



<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2023-15-4-870-880>
<http://zoobank.org/References/27A661E1-0044-4F06-B738-5497EEFD4911>

УДК 638.244

Динамика развития гусениц тутового шелкопряда порода Кавказ-2 и Советская-14 НГЛ на искусственной питательной среде ИПС 7.2-Г

В. Г. Евлагин[✉], Е. Г. Евлагина, Е. Ф. Лейнвебер, Е. Н. Юматов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», ул. Никонова, д. 49, 356241, г. Михайловск, Россия

Сведения об авторах

Евлагин Виктор Григорьевич
 E-mail: evlaginvg@mail.ru
 SPIN-код: 3338-9222
 ResearcherID: X-2077-2019
 ORCID: 0000-0002-2404-4222

Евлагина Елена Григорьевна
 E-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru
 SPIN-код: 4180-3725
 ResearcherID: AAA-4116-2019
 ORCID: 0000-0003-1050-9970

Лейнвебер Евдокия Федотовна
 E-mail: tutovod@mail.ru
 SPIN-код: 7447-3924
 ORCID: 0000-0002-5284-0840

Юматов Евгений Николаевич
 E-mail: trast1207@mail.ru
 SPIN-код: 9562-6641
 ORCID: 0000-0002-8300-2380

Права: © Авторы (2023). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Аннотация. Тутовый шелкопряд, разводимый в основном для получения коконов (сырья для текстильной промышленности), в последнее время рассматривается как биологическая модель для исследований в различных областях науки, а также как источник биологически активных веществ. При этом сдерживающим фактором является сезонность шелководства, зависимость выращивания гусениц от основного корма — свежих листьев шелковицы. В данной статье представлены данные по результатам выкармливания двух высокопродуктивных пород тутового шелкопряда Кавказ-2 и Советская-14 НГЛ на разработанной нами искусственной питательной среде (ИПС 7.2-Г), предназначенной для круглогодичного культивирования тутового шелкопряда в лабораторных условиях с целью получения биомассы и как объекта различных экспериментов. В результате оценки динамики развития на искусственном рационе выделяется порода Кавказ-2, выкармливаемый период которой составил 36 суток, Советская-14 НГЛ — в течение 43 суток, а по наращиванию биомассы Советская-14 НГЛ превосходит Кавказ-2 на 8,2%.

Ключевые слова: тутовый шелкопряд (*Bombyx mori*), искусственная питательная среда, динамика развития, возраст гусениц, живая масса гусениц, длина гусениц

Development dynamics of Kavkaz-2 and Sovetskaya-14 NGL silk worm caterpillars on artificial nutrient medium IPS 7.2-G

V. G. Evlagin[✉], E. G. Evlagina, E. F. Leinweber, E. N. Yumatov

North Caucasus federal agricultural research centre, 49 Nikonov Street, 356241, Mikhailovsk, Russia

Authors

Viktor G. Evlagin
 E-mail: evlaginvg@mail.ru
 SPIN: 3338-9222
 ResearcherID: X-2077-2019
 ORCID: 0000-0002-2404-4222

Elena G. Evlagina
 E-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru
 SPIN: 4180-3725
 ResearcherID: AAA-4116-2019
 ORCID: 0000-0003-1050-9970

Evdokia F. Leinweber
 E-mail: tutovod@mail.ru
 SPIN: 7447-3924
 ORCID: 0000-0002-5284-0840

Evgeny N. Yumatov
 E-mail: trast1207@mail.ru
 SPIN: 9562-6641
 ORCID: 0000-0002-8300-2380

Copyright: © The Authors (2023). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. Silkworm, bred mainly for the production of cocoons (raw materials for the textile industry), has recently become a biological model for research in various fields of science as well as a source of biologically active substances. These applications, however, have certain limitations. Among them are the seasonality of sericulture and the dependence of caterpillar cultivation on its main feed — fresh mulberry leaves. This article discusses the results of feeding two highly productive breeds of silkworm — Kavkaz-2 and Sovetskaya-14 NGL — on an artificial nutrient medium (IPS 7.2-G). The nutrient medium was developed by the team of authors. It is intended for year-round cultivation of silkworm in laboratory conditions to further use it in various experiments or as biomass. With the feeding period of 36 days, the Kavkaz-2 breed showed the highest development dynamics on an artificial diet, followed by the Sovetskaya-14 breed with the feeding period of 43 days. In terms of biomass growth, however, Sovetskaya-14 exceeds Kavkaz-2 by 8.2%.

