

<https://doi.org/10.3176/biol.1980.2.03>

УДК 595.7—15

Антс-Иоханнес МАРТИН

## ВЕСЕННЯЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ В ГНЕЗДАХ СЕВЕРНОГО ЛЕСНОГО МУРАВЬЯ (*FORMICA AQUILONIA* YARROW)

### 1. Пассивное прогревание гнезда

Северный лесной муравей зимует в подземных частях муравейника, в теплые зимы — в глубине гнездового купола. Температура в камерах зимовки равна 0,5—1,5°C, в куполе незначительно отличается от температуры воздуха. Весной вскоре после появления муравьев на куполе гнездо резко разогревается до нужной для развития молоди температуры (26—30°). По М. Цану (Zahn, 1958), разогрев происходит за счет тепла, поглощенного телами муравьев на поверхности муравейника и транспортированного ими во внутрь гнезда. Этой гипотезы придерживались и другие авторы (Heimann, 1963; Длусский, 1967; Otto, 1971). Г. М. Длусский (1975) в своей статье приводит новые данные о предполагаемом механизме весеннего разогрева, которые рассматриваются и в данной работе. Некоторые исследователи предполагают, что муравьи рода *Formica* строят гнездовые купола по форме в наилучшем соответствии с метеорологическими условиями местности и могут регулировать тепловой режим гнезд, изменяя угол наклона купола к солнцу (Andrews, 1927, 1932; Lange, 1959; Длусский, 1967; Дмитриенко, Петренко, 1976; Galle, 1973).

Из наших наблюдений выяснилось, что гнезда, находящиеся в темных ельниках, получают солнечное излучение кратковременно, поэтому температура поверхности купола и греющихся на нем муравьев ниже, чем в камерах молоди. Если бы муравьи вносили теплоту, поглощенную их телами, в гнездо, то температура в поверхностных слоях была бы выше температуры центра муравейника, поскольку прогретые муравьи проходят эти слои, пробираясь в камеры молоди (Длусский, 1975). Во время разведения молоди, как правило, в центре гнезда в камерах молоди теплее, чем в поверхностных слоях (Мартин, 1975). Исключение составляют гнезда, находящиеся на вырубках и на опушках леса, поверхность которых нагрета солнцем (Martin, 1975). Необходимая для молоди температура и ее регуляция в гнезде несущественно зависят от формы гнездового купола. Выяснилось, что форма его зависит от температуры, освещенности и влажности местонахождения (Andrews, 1927, 1932; Scherba, 1958; Lange, 1959; Дмитриенко, Петренко, 1976; Длусский, 1967) и обусловлена температурным градиентом между нижней частью гнезда и вершиной, а также между разными сторонами купола и температурой, предпочитаемой строящими муравьями (Мартин, 1975; Martin, 1975).

В настоящей статье рассматривается регулирование температуры в гнездах северного лесного муравья весной и излагаются наши соображения о продуцировании тепла и обеспечении оптимальных температурных условий для нормального развития молоди.

## Материал и методика

Микроклимат муравейников мы изучали с 1970 по 1976 г. в комплексе колоний северного лесного муравья в лесничестве Кийдъярве, которое охватывает разные типы леса и вырубки на площади в 193 га. Изучали муравейники разной величины и возраста в различных условиях освещенности и температуры. Определяли влияние температуры воздуха, солнечной радиации, ветра и осадков на температурный режим 43 гнезд. Из них в девяти населенных и в четырех брошенных гнездах измеряли суточную и сезонную динамику температуры на разной высоте и глубине купола в 50 пунктах. В отличие от других исследователей мы учитывали и влияние ветра, от которого существенно зависит тепловой режим гнезда. Поэтому температуру измеряли на четырех склонах муравейника (Ю, С, В, З) (рис. 1). Для определения разме-

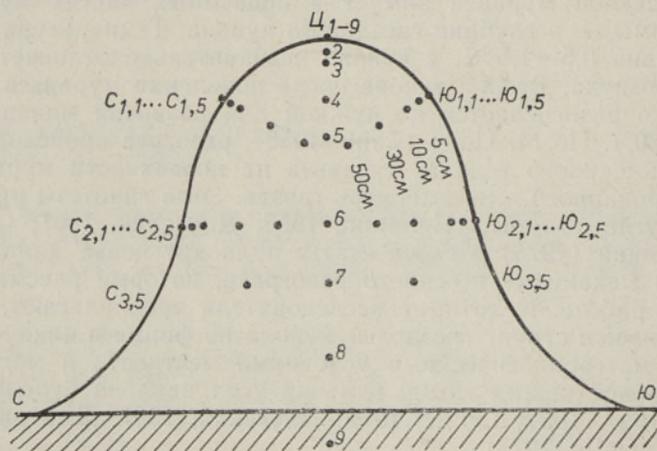


Рис. 1. Расположение термометров в гнезде северного лесного муравья по разрезу С—Ю (разрез В—З аналогичен, а термометры находятся в следующих точках: В<sub>1,1</sub>—В<sub>1,5</sub>, В<sub>2,1</sub>—В<sub>2,5</sub>, З<sub>1,1</sub>—З<sub>1,5</sub>, З<sub>2,1</sub>—З<sub>2,5</sub>). Термометры Ц<sub>6</sub>, Ц<sub>7</sub>, Ц<sub>8</sub>, Ц<sub>9</sub> находятся в центре гнезда.

