

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРТОГРУПП ВНУТРИ КЛАССА НАСЕКОМЫЕ

**С.С. Левыкина, М.Д. Ракова, Н.В. Воронова-Барте**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
E-mail: rkvmry@gmail.com*

В данной работе содержатся актуальные данные по числу ортогрупп в следующих отрядах: Hemiptera, Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera. Основной акцент работы направлен на изучение и анализ ортогрупп внутри семейства Aphidoidea (Настоящие тли) в виду их быстрого темпа развития адаптаций к ксенобиотикам и инсектицидам.

**Ключевые слова:** насекомые; тли; общие и уникальные ортогруппы.

## ВВЕДЕНИЕ

Насекомые являются самой многочисленной группой живых организмов на Земле, играя ключевую роль в экосистемах и обладая высоким уровнем биологического разнообразия.

Тли – насекомые фитофаги, которых к настоящему времени известно более 5200 видов. Многие из них являются опасными вредителями растений, имеющих для человека сельскохозяйственную ценность [1]. Наличие у тлей множественных механизмов резистентности предполагает, что устойчивость может возникнуть к любому классу инсектицидов при наличии достаточного времени, постоянного давления отбора и достаточно большой популяции для проведения отбора [2].

Ортогруппа – это набор генов, произошедших от гена последнего общего предка всех рассматриваемых видов. Изучение ортогрупп проводится на ядерных геномах с целью получения кластеров по всем генам, что позволяет далее выделить и работать с кластерами, содержащими гены-интереса, например, гены системы детоксикации ксенобиотиков, изучение которых позволит разработать качественные меры по контролю численности насекомых.

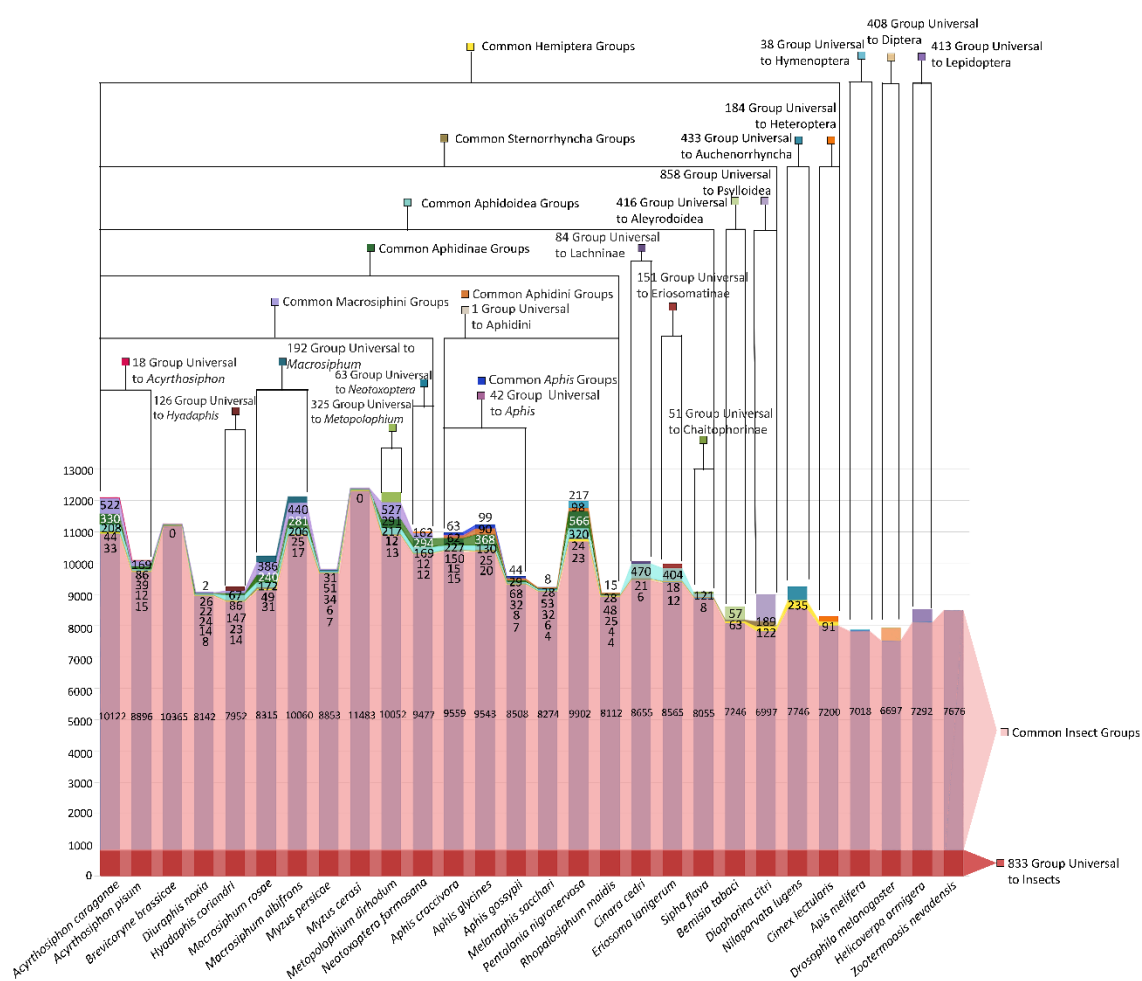
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Был проведен анализ белковых последовательностей полных геномов представителей класса Insecta (Насекомые), извлечение которых было проведено из базы данных RefSeq (15 геномов), а также белковых последовательностей из полных геномов тлей, полученных в СНИЛ биоинформатики и молекулярной эволюции животных (13 геномов). Таким образом, выборка была сформирована суммарно из 28-ми ядерных геномов насекомых. С помощью скрипта, написанного с использованием команд-