Keywords: silkworm (*Bombyx mori*), artificial nutrient medium, development dynamics, caterpillar age, caterpillar live weight, caterpillar length

Введение

Тутовый шелкопряд (*Bombyx mori*) — полностью одомашненное насекомое, которое традиционно используется для производства натурального шелка. Широкое применение в качестве биологической модели в различных областях науки тутовый шелкопряд находит, обладая такими особенностями как высокая плодовитость, короткий период генерации, умеренный размер тела, генетическое разнообразие, в том числе содержание в геноме тутового шелкопряда значительного количества генов, гомологичных человеческим (Xu et al. 2017; Paudel et al. 2020).

В качестве лабораторного животного тутовый шелкопряд обладает рядом преимуществ: безопасность и простота культивирования, малые затраты на содержание и уход, отсутствие этических проблем, благодаря достаточному размеру не требует специальных устройств для заражения инфекциями и введения лекарств (Matsumoto, Sekimizu 2019; Montali et al. 2020).

Тутовый шелкопряд может использоваться для скрининга различных противомикробных, антиоксидантных средств, испытания ферментов, гормонов, биостимуляторов, в создании новых видов антибиотиков, исследования вирулентности патогенных микроорганизмов, испытания антидиабетических препаратов, изучения действия инсектицидов и инсектоfungицидов, как насекомое-накопитель энтомопатогенов, а также как насекомое-продуцент белка и других биологически активных веществ (Panthee et al. 2017; Nouara et al. 2018).

Свежий лист шелковицы — основной корм тутового шелкопряда, поэтому сезонность является сдерживающим фактором традиционного шелководства и культивирования гусениц тутового шелкопряда с целью проведения лабораторных исследований в течение года (Paudel et al. 2020).

Имеющиеся знания и проводимые исследования в области кормления, потребности в питательных веществах, метабо-

лизма тутового шелкопряда во взаимосвязи с его продуктивностью способствуют разработке и внедрению искусственных питательных сред для гусениц тутового шелкопряда, а также возможности выращивания ранней весной до появления листьев шелковицы и проведения выкормок в осенний и зимний сезоны после окончания вегетации шелковицы (Bhattacharyya et al. 2016; Guncheva et al. 2021).

Первые шаги в разработке искусственного рациона предприняли японские ученые в 1960–70-х годах, что быстро получило большую популярность во всем мире. Разработка рецептур искусственных питательных сред для кормления гусениц тутового шелкопряда остается актуальным направлением исследований по настоящее время. Компонентами искусственных диет являются высушенные листья шелковицы, различные виды зерновой и соевой муки, крахмал, целлюлоза, агар-агар, сахароза, растительные масла, минеральные вещества, органические кислоты, витамины, фитостерол, антибиотики и консерванты (Moise et al. 2020; Nikolova 2020).

Известно, что различный состав питательных веществ в искусственных питательных средах играет важную роль в метаболизме гусениц тутового шелкопряда, влияя на их рост, развитие и шелковую продуктивность. Поэтому подбор необходимых питательных компонентов с учетом пищевой потребности организма гусениц тутового шелкопряда в отдельных веществах, а именно белки и их аминокислотный состав, жиры, клетчатка, имеет большое значение в создании искусственных диет с высокой усвояемостью (Wu et al. 2022; Li et al. 2023).

Внедрение искусственных питательных сред при выращивании тутового шелкопряда поднимает множество вопросов в науке и практике, связанных со снижением себестоимости искусственного рациона и подбору пород и гибридов, имеющих высокую адаптационную способность к выращиванию с использованием такого рациона (Thamidela et al. 2021).

В связи с этим целью нашего исследования являлось изучение особенностей развития гусениц тутового шелкопряда на разработанной нами искусственной питательной среде с оценкой динамики развития по продолжительности возрастов и длительности гусеничного периода, наращиванию биомассы: масса и длина гусениц.

