О ВОЗДЕЙСТВИИ НЕКОТОРЫХ НЕЙРОПЕПТИДОВ НА ЛОКОМОТОРНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЦИСТООБРАЗУЮЩИХ ФИТОНЕМАТОД

Малютина Т. А.¹,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
maliytina@mail.ru

Аннотация

В статье представлен анализ мировой литературы по вопросу изучения физиологического и функционального значения FMRФамид-подобных нейропептидов в нейробиологии цистообразующих растительных паразитических нематод (на примере личинок 2-го возраста картофельных нематод *Globodera pallida*, *G. rostochiensis* и соевой нематоды *Heterodera glycines*). Показано, что основные физиологические и функциональные характеристики FMRФамид-подобных нейропептидов получены на результатах воздействия некоторых нейропептидов на двигательную активность интактных личинок нематод и молекулярных исследований *flp*-генов, которые кодируют FMRФамид-подобные нейропептиды. FMRФамид-подобные нейропептиды относятся к самому большому и разнообразному по структуре семейству сигнальных нейропептидов, обнаруженных у беспозвоночных животных, в том числе многочисленных представителей типа Nematoda, которые способны существенно модулировать локомоторные поведенческие реакции этих животных. В работе обсуждается физиологическая функция FMRФамид-подобных нейропептидов и выявленного предполагаемого рецептора одного из нейропептидов в локомоторных реакциях, обеспечивающих жизнедеятельность цистообразующих нематод, и возможность использования полученных данных в разработке новых антигельминтиков направленного действия. Факт выявления пептидергической нервной системы у цистообразующих фитонематод, паразитических нематод позвоночных животных и у свободноживущих нематод подтверждает концепцию о консервативности пептидергической нервной системы у представителей всего типа Nematoda в целом.

Ключевые слова: FMRФамид-подобные нейропептиды, *flp*-гены, рецепторы, цистообразующие фитонематоды, нервная система.

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (119071, г. Москва, Ленинский пр., д. 33)

ABOUT EFFECTS OF SOME NEUROPEPTIDES ON LOCOMOTOR BEHAVIOR OF CYST-FORMING PLANT NEMATODES

Malyutina T. A.¹

Candidate of Biology Sciences, Senior Researcher

Abstract

The article presents an analysis of world literature on the study of the physiological and functional significance of FMRFamide-like neuropeptides in the neurobiology of cyst-forming plant parasitic nematodes (by the example of larvae of the 2-year-old potato cyst nematode *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*, and soybean cyst nematode *Heterodera glycines*). It was shown that the basic physiological and functional characteristics of FMRFamide-like neuropeptides were obtained from the effects that have some neuropeptides on the motor activity of intact nematode larvae, and molecular studies of *flp*-genes that encode FMRFamide-like neuropeptides. FMRFamide-like neuropeptides belong to the largest and most diverse family of signal neuropeptides found in invertebrate animals including numerous representatives of the Nematoda type which can significantly modulate the locomotor behavioral reactions of these animals. The work discusses a physiological function of FMRFamide-like neuropeptides and the identified putative receptor of one of the neuropeptides in locomotor behavioral reactions that ensure the vital activity of cyst-forming nematodes, and the possibility of using the data in developing new targeted anthelmintics. The fact of revealing the peptidergic nervous system in cyst-forming plant nematodes, parasitic nematodes of vertebrate animals and free-living nematodes confirms the concept about the conservation of the peptidergic nervous system in representatives of the entire Nematoda type in general.

Keywords: FMRFamide-like neuropeptides, *flp*-genes, receptors, cyst-forming nematodes, nervous system.

Введение. Цистообразующие фитонематоды семейства Heteroderidae относятся к числу наиболее опасных и экономически значимых патогенов сельскохозяйственных культур в мире, включая Россию. Высокий уровень их адаптации к корневому паразитизму обеспечивает надежные условия питания и защиты их потомства от хищников в пределах цисты (Зиновьева, Чижов, 2012). Решение проблемы сдерживания фитонематодной инвазии ресурсных растений включает по-

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences (33, Leninsky prospekt, Moscow, 119071, Russia)

иск и создание новых антигельминтиков, мишени (рецепторы) для которых могут быть локализованы в различных нервных структурах, иннервирующих соматическую мускулатуру и мускулатуру внутренних органов у фитонематод. В этом отношении интерес могут представлять FMRФамид-подобные нейропептиды, которые относятся к самому большому и наиболее разнообразному по структуре семейству сигнальных нейропептидов, обнаруженных у беспозвоночных животных, которые способны существенно модулировать локомоторные поведенческие реакции этих животных (Peymen et al., 2014).

