

УДК 632.4 : 582.282.112

ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО МУЧНИСТОЙ РОСОЙ

Е.Д. Карелина¹, Е.Ю. Благовещенская²

Представлены результаты изучения интенсивности поражения клена остролистного (*Acer platanoides*) мучнистой росой (*Sawadaea tulasnei*) на шести опытных площадках в 2016 и 2017 гг. Распространенность заболевания на площадках составила от 18 до 100%. Интенсивность поражения больных деревьев показывает существенные разбросы значений, варьируя от 0,1 до 56,2%. Данные характеризуются значительной неоднородностью и распределением, далеким от нормального. Показано, что заболевание было более сильно выражено в 2016 г., вероятно, это связано с более жаркими и влажными погодными условиями. Показано также, что растущие вблизи автодороги клены поражаются сильнее.

Ключевые слова: Erysiphales, *Sawadaea*, мучнистая роса, клен остролистный, фитопатогены, болезни деревьев.

Мучнистая роса – заболевание растений, вызываемое грибами порядка Erysiphales (Leotiomycetes, Pezizomycotina, Ascomycota). Эризифовые грибы поражают широкий круг хозяев, среди которых есть травянистые, кустарниковые и древесные формы; многие виды известны как возбудители болезней культурных растений. При этом количественные учеты развития мучнистой росы проводятся почти исключительно для сельскохозяйственных культур. В случае работ с деревьями и кустарниками чаще всего приводятся только списки видов патогенов, иногда с глазомерной оценкой интенсивности развития болезни, реже имеются данные по встречаемости заболевания на опытных участках ботанических садов и лесных питомников (Томошевич, Банаев, 2011; Томошевич, Воробьева, 2016; Афанасьева и др., 2017).

Мучнистая роса клена остролистного (*Acer platanoides* L.), вызываемая *Sawadaea tulasnei* (Fuckel) Nomma, широко распространена в Европе и Азии и систематически встречается на территории произрастания своего хозяина (Braun, Cook, 2012), в последние годы отмечена также и в Северной Америке (Weiland, Stanosz, 2006; Hudelson et al., 2008). Это заболевание указано во многих фитопатологических работах, посвященных исследованию европейской части России и прилегающих территорий (Ко-

лемасова, Ковалевская, 2000; Русанов, Булгаков, 2008; Воронин, 2011; Томошевич, 2012; Валева, 2016; Благовещенская, 2017; Гирилович, 2018; Бондаренко-Борисова, Булгаков, 2019; Карелина, 2019). Болезнь проявляется в виде белого мучнистого налета на верхней стороне листьев, образованного грибным мицелием (рис. 1). Осенью на мицелии могут формироваться плодовые тела патогена, так называемые «хазмотеции». Их можно заметить невооруженным глазом в виде мелких черных точек. *S. tulasnei* – часто встречающийся в городских условиях патоген клена, может рассматриваться как урбанофильный



Рис. 1. Лист клена остролистного, пораженного *Sawadaea tulasnei*

¹ Карелина Екатерина Дмитриевна – аспирант кафедры микологии и альгологии биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (katjaramm@yandex.ru); ² Благовещенская Екатерина Юрьевна – ст. науч. сотр. кафедры микологии и альгологии биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (kathryn@yandex.ru).

вид (Sucharzewska, 2010). В Москве и Московской обл. этот вид гриба – достаточно обычный патоген (Благовещенская, 2017; Карелина, 2019). Благодаря характеру развития он может служить удобным модельным объектом. Определение интенсивности развития болезней в сельском хозяйстве традиционно оценивают в баллах (Дьяков, Еланский, 2017), однако балльные шкалы позволяют определить интенсивность болезни довольно приблизительно и с большой долей субъективности. Симптоматика поражения клена мучнистой росой позволяет проводить точную оценку площади пораженной поверхности листа (Карелина, Благовещенская, 2017). Цель настоящего исследования заключалась в изучении распространенности и интенсивности развития мучнистой росы на клене остролистном в условиях города.