Материал и методы

В качестве объектов исследования были выбраны две высокопродуктивные белоконные породы, содержащиеся в Биокolleкции пород тутового шелкопряда Научно-исследовательской станции шелководства — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»: Кавказ-2 — желтухоустойчивая порода, выведенная на Станции шелководства, Советская-14 НГЛ — порода меченная по полу на стадии грены.

Для исследования динамики развития гусениц тутового шелкопряда на искусственной питательной среде были сформированы группы по 50 гусениц в трех по-

вторностях по каждой породе. Контроль (выкормка на свежем листе шелковицы) 50 гусениц в трехкратной повторности этих же пород.

Экспериментальная выкормка проводилась на разработанной нами искусственной питательной среде (условное обозначение ИПС 7.2-Г), состав которой представлен в таблице 1.

В процессе приготовления ИПС 7.2-Г смесь компонентов смешивали с дистиллированной водой в соотношении 1:1,6 и прогревали микроволнами мощностью 800–900 Ватт. Готовый корм упаковывали в полиэтиленовую пленку и хранили в холодильнике при температуре 2–4°C. Искусственная питательная среда представляет собой темно-зеленую однородную массу, сформованную в брикеты, имеющую упругую пластичную консистенцию и влажность $65 \pm 3\%$ (рис. 1).

Кормление ИПС 7.2-Г проводили 2 раза в сутки: утром и вечером, исключая период линьки. В период выращивания гусениц тутового шелкопряда на листе шелковицы корм задавался 3 раза в сутки, утром, в обед и вечером. Гусеницы тутового шелкопряда

Таблица 1

Состав искусственной питательной среды ИПС 7.2-Г

Table 1

Composition of artificial nutrient medium IPS 7.2-G

Компоненты \ Components	Содержание, % \ Content, %
Порошок листа шелковицы Mulberry leaf powder	51,30
Глютен пшеничный Wheat gluten	10,09
Кукурузная мука Corn flour	35,67
Фитостерол Phytosterol	0,45
Аскорбиновая кислота Ascorbic acid	1,47
Пропионовая кислота Propionic acid	0,85
Сорбиновая кислота Sorbic acid	0,16
Антибиотик (хлорамфеникол) Antibiotic (chloramphenicol)	0,01
Итого \ Total	100



Рис. 1. Искусственная питательная среда ИПС 7.2-Г в готовом виде

Fig. 1. Artificial nutrient medium IPS 7.2-G in a finished form

выращивались с поддержанием необходимого гигротермического режима (табл. 2) и для предотвращения высыхания корма в специальных лабораторных камерах.

Наблюдения за гусеницами тутового шелкопряда проводили со дня выхода гусениц из грены и до завивки коконов. В период опыта изучались следующие показатели: длительность развития гусениц по возрастам, продолжительность выкормочного периода, наращивание биомассы: масса и длина гусениц, кратность увеличения живой массы и длины гусениц.

Взвешивание гусениц проводили на лабораторных аналитических весах Госметр ВЛК-224 с точностью до 0,001 г в первый день каждого возраста и перед завивкой: среднюю массу измеряли утром до кормления, отбирая для взвешивания партии

по десять шт. гусениц с первого по третий возраст, в четвертом и пятом возрастах взвешивали каждую гусеницу отдельно. Измерение длины тела гусениц производили цифровым штангенциркулем Stayer 34410-150 с точностью до 0,01 мм.

Жизнеспособность гусениц за каждый возраст (в %) вычисляли по формуле:

$$Ж = \frac{K_K}{K_H} \times 100 \quad (1)$$

где K_K — количество гусениц в начале последующего возраста, шт.; K_H — количество гусениц в начале возраста, шт.

Жизнеспособность гусениц за весь выкормочный период (в %) вычисляли по формуле:

$$Ж = \frac{Ж_1 \times Ж_2 \times Ж_3 \times Ж_4 \times Ж_5}{100000000} \quad (2)$$

где $Ж_{1-5}$ — жизнеспособность за каждый возраст, %.

