

УДК 595.782:632.782(476)

МОРФОМЕТРИЯ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЛИЧИНОК ТОПОЛЕВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ (*PHYLLONORYCTER POPULIFOLIELLA* (TREITSCHKE, 1833))

Н. В. СИНЧУК¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Тополь (*Populus* spp.) широко представлены в зеленых насаждениях Беларуси. Они повреждаются большим кругом фитофагов, среди которых выделяется тополевая моль-пестрянка (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)), регулярно дающая здесь вспышки массового размножения. Это представитель семейства молей-пестрянок (Lepidoptera: Gracillariidae), объединяющего минирующих филлобионтов. Личинки развиваются в пятновидных минах на листовых пластинках тополей, в результате повреждения листовой кроны деревьев утрачивают декоративность, наблюдается преждевременная дефолиация. Подробная морфометрическая характеристика дает возможность идентифицировать возрастную принадлежность личинок, что важно для выяснения фенологии вида и планирования мероприятий по контролю его популяционной численности. Выполненные исследования позволили получить данные морфометрии личинок *Ph. populifoliella* всех возрастов по таким параметрам, как длина тела, ширина головной капсулы, ширина 1–3-го грудных сегментов, ширина 1–3-го брюшных сегментов. В ходе проведения однофакторного дисперсионного анализа и пост-хок-анализа методом Тьюки с использованием языка программирования Python установлена статистическая достоверность различий между личинками пяти возрастов по всем рассмотренным параметрам, что подтверждает возможность использования данных морфометрии для идентификации возрастной принадлежности личинок тополевой моли-пестрянки – опасного вредителя тополей в зеленых насаждениях Беларуси.

Ключевые слова: вредители декоративных растений; зеленые насаждения; листовой минер; моли-пестрянки; морфология преимагинальных стадий; тополь; чешуекрылые.

Благодарность. Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы «Особенности структуры сообществ опылителей и минеров-филлобионтов лесных экосистем юго-запада Белорусского Поозерья» (№ гос. регистрации 20211658) задания «Особенности и тенденции изменений популяций ресурсных, редких

Образец цитирования:

Синчук НВ. Морфометрия разновозрастных личинок тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)). *Экспериментальная биология и биотехнология*. 2023;3:57–67.
EDN: FUSLKV

For citation:

Sinchuk NV. Morphometry of different instars larvae of the poplar leaf miner (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)). *Experimental Biology and Biotechnology*. 2023;3:57–67. Russian.
EDN: FUSLKV

Автор:

Надежда Владимировна Синчук – аспирантка кафедры зоологии биологического факультета. Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор С. В. Буга.

Author:

Nadzeya V. Sinchuk, postgraduate student at the department of zoology, faculty of biology.
n.v.sinchuk@gmail.com

и индикаторных видов, структуры и функционирования сообществ и экосистем в условиях климатических перемен и антропогенной трансформации местообитаний» государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. Автор выражает признательность заведующему кафедрой ботаники биологического факультета БГУ кандидату биологических наук, доценту В. Н. Тихомирову за помощь в определении таксономической принадлежности тополей.

MORPHOMETRY OF DIFFERENT INSTARS LARVAE OF THE POPLAR LEAF MINER (*PHYLLONORYCTER POPULIFOLIELLA* (TREITSCHKE, 1833))

N. V. SINCHUK^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Poplars (*Populus* spp.) are common in the green areas in Belarus. They are damaged by a wide range of phytophagous insects. The poplar leaf miner (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)) is a species of Gracillariidae (Lepidoptera) regularly having population outbreaks. The one is a dangerous pest of poplars in the green areas of Belarus. *Ph. populifoliella* larvae live within spot mines on the leaf blades of poplars, mass colonisation of foliage leads to early defoliation. Detailed morphometric data makes possible to identify larvae instars, which is important for understanding of the species' phenology and planning population management measures. The conducted research provided data on the morphometry of *Ph. populifoliella* larvae at all instars based on several parameters: body length, width of the head capsule, width of the 1st–3rd thoracic segments and width of the 1st–3rd abdominal segments. Using the one-way analysis of variance (ANOVA) method and Tukey's post hoc test in Python, the statistical significance of differences between larvae of five age groups across all considered parameters has been confirmed with the possibility of using morphometric data to identify the instars of poplar leaf miner larvae – a dangerous pest of poplars in the green areas of Belarus.

Keywords: pest of decorative plants; green area; leaf miner; Gracillariidae; larval morphology; poplars; Lepidoptera.

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the research work «Features of the structure of communities of pollinators and miner-phylobionts of forest ecosystems in the southwest of the Belarusian Poozerye (state registration No. 20211658) of the assignment «Features and trends in changes in populations of resource, rare and indicator species, the structure and functioning of communities and ecosystems in conditions of climate change and anthropogenic transformation of habitats» of the state programme of scientific research «Natural resources and environment» for 2021–2025. The author is grateful to the head of the department of botany, faculty of biology, Belarusian State University, PhD (biology), docent V. N. Tikhomirov for his help in determining the taxonomic affiliation of poplars.