ной оболочки Bash, была проведена процедура очистки скачанных последовательностей от изоформ. Поиск ортогрупп был проведен в программе OrthoFinder [3].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Распределение уникальных и общих групп ортологов, найденных в результате проведенного анализа, отображено на графике, представленном ниже.



Результаты анализа ортогрупп для представителей класса Insecta

За уникальные группы принимали те, которые могли встречаться не у всех представителей таксона, но в других таксонах однозначно не встречались. За общие – последовательности, которые встречались у всех представителей таксона, но в других таксонах отсутствовали. Было установлено, что число уникальных ортогрупп для класса Insecta составляет 833,

а общее число групп ортологов варьируется в пределах от 6697 у *D. melanogaster* (Diptera) до 11483 у *M. cerasi* (Hemiptera), в среднем это значение составляет 8612 ортогрупп на вид.

На уровне отрядов уникальные ортогруппы в количестве 38, 408 и 413 были найдены в геномах Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera соответственно, в то время как в отряде Hemiptera уникальных ортогрупп найдено не было. В свою очередь, отряд Hemiptera включает в себя несколько подотрядов: Sternorrhyncha (Грудохоботные), Auchenorrhyncha (Цикадовые), Heteroptera (Клопы); в последних двух подотрядах были найдены уникальные ортогруппы в количестве 433 и 184 соответственно. Наибольшее количество ортогрупп в подотряде Sternorrhyncha у *D. citri* (Hemiptera) – 189, а наименьшее число общих ортогрупп выявлено у *B. brassicae* (Hemiptera) и *M. cerasi* (Hemiptera) – 0. В целом, наибольшее число общих ортогрупп внутри отряда Hemiptera обнаружено в геноме *N. lugens* (подотряд Auchenorrhyncha) – 235 группы.

В семействе Aphidoidea, принадлежащего к подотряду Sternorrhyncha, наибольшим числом общих ортогрупп (470) обладает *C. cedri*, уникальных ортогрупп выявлено не было. Уникальные ортогруппы были найдены в семействах Aleyrodoidea (Белокрылки) в геноме *B. tabaci* – 416 ортогрупп и в семействе Psylloidea (Листоблошковые) в геноме *D. citri* – 858 ортогрупп. В подсемействе Aphidinae наибольшее количество общих ортогрупп найдено в геномах *P. nigronervosa* (566) и *A. glycines* (368), уникальные ортогруппы обнаружены не были. В других подсемействах присутствуют уникальные ортогруппы для Lachninae – 84 (*C. cedri*), в подсемействе Eriosomatinae – 151 (*E. lanigerum*), Chaitophorinae – 51 (*S. flava*).