Материалы и методы

На территории Большого газона МГУ были заложены пробные площадки размеров 100 м² каждая: четыре площадки заложены в 2016 г., а две добавлены в 2017 г. Учет проводили в сентябре 2016 и 2017 гг. по деревьям, которые имели

высоту более 50 см и имели облиственные ветви, доступные для анализа; положение деревьев отмечали на схемах площадок. Распространенность мучнистой росы на площадках вычисляли как долю кленов, на которых отмечено заболевание. Всего проанализировано 74 и 130 деревьев соответственно в 2016 и 2017 гг. (от 10 до 50 деревьев на площадке).

Для определения интенсивности поражения с деревьев собирали по 5 листьев (по 3 для подраста). После сбора листья гербаризировали стандартным образом и далее определяли относительную площадь пораженной поверхности листовых пластинок. Для этого все загербаризированные листья (640 шт.) сканировали с разрешением 300 dpi. Полученные в формате «jpeg» изображения обрабатывали в программе Adobe Photoshop CS6. Сначала проводили выделение всего листа («выделение» / «выделение цветового диапазона»), определяли число выделенных пикселей, затем внутри выделенной области также с помощью инструмента «выделение цветового диапазона» проводили выделение пораженных участков и определяли соответствующее им число пикселей. Число

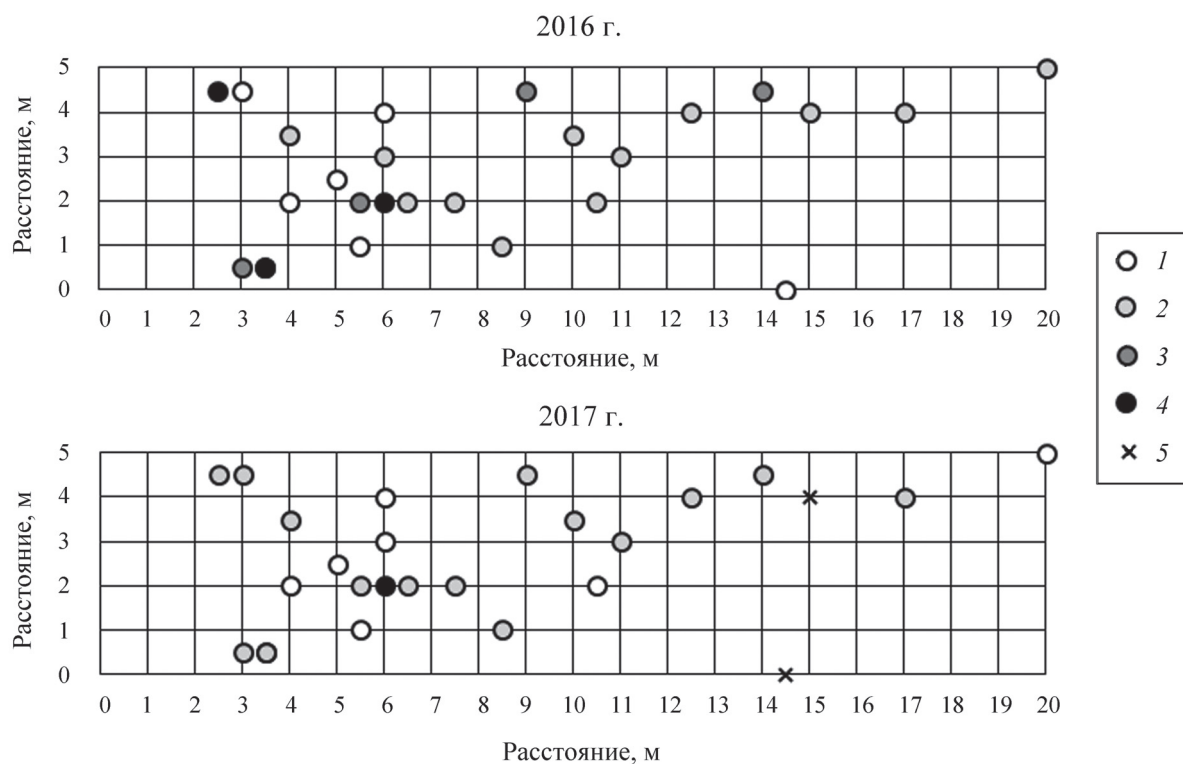


Рис. 2. Расположение деревьев клена остролистного с разной интенсивностью поражения мучнистой росой на площадке № 4 в 2016 и 2017 гг. (1 – здоровые, 5 – срубленные; интенсивность поражения, %: 2 – 0,0–0,5; 3 – 5–10; 4 – >10). В начале оси координат южный угол площадки (см. рис. 3, 4). По осям отложено расстояние в метрах. Если значения попадали на границу интервала, то их относили к левому диапазону

пикселей в выделенной области в программе Adobe Photoshop CS6 указывается в окне «Гистограмма». Данные заносили в таблицы, долю пораженной поверхности листовой пластинки вычисляли как отношение числа пикселей пораженной области к числу пикселей всего листа.

На основании полученных результатов вычисляли среднюю долю поражения для каждого дерева, которую рассматривали как интенсивность поражения рассматриваемого дерева. После обработки данных были составлены схемы площадок, где отмечено взаимное расположение деревьев клена, а также степень их поражения. Анализ данных проводили в программе Statistica с использованием непараметрических критериев Манна–Уитни, Вилкоксона и Краскела–Уоллиса.