Введение

Тополя (*Populus* spp.) активно используются в зеленом строительстве на территории современной Беларуси со второй половины XX в. [1]. В настоящее время эта древесная порода широко представлена в зеленых насаждениях, а также в посадках вдоль автомобильных и железнодорожных магистралей. В условиях урбанизированных территорий тополя улучшают санитарно-гигиеническую ситуацию, в промышленных зонах и районах жилой застройки они также используются для фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами [2; 3].

Тополевая моль-пестрянка (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833); Lepidoptera: Gracillariidae) считается одним из наиболее опасных вредителей тополей в Евразии, периодически дающим вспышки массового размножения на большей части своего ареала – от Восточной Сибири до Франции [4–6]. При массовом размножении этот фитофаг может повреждать более 80 % листовой поверхности растений. В центральном регионе Беларуси в отдельные годы им повреждалось до 71 и 33 % листовой поверхности на нижней и верхней стороне листовых пластинок тополей соответственно [7; 8].

Повреждения, наносимые минирующими филлофагами декоративным растениям, как правило, не могут быть компенсированы в текущем вегетационном сезоне. Листовые мины обычно хорошо заметны сторонним наблюдателям. В случае их массового присутствия снижается декоративность растений, при распространении некроза на иные участки листовых пластинок последние усыхают и часто досрочно опадают. В результате насаждения утрачивают возможность выполнять санитарно-гигиеническую функцию, кроме того, снижается их эстетическая ценность.

Развитие личинок тополевой моли-пестрянки происходит в листовых минах – камерах в листовой паренхиме. Изначально мины имеют зигзагообразную форму, впоследствии становятся пятнообразными. Личинки проходят в своем развитии пять возрастов. Сначала они являются так называемыми сокоедками, потом питаются как грызущие эндобионты. Смена варианта питания сопровождается не только морфологическими преобразованиями ротового аппарата, но и изменениями пропорций тела, что отражают соответствующие морфометрические показатели. Исследование морфометрии личинок *Ph. populifoliella* имеет научно-теоретическое значение, поскольку все еще отсутствует их подробная морфологическая характеристика. Кроме того, оно играет большую практическую роль, так как позволяет оценить возможность использования данных морфометрии для установления возрастной принадлежности личинок, что важно для изучения фенологии минера и планирования мероприятий по ограничению его вредной деятельности. Уже имеется успешный опыт применения морфометрических индексов для установления возрастной и половой принадлежности личинок другого вида молей-пестрянок – нижнесторонней белоакациевой минирующей моли (*Macrosaccus robiniella* (Clemens, 1859)) [9].

Исходя из вышеизложенного, целью настоящего исследования являлась развернутая морфометрическая характеристика личинок тополевой моли-пестрянки разных возрастов.

Материалы и методы исследования

Для формирования выборок личинок тополевой моли-пестрянки был выполнен отбор поврежденных минером листовых пластинок тополя берлинского (*Populus × berolinensis* (K. Koch) Dippel, 1865) и тополя канадского (*P. × canadensis* Moench, 1785) в зеленых насаждениях Минска и Витебска. Местопроизрастания деревьев представлены в табл. 1.

Таблица 1

Местопроизрастания экземпляров тополя берлинского и тополя канадского, с которых был выполнен сбор минированных личинками тополевой моли-пестрянки листовых пластинок

Table 1

Locality info for mined leaf blades of Berlin and Canadian poplars by poplar leaf miner

Город	Локализация	GPS-координаты
<i>Тополь берлинский</i>		
Минск	ул. Буденного	53° 53' 3,1" N., 27° 36' 50,9" E.
	ул. Заводская	53° 53' 18,9" N., 27° 35' 7,4" E.
	Стадион «Трактор» – 1	53° 52' 49,1" N., 27° 36' 59,7" E.
	Стадион «Трактор» – 2	53° 52' 48,4" N., 27° 36' 60,0" E.
	ул. Ленинградская	53° 53' 37,4" N., 27° 33' 4,0" E.
Витебск	Парк на набережной р. Витьбы – 1	55° 11' 45,0" N., 30° 12' 28,0" E.
	Парк на набережной р. Витьбы – 2	55° 11' 45,6" N., 30° 12' 28,0" E.
	пр. Московский	55° 10' 51,7" N., 30° 12' 33,1" E.
	ул. Энгельса	55° 11' 43,0" N., 30° 11' 41,0" E.
<i>Тополь канадский</i>		
Минск	ул. Ленинградская	53° 53' 33,9" N., 27° 33' 0,4" E.
	Михайловский сквер	53° 53' 38,8" N., 27° 33' 8,1" E.
	Еврейский мемориальный парк	53° 54' 1,3" N., 27° 32' 13,5" E.
	ул. Зыбицкая	53° 54' 18,5" N., 27° 33' 38,8" E.
	ул. Старовиленская	53° 54' 50,3" N., 27° 33' 32,0" E.