В таблице ниже отдельно представлена численная характеристика уникальных ортогрупп для представителей триб подсемейства Aphidinae. Результаты показывают, что наибольшим числом уникальных и общих групп ортологов в трибе Macrosiphini обладает вид *M. dirhodum* – 325 и 527 ортогрупп соответственно. В трибе Aphidini наибольшее количество как уникальных, так и общих ортогрупп найдено у представителя *P. Nigronervosa* – 217 и 98, меньше всего уникальных и общих ортогрупп обнаружено в геноме *Melanaphis sacchari* – 8 и 28 соответственно. Аналогичное число общих ортогрупп отмечено также в геноме *R. maidis*. Таким образом, можно сделать вывод о том, что триба Macrosiphini является более вариативной и насыщенной по содержанию общих и уникальных ортогрупп, чем триба Aphidini.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного анализа, можно сделать вывод о том, что наибольшее количество уникальных ортогрупп было обнаружено в отрядах Diptera (408) и Lepidoptera (413), что может указывать на генетическое и функциональное разнообразие генов у представителей этих таксонов. Отряд Hemiptera выделяется отсутствием уникальных ортогрупп, что может быть связано с консервативностью генов внутри этого отряда. Однако внутри подсемейства Aphidinae представители трибы Macrosiphini имеют более высокий уровень генетической изменчивости и адаптивности, чем представители трибы Aphidini.

### Количество уникальных ортогрупп у представителей подсемейства Aphidinae

| Триба        | Вид                            | Код доступа в RefSeq | Число уникальных групп генов | Число общих групп генов |
|--------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| Macrosiphini | <i>Acyrtosiphon caraganae</i>  | Не депонирована      | 18                           | 522                     |
|              | <i>Acyrtosiphon pisum</i>      | GCF_005508785.1      | 18                           | 169                     |
|              | <i>Brevicoryne brassicae</i>   | Не депонирована      | 0                            | 0                       |
|              | <i>Diuraphis noxia</i>         | GCF_001186385.1      | 2                            | 26                      |
|              | <i>Hyadaphis coriandri</i>     | Не депонирована      | 126                          | 67                      |
|              | <i>Macrosiphum rosae</i>       | Не депонирована      | 192                          | 386                     |
|              | <i>Macrosiphum albifrons</i>   | Не депонирована      | 192                          | 440                     |
|              | <i>Myzus persicae</i>          | GCF_001856785.1      | 0                            | 31                      |
|              | <i>Myzus cerasi</i>            | Не депонирована      | 0                            | 0                       |
|              | <i>Metopolophium dirhodum</i>  | Не депонирована      | 325                          | 527                     |
|              | <i>Neotoxoptera formosana</i>  | Не депонирована      | 63                           | 162                     |
| Aphidini     | <i>Aphis craccivora</i>        | Не депонирована      | 42                           | 62                      |
|              | <i>Aphis glycines</i>          | Не депонирована      | 42                           | 90                      |
|              | <i>Aphis gossypii</i>          | GCF_020184175.1      | 42                           | 29                      |
|              | <i>Melanaphis sacchari</i>     | GCF_002803265.2      | 8                            | 28                      |
|              | <i>Pentalonia nigronervosa</i> | Не депонирована      | 217                          | 98                      |
|              | <i>Rhopalosiphum maidis</i>    | GCF_003676215.2      | 15                           | 28                      |

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Vilcinskas A. Biology and ecology of aphids. // Germany: CRC Press, 2016. P. 272.
2. Nauen R., Elbert A. European monitoring of resistance to insecticides in *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) with special reference to imidacloprid. // Bull Entomol Res. 2003. Vol. 93. P. 47-54. DOI: 10.1079/BER2002215
3. Emms D.M., Kelly S. OrthoFinder: solving fundamental biases in whole genome comparisons dramatically improves orthogroup inference accuracy. // Genome Biology. 2015. Vol. 16. P. 1-17.