Результаты и обсуждение

Поражение деревьев мучнистой росой и в 2016, и в 2017 г. оказалось очень неоднородным: присутствовали как совершенно здоровые деревья, так и больные (в непосредственной близости от здоровых). Пример взаимного расположения больных и здоровых растений приведен для площадки № 4 (рис. 2).

На ближайших к Университетскому проспекту площадках распространенность болезни была высокой и в отдельных случаях составляла 100%, а на площадках, расположенных в глубине зеленой зоны, этот показатель был меньше. Наименьшая распространенность болезни (18%) отмечена для площадки № 6, расположенной в центре Большого газона (рис. 3).

На пораженных деревьях преобладали листья с незначительной площадью пораженной поверхности. Сильное поражение (до 81% листовой пластинки) отмечалось только у единичных экземпляров. Интенсивность поражения больных деревьев показывает существенные разбросы значений, варьируя от 0,1 до 56,2%. Распределение этих значений оказывается далеким от нормального как для объединенных данных, так и для отдельных площадок (рис. 4). Форма нормальных вероятностных графиков, как правило, характеризуется выраженным перегибом (рис. 5).

Тем не менее, при анализе изменения интенсивности поражения конкретных деревьев по годам парный критерий Вилкоксона подтверждает, что в 2017 г. деревья в целом поражались менее интенсивно ($p = 0,002$). Вероятно, это связано с тем, что лето 2016 г. было более жарким и влажным по сравнению с летом 2017 г., а такие условия способствуют более интенсивному развитию эризифовых (Sitterly, 1978). Так, по данным ФГБУ Центрального УГМС «Метеостанция Москва ВДНХ», средняя температура за июль–август 2016 г. составила 20,2 °С, а суммарное количество осадков за тот же период – 288 мм, в то время как аналогичные показатели за 2017 г. составляют 18,4 °С и 171 мм (Погода и Климат). Кроме того, в 2017 г. отмечалось существенно большее по сравнению с 2016 г. поражение кленов фитопатогенным грибом *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr. (Rhytismatales, Leotiomycetes, Ascomycota), вызывающим черную пятнистость.