Отбор листьев проводился рандомизированно в нижней части крон тополей в период развития первой генерации тополевой моли-пестрянки. Минированные *Ph. populifoliella* листовые пластинки собирали в полиэтиленовые пакеты типа zip-lock (для исключения потери влаги), туда же вкладывали рабочую (временную) этикетку, на которой указывали дату и место сбора, таксон кормового растения, степень заселенности, коллектора [10].

Листовые мины вскрывали с помощью препаровальной иглы и заостренного пинцета по границе камеры (рис. 1, *a*). Извлеченные личинки помещали в полипропиленовые пробирки объемом 4 мл, наполненные этанолом (96°). Каждая пробирка снабжалась этикеткой, на которой указывалась следующая информация: таксономическая принадлежность объекта, дата и место сбора, GPS-координаты, кормовое растение, степень заселенности, коллектор, специалист, осуществивший идентификацию, маркировка гербария (номер гербарного сбора и листовой пластинки в нем для привязки каждой личинки к конкретному повреждению). Полученные образцы хранили в морозильной камере при температуре -16°C .

Снятие промеров личинок *Ph. populifoliella* (рис. 1, *б*) выполнялось с использованием предварительно откалиброванного для измерений стереомикроскопа Stemi-2000 (*Carl Zeiss*, Германия). На время исследования личинки изымались из фиксатора и выкладывались на предметные стекла в каплю этилового спирта. Для исключения быстрого испарения этанола использовались покровные стекла. После замеров исследуемый объект возвращали в пробирку, а затем в морозильную камеру.

Для личинок каждого возраста выполнялись промеры длины тела, ширины головной капсулы, ширины 1–3-го грудных сегментов, ширины 1–3-го брюшных сегментов (рис. 2).



Рис. 1. Личинки тополевой моли-пестрянки:
a – во вскрытой мине; *б* – во время снятия промеров

Fig. 1. Larvae of the poplar leaf miner:
a – in an opened mine; *b* – during measurements

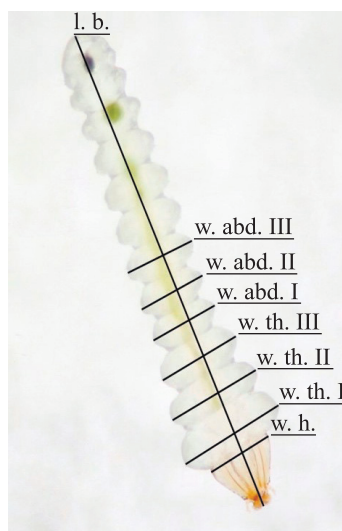


Рис. 2. Промеры личиночных стадий тополевой моли-пестрянки
(*w. h.* – ширина головной капсулы; *w. th. I* – ширина 1-го грудного сегмента;
w. th. II – ширина 2-го грудного сегмента; *w. th. III* – ширина 3-го грудного сегмента;
w. abd. I – ширина 1-го брюшного сегмента; *w. abd. II* – ширина 2-го брюшного сегмента;
w. abd. III – ширина 3-го брюшного сегмента; *l. b.* – длина тела)

Fig. 2. Measurements of different instar larvae of the poplar leaf miner
(*w. h.* – width of the head capsule; *w. th. I* – width of the 1st thoracic segment;
w. th. II – width of the 2nd thoracic segment; *w. th. III* – width of the 3rd thoracic segment;
w. abd. I – width of the 1st abdominal segment; *w. abd. II* – width of the 2nd abdominal segment;
w. abd. III – width of the 3rd abdominal segment; *l. b.* – body length)

Полученные данные заносили в электронные таблицы. Для определения статистической достоверности различий в значениях морфометрических параметров использовали метод однофакторного дисперсионного анализа (one-way analysis of variance (ANOVA)). В случае получения статистически значимых различий между группами выполняли пост-хок-анализ с применением метода Тьюки (Tukey's post hoc test) на языке программирования Python [11]. Для данных морфометрии личинок тополевой моли-пестрянки были рассчитаны доверительные интервалы (использована стандартная ошибка средней арифметической величины), в пределах которых находятся средние значения и медианы полученных выборок.

Результаты и их обсуждение

Головная капсула личинок тополевой моли-пестрянки от возраста к возрасту изменяется по размеру, форме и окраске (рис. 3). Важно отметить, что длина тела отдельных личинок может варьироваться в зависимости от таких факторов, как состояние растения-хозяина и условия окружающей среды.

Морфометрические характеристики личинок 1-го возраста тополевой моли-пестрянки представлены в табл. 2.