Цель настоящей работы заключалась в анализе литературы, посвященной наличию, распределению и физиологическим функциям FMRФамид-подобных нейропептидов в нервных структурах цистообразующих растительных паразитических нематод, и возможности использования физиологических характеристик этих нейропептидов для создания антигельминтиков направленного действия против фитонематодной инвазии.

Материалы и методы. Объекты: яйца, личинки 1–4 возрастов и взрослые формы нематод *H. glycines*, *G. pallida* и *G. rostochiensis*.

Применяемые методы: иммуноцитохимический и иммунофлуоресцентный методы; метод быстрой амплификации концов комплементарной ДНК в сочетании с ПЦП (RACE-PCR); метод *in situ* гибридизации; метод прямого воздействия нейропептидов на локомоции личинок 2-го возраста; метод выключения *flp*-генов (сайленсинг).

Результаты исследований. У личинок 2-го возраста нематоды *H. glycines*, а также нематод *Globodera pallida* и *G. rostochiensis* выявлена положительная FMRФамид-подобная иммунореактивность в различных отделах центральной и периферической нервной систем: в циркумфарингальном нервном кольце, в дорзальном, вентральном и латеральном нервных стволах, содержащих мото- и интернейроны.

У инвазионной личинки 2-го возраста *G. pallida* выявлены *flp*-гены (*Gp-flp-6*, *Gp-flp-12*, *Gp-flp-14*, *Gp-flp-1*, *Gp-flp-18* и *Gp-flp-32*), которые кодируют ряд FMRФамид-подобных нейропептидов (Kimber et al., 2005). Выключение генов *Gp-6*, *-1*, *-12*, *-14*, *-18* в конечном итоге приводит к ингибированию двигательной активности нематоды, что указывает на то, что нейропептиды, кодируемые этими генами, в норме, вероятно, являются стимуляторами локомоторной активности картофельной нематоды. Это предположение подтверждается физиологическими экспериментами *in vitro*, в которых показано, что некоторые FMRФамид-подобные нейропептиды стимулируют двига-

тельную активность личинки 2-го возраста *H. glycines*, вызывая усиление частоты движений головного конца по сравнению с контролем. В то же время выключение гена *Gp-flp-32* приводит к эффектам, противоположным выключению генов *Gp-6*, *-1*, *-12*, *-14*, *-18* у картофельной нематоды. Эти данные могут свидетельствовать о том, что нейропептид, кодируемый геном *Gp-flp-32*, в норме выполняет функции тормозного нейропептида.

Закключение. Таким образом, данные литературы подтверждают наличие пептидергической нервной системы у цистообразующих фитонематод и показывают, что FMRFамид-подобные нейропептиды, кодируемые *flp*-генами, способны модулировать локомоторные поведенческие реакции цистообразующих растительных паразитических нематод. Выявленные физиологические свойства нейропептидов на мускулатуру фитонематод теоретически могут быть использованы в практических целях для создания антигельминтиков направленного действия. Тот факт, что в нервной системе цистообразующих фитонематод присутствуют FMRFамид-подобные нейропептиды, которые также выявлены у паразитических нематод позвоночных животных и у свободноживущих нематод, подтверждает концепцию о консервативности пептидергической нервной системы у представителей всего типа Nematoda в целом.

Литература

1. Фитопаразитические нематоды России / под ред. С.В. Зиновьевой, В.Н. Чижова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 386 с.
2. Kimber M.J., Fleming C.C. Neuromuscular function in plant parasitic nematodes: a target for novel control strategies? // *Parasitology*. 2005. V. 131. P. 129–142.
3. Peymen K., Watteyne J., Frooninckx L., Schoofs L., Beets I. The FMRFamide-like peptide family in nematodes // *Frontiers in endocrinology*. 2014. V. 5. Art. 90. P. 1–21.

References

1. Plant parasitic nematodes of Russia / Eds. S.V. Zinovyeva, V.N. Chizhova. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2012. 386 p. (In Russ.)
2. Kimber M.J., Fleming C.C., Neuromuscular function in plant parasitic nematodes: a target for novel control strategies? *Parasitology*. 2005; 131:129–142.
3. Peymen K., Watteyne J., Frooninckx L., Schoofs L., Beets I. The FMRFamide-like peptide family in nematodes. *Frontiers in endocrinology*. 2014; 5(90):1–21.