, что они могут быть более точным указателем натуральных танцев из улья чем постоянное наблюдение за сотами, так как прямой свет достоверно влияет на танцы медоносных пчел (Фон ФРИШ[13], 1967). Исследования показали, что танец сильно уменьшался при изымании боковых стенок более 10 мин. Необходимо подчеркнуть, что рекрутирование улучшено в зоне без ресурсов. Среднее число новых рекрутированных/танец (см. таблицу II) было намного выше в зоне без ресурсов, чем в контрольной зоне с обильными ресурсами (в среднем 4,23 рекрута/танец и, соответственно,1,1 рекрут/танец).

Таблица II

Среднее число новых рекрутов для каждой маркированной сборщицы

Интервал времени	Экспериментальное положение	Контрольное положение
0-75 мин.	4,23	1,10
0-25 мин.	3,93	1,03
26-50 мин.	5,95	1,00
51-75 мин.	2,79	1,25

Выводы

В настоящей работе пустая полевая зона, осемененная травянистой ржаной монокультурой избрана как "непрактичное" место для сбора, как озеро в эксперименте ГУЛДА и ГУЛДА 1988). Можно утверждать, что озеро фундаментально отличается от пустой зоны, так как, теоретически, источники сбора можно найти на земле и не в коем случае на воде, факт, который инстинктивно пчелы "знают". Если данное предположение является правильным, настоящий эксперимент не предоставляет прямого сравнения с экспериментом озера. Однако, это может вести к недооцениванию значения поведения сбора у медоносных пчел. Другие авторы показали, что накопленный в прошлом сборный опыт пчел может достоверно влиять на оценивание источника сбора медоносными пчелами[14]. На основе этого доказательства, пустое поле и озеро являются столь же непрактичными для пчелы, которая, в течение всей своей жизни не осуществила ни одного сбора в данной зоне.

Во всяком случае, необходимость, чтобы медоносная пчела быстро приспособилась к уникальному, часто трудному комплексу положений сбора, делает мало вероятной идею, что любое место (даже озеро) можно считать совершенно непрактичным. Такую идею надо опровергать, несмотря на то, вызван этот факт опытом или строгим биологическим программированием. Простой факт, что ГУЛДУ и ГУЛДУ удалось тренировать пчел полетом пересекать водное пространство показывает, что пчелы не полностью опровергают возможность летать через воду для изыскания источника корма. Ценные источники сбора будут пренебрежены, если возможные рекрутированные пчелы не уделяют внимания танцам о зоне, в которой раньше не было источников сбора. Сборщицы часто встречаются с изменениями распределения, обильности и качества источников сбора; они должны учитывать вариации в зависимости от времени года и области, а также дифференциальные эффекты, которые непредвиденная погода оказывает на сбор. Часто, сбор встречается в местах, которые считают недоступными, как острова, земельные участки по середине озер, пустые болотные зоны, как это встречается в сезон сбора вереска в Шотландии, а также коробки, подвешенные у окон городских бетонных домов.

Может быть нет смысла прибегать к понятию, что пчелы издавали бы (или нет) рассудки о практичном характере указанного источника корма, Однако, пчелы владеют прирожденной тенденцией тестировать все новые информации, предоставленные танцами, указывающими на наличие богатых источников сбора, независимо от сообщенного места. Следовательно, оказывается вероятным призыв "оптимальной для сбора" стратегии для объяснения интенсифицированной деятельности в пустой зоне нашего эксперимента без того, чтобы прибегать к объяснению познавательной карты.

Л И Т Е Р А Т У Р А

[1] Wehner,R., Spatial vision in arthropods. In (ed) H. Autrum, Handbook of Sensory Physiology. Vol VII/6C. Berlin: Springer-Verlag, 1981, pp 287-316
[2] Cartwright B.A. and Collett T.S., How honey bees use landmarks to guide their return to a food source. Nature, 295 (1982), 560-564
[3] Dyer F.C. and SeeleyT.D., On the evolution of the dance language. The American Naturalist, 133 (1989), 4-16
[4] Gallistel C.R., The Organisation of learning. Cambridge Massachusetts:MIT Press, 1990
[5] Shettleworth S.J., Cognition, evolution and behaviour. Oxford, Oxford University Press, 1998
[6] Tolman E.C., Cognitive maps in rats and men. Psychological Review, 55 (1948), pp. 189-208
[7] Wehner R. and Menzel R., Do insects have cognitive maps? Annual Review of Neuroscience, 13 (1990), pp 403-414
[8] Gould C.G. and Gould J.L., The Honey bee. Scientific American Library, 1988
[9] Giurfa M. and Capaldi E.A., Vectors, routes and maps: new discoveries about navigation in insects. Trends in Neurosciences, 22 (1999), pp 237-242
[10] Gould,J.J. Honey bee cognition. Cognition, 37, (1990) pp 83-103
[11] Gould C.G. and Gould J.L., The insect mind: Physics or metaphysics? In (ed) D.R.Griffin, Animal Mind-Human Mind. Report of the Dahlem Workshop, Berlin, March 22-27, 1981
[12] Gould J.L., Honey bee communication: the dance language controversy. Science, 189 (1975), pp 685-692
[13] Frisch, K. von, Dance language and orientation of bees. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts ,1967
[14] Raveret Richter M. and Waddington K.D., Past foraging experience influences honey bee dance behaviour. Animal Behaviour, 46 (1993), pp 123-128