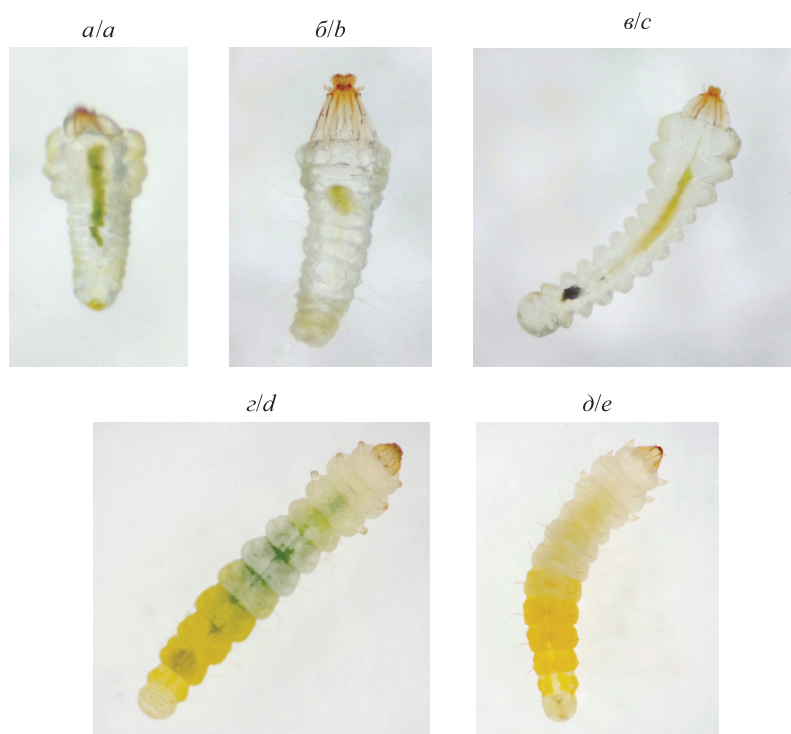


Рис. 3. Фотографии личинок тополевой моли-пестрянки разных возрастов:
а – личинка 1-го возраста; б – личинка 2-го возраста; в – личинка 3-го возраста;
г – личинка 4-го возраста; д – личинка 5-го возраста

Fig. 3. Photos of the poplar leaf miner larvae at different instars:
a – the 1st instar larva; b – the 2nd instar larva; c – the 3rd instar larva;
d – the 4th instar larva; e – the 5th instar larva

Таблица 2

Морфометрические характеристики личинок 1-го возраста тополевой моли-пестрянки

Table 2

Morphometric data of the 1st instar larvae of the poplar leaf miner

Морфометрические параметры	Среднее значение, мм	Стандартное отклонение, мм	Медиана, мм	Максимальное значение, мм	Минимальное значение, мм	Дисперсия
Длина тела	0,681	0,069	0,688	0,777	0,572	0,005
Ширина головной капсулы	0,127	0,021	0,134	0,159	0,071	0,000
Ширина 1-го грудного сегмента	0,238	0,029	0,232	0,282	0,192	0,001

Окончание табл. 2
 Ending of the table 2

Морфометрические параметры	Среднее значение, мм	Стандартное отклонение, мм	Медиана, мм	Максимальное значение, мм	Минимальное значение, мм	Дисперсия
Ширина 2-го грудного сегмента	0,267	0,042	0,277	0,353	0,205	0,002
Ширина 3-го грудного сегмента	0,220	0,036	0,224	0,263	0,150	0,001
Ширина 1-го брюшного сегмента	0,166	0,027	0,169	0,233	0,118	0,001
Ширина 2-го брюшного сегмента	0,153	0,022	0,157	0,182	0,095	0,000
Ширина 3-го брюшного сегмента	0,152	0,025	0,164	0,180	0,102	0,001

Примечание. Во всех случаях объем выборки составлял 15 экз.

Головная капсула личинок 1-го возраста отчетливо дифференцированная, маленькая, полупрозрачная, желтовато-белая.

Тело личинок 1-го возраста также прозрачное и практически бесцветное, лишённое волосков. Оно постепенно сужается к заднему концу и имеет множество мелких складок, что позволяет ему сгибаться и разгибаться и обеспечивает подвижность. Ноги на данном этапе не выражены. Грудной отдел выделяется значительным развитием по отношению к другим отделам. Брюшные сегменты значительно уже грудных.

Личинки 2-го возраста тополевой моли-пестрянки демонстрируют некоторые изменения в своей морфометрии (табл. 3).

Таблица 3

Морфометрические характеристики личинок 2-го возраста тополевой моли-пестрянки

Table 3

Morphometric data of the 2nd instar larvae of the poplar leaf miner

Морфометрические параметры	Среднее значение, мм	Стандартное отклонение, мм	Медиана, мм	Максимальное значение, мм	Минимальное значение, мм	Дисперсия
Длина тела	1,004	0,152	1,025	1,248	0,713	0,023
Ширина головной капсулы	0,224	0,033	0,235	0,259	0,129	0,001
Ширина 1-го грудного сегмента	0,354	0,045	0,367	0,441	0,255	0,002
Ширина 2-го грудного сегмента	0,352	0,040	0,355	0,441	0,246	0,002
Ширина 3-го грудного сегмента	0,300	0,039	0,302	0,420	0,225	0,002
Ширина 1-го брюшного сегмента	0,220	0,033	0,223	0,328	0,144	0,001
Ширина 2-го брюшного сегмента	0,217	0,038	0,217	0,340	0,134	0,001
Ширина 3-го брюшного сегмента	0,214	0,042	0,217	0,343	0,126	0,002

Примечание. Во всех случаях объем выборки составлял 53 экз.

