МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЗООЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Сборник статей
V Международной конференции**

*26–28 октября 2020 г.
г. Томск, Россия*

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

дальнего от листа галла. Последнее может свидетельствовать о повышенном вкладе в рост галла ассимилянтов побега, и не листа.

Показано, что абсолютная и относительная (в пересчете на единицу объема галла) продукция колонии тлей на листе не связана напрямую с образованной массой галлов, но увеличивается при возрастании их количества. Этот интересный феномен заслуживает дальнейшего исследования.

Литература

1. Слепян Э.И. Патологические новообразования и их возбудители у растений. Галлогенез и паразитарный тератогенез. Л.: Наука, 1973. 512 с.
2. Biology, ecology, and evolution of gall-inducing arthropods: Vol. 1 / ed. A. Raman, C.W. Schaefer, T.M. Withers. Enfield (NH), USA Plymouth, UK: Science Publishers, Inc., 2005. 429 p.
3. Долгова Л.П. Тли подсемейства Pemphiginae (Homoptera, Aphidinea), вредящие тополям в Алтайском крае: дис. ... канд. биол. наук. Барнаул: Алтайская ордена Трудового Красного Знамени опытная станция садоводства имени М.А. Лисавенко, 1969. 143 с.
4. Бабичев Н.С., Баранчиков Ю.Н. Закономерности вертикального распределения галлов тополёвых тлей-пемфиг в кроне дерева // Материалы Всероссийской конф. с международным участием и V ежегодных чтений памяти О.А. Катаева «Болезни и вредители в лесах России: век XXI». Красноярск, 2011. С. 136–138.

УДК 595.7: 57.047

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-7

СТАРВАЦИЯ И ЕЁ ПОСЛЕДСТВИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА НАСЕКОМЫХ

Беньковская Г.В., Никоноров Ю.М., Ахметкиреева Т.Т.

*Институт биохимии и генетики Уфимского федерального
исследовательского центра РАН, Уфа, Россия
bengal2@yandex.ru*

Аннотация. В серии экспериментов с короткоживущими и долгоживущими линиями домашних мух *Sh gen* и *L gen* мы показали, что голодание, как ограничение доступности пищи для молодых имаго на стадии репродуктивного созревания, вызывает изменение продолжительности жизни и плодовитости в родительском поколении и последующих поколениях потомства. Изменение жизнеспособности и сроков развития потомства продемонстрировало транскгенеративную природу голодания.

Ключевые слова. Комнатная муха, старвация, стресс, трансгенерационные эффекты.

STARVATION AND ITS EFFECTS IN EXPERIMENTS ON INSECTS

Benkovskaya G.V., Nikonorov Yu.M., Akhmetkireeva T.T.

*Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Federal Research Center,
Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
bengal2@yandex.ru*

Abstract. In the set of experiments with short-living and long-living housefly strains *Sh gen* and *L gen* we showed that starvation as restriction of food availability for young adults at reproductive maturation stage caused change of life span and fecundity in parent generation and consecutive offspring generations. Change of viability and developmental time of progeny demonstrated transgenerational nature of starvation stress.

Keywords. Housefly, starvation, stress, transgenerational effects.

Старвация, или голодание, несомненно, создаёт стрессовую ситуацию для животных и в природе, и в лабораторных условиях. Использование голодания в эксперименте следует осуществлять с учётом особенностей эволюционно сложившихся адаптаций к недостатку пищевых ресурсов у конкретного объекта исследований. Комнатная муха *Musca domestica*, облигатный синантроп, адаптирована к ситуациям, в которых обильный корм доступен не постоянно. Поэтому нами были созданы условия, при которых полноценный корм, обогащённый витаминами и минералами, помещали в экспериментальные садки в период максимальной суточной активности имаго, с 11 до 13 часов, на протяжении 30 минут в течение периода репродуктивного созревания – первых 8 суток имагинальной жизни. В каждой садке объёмом 300 мл в нашем эксперименте содержалось не более 10 особей (4–5-кратная повторность). Ежедневное взвешивание корма до и после кормления позволило рассчитать количество потребляемой пищи. Мы выяснили, что самки за время питания (30 минут) потребляют половину суточной нормы, а самцы – не более четверти нормы. В экспериментах мы использовали созданные в нашей лаборатории линии комнатной мухи, отличающиеся сроками массовой репродукции, а также продолжительностью жизни имаго – *Sh gen*, с сокращённой, и *L gen* – с увеличенной продолжительностью жизни [1]. Эти линии мы получили из исходной линии Соорег, имеющей давнюю лабораторную историю. К началу эксперимента линия *Sh gen* прошла 100 поколений селекции, линия *L gen* – 67 поколений. Контроль

массы тела в начале и после завершения эксперимента для обеих линий показал, что негативного влияния на этот индекс старвация не оказала. После завершения старвации имаго были рассажены для скрещиваний в следующих вариантах: 1 – контроль; 2 – питавшиеся самки и голодавшие самцы; 3 – голодавшие самки и питавшиеся самцы; 4 – голодавшие имаго.