щения молоди в муравейнике брали пробы из аналогичных гнезд. Суточную динамику температуры измеряли еженедельно в течение 24 ч, а если в это время происходило резкое изменение погоды — в течение 48 ч через каждые 3—4 ч. В то же время регистрировали направление и силу ветра, температуру почвы на глубинах 5, 10, 30 и 50 см. Для исследования покровного слоя и теплообмена между муравейником и средой наблюдали за открытием и закрытием отверстий ходов, выходящих на поверхность купола, а также за увеличением теплообмена в гнездах, поверхностный слой которых был поврежден. Температуру на поверхности купола, а также температуру воздуха, выходящего из ходов гнезда, измеряли с помощью термометра сопротивления с микродатчиком, изготовленным в СКБ Эстонского НИИ животноводства и ветеринарии им. А. Мельдера. Определяли экспозицию контрольных гнезд в отношении солнца и тени, а также время солнечного излучения на муравейник. Следили за появлением муравьев на куполе, их размещением и поведением во время прогревания и активного разогревания гнезда. Температуру прогревшихся муравьев изме-

ряли термометром сопротивления с микродатчиком. Прослеживали размещение муравьев в гнезде. Из разных частей муравейника брали муравьев для определения содержания запасных веществ в них.

Автор считает приятным долгом выразить глубокую благодарность своему научному руководителю В. Маавара и коллеге А. Куузику за ценные советы и плодотворные дискуссии.

### Результаты и обсуждение

Весной освобожденные от снега темные поверхностные слои муравейников интенсивно поглощают солнечное излучение. Сначала нагреваются южные склоны муравейников, затем освобождаются от снега остальные части и основание гнезда. Повышение температуры в муравейнике происходит за счет пассивного прогревания гнезда и активного разогревания его. М. Цан (Zahn, 1958) разделил массовое прогревание муравьев на куполе, действие «муравьев-теплоносцев» и разогревание гнезда на пассивную и активную фазы. В настоящей работе пассивное прогревание муравейника охватывает тот период, когда температурный режим гнезда не подлежит контролю муравьев (подробнее рассматривается весенний период). Активным разогреванием мы считаем массовое прогревание муравьев на куполе и повышение температуры гнезда муравьями за счет физиологического тепла.

В период пассивного прогревания температура в куполе муравейника поднимается выше температуры зимовочных камер, но остается ниже максимальной (в лесных условиях ниже средней) температуры воздуха, за счет циркуляции воздуха в пористом внутреннем конусе и теплопроводности гнездового материала (рис. 2, 3). С увеличением температурного градиента между зимовочной камерой и поверхностью гнезда муравьи перемещаются в том направлении, откуда идет тепло. Первыми появляются на вершине или на южном склоне купола те муравьи, которые зимовали в верхних зимовочных камерах. Большинство муравьев остается в глубине гнезда, где еще долго удерживается низкая температура (рис. 2). В этот период муравейник в целом прохладен, основание купола и затененные поверхностные слои купола часто заледенены.

Наши наблюдения подтвердили точку зрения Х. Эйдмана (Eidmann, 1942) и М. Цана (Zahn, 1958), по которым первыми появляются на поверхности купола те муравьи, которые осенью спустились в зимовочные камеры последними. Нельзя согласиться с М. Цаном (Zahn, 1958) в том, что перезимовавшие в верхних частях купола муравьи весной передают информацию о повышении температуры воздуха муравьям, зимующим в глубине гнезда. В условиях Эстонии в малоснежные зимы температура в верхних частях гнезд северного лесного муравья понижается до  $-15^{\circ}$  на продолжительный срок. В таких случаях в куполе рано весной не оказывается живых муравьев. Эксперименты В. Маавара показали, что северные лесные муравьи не выдерживают длительного холода, хотя точка переохлаждения диапаузирующих рабочих доходит до  $-19^{\circ}$  (Маавара, 1971; устные данные). Муравьи выходят весной из зимовочных камер по самому короткому пути на вершину гнезда «прогреться». Как выяснилось из многочисленных наблюдений, муравьи выходят из гнезд в направлении увеличения температурного градиента. Дальнейшее повышение температуры воздуха и подогревание гнезда вызывает через 2—3 дня массовый выход муравьев на купол. Это муравьи, которые зимовали в более глубоких подземных