Головная капсула у личинок 2-го возраста становится более крупной и темной, чем у личинок 1-го возраста, ее цвет приобретает бежево-коричневый оттенок.

Грудной отдел личинок 2-го возраста заметно развит и выделяется своей шириной. Брюшные сегменты уже грудных. На теле имеются редкие, короткие волоски: на 1-м грудном и всех брюшных сегментах располагается по 2 пары волосков, на 2-м и 3-м грудных сегментах – по 1 паре волосков, на анальном сегменте равномерно размещены 8 волосков.

Личинки 3-го возраста тополевой моли-пестрянки имеют морфометрические характеристики, представленные в табл. 4.

Таблица 4

**Морфометрические характеристики
личинки 3-го возраста тополевой моли-пестрянки**

Table 4

Morphometric data of the 3rd instar larvae of the poplar leaf miner

Морфометрические параметры	Среднее значение, мм	Стандартное отклонение, мм	Медиана, мм	Максимальное значение, мм	Минимальное значение, мм	Дисперсия
Длина тела	1,702	0,282	1,636	2,328	1,192	0,080
Ширина головной капсулы	0,276	0,057	0,249	0,361	0,122	0,003
Ширина 1-го грудного сегмента	0,452	0,079	0,450	0,617	0,185	0,006
Ширина 2-го грудного сегмента	0,438	0,067	0,432	0,573	0,242	0,005
Ширина 3-го грудного сегмента	0,383	0,059	0,378	0,512	0,218	0,003
Ширина 1-го брюшного сегмента	0,300	0,056	0,290	0,436	0,142	0,003
Ширина 2-го брюшного сегмента	0,297	0,055	0,291	0,421	0,135	0,003
Ширина 3-го брюшного сегмента	0,304	0,056	0,296	0,426	0,164	0,003

Примечание. Во всех случаях объем выборки составлял 98 экз.

Головная капсула личинок 3-го возраста значительно более крупная и темная по сравнению с головной капсулой личинок 2-го возраста, ее цвет приобретает светло-коричневый оттенок.

На данной стадии развития становится явным наличие грудных конечностей и брюшных ножек, тело личинок имеет бледно-желтую или желтовато-зеленую окраску.

Морфометрические характеристики личинок 4-го возраста тополевой моли-пестрянки представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Морфометрические характеристики
личинки 4-го возраста тополевой моли-пестрянки**

Table 5

Morphometric data of the 4th instar larvae of the poplar leaf miner

Морфометрические параметры	Среднее значение, мм	Стандартное отклонение, мм	Медиана, мм	Максимальное значение, мм	Минимальное значение, мм	Дисперсия
Длина тела	2,475	0,220	2,474	2,788	1,516	0,048
Ширина головной капсулы	0,343	0,028	0,341	0,398	0,226	0,001
Ширина 1-го грудного сегмента	0,563	0,057	0,562	0,721	0,374	0,003
Ширина 2-го грудного сегмента	0,535	0,056	0,521	0,740	0,414	0,003
Ширина 3-го грудного сегмента	0,481	0,052	0,471	0,669	0,387	0,003
Ширина 1-го брюшного сегмента	0,391	0,038	0,388	0,480	0,283	0,001
Ширина 2-го брюшного сегмента	0,394	0,040	0,395	0,509	0,282	0,002
Ширина 3-го брюшного сегмента	0,402	0,045	0,401	0,506	0,255	0,002

Примечание. Во всех случаях объем выборки составлял 47 экз.

Головная капсула у личинок 4-го возраста крупнее, чем у личинок 3-го возраста, ее цвет приобретает средне-коричневый оттенок.

В целом личинки 4-го возраста сохраняют сходство с личинками 3-го возраста, однако имеют более выраженные адаптивные изменения. В частности, их конечности становятся более развитыми, а общая ширина тела увеличивается. Эпителиальные покровы тела остаются прозрачными, что позволяет наблюдать внутренние органы и трубчатый кишечник. В отличие от личинок 3-го возраста личинки 4-го возраста благодаря лучше развитым челюстям демонстрируют способность к потреблению как мягких, так и жестких тканей листа. Окраска их тела приобретает зеленовато-желтый оттенок, изменяющийся в зависимости от окружающей среды. По дорсальной стороне иногда наблюдается чередование темных и светлых полос.

Личинки 5-го возраста тополевой моли-пестрянки продемонстрировали существенные изменения морфологии (табл. 6). Важным аспектом является то, что головная капсула стала еще крупнее и приобрела более интенсивный темно-коричневый цвет.