Вопрос о том, как голодание имаго влияет на потомство, пока не имеет однозначного ответа [2]. В наших экспериментах на линии комнатной мухи *Sh gen* отчётливо проявилось различие эффектов голодания в зависимости от пола родительского поколения (табл. 1, 2).

Т а б л и ц а 1

Продолжительность жизни и репродуктивные показатели потомства голодавших имаго комнатной мухи (линия *Sh gen*) в 1 и 2-м поколениях (% по отношению к варианту 1 – контролю, среднее значение с ошибкой)

Показатели/варианты	2			3			4		
	P	F1	F2	P	F1	F2	P	F1	F2
max продолжительность жизни, самки	67.4*(17.7)	160.4*(9.02)	72.1*(50.3)	76.1*(19.7)	122.9*(3.94)	103.7(35.9)	97.8(16.0)	120.5(50.1)	79.1(6.47)
max продолжительность жизни, самцы	62.2*(15.4)	112.9 (8.08)	108.5 (14.7)	68.9*(12.3)	122.6*(3.7)	148.6*(26.5)	80.0*(11.4)	103.2(14.4)	111.4(10.7)
Продолжительность репродукции	51.5*(9.2)	149.9*(29.4)	84.6 (12.8)	78.8 (18.5)	42.4*(22.5)	79.2 (29.7)	87.9 (11.0)	122.8 (30.6)	34.6 (18.2)
Удельная плодовитость	59.2*(16.7)	68.05*(13.9)	59.0*(30.6)	61.6*(23.1)	12.1*(4.7)	116.9 (10.6)	90.04 (9.6)	44.4*(18.1)	271*(48.0)

* Статистически значимое отличие от контрольного варианта, $p \leq 0.05$.

Наиболее заметными показателями влияния старвации в родительском и двух последующих поколениях стали изменения продолжительности

жизни имаго и показатели репродукции. Если в первом (F 1) поколении наблюдалось повышение продолжительности жизни как самок, так и самцов, то уже в F 2 продолжительность жизни самок в потомстве голодавших самцов снизилась на 20–30%, и к F 4 этот эффект не исчез. У самцов снижение продолжительности жизни по сравнению с контролем во всех вариантах кроссов отмечено только в F 3 и F 4.

Таблица 2

Продолжительность жизни и репродуктивные показатели потомства голодавших имаго комнатной мухи (линия *Sh gen*) в 3 и 4-м поколениях
(% по отношению к варианту 1 – контролю, среднее значение с ошибкой)

Показатели/варианты	2			3			4		
	P	F 3	F 4	P	F 3	F 4	P	F 3	F 4
тах продолжительность жизни, самки	67.4*(17.7)	48.3*(8.02)	75.1*(16.3)	76.1 (19.7)	58.9*(10.9)	104.7 (5.9)	97.8 16.0)	34.9*(6.7)	32.2*(7.5)
тах продолжительность жизни, самцы	62.2*(15.4)	74.1*(14.2)	77.3 (16.6)	68.9*(12.3)	79.8*(9.1)	49.6*(5.5)	80.0*(11.4)	37.1*(16.2)	33.4*(9.7)
Продолжительность репродукции	51.5*(9.2)	94.5 (15.4)	0*	78.8 (18.5)	68.5*(9.4)	45.0*(2.5)	87.9 (11.0)	47.2*(11.6)	0*
Удельная плодовитость	59.2*(16.7)	46.0*(2.9)	0*	61.6*(23.1)	71.1 (30.1)	26.7*(10.6)	90.04 (9.6)	80.4*(5.1)	0*

* Статистически значимое отличие от контрольного варианта, $p \leq 0.05$.