Таблица 2
Гигротермический режим выкормки гусениц тутового шелкопряда

Table 2

Hygrothermal mode of feeding silkworm caterpillars

Возраст гусениц Caterpillar age	Температура, °С Temperature, °C	Относительная влажность воздуха, % Relative air humidity, %
I	25-26	85-90
II		
III		
IV	23-24	80-85
V		

Кратность увеличения живой массы и длины гусениц определяли по формуле:

$$\text{Кратность увеличения} = \frac{W_t}{W_0} \quad (3)$$

где W_t — конечная живая масса или длина гусеницы; W_0 — начальная живая масса или длина гусеницы.

Биометрическую обработку полученных данных проводили с использованием программы StatPlus 7.

Результаты и обсуждение

В ходе изучения особенностей развития гусениц тутового шелкопряда на разработанной нами искусственной питательной среде ИПС 7.2-Г в сравнении с традиционной выкормкой на листе шелковицы оценивалась динамика развития исследуемых пород Кавказ-2 и Советская-14 НГЛ по продолжительности каждого возраста гусениц и всего выкормочного периода (табл. 3).

Как видно из данных таблицы 3, продолжительность выкормочного периода у исследуемых пород на ИПС 7.2-Г различна в течение 36 и 43 суток, Кавказ-2 и Советская-14 НГЛ соответственно. Период раз-

вития каждого возраста гусениц породы Советская-14 НГЛ более продолжительный (в среднем на 2 суток) по сравнению с Кавказ-2. Это объясняется различиями в адаптивной способности к искусственному корму, что проявляется в изменении интенсивности метаболических процессов и увеличении продолжительности гусеничного периода. При выкормке гусениц тутового шелкопряда породы Кавказ-2 на искусственной питательной среде продолжительность первых четырех возрастов не отличалась от выкормки на листе шелковицы, в пятом возрасте наблюдалось отставание в пять суток. У породы Советская-14 НГЛ при кормлении ИПС 7.2-Г продолжительность всех возрастов в сравнении с контролем удлинялась от 1 до 3 суток.

Жизнеспособность гусениц по возрастам и в течении всего выкормочного периода представлена в таблице 4.

Из приведенных данных таблицы 4 видно, что при выкормке на искусственной питательной среде наибольший отход (гибель) гусениц породы Кавказ-2 приходится на первый возраст, разница в сравнении с контролем составила 7,8%, далее

Таблица 3
Динамика развития гусениц тутового шелкопряда

Table 3

Development dynamics of silkworm caterpillars

Порода Breed	Корм Food	Продолжительность развития с учетом периода линьки, сутки Duration of development taking into account the molting period, days					выкормочный период, сутки feeding period, days
		возраст гусениц: caterpillar age:					
		I	II	III	IV	V	
Кавказ-2 Kavkaz -2	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	5	4	5	6	16	36
	лист шелковицы mulberry leaf	5	4	5	6	11	31
Советская-14 НГЛ Sovetskaya-14 NGL	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	7	7	7	8	14	43
	лист шелковицы mulberry leaf	6	4	5	7	13	36



Рис. 2. Процесс поедания гусеницами искусственной питательной среды
 Fig. 2. Caterpillars feeding on artificial nutrient medium

Таблица 4

Жизнеспособность гусениц тутового шелкопряда

Table 4

Viability of silkworm caterpillars

Порода Breed	Корм Food	Жизнеспособность, % / Viability, %					за весь выкормочный период for the entire feeding period
		по возрастам гусениц: by caterpillar age:					
		I	II	III	IV	V	
Кавказ-2 Kavkaz -2	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	91,3 ±1,41	94,5 ±0,59	96,5 ±0,78	97,5 ±0,85	99,1 ±1,26	80,4±2,41
	лист шелковицы mulberry leaf	99,1 ±0,52	99,6 ±1,13	99,5 ±0,87	99,7 ±0,39	99,6 ±3,11	97,5±2,32
Советская-14 НГЛ Sovetskaya-14 NGL	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	89,1 ±1,82	98,4 ±3,19	99,5 ±0,87	92,4 ±1,13	95,5 ±2,98	76,9±1,28
	лист шелковицы mulberry leaf	98,5 ±2,86	98,9 ±0,57	98,7 ±0,32	99,6 ±0,75	99,7 ±3,84	95,4±1,54