Таблица 6

Морфометрические характеристики личинок 5-го возраста тополевой моли-пестрянки

Table 6

Morphometric data of the 5th instar larvae of the poplar leaf miner

Морфометрические параметры	Среднее значение, мм	Стандартное отклонение, мм	Медиана, мм	Максимальное значение, мм	Минимальное значение, мм	Дисперсия
Длина тела	3,809	0,800	3,746	5,237	2,595	0,640
Ширина головной капсулы	0,385	0,073	0,380	0,725	0,259	0,005
Ширина 1-го грудного сегмента	0,649	0,104	0,627	1,030	0,379	0,011
Ширина 2-го грудного сегмента	0,746	0,165	0,733	1,075	0,366	0,027
Ширина 3-го грудного сегмента	0,695	0,147	0,703	0,920	0,486	0,022
Ширина 1-го брюшного сегмента	0,626	0,148	0,652	0,851	0,400	0,022
Ширина 2-го брюшного сегмента	0,641	0,164	0,664	0,937	0,405	0,027
Ширина 3-го брюшного сегмента	0,686	0,272	0,716	2,407	0,417	0,074

Примечание. Во всех случаях объем выборки составлял 62 экз.

Тело личинок имеет удлинённую форму и сужается к концу. В грудном отделе отчетливо выделяются 3 пары конечностей, каждая из которых несет коготки. Брюшные сегменты покрыты мелкими волосками. Имеются несколько пар брюшных ножек, которые также помогают насекомому передвигаться. Окраска передней части брюшного отдела личинки молочно-желтоватая, задней – желто-оранжевая. На данной стадии развития личинка формирует защитный кокон, в котором впоследствии будет происходить окукливание.

Результаты проведения однофакторного дисперсионного анализа и пост-хок-анализа методом Тьюки с использованием языка программирования Python указывают на существование статистически значимых различий ($p < 0,05$) по всем рассматриваемым морфометрическим параметрам для личинок *Ph. populifoliella* 1–5-го возрастов, что согласуется с результатами аналогичных исследований для нижнесторонней белоакациевой минирующей моли [9], каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimič, 1986) [12] и липовой моли-пестрянки (*Ph. issikii* (Kumata, 1963)) [13], подтвердившими возможность использования этих параметров для установления возрастной принадлежности личинок тополевой моли-пестрянки.

Данные, полученные в ходе анализа морфометрических параметров личинок *Ph. populifoliella* 1–5-го возрастов, собранных на кормовом растении *P. × canadensis*, свидетельствуют о статистически значимых различиях ($p < 0,05$) в значениях исследуемых параметров, за исключением ширины головной капсулы 2-го и 3-го возрастов, где статистически значимых различий не обнаружено ($Pr(>F) = 0,097$; $p > 0,05$). В то время как для личинок *Ph. populifoliella* 1–5-го возрастов, развивавшихся на кормовом растении *P. × berolinensis*, установлена статистическая достоверность различий ($p < 0,05$) по всем морфометрическим параметрам.

Анализ морфометрических параметров личинок разных возрастов по отдельным выборкам тополя берлинского из зеленых насаждений Витебска и Минска показал отсутствие статистически значимых различий ($p > 0,05$), за исключением нескольких параметров, представленных в табл. 7.

Таблица 7

Уровень значимости ($Pr(>F)$) и разность средних значений (*meandiff*) морфометрических параметров личинок тополевой моли-пестрянки, собранных с тополя берлинского в зеленых насаждениях Витебска и Минска

Table 7

The significance level ($Pr(>F)$) and the difference in mean values (*meandiff*) of morphometric data of the poplar leaf miner larvae collected from Berlin poplar in green areas of Vitebsk and Minsk

Морфометрические параметры	Возраст личинки	$Pr(>F)$	<i>Meandiff</i> , мм
Ширина 2-го грудного сегмента	4	0,009 7	0,045 4
Ширина 3-го грудного сегмента	2	0,047 9	0,030 4
	4	0,000 4	0,054 1
Ширина 1-го брюшного сегмента	4	0,008 4	0,028 6

Таким образом, полученные данные не подтверждают зависимость между морфометрическими параметрами личинок и регионом сбора образцов. Однако наблюдаемые различия могут быть связаны с разными факторами (географические условия, места обитания, питание и др.), которые влияют на развитие личинок.

Результаты статистического анализа морфометрических параметров личинок, развивавшихся на *P. × berolinensis* (группа 1) и *P. × canadensis* (группа 2), показали, что для ширины всех грудных и брюшных сегментов существуют статистически значимые различия между группами личинок 5-го возраста: у образцов, собранных с *P. × canadensis*, значения ширины оказались существенно большими, чем у образцов, собранных с *P. × berolinensis*. Для остальных параметров статистически значимых различий не установлено ни в одном из исследуемых возрастов.

Для групп личинок, развивавшихся на *P. × berolinensis* (группа 1) и *P. × canadensis* (группа 2) в Минске, статистически значимых различий в значениях анализируемых морфометрических параметров не установлено ($p > 0,05$).

Для групп личинок, развивавшихся на *P. × berolinensis* (группа 1) в Витебске и *P. × canadensis* (группа 2) в Минске, выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$) в значениях ширины всех грудных и брюшных сегментов у личинок 4-го и 5-го возрастов. Для остальных параметров статистически значимых различий не установлено ни в одном из исследуемых возрастов.