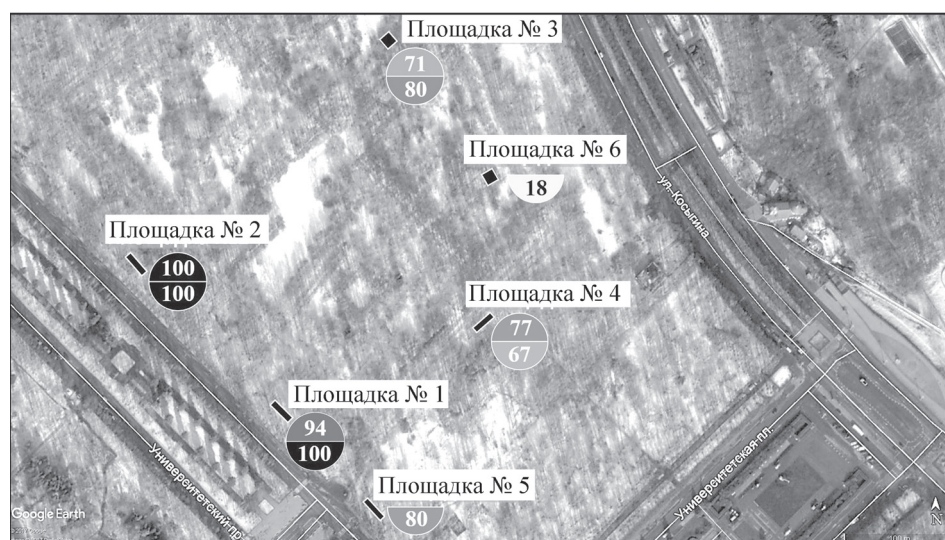


Рис. 3. Распространенность мучнистой росы клена остролистного (процентная встречаемость больных деревьев). Верхняя половина круга – 2016 г., нижняя – 2017 г.

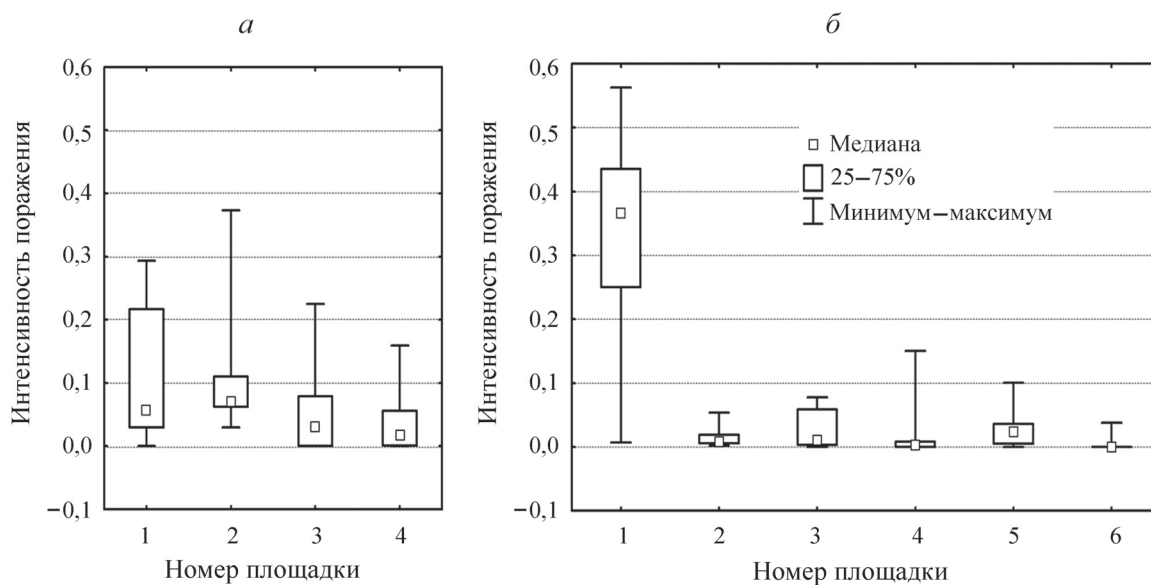


Рис. 4. Диаграммы размаха интенсивности поражения кленов мучнистой росой на пробных площадках в 2016 (а) и 2017 (б) гг.



Рис. 5. Нормальный вероятностный график изменения поражения отдельных деревьев

Этот патоген, будучи также биотрофным паразитом клена, заняв экологическую нишу *Sawadaea tulasnei*, мог подавить ее развитие.

Наиболее пораженной как в 2016, так и в 2017 г. оказалась площадка № 1 (рис. 4, 6). Повышение пораженности на данной площадке в 2017 г. связано, вероятно, с проведением вырубki деревьев, что привело к «открытию» территории по отношению к споровой нагрузке, а также, возможно, к ослаблению отдельных деревьев, оказавшихся в стрессовых для них условиях.

Интенсивность поражения деревьев на площадках № 1–4, для которых имеются данные и

Таблица 1

Сравнение пораженности деревьев на площадках в 2016 и 2017 гг. по критерию Манна–Уитни (жирным шрифтом выделены значения $p < 0,05$)

Номер площадки	Значения U-критерия	p
№ 1	24,0	0,002
№ 2	8,0	0,000
№ 3	85,0	0,383
№ 4	191,0	0,019

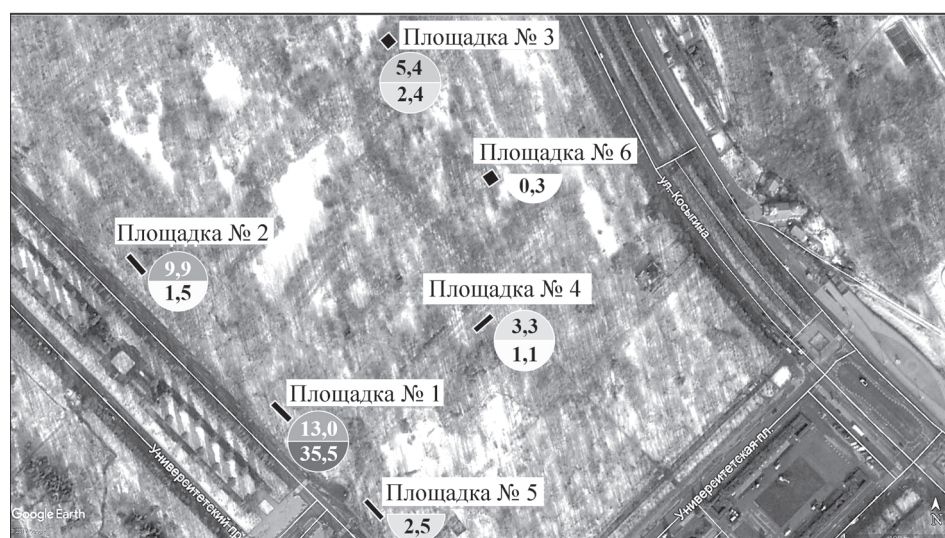


Рис. 6. Интенсивность поражения (%) деревьев клена остролистного мучнистой росой на площадках. Верхняя половина круга – 2016 г., нижняя – 2017 г.

за 2016, и за 2017 г., во всех случаях (исключение составляет площадка № 3) в разные годы отличалась достоверно, уровень статистической значимости (p) по критерию Манна–Уитни (U-критерию) для площадок № 1, № 2 и № 4 имел значения менее 0,05 (табл. 1).

Средняя интенсивность поражения на площадках оказалась практически не связанной с распространенностью болезни: встречались как площадки с большим числом больных растений, которые были поражены слабо, так и площадки с меньшей распространенностью болезни, но с большей интенсивностью поражения деревьев. Несмотря на большой разброс полученных данных, фактор местоположения в поражении кленов мучнистой росой оказался значимым и в 2016, и в 2017 г. (по критерию Краскела–Уоллиса). Существенная разница в 2016 г. была

показана только для пары площадок № 2 и № 4 (табл. 2). Площадка № 2 располагалась в непосредственной близости от Университетского проспекта, представляющего собой широкую автодорогу с плотным потоком транспорта, площадка № 4 – на удалении от него, но рядом с пешеходной тропой. Ввиду большого разброса данных средняя пораженность деревьев на площадке № 1, также расположенной в непосредственной близости от проспекта, значимо не отличается от таковой на площадке № 4, хотя значение средней пораженности на площадке № 1 выше (13,0%), чем на площадке № 2 (9,9%).

В 2017 г. статистически значимо отличались друг от друга площадки № 1 и № 4, кроме того, средняя пораженность кленов на площадке № 6 оказалась значимо ниже, чем на площадках

Таблица 2

Сравнение пораженности деревьев на разных площадках в 2016 г. по критерию Краскела–Уоллиса (жирным шрифтом выделены значения $p < 0,05$)

Номер площадки	R (Ранг)	Номер площадки			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	44,00	–	1,000	0,760	0,070
№ 2	51,35	1,000	–	0,080	0,002
№ 3	32,14	0,760	0,080	–	1,000
№ 4	27,08	0,070	0,002	1,000	–

Т а б л и ц а 3

Сравнение пораженности деревьев на разных площадках (II) в 2017 году по критерию Краскела-Уоллиса (жирным шрифтом выделены значения $p < 0,05$)

Номер площадки	R (ранг)	Номер площадки					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
№ 1	121,00		0,1948	0,0923	0,0001	0,1927	0,0000
№ 2	83,71	0,1948	–	1,0000	0,4999	1,0000	0,0002
№ 3	78,87	0,0923	1,0000	–	1,0000	1,0000	0,0025
№ 4	58,29	0,0001	0,4999	1,0000	–	0,3089	0,3395
№ 5	84,70	0,1927	1,0000	1,0000	0,3089	–	0,0000
№ 6	36,50	0,0000	0,0002	0,0025	0,3395	0,0000	–

№ 1, № 2, № 3 и № 5 (табл. 3). Несмотря на то, что площадка № 1 оказалась намного более интенсивно пораженной по сравнению со всеми остальными, значимой для нее оказалась только разница с площадками № 4 и № 6, что снова указывает на большой разброс данных. Площадка № 6, располагавшаяся в глубине зеленой зоны, значимо отличается не только от находившихся вблизи Университетского проспекта площадок № 1, № 2 и № 5, но и от площадки № 3, также располагавшейся в центральной части Большого газона.

В целом пораженность деревьев клена на площадках, расположенных в непосредственной близости от автодороги, оказалась значимо выше, чем на площадках в центральной части Большого газона МГУ, а фактор близости пло-

щадок к пешеходным тропам не оказывал существенного влияния на степень пораженности кленов.

Таким образом, можно сделать вывод, что мучнистая роса кленов является обычным и распространенным заболеванием для Москвы, причем интенсивность поражения характеризуется очень большой неоднородностью, что подтверждается сравнением как деревьев, так и листьев одного дерева. Характер распределения данных значимо отличается от нормального, что затрудняет оценку состояния древостоя. Тем не менее, данное заболевание более выражено при жарких и влажных погодных условиях, благоприятствующих развитию патогена, а деревья, растущие вблизи автодорог, менее устойчивы к поражению мучнистой росой.

Работа выполнена в рамках Государственного задания, части 2 п. 01 10 (тема № АААА-А16-116021660084-1) и поддержана грантом МГУ имени М.В. Ломоносова для поддержки ведущих научных школ МГУ «Депозитарий живых систем Московского университета» в рамках Программы развития МГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[REFERENCES]

- Афанасьева А.И., Сидельникова М.В., Власов Д.Ю.* Влияние биопрепаратов Гамаир и Витаплан на развитие мучнистой росы в посадках караганы // Вестн. Студенческого научного общества. 2017. Т. 8. № 1. С. 61–62 [*Afanas'eva A.I., Sidel'nikova M.V., Vlasov D.Yu.* Vliyanie biopreparatov Gamair i Vitaplan na razvitie muchnistoi rosy v posadkakh karagany // Vestn. Studencheskogo nauchnogo obshchestva. 2017. T. 8. № 1. S. 61–62].
- Благовещенская Е.Ю.* Мучнисторосые грибы Звенигородской Биостанции МГУ // Микология и фитопатология. 2017. Т. 51. Вып. 2. С. 104–109 [*Blagoveshchenskaya E.Yu.* Powdery mildew fungi of Zvenigorod Biological Station of the Moscow State

- University // Mikologiya i fitopatologiya. 2017. T. 51. № 2. S. 104–109].
- Бондаренко-Борисова И.В., Булгаков Т.С. Дендрофитные мучнисторосяные грибы (Erysiphaceae) Донецкой городской агломерации (Донецкая область) // Промышленная ботаника. 2019. Т. 19. № 1. С. 34–46 [Bondarenko-Borisova I.V., Bulgakov T.S. Dendrofitnye muchnistorosyanye griby (Erysiphaceae) Donetskoi gorodskoi aglomeratsii (Donetskaia oblast') // Promyshlennaya botanika. 2019. T. 19. № 1. S. 34–46].
- Валеева Н.Г. Эризифовые грибы, поражающие древесные и кустарниковые породы в поселке Аграрное (республика Крым) // Изв. сельскохозяйственной науки Тавриды. 2016. № 6 (169). С. 42–49 [Valeeva N.G. Erizifovye griby, porazhayushchie drevesnye i kustarnikovye porody v poselke Agrarnoe (respublika Krym) // Izvestiya sel'skokhozyaistvennoi nauki Tavridy. 2016. № 6 (169). S. 42–49].
- Воронин Л.В. Мучнисторосяные грибы Ярославской области // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. 3. № 3. С. 67–70 [Voronin L.V. Muchnistorosyanye griby Yaroslavskoi oblasti // Yaroslavskii pedagogicheskii vestnik. 2011. T. 3. № 3. S. 67–70].
- Гирюлович И.С. Мучнисторосяные грибы (порядок Erysiphales) Беларуси. Минск, 2018. 279 с. [Girulovich I.S. Muchnistorosyanye griby (poryadok Erysiphales) Belarusi. Minsk, 2018. 279 s.].
- Дьяков Ю.Т., Еланский С.Н. Общая фитопатология: учеб. пособие для академического бакалавриата. М., 2016. 230 с. [D'yakov Yu.T., Elanskii S.N. Obshchaya fitopatologiya: ucheb. posobie dlya akademicheskogo bakalavriata. M., 2016. 230 s.].
- Карелина Е.Д. Сравнение видового состава эризифовых грибов в разных городах // Материалы Международного молодежного научного форума ЛОМОНОСОВ-2019. 2019 (https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2019/data/16082/88366_uid103741_report.pdf) [Karelina E.D. Sravnenie vidovogo sostava erizifovykh gribov v raznykh gorodakh // Materialy Mezhdunarodnogo molodezhnogo nauchnogo foruma LOMONOSOV-2019. 2019. https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2019/data/16082/88366_uid103741_report.pdf].
- Карелина Е.Д., Благовещенская Е.Ю. Методические аспекты измерения интенсивности поражения клена мучнистой росой // Современная микология в России. Т. 7. 2017. С. 46–47 [Karelina E.D., Blagoveshchenskaya E.Yu. Metodicheskie aspekty izmereniya intensivnosti porazheniya klена muchnistoi rosoi // