Н.В. Синчук, С.В. Буга

Белорусский государственный университет, г. Минск

ПЛОЩАДЬ МИН ЛИЧИНОК РАЗНЫХ ВОЗРАСТОВ ТОПОЛЕВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОЩАДЬ ПОВРЕЖДЕННОЙ ИМИ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТОПОЛЕЙ БЕРЛИНСКОГО И КАНАДСКОГО

Дата поступления статьи в редакцию: 18.09.2023

Рецензент: доктор с.-х. наук Налобова В.Л.

Аннотация. Тополевая моль-пестрянка (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)); Lepidoptera: Gracillariidae) – опасный криптогенный минирующий вредитель тополей в зеленых насаждениях в Беларуси и ряде других регионов Европы и Северной Азии. Результаты определения методами компьютерной планиметрии площади отдельных мин личинок *Ph. populifoliella* выявили статистически значимые различия для личинок II–IV возрастов. Оценена относительная площадь поврежденной личинками разных возрастов (занятой минами) поверхности листовых пластинок тополей берлинского (*Populus x berolinensis* (Koch) Dippel) и канадского (*Populus x canadensis* Moench, 1785).

Ключевые слова: вредители тополя, зеленые насаждения, минирующие чешуекрылые, моли-пестрянки, ImageJ.

Введение. Тополь является древесной породой, активно использовавшейся в зеленом строительстве Беларуси в послевоенный период [1] и в настоящее время широко представленной в древесных насаждениях. Тополевая моль-пестрянка (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)) в последние десятилетия стала основным вредителем ряда видов и форм тополей (*Populus* L.) в декоративных зеленых насаждениях. В зеленых насаждениях г. Минска заселенность листовых пластинок тополей личинками минёра достигала 100% [2]. По нашим данным, в условиях центрального региона Беларуси в отдельные годы этим минёром повреждалось около 70 % листовой поверхности на нижней стороне и до 33% – на верхней стороне листовых пластинок тополей [3, 4].

В настоящее время ареал *Ph. populifoliella* простирается по всей Палеарктике, исключая ее регионы, где отсутствуют её растения-хозяева [5]. Данный фитофаг считается одним из наиболее опасных вредителей тополей, поскольку периодически дает вспышки массового размножения на большей части своего ареала, от Восточной Сибири до Франции [6–8]. В России это самый распространенный и массовый вредитель

тополей в урбоценозах [9–10]. При этом тополевую моль-пестрянку относят к числу криптогенных видов, – в пользу этого свидетельствует динамика географии всплеск массового размножения в европейской части России в первой половине XX века [11] и минимальная повреждаемость аборигенных для Европы тополей черного (*Populus nigra* L.) и, тем более, белого (*Populus alba* L.) [12].

Наносимые молью-пестрянкой повреждения листовых пластинок тополей хорошо заметны сторонним наблюдателям, поскольку выделяются своей хлоротичной окраской. Характерными являются ускоренная некротизация поврежденных участков и досрочное опадение листьев. В результате страдает декоративность посадок, насаждения вследствие преждевременной дефолиации крон утрачивают возможность выполнять санитарно-гигиенические функции.

Развитие личинок *Ph. populifoliella* осуществляется в листовых минах, они проходят в 5 возрастов, на которых питаются сначала как так называемые «сокоедки», затем как грызущие эндобионты. Мины сначала имеют зигзагообразную форму, после перехода личинок к потреблению мезофила становятся пятнообразными. Соответственно, по мере развития личинок площадь мин, а значит, и поврежденной листовой поверхности растет. Ранее характер динамики площади мин был описан для других видов молей-пестрянок (Lepidoptera: Gracillariidae), повреждающих декоративные древесные растения в условиях зеленых насаждений Беларуси, в частности, каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986) [13]. Целью выполненного исследования было установление площади отдельных мин личинок тополевой моли-пестрянки разных возрастов на листовых пластинках тополей, интенсивно повреждаемых данным вредителем декоративных зеленых насаждений в условиях Беларуси, а также оценка относительной площади поврежденной (занятой миной) листовой поверхности на заселенных минёром листовых пластинках тополей.