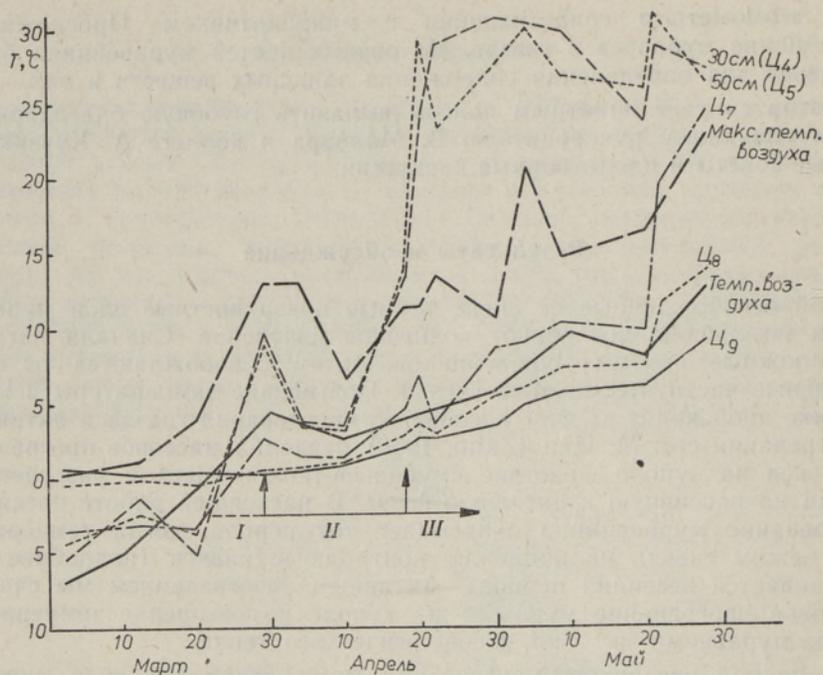


Рис. 2. Сезонная динамика температур и весенний разогрев гнезда № 1783 (высота купола 130, диаметр его 240 см). I — пассивное прогревание гнезда, на гнезде появились первые муравьи (показано стрелкой); II — пассивное прогревание гнезда, муравьи выходят в большем количестве; III — активное разогревание гнезда. Расположение термометров см. на рис. 1.

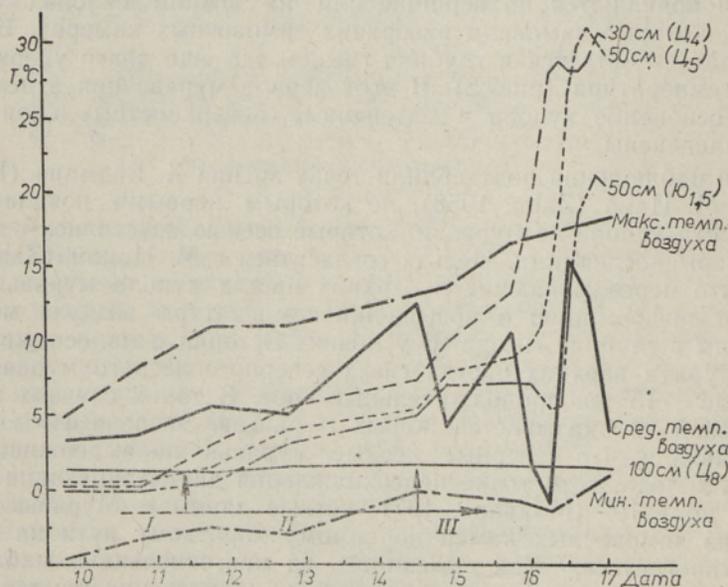


Рис. 3. Весенний разогрев в гнезде № 1413 (высота купола 150, диаметр его 325 см), 9/04—17/04 1976 г. Обозначения см. на рис. 2.

частях муравейника, куда влияние внешней теплоты доходит несколько позже (рис. 2, 3). Муравьи покрывают нагретый солнцем южный склон купола и вершину 1—2-сантиметровым слоем. Начинается период активного разогревания гнезда.

## ЛИТЕРАТУРА

- Длусский Г. М. Муравьи рода формика. М., 1967.
- Длусский Г. М. Весенний разогрев гнезд у рыжих лесных муравьев (*Formica rufa* L., *Hymenoptera*, *Formicidae*). — Науч. докл. высш. школы. Биол. н., 1975, 12, 23—28.
- Дмитриенко В. К., Петренко Е. С. Муравьи таежных биоценозов Сибири. Новосибирск, 1976.
- Маавара В. Ю. О холодостойкости некоторых видов муравьев. — Мат. симпозиума. Тарту, 1971, 68—71.
- Мартин А. А. Терморегуляция в гнездах *Formica aquilonia* Yarr. Муравьи и защита леса. — Мат. симпозиума. М., 1975, 152—156.
- Andrews, E. A. Ant-mounds as to temperature and sunshine. — *J. Morph. and Physiol.*, 1927, 44, 1—19.
- Andrews, E. A. An Ant Hill. — *The Scientific Monthly*, 1932, 34, 97—114.
- Eidmann, H. Die Überwinterung der Ameisen. — *Z. Morph. u. Ökol. Tiere*, 1942, 39, 217—275.
- Galle, L. Thermoregulation in the nest of *Formica pratensis* Retz. (*Hymenoptera* : *Formicidae*). — *Acta biol. Szeged*, 1973, 19, 139—142.
- Heimann, M. Zum Wärmehaushalt der Kleinen Roten Waldameise (*Formica polyctena* Foerst.) — *Waldhygiene*, 1963, 5, 1—32.
- Lange, R. Experimentelle Untersuchungen über den Nestbau der Waldameisen. Nesthügel und Volkstärke. — *Entomophaga*, 1959, 4, 47—55.
- Martin, A.-J. Laanekuklase (*Formica aquilonia* Yarrow) pesade kuju ja orienteeritus sõltuvalt asukoha tingimustest. — *ENSV TA Toim. Biol.*, 1975, 24, 109—117.
- Otto, D. Ameisen — Leben im Tierstaat. Berlin, 1971.
- Scherba, G. Reproduction, nestorientation and population structure of an aggregation of mound nests of *Formica ulkei* Emery (*Formicidae*). — *Insectes Sociaux*, 1958, 5, 201—213.
- Zahn, M. Temperatursinn, Wärmehaushalt und Bauweise der Roten Waldameisen (*Formica rufa* L.). — *Zool. Beiträge*, 1958, 3, 127—194.

Институт зоологии и ботаники  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
11/III 1979

Ants-Johannes MARTIN

## KEVADINE TERMOREGULATSIOON LAANEKUKLASE (*FORMICA AQUILONIA* YARROW) PESADES

### 1. Pesa passiivne soojenemine

Laanekuklase pesades saavutatakse haude arenguks optimaalne soojusrežiim märtsi lõpul — aprilli esimesel poolel kuhila passiivse läbisoojenemise (päikese soojuskiirgus, tuul) ja haudekambrite aktiivse kütmise (sipelgate lihasetööst eralduva soojuse) tulemusena. Pesa passiivse läbisoojenemise perioodil tõuseb temperatuur talvituvate sipelgate kohal olevas kuhilaosas kõrgemale kui talvituskambrites, jääb aga kattekihtide ja õhu temperatuurist madalamaks. Tekkinud positiivse temperatuurigradiendi suunas tõusevad sipelgad pesa pinnale end soojendama. Massilise soojendamisega algab pesa aktiivse kütmise periood.

*Ants-Johannes MARTIN*

## VERNAL THERMOREGULATION IN MOUND NESTS OF *FORMICA AQUILONIA* YARROW

### 1. The passive warming of mound nests

We have been studying the microclimate in the mound nests of *Formica* sp. since 1970 in the forest district of Kiidjärve, where the greatest ant colony complex of *Formica aquilonia* lies. We have investigated the microclimate within the nests depending on the mound location condition (air temperature, solar radiation, wind, rainfall), shape and structure. We have also studied the dynamics of nest temperature depending on the diurnal and seasonal activity of ants and their abundance in mounds. We have paid great attention to the behaviour of ants during their basking time on the nest surface in spring and rise temperature in brood chambers.

The regular optimal temperature regime for the development of brood in the mound nest is achieved by the end of March (mound nests on clearings or southern outskirts of woods) or in April by means of passive warming (I) (solar radiation, higher air temperature, wind, heat capacity and conductivity of the nest material) (Figs 2, 3 I, II) and by means of the active heating of brood chambers by ants (II) (the heat produced during muscular activity) (Figs 2, 3 III).

The temperature within the mound (in the part above) at the time of passive warming-up period exceeds that of the hibernating chambers (underground part), but often it does not exceed the average air temperature in spring (Figs 2, 3 I, II). Ants ascend towards the higher temperature gradient (Figs 2, 3 I, II pointed out with arrows) and appear on the nest surface to bask in the sunshine. With the beginning of basking on the nest surface, the period of active heating of brood chambers begins as well (Figs 2, 3 III).