Заключение

Выполненные исследования преимагинальных стадий тополевой моли-пестрянки, массового вредителя тополя берлинского и тополя канадского в зеленых насаждениях Беларуси, позволили получить морфометрические параметры личинок *Ph. populifoliella* всех возрастов, такие как длина тела, ширина головной капсулы, ширина 1–3-го грудных сегментов, ширина 1–3-го брюшных сегментов. Однофакторный дисперсионный анализ и пост-хок-анализ методом Тьюки с использованием языка программирования Python продемонстрировали статистически достоверные различия ($p < 0,05$) всех рассмотренных параметров личинок 1–5-го возрастов.

Исследование морфометрических параметров личинок *Ph. populifoliella*, собранных на различных кормовых растениях и в разных географических локациях, позволило выявить статистически значимые различия в их морфологии. Анализ полученных результатов указывает на следующие закономерности.

1. Влияние кормового растения: развитие личинок на разных кормовых растениях (*P. × berolinensis* и *P. × canadensis*) отражается на морфометрических параметрах. Обнаруженные статистически значимые различия в значениях ширины всех грудных и брюшных сегментов личинок 5-го возраста могут быть связаны с разным химическим составом листьев и питательных веществ этих растений, которые влияют на рост и развитие личинок, что приводит к различиям в их морфологических характеристиках.

2. Влияние географической локации: различия в значениях морфометрических параметров личинок, собранных в разных городах (Минск и Витебск), могут быть связаны с отличием экологических

условий, мест обитания и других факторов, характерных для каждой локации. Однако не во всех случаях различия были статистически значимыми, что может указывать на наличие иных влияющих факторов.

По результатам выполненных исследований детализировано морфометрическое описание личинок тополевой моли-пестрянки всех возрастов и подтверждена возможность использования данных морфометрии для установления возрастной принадлежности личинок *Ph. populifoliella* – опасного вредителя зеленых насаждений, регулярно дающего в Беларуси вспышки массового размножения.

Библиографические ссылки

1. Федорук АТ. *Интродуцированные деревья и кустарники западной части Белоруссии*. Минск: Издательство БГУ имени В. И. Ленина; 1972. 191 с.
2. Котелова НВ, Стельмахович МЛ. *Тополя и их использование в зеленых насаждениях*. Москва: Сельхозиздат; 1962. 127 с.
3. Новикова АЛ, Чубик МВ. Фиторемедиация почв. В: Чинахов ДА, Гришагин ВМ, Литовкин СВ, Луговцова НЮ, Мальчик АГ, Поleshchuk ЛГ и др., редакторы. *Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов; 27–28 ноября 2014 г.; Югра, Россия*. Томск: Издательство Томского политехнического университета; 2014. с. 52–54.
4. Селиховкин АВ. Особенности популяционной динамики тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae). *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2010;192:220–235.
5. Флоров ДН. Тополевая моль – вредитель зеленых насаждений Иркутска. *Труды Иркутского государственного университета имени А. А. Жданова. Серия биологическая*. 1948;3(2):1–20.
6. Kozlovsky S. Contribution à l'étude morphologique et biologique de *Phyllocnistis suffusella* Zell. et *Lithocolletis populifoliella* Tr. *Ecole nationale des eaux et forets*. 1955;14:261–278.
7. Синчук ОВ, Трещева АБ. Спектр кормовых растений тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) в условиях Беларуси и других регионах мира. В: Лысак ВВ, Соколик АИ, Люзина КМ, Совгир НВ, Ризевский СВ, Дзыубан ОВ и др., редакторы. *Биологическая осень – 2017 (к Году науки в Беларуси). Тезисы докладов Международной научной конференции молодых ученых; 9 ноября 2017 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2017. с. 281–282.
8. Синчук НВ, Кучвальская АБ, Буга СВ. Поврежденность листовых пластинок *Populus × canadensis* личинками тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella*) в условиях зеленых насаждений Центрального ботанического сада НАН Беларуси в 2016–2018 гг. *Вестник Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І. П. Шамякіна*. 2020;2:58–65.
9. Davis DR, De Prins J. Systematics and biology of the new genus *Macrosaccus* with descriptions of two new species (Lepidoptera, Gracillariidae). *Zookeys*. 2011;98:29–82. DOI: 10.3897/zookeys.98.925.
10. Кириченко НИ. Методические подходы к исследованию насекомых, минирующих листья древесных растений. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2014;207:235–246.
11. Вандер Плас Дж. *Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение*. Пальти И, переводчик. Санкт-Петербург: Питер; 2018. 576 с.
12. Рогинский АС, Буга СВ. Краткая морфометрическая характеристика личинок каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986; Lepidoptera: Gracillariidae). В: Бородин ОИ, Цинкевич ВА, Волкова ТВ, Анисимова ЕИ, Бычкова ЕИ, редакторы. *Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси. Сборник статей XI Зоологической Международной научно-практической конференции, приуроченной к десятилетию основания ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»; 1–3 ноября 2017 г.; Минск, Беларусь. Том 2*. Минск: Издатель А. Н. Вараксин; 2017. с. 371–374.
13. Sefrova H. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) – bionomics, ecological impact and spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2002;50(3):99–104.