Материалы и методы исследования. Для формирования выборок листовых пластинок с минами личинок *Ph. populifoliella* разных возрастов был выполнен отбор поврежденных тополевой молью-пестрянкой листьев с тополей берлинского (*Populus x berlinensis* (Koch) Dippel) и канадского (*Populus x canadensis* Moench, 1785), наиболее интенсивно повреждаемых этим минёром в зеленых насаждениях гг. Минска и Витебска (данные об их местопроизрастаниях приведены в таблице 1).

Отбор листьев проводился случайным образом (рандомизированно) в нижней части крон тополей в период развития первой генерации тополевой моли-пестрянки. Минируемые личинками *Ph. populifoliella* листовые пластинки для транспортировки помещали в полиэтиленовые пакеты типа Zip-Lock (что предотвращало потерю тургора). Гербаризированные стандартным способом [14] пригодны для долговременного хранения.

Таблица 1 – Местопроизрастания тополей берлинского (*Populus x berolinensis* (Koch) Dippel) и канадского (*Populus x canadensis* Moench, 1785), с которых был выполнен сбор минированных личинками тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)) листовых пластинок

Город	Локализация	GPS-координаты
тополь берлинский (<i>Populus x berolinensis</i> (Koch) Dippel)		
Минск	ул. Буденного	53.88419 27.61413
	ул. Заводская	53.888595 27.585398
	стадион «Трактор»	53.880296 27.616582
	стадион «Трактор» – 2	53.880121 27.616662
	ул. Ленинградская	53.893722 27.551115
Витебск	парк по набережной реки Витьба – 2	55.19599 30.207771
	Московский проспект	55.181017 30.209196
	парк по набережной реки Витьба – 1	55.195832 30.207772
	ул. Энгельса	55.195278 30.194722
тополь канадский (<i>Populus x canadensis</i> Moench, 1785)		
Минск	ул. Ленинградская	53.892759 27.550113
	Михайловский сквер	53.8941 27.552261
	Еврейский парк	53.900364 27.537078
	ул. Зыбицкая	53.905146 27.560768
	ул. Старовиленская	53.913958, 27.558885

Цифровые изображения листовых пластинок получали, используя планшетный сканер, их анализ выполняли средствами графического редактора ImageJ, имеющего статус свободного программного обеспечения [15]. Полученные количественные данные заносили в электронные таблицы LibreOffice Calc, где результаты измерений аккумулировались и структурировались для последующей обработки. Статистический анализ проводился средствами RStudio [16]. С целью установления достоверности наблюдаемых различий между выборочными совокупностями использовался непараметрический критерий различий Уилкоксона-Манна-Уитни.

Исследования выполнены в рамках задания Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (N госрегистрации НИР 20211658), а также исследовательского проекта «Трофоэкология личинок тополевой моли-пестрянки: сравнительная характеристика повреждений (мин) на различных видах и формах тополей» (N госрегистрации НИР 20211658), поддержанного грантом Министерства образования Республики Беларусь.

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные по результатам выполненных исследований данные для поврежденных личинками *Ph. populifoliella* листовых пластинок тополей берлинского и канадского проанализированы отдельно. В таблице 2 представлены данные по площади отдельных мин, а также относительной площади поврежденной листовой поверхности для заселенных минёром листовых пластинок тополя берлинского.

Таблица 2 – Площадь отдельных мин, в которых размещаются личинки разных возрастов и куколки тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)), и относительная площадь поврежденной листовой поверхности (ОППЛП) поврежденных минёром листовых пластинок тополя берлинского (*Populus x berolinensis* (Koch) Dippel)

Параметры	Средняя арифметическая	Стандартное отклонение	Медиана	Максимум	Минимум	Дисперсия	Объем выборки, экз.
личинки I возраста							
Площадь мин, см ²	0,073	0,067	0,047	0,208	0,034	0,005	6
ОППЛП, %	0,267	0,170	0,249	0,511	0,085	0,000	6
личинки II возраста							
Площадь мин, см ²	0,119	0,151	0,073	0,919	0,031	0,023	39
ОППЛП, %	0,424	0,421	0,294	2,246	0,073	0,002	39
личинки III возраста							
Площадь мин, см ²	0,308	0,261	0,217	1,288	0,031	0,068	71
ОППЛП, %	1,418	1,410	0,886	6,720	0,076	0,020	71
личинки IV возраста							
Площадь мин, см ²	0,668	0,278	0,630	1,329	0,147	0,077	32
ОППЛП, %	3,541	4,626	2,559	26,650	0,776	0,214	32
личинки V возраста							
Площадь мин, см ²	1,176	0,375	1,221	1,738	0,176	0,141	47
ОППЛП, %	4,506	2,346	4,042	11,409	0,858	0,055	47
куколки							
Площадь мин, см ²	1,308	0,253	1,319	2,301	0,384	0,064	139
ОППЛП, %	4,427	1,980	3,890	12,954	1,807	0,039	139

Выполненный расчет значимости (p-value) для значений критерия Уилкоксона-Манна-Уитни на основе анализа данных для листовых пластинок тополя берлинского (базовая статистика приведена в таблице 2) выявил наличие статистически достоверных различий площадей мин личинок тополевой моли-пестрянки II и III возрастов ($P < 0,001$), III

и IV ($P < 0,001$), IV и V возрастов ($P < 0,001$). Различия площади мин личинок I и II возрастов не были статистически достоверны ($P = 0,109$), как и мин, в которых находились личинки V возраста и куколки ($P = 0,087$).

По параметру относительной площади поврежденной (занятой миной) листовой поверхности использование критерия Уилкоксона-Манна-Уитни выявило статистически достоверные различия для листовых пластинок тополя берлинского с минами личинок тополевой моли-пестрянки II и III возрастов ($P < 0,001$), III и IV возрастов ($P < 0,001$), IV и V возрастов ($P = 0,0001$). Различия значений рассматриваемого параметра не были статистически достоверны для листовых пластинок с минами, в которых находились личинки V возраста и, с другой стороны, куколки *Ph. populifoliella* ($P = 0,802$), а также с минами личинок I и II возрастов ($P = 0,368$).

В таблице 3 представлены данные по площади отдельных мин, а также относительной площади поврежденной листовой поверхности для заселенных минёром листовых пластинок тополя канадского.

Таблица 3 – Площадь отдельных мин, в которых размещаются личинки разных возрастов и куколки тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)), и относительная площадь поврежденной листовой поверхности (ОППЛП) поврежденных минёром листовых пластинок тополя канадского (*Populus x canadensis* Moench, 1785)

Параметры	Средняя арифметическая	Стандартное отклонение	Медиана	Максимум	Минимум	Дисперсия	Объем выборки, экз.
личинки I возраста							
Площадь мин, см ²	0,067	0,133	0,025	0,423	0,013	0,018	9
ОППЛП, %	0,140	0,251	0,056	0,807	0,033	0,001	9
личинки II возраста							
Площадь мин, см ²	0,056	0,038	0,046	0,144	0,018	0,001	14
ОППЛП, %	0,519	0,678	0,284	2,422	0,030	0,005	14
личинки III возраста							
Площадь мин, см ²	0,353	0,371	0,169	1,463	0,02	0,138	27
ОППЛП, %	1,108	1,223	0,621	5,021	0,038	0,015	27
личинки IV возраста							
Площадь мин, см ²	0,595	0,364	0,579	1,376	0,087	0,132	15
ОППЛП, %	2,481	2,197	2,338	9,100	0,346	0,048	15
личинки V возраста							
Площадь мин, см ²	1,148	0,479	1,158	2,178	0,09	0,229	23
ОППЛП, %	4,531	3,311	4,042	11,409	0,039	0,110	23
куколки							
Площадь мин, см ²	1,088	0,230	1,075	1,956	0,385	0,053	81
ОППЛП, %	3,844	2,745	3,052	18,680	1,303	0,075	81

Проведенный статистический анализ данных (тест Уилкоксона-Манна-Уитни) выявил статистически достоверные различия ($p < 0,05$) для площадей мин личинок I и II возрастов ($P = 0,037$), II и III возрастов ($P < 0,001$), III и IV возрастов ($P = 0,015$), IV и V возрастов ($P = 0,0004$), но не между минами с личинками V возраста или куколками ($P = 0,398$).

По параметру относительной площади поврежденной (занятой миной) листовой поверхности использование непараметрического критерия Уилкоксона-Манна-Уитни выявило статистически достоверные различия для листовых пластинок тополя канадского с минами личинок тополевой моли-пестрянки II и III возрастов ($P = 0,05$), III и IV возрастов ($P = 0,006$), а также IV и V возрастов ($P = 0,05$). Напротив, наблюдаемые различия значений рассматриваемого параметра не были статистически достоверны для листовых пластинок с минами, в которых находились личинки V возраста и, с другой стороны, куколки *Ph. populifoliella* ($P = 0,398$), а также личинки I и II возрастов ($P = 0,101$).

Личинки I–II возрастов питаются растительным соком (то есть являются так называемыми «сокоедками», их мины залегают в эпидермисе. Личинки IV и V возрастов потребляют мезофилл листа, что ведет к быстрому росту площади мин. В результате, площадь мин личинок IV возраста почти в 2 раза превышает таковую мин личинок III возраста. Наносимые личинками старших возрастов повреждения обуславливают последующую некротизацию листовых пластинок и досрочную дефолиацию крон. Личинки *Ph. populifoliella* не способны завершить развитие в опавших листовых пластинках. Таким образом, преждевременную дефолиацию следует рассматривать в качестве защитной реакции повреждаемых данным листовым минёром древесных растений.

Заключение. Методами компьютерной планиметрии оценена площадь располагающихся на листовых пластинках тополей берлинского (*Populus x berlinensis* (Koch) Dippel) и канадского (*Populus x canadensis* Moench, 1785) мин тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833)), в которых размещаются личинки I–V возрастов и куколки. Использование непараметрического критерия Уилкоксона-Манна-Уитни выявило статистически значимые ($p < 0,05$) различия площади мин личинок II и III, III и IV, IV и V возрастов, соответственно на листовых пластинках исследуемых тополей, а также площади мин личинок I и II возрастов на листовых пластинках тополя канадского. У *Ph. populifoliella* личинки V возраста являются последней питающейся стадией, так что отсутствие статистически значимых различий площади мин с личинками этого возраста и куколками вполне закономерно.

По параметру относительной площади поврежденной (занятой миной) листовой поверхности использование критерия Уилкоксона-Манна-У-

итни выявило статистически значимые различия для поврежденных тополевой молью-пестрянкой листовых пластинок тополей с минами личинок II и III, III и IV, а также IV и V возрастов. Различия значений рассматриваемого параметра не были статистически достоверны для листовых пластинок с минами, в которых находились личинки V возраста и, с другой стороны, куколки *Ph. populifoliella*, а также с минами личинок I и II возрастов.

Результаты выполненных исследований указывают на возможность использования параметра площади отдельных мин тополевой моли-пестрянки для идентификации возрастной принадлежности находящихся в них личинок II–V возрастов, что может быть использовано как в исследованиях биологии и экологии данного вида минирующих филлофагов древесных растений, так и при планировании мероприятий по контролю популяций данного опасного вредителя декоративных зеленых насаждений.

Список литературы

1. Федорук, А. Т. Древесные растения садов и парков Белоруссии / А. Т. Федорук. – Минск: Наука и техника, 1980. – 208 с.
2. Чумаков, Л. С. Экологическая оценка поражения насаждений тополя тополевой минирующей молью (*Lithocolletis populifoliella* Tr.) в городе Минске / Л. С. Чумаков, О. В. Лозинская // Экол. вестн. – 2015. – № 1. – С. 94–101.
3. Синчук, О. В. Спектр кормовых растений тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) в условиях Беларуси и других регионах мира / О. В. Синчук, А. Б. Трещева // Биол. осень 2017 г. (к Году науки в Беларуси) : тез. докладов Междунар. науч. конф. молодых ученых, Минск, 9 нояб. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т, Биолог. фак., Совет молодых ученых ; редкол.: В. В. Лысак (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 281–282.
4. Синчук, Н. В. Поврежденность листовых пластинок *Populus x canadensis* личинками тополевой моли-пестрянки (*Phyllonorycter populifoliella*) в условиях зеленых насаждений Центрального ботанического сада НАН Беларуси в 2016–2018 гг. / Н. В. Синчук, А. Б. Кучвальская, С. В. Буга // Веснік Мазыр. дзярж. пед. ўн-та ім. І. П. Шамякіна. – 2020. – № 2 (56). – С. 58–65.
5. Барышникова, С. В. Семейство Gracillariidae / С. В. Барышникова // Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России / Зоол. ин-т Рос. акад. наук ; ред. С. Ю. Синев. – Изд. 2-е. – СПб., 2019. – С. 36–43.
6. Селиховкин, А. В. Особенности популяционной динамики тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae) / А. В. Селиховкин // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. – 2010. – № 192. – С. 220–235.
7. Флоров, Д. Н. Тополевая моль-пестрянка – вредитель зеленых насаждений г. Иркутска / Д. Н. Флоров // Тр. Иркутского гос. ун-та им. А. А. Жданова. – 1948. – Т. 3, № 2. – 20 с.
8. Kozlovsky, S. Contribution à l'étude morphologique et biologique de *Phyllocnistis suffusella* Zell. et *Lithocolletis populifoliella* Tr. / S. Kozlovsky // Ecole nationale des eaux et forets. – 1955. – Vol. 14. – P. 261–278.
9. Селиховкин, А. В. Особенности популяционной динамики тополевой нижнесторонней моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* Tr. (Gracillariidae) / А. В. Селиховкин // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. – 2010. – № 192. – С. 220–235.
10. Встречаемость молей-пестрянок *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke) и *Ph. pastorella* (Zeller) (Lepidoptera, Gracillariidae) на разных видах тополей / А. В. Селиховкин

[и др.] // Энтомол. обозрение. – 2020. – Т. 99, № 2. – С. 1–9.

11. Румянцев, П. Д. Биология тополёвой моли (*Lithocolletis populifoliella* Tr.) в условиях Москвы / П. Д. Румянцев // Зоол. журн. – 1934. – Т. 13, № 2. – С. 257–280.

12. Трофическая специализация тополёвой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae) / И. В. Ермолаев [и др.] // Энтомол. обозрение. – 2020. – Т. 99, № 2. – С. 271–288.

13. Рогинский, А. С. Динамика развития мин личинок каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimič, 1986) на листовых пластинках каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) в условиях Беларуси / А. С. Рогинский, С. В. Буга // Тр. Белорус. гос. ун-та. – 2016. – Т. 11, № 1. – С. 314–319.

14. Скворцов, А. К. Гербарий: пособие по методике и технике / А. К. Скворцов. – М.: Наука, 1977. – 199 с.

15. Количественная оценка поврежденности инвазивными минирующими насекомыми листовых пластинок декоративных древесных растений: учеб. материалы / О. В. Синчук [и др.]. – Минск: БГУ, 2016. – 30 с.

16. Мастицкий, С. Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С. Э. Мастицкий, В. К. Шитиков. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 496 с.

N.V. Sinchuk, S.V. Buga

Belarusian State University, Minsk

AREA OF MINES OF DIFFERENT INSTAR LARVAE OF *PHYLLONORYCTER POPULIFOLIELLA* (TREITSCHKE, 1833) AND RELATIVE AREA OF DAMAGED BERLIN AND CANADIAN POPLAR LEAF SURFACE

Annotation. Poplar mining moth *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833); Lepidoptera: Gracillariidae) is a dangerous cryptogenic miner pest of poplars in green areas in Belarus and some other regions of Europe and North Asia. The results of determining the area of individual mines of *Ph. populifoliella* larvae by computerized planimetry methods revealed statistically significant differences for larvae of 2nd–4th instars. The relative area of the leaf surface of Berlin (*Populus x berolinensis* (Koch) Dippel) and Canadian (*Populus x canadensis* Moench, 1785) poplars damaged by larvae of different instars was estimated.

Key words: Gracillariidae, green areas, ImageJ, leaf miners, Lepidoptera, poplar pests