Таблица 5

Средняя живая масса гусениц тутового шелкопряда

Table 5

Average live weight of silkworm caterpillars

Порода Breed	Корм Food	Средняя живая масса гусениц тутового шелкопряда, мг Average live weight of silkworm caterpillars, mg					
		в начале возраста: at the beginning of age:					перед завивкой коконов before curling cocoons
		I	II	III	IV	V	
Кавказ-2 Kavkaz -2	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	0.430 ±0.006	5.18 ±0.04	25.52 ±0.40	81.20 ±1.24	624.63 ±20.02	4356.54 ±11.85
	лист шелковицы mulberry leaf	0.429 ±0.004	6.74 ±0.09	27.96 ±0.64	135.90 ±1.19	727.52 ±38.24	4487.32 ±17.27
Советская-14 НГЛ Sovetskaya-14 NGL	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	0.427 ±0.002	4.67 ±0.05	19.76 ±0.32	70.93 ±1.68	574.65 ±22.49	4721.01 ±9.74
	лист шелковицы mulberry leaf	0.428 ±0.003	8.73 ±0.13	41.78 ±0.58	146.15 ±2.06	986.74 ±36.28	5231.24 ±16.48

по возрастам наблюдается повышение жизнеспособности, которое в пятом возрасте составило 99,1% (контроль — 99,6%). По породе Советская-14 НГЛ, наибольшая численность погибших гусениц отмечена в первом, четвертом и пятом возрастах, что на 9,3%, 7,1% и 4,2% выше, чем при выкормке на листе шелковицы, соответственно.

Несмотря на более удлиненный гусеничный период и жизнеспособность за весь выкормочный период 76,9-80,4%, гусеницы на ИПС 7.2-Г развивались хорошо, активно перемещались в поисках корма и нормально поедали его (рис. 2).

Рост гусениц тутового шелкопряда во многом зависит от того насколько эффективно используются питательные вещества, содержащиеся в корме. Живая масса гусениц является одним из важных показателей, характеризующих динамику развития биомассы (табл. 5).

Из данных таблицы 5 наглядно видны изменения живой массы гусениц при выкормке на ИПС 7.2-Г от начала второго возраста до завивки коконов, что обусловлено генотипом исследуемых пород: гусеницы тутового шелкопряда породы Со-

ветская-14 НГЛ по живой массе уступали породе Кавказ-2 в период со второго по четвертый возраст, а в период пятого возраста и перед завивкой гусеницы породы Советская-14 НГЛ имели наибольшую живую массу на 8,2% в сравнении с породой Кавказ-2, при этом абсолютный прирост биомассы гусениц породы Советская-14 НГЛ за весь период кормления составил 4,72 г, породы Кавказ-2 — 4,36 г. Средняя масса гусениц перед завивкой на листе шелковицы Кавказ-2 составила 4,48 г, Советская-14 НГЛ — 5,23 г.

Кратность увеличения живой массы гусениц тутового шелкопряда исследуемых пород Кавказ-2 и Советская-14 НГЛ, культивируемых на искусственной питательной среде ИПС 7.2-Г и листе шелковицы, представлена в таблице 6.

Из приведенных данных таблицы 6 видно, что кратность увеличения живой массы гусениц исследуемых пород при выкормке на искусственной питательной среде не одинакова по возрастам: в период первого, второго возраста наибольшее значение было у породы Кавказ-2, в первом возрасте данный показатель составил 12,05 раза,

Таблица 6
Кратность увеличения живой массы гусениц тутового шелкопряда

Table 6

Multiplicity of increase in live weight of silkworm caterpillars

Порода Breed	Корм Food	Кратность увеличения живой массы: Multiplicity of live weight increase:					
		по возрастам гусениц: by age of caterpillars:					за весь выкормочный период for the entire feeding period
		I	II	III	IV	V	
Кавказ-2 Kavkaz -2	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	12,05 ±0,21	4,92 ±0,08	3,18 ±0,07	7,69 ±0,29	6,97 ±0,22	10131,49 ±0,62
	лист шелковицы mulberry leaf	15,71 ±0,34	4,15 ±0,12	4,86 ±0,14	5,35 ±0,36	6,17 ±0,20	10459,95 ±0,91
Советская-14 НГЛ Sovetskaya-14 NGL	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	10,94 ±0,13	4,23 ±0,09	3,59 ±0,13	8,10 ±0,34	8,21 ±0,32	11056,23 ±0,84
	лист шелковицы mulberry leaf	20,39 ±0,11	4,78 ±0,07	3,58 ±0,18	6,75 ±0,21	5,30 ±0,41	12,223 ±0,58

во втором — 4,92; в третьем, четвертом и пятом возрастах по кратности увеличения живой массы превосходство у гусениц Советская-14 НГЛ — 3,59, 8,10, 8,21 раза соответственно. Кратность увеличения живой массы гусениц тутового шелкопряда за весь выкормочный период на ИПС 7.2-Г породы Советская-14 НГЛ составила 11056,23 раза, что на 9,1% выше данного показателя породы Кавказ-2 (10131,49 раза).

Сравнивая полученные данные установлено, что увеличение средней живой массы гусениц по возрастам на листе шелковицы идет энергичнее, чем на искусственной питательной среде, при этом максимальная кратность увеличения живой массы гусениц отмечена на ИПС 7.2-Г в четвертом и пятом возрастах: по породе Кавказ-2 кратность увеличения живой массы выше на 30,4% и 11,4%, а по породе Советская-14 НГЛ — на 16,6% и 35% в сравнении с контролем.

При изучении роста и развития тутового шелкопряда от начала выхода гусениц

из грены до завивки проводили линейные измерения длины гусениц (табл. 7).

Анализ данных таблицы 7 показывает, что при выкормке на искусственной питательной среде с первого по четвертый возраст у исследуемых пород ярко выраженных различий не наблюдается, наиболее интенсивные изменения длины гусениц происходят в начале пятого возраста и перед завивкой коконов, при этом порода Советская-14 НГЛ превосходит Кавказ-2 по длине гусениц в пятом возрасте на 10,19 мм (29,1%), перед завивкой — 9,36 мм (12,9%). Динамика увеличения длины гусениц по возрастам на листе шелковицы более интенсивная, чем на искусственной питательной среде. Длина гусениц перед завивкой Кавказ-2 составила 74,19 мм, Советская-14 НГЛ — 86,67 мм, что выше на 2,8% и 6,06%, чем на ИПС 7.2-Г.

Кратность увеличения длины гусениц тутового шелкопряда пород Кавказ-2 и Советская-14 НГЛ, культивируемых на ИПС 7.2-Г и листе шелковицы, представлена в таблице 8.

Таблица 7

Динамика длины гусениц тутового шелкопряда

Table 7

Dynamics of silkworm caterpillar length

Порода Breed	Корм Food	Длина гусениц тутового шелкопряда, мм Length of silkworm caterpillars, mm					перед завивкой before curling
		в начале возраста: at the beginning of age:					
		I	II	III	IV	V	
Кавказ-2 Kavkaz -2	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	2,78 ±0,25	6,02 ±0,64	11,47 ±1,27	20,86 ±1,72	34,93 ±2,91	72,06±3,87
	лист шелковицы mulberry leaf	2,79 ±0,36	6,68 ±0,51	12,96 ±1,18	24,25 ±1,92	38,84 ±2,48	
Советская-14 НГЛ Sovetskaya-14 NGL	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	2,83 ±0,19	7,11 ±0,81	13,65 ±1,20	23,85 ±2,73	45,12 ±2,56	81,42±3,68
	лист шелковицы mulberry leaf	2,82 ±0,21	9,36 ±0,48	15,62 ±1,32	27,51 ±2,38	52,12 ±2,19	

При рассмотрении данных, изложенных в таблице 8, четкой закономерности в увеличении кратности длины гусениц по возрастам у исследуемых пород на искусственной питательной среде не выявлено, но следует отметить превосходство породы Советская-14 НГЛ над породой Кавказ-2 по данному показателю за весь выкормочный период. Кратность увеличения длины гусениц тутового шелкопряда за весь выкормочный период на ИПС 7.2-Г породы Советская-14 НГЛ составила 28,77 раза, что на 11% выше данного показателя породы Кавказ-2 (25,77 раза). При анализе данных по кратности увеличения длины гусениц, выращенных на искусственной питательной среде и листе шелковицы, по породе Кавказ-2 явных отличий не выявлено. У породы Советская-14 НГЛ при выкормке на ИПС 7.2-Г наибольшая кратность увеличения длины гусениц отмечена во втором возрасте на 13% и пятом — 10,5% в сравнении с контролем.

Полученные нами экспериментальные данные по выкормке тутового шелкопряда на искусственном рационе согласуются с результатами исследований, опубликованных зарубежными учеными.

В Румынии на базе Университета сельскохозяйственных наук и ветеринарной медицины проводили выкормки тутового шелкопряда на искусственном рационе, содержащем порошок листа шелковицы, обезжиренную соевую муку, кукурузный крахмал, смесь солей Вессона, агар-агар, лимонную кислоту, аскорбиновую кислоту, витамины группы В, фитостерол, пчелиную пыльцу, антибиотик и консерванты. Объектом являлись породы узбекского, японского и румынского происхождения. В результате были получены следующие результаты: длина тела гусениц в конце пятого возраста составила 5,83-6,93 см, а масса тела — 3,06-4,10 г в зависимости от породы (Moise et al. 2020).

Аналогичные опыты ставились и в Индии, где исследовались три типа искусственных питательных сред с различным содержанием компонентов, в состав которых входили порошок листа шелковицы, соевая мука, целлюлоза, кукурузный крахмал, цитрат, смесь солей Вессона, сахароза, агар-агар, соевое масло, витамины группы В, аскорбиновая кислота, антибиотик. Опыт проводился на породе тутового шелкопряда золо-

Таблица 8

Кратность увеличения длины гусениц тутового шелкопряда

Table 8

Multiplicity of increase in silkworm caterpillar length

Порода Breed	Корм Food	Кратность увеличения длины: Multiplicity of length increase:					
		по возрастам гусениц: by age of caterpillars:					за весь выкормочный период for the entire feeding period
		I	II	III	IV	V	
Кавказ-2 Kavkaz -2	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	2,17 ±0,36	1,91 ±0,15	1,82 ±0,31	1,67 ±0,19	2,06 ±0,35	25,92±0,59
	лист шелковицы mulberry leaf	3,89 ±0,45	1,94 ±0,21	1,87 ±0,42	1,60 ±0,36	1,91 ±0,42	26,59±0,47
Советская-14 НГЛ Sovetskaya-14 NGL	ИПС 7.2-Г IPS 7.2-G	2,51 ±0,41	1,92 ±0,18	1,75 ±0,23	1,89 ±0,27	1,81 ±0,30	28,77±0,47
	лист шелковицы mulberry leaf	3,27 ±0,28	1,67 ±0,25	1,76 ±0,32	1,89 ±0,20	1,66 ±0,29	30,73±0,63

тистый Колар. Исследование показало, что масса гусениц была в пределах 4,21-4,33 г, длина тела — 6,50-7,25 см в период пятого возраста (Thamidela et al. 2021).

Приведенные сведения доказывают, что рост и развитие гусениц тутового шелкопряда во многом зависит не только от состава, количественного соотношения компонентов в искусственной питательной среде, но и от адаптационной способности и эффективности усвоения искусственного рациона различными породами тутового шелкопряда. Применение искусственных диет должно сочетаться с отбором наиболее восприимчивых пород и гибридов тутового шелкопряда с целью повышения продуктивности круглогодичного культивирования.

Выводы

Полученные нами результаты исследований доказывают возможность использования и потенциальную эффективность разработанной нами искусственной питательной среды — ИПС 7.2-Г, предназначенной для круглогодичного культивирования тутового шелкопряда в лаборатор-

ных условиях с целью получения биомассы и как объекта различных экспериментов. Экспериментальные данные по оценке динамики развития гусениц тутового шелкопряда на искусственной питательной среде доказывают достаточно высокую адаптационную приспособляемость исследуемых высокопродуктивных пород тутового шелкопряда Кавказ-2 и Советская-14 НГЛ к искусственной диете. При этом порода Кавказ-2, выделяющаяся более коротким выкормочным периодом, может быть использована как лабораторное животное, а порода Советская-14 НГЛ — как продуцент, имеющий потенциал по наращиванию биомассы.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00247, <https://rscf.ru/project/23-26-00247/>.

Funding

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation № 23-26-00247, <https://rscf.ru/project/23-26-00247/>.

References

- Bhattacharyya, P., Jha, S., Mandal, P., Ghosh, A. (2016) Artificial diet based silkworm rearing system-A review. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, vol. 4, no. 6, pp. 114–122. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2402> (In English)
- Guncheva, R., Tsenov, P., Vasileva, Y. (2021) Productivity of newly created F1 tetrahybrids of the silkworm *Bombyx mori* L. reared with artificial diet low in mulberry powder. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 27, no. 6, pp. 1221–1226. (In English)
- Li, J., Deng, J., Deng, X. et al (2023) Metabonomic analysis of silkworm midgut reveals differences between the physiological effects of an artificial and mulberry leaf diet. *Insects*, vol. 14, no. 4, article 347. <https://doi.org/10.3390/insects14040347> (In English)
- Matsumoto, Y., Sekimizu, K. (2019) Silkworm as an experimental animal for research on fungal infections. *Microbiology and Immunology*, vol. 63, no. 2, pp. 41–50. <https://doi.org/10.1111/1348-0421.12668> (In English)
- Moise, A. R., Pop, L. L., Vezetu, T. V. et al. (2020) Artificial diet of silkworms (*bombyx mori*) improved with bee pollen – biotechnological approach in global centre of excellence for advanced research in sericulture and promotion of silk production. *Bulletin University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, vol. 77, no. 1, pp. 51–57. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:0004.20> (In English)
- Montali, A., Berini, F., Brivio, M. F. et al. (2020) A silkworm infection model for in vivo study of glycopeptide antibiotics. *Antibiotic*, vol. 9, no. 6, article 300. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9060300> (In English)
- Nikolova, T. (2020) Growing mulberry silkworm with artificial diet with added extract *Tribulus terrestris* L. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 26 no. 5, pp. 1041–1046. (In English)
- Nouara, A., Lu, P., Chen, K. (2018) Silkworm, *Bombyx mori*, as an alternative model organism in toxicological research. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, pp. 35048–35054. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3442-8> (In English)
- Panthee, S., Paudel, A., Hamamoto, H., Sekimizu, K. (2017) Advantages of the silkworm as an animal model for developing novel antimicrobial agents. *Frontiers in Microbiology*, vol. 8, article 373. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00373> (In English)
- Paudel, A., Panthee, S., Hamamoto, H., Sekimizu, K. (2020) A simple artificial diet available for research of silkworm disease models. *Drug Discoveries and Therapeutics*, vol. 14, no. 4, pp. 177–180. <https://doi.org/10.5582/ddt.2020.03061> (In English)
- Thamidela, M. D., Bagde, A. S., Hole, U. D., Jadhav, P.S. (2021) Effect of natural and artificial diets on growth parameters of kolar gold, silkworm. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 10, no. 3, pp. 1725–1732. (In English)
- Wu, X., Chen, X., Ye, A. et al. (2022) Multitissue metabolomic profiling reveals potential mechanisms of cocoon yield in silkworms (*Bombyx mori*) fed formula feed versus mulberry leaves. *Frontiers Molecular Biosciences*, vol. 9, article 977047. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.977047> (In English)
- Xu, M., Zhu, F., Chen, K. (2017) Silkworm: A promising model organism in life science. *Journal of Insect Science*, vol. 17, no. 5, article 97. PMID: 29117372 (In English)

Для цитирования: Евлагин, В. Г., Евлагина, Е. Г., Лейнвебер, Е. Ф., Юматов, Е. Н. (2023) Динамика развития гусениц тутового шелкопряда пород Кавказ-2 и Советская-14 НГЛ на искусственной питательной среде ИПС 7.2-Г. *Амурский зоологический журнал*, т. XV, № 4, с. 870–880. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2023-15-4-870-880>

Получена 30 сентября 2023; прошла рецензирование 21 ноября 2023; принята 29 ноября 2023.

For citation: Evlagin, V. G., Evlagina, E. G., Leinweber, E. F., Yumatov, E. N. (2023) Development dynamics of Kavkaz-2 and Sovetskaya-14 NGL silkworm caterpillars on artificial nutrient medium IPS 7.2-G. *Amurian Zoological Journal*, vol. XV, no. 4, pp. 870–880. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2023-15-4-870-880>

Received 30 September 2023; reviewed 21 November 2023; accepted 29 November 2023.