References

1. Fedoruk AT. *Introducirovannyye derev'ya i kustarniki zapadnoi chasti Belorussii* [Introduced trees and bushes of the western part of Belarus]. Minsk: Izdatel'stvo BGU imeni V. I. Lenina; 1972. 191 p. Russian.
2. Kotelova NV, Stel'makhovich ML. *Topolya i ikh ispol'zovanie v zelenykh nasazhdeniyakh* [Poplars and their use in green areas]. Moscow: Sel'khozizdat; 1962. 127 p. Russian.
3. Novikova AL, Chubik MV. [Phytoremediation of soils]. In: Chinakhov DA, Grishagin VM, Litovkin SV, Lugovtsova NYu, Mal'chik AG, Poleshchuk LG, et al., editors. *Ekologiya i bezopasnost' v tekhnosfere: sovremennyye problemy i puti resheniya. Sbornik trudov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov; 27–28 noyabrya 2014 g.; Yugra, Rossiya* [Ecology and safety in technosphere: modern problems and solutions. Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference of young scientists, postgraduates and students; 2014 November 27–28; Yugra, Russia]. Tomsk: Publishing House of the Tomsk Polytechnic University; 2014. p. 52–54. Russian.
4. Selikhovkin AV. [Features of population dynamics of the poplar leaf miner *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae)] *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*. 2010;192:220–235. Russian.
5. Florov DN. [Poplar moth – a pest of green areas in Irkutsk]. *Trudy Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta imeni A. A. Zhdanova. Seriya biologicheskaya*. 1948;3(2):1–20. Russian.
6. Kozlovsky S. Contribution à l'étude morphologique et biologique de *Phyllocnistis suffusella* Zell. et *Lithocolletis populifoliella* Tr. *Ecole nationale des eaux et forets*. 1955;14:261–278.
7. Sinchuk AV, Tresheva AB. Spectrum of fodder plants *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) in conditions of Belarus and other regions of the world. In: Lysak VV, Sokolik AI, Lyuzina KM, Sovgir NV, Rizevskii SV, Dzyuban OV, et al., editors. *Biologicheskaya osen' – 2017 (k Godu nauki v Belarusi). Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh; 9 noyabrya 2017 g.; Minsk, Belarus'* [Biological autumn – 2017 (for the Year of Science in Belarus). Abstracts of reports of the International scientific conference of young scientists; 2017 November 9; Minsk, Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2017. p. 281–282. Russian.

8. Sinchuk NV, Kuchvalskaya AB, Buga SV. Dynamics of *Populus × canadensis* leaf blades damage by larvae of *Phyllonorycter populifoliella* in green areas of the Central Botanical Garden in Minsk for the period 2016–2018. *Vesnik Mazyrskaga dzjarzhavnaga pedagogichnaga vniuersitjeta imja I. P. Shamjakina*. 2020;2:58–65. Russian.

9. Davis DR, De Prins J. Systematics and biology of the new genus *Macrosaccus* with descriptions of two new species (Lepidoptera, Gracillariidae). *Zookeys*. 2011;98:29–82. DOI: 10.3897/zookeys.98.925.

10. Kirichenko NI. Methodological approaches to the study of insects mining leaves of woody plants. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*. 2014;207:235–246. Russian.

11. VanderPlas J. *Python data science handbook: essential tools for working with data*. Sebastopol: O'Reilly Media; 2016. 548 p. Russian edition: VanderPlas J. *Python dlya slozhnykh zadach: nauka o dannykh i mashinnoe obuchenie*. Pal'ti I, translator. Saint Petersburg: Piter; 2018. 576 p.

12. Roginsky AS, Buga SV. Short morphometric characteristics of large horse-chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimič, 1986; Lepidoptera: Gracillariidae). In: Borodin OI, Tsinkevich VA, Volkova TV, Anisimova EI, Bychkova EI, editors. *Aktual'nye problemy zoologicheskoi nauki v Belarusi. Sbornik statei XI Zoologicheskoi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, priurochennoi k desyatiletiju osnovaniya GNPO «NPTs NAN Belarusi po bioresursam»; 1–3 noyabrya 2017 g.; Minsk, Belarus'*. Tom 2 [Current issues in zoological science in Belarus. Collection of articles from the 11th International scientific-practical conference on zoology, dedicated to the 10th anniversary of the establishment of the state scientific and production association «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources»; 2017 November 1–3; Minsk, Belarus. Volume 2]. Minsk: Publisher A. N. Varaksin; 2017. p. 371–374. Russian.

13. Sefrova H. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) – bionomics, ecological impact and spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2002;50(3):99–104.

Получена 10.09.2023 / принята 11.09.2023.
Received 10.09.2023 / accepted 11.09.2023.