Фатальна роль голодавших самцов в отношении репродукции: в обоих вариантах в F 4 репродукция самок была полностью подавлена. Потомство голодавших самок также отличалось снижением плодовитости и сокращением репродуктивного периода, но всё же не до такой степени. Этим изменениям предшествовали также значительные перемены в онтогенезе потомства.

В наших экспериментах длительность развития на личиночной стадии во 2 и 3 поколениях кроссов с участием голодавших самцов была на 2–3 суток короче, чем в остальных вариантах, однако в сумме преимагинальное развитие уже в 3-м поколении не отличалось существенно от контрольного и других опытных вариантов (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Продолжительность преимагинального развития (сутки, среднее с ошибкой)
потомства голодавших имаго линии *Sh gen***

Варианты кроссов	F 1		F 2		F 3	
	личинки	пупарии	личинки	пупарии	личинки	пупарии
1 (контроль)	11.0± 0.86	8.0± 1.41	12.0± 0.71	14.5± 0.35	13.0± 1.0	4.0± 0.5
2	11.8± 0.84	7.2± 1.08	7.3± 0.58*	10.7± 1.76*	8.0± 0.1**	7.0± 0.71**
3	10.3± 0.65	6.7± 1.15	12.7± 1.76	5.0± 0.71**	11.3± 1.93	5.33± 0.58*
4	10.7± 0.59	6.0± 0.5	9.6± 0.29*	10.0± 0.28**	11.5± 0.35*	12.5± 0.35**

* Статистически значимое отличие от контрольного варианта, $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$.

Первое поколение в кроссах обеих линий продемонстрировало противоположную направленность влияния старваии в отношении выживания на стадии пупария (табл. 4). В потомстве линии *Sh gen* произошло статистически значимое снижение жизнеспособности на 23–35%, тогда как в линии *L gen* мы наблюдали обратный эффект.

Т а б л и ц а 4

Изменение жизнеспособности на стадии пупария в первом поколении потомства голодавших имаго комнатной мухи

Линии	Доля вышедших имаго, % от числа пупариев			
	1(контроль)	2	3	4
<i>Sh gen</i>	69.73±6.18	53.86±7.03*	45.37±2.67**	47.55±11.37*
<i>L gen</i>	43.82±1.35	73.41±6.65**	71.56±15.12*	69.02±5.25**

* Статистически значимое отличие от контрольного варианта, $p \leq 0.05$; ** – $p \leq 0.01$.

Показатели продолжительности жизни имаго и репродуктивные характеристики, полученные для родительского поколения и первого поколения потомства в аналогичном эксперименте с линией *L gen*, испытывают колебания значений между поколениями, сходные с теми, что мы обнаружили в эксперименте с короткоживущей линией.

Наблюдаемые нами эффекты проявляются не только в поколении, перенесшем старваию, но и в нескольких последующих поколениях, что позволяет считать их трансгенерационными. Эти последствия старваии могут оказаться драматическими не только для отдельных особей и групп, но и для популяции в целом.

Литература

1. Беньковская Г.В. Возможности и ограничения изменений продолжительности жизни в лабораторном эксперименте // Успехи геронтологии. 2010. Т. 23, № 3. С. 442–446.

2. Забуга О.Г., Кошель Н.М., Коляда А.К., Вайсерман А.М. Влияние голода во время прекоцепционного периода у родителей на продолжительность жизни потомков у *Drosophila melanogaster* // Проблемы старения и долголетия. 2012. Т. 21, № 4. С. 470–477.

УДК 591.55, 007.52

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-8

ЭНТОМОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГРУППОВЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бургов Е.В.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
Москва, Россия
burgov.ev@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются некоторые противоречия, препятствующие совместной работе биологов и инженеров по созданию биоподобных систем с распределенным управлением. Также предлагается несколько решений для робототехнических систем. Предлагается моделирование системы, включающей функциональные аналоги гнезда и других элементов инфраструктуры, пассивных и активных фуражиров.

Ключевые слова. Муравьи, роботы, групповая робототехника, модели поведения, социальная организация, инфраструктура, гнездо.

ENTOMOLOGICAL RESEARCH FOR CREATION GROUP ROBOTIC SYSTEMS

Burgov E.V.

*National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia
burgov.ev@yandex.ru*

Abstract. In the present paper, some contradictions that hinder the joint work of biologists and engineers in designing biosimilar systems with distributed control are considered. Also, several solutions for the robotic systems are suggested. Modelling of a system including functional analogues of the nest and other infrastructure elements, passive and active foragers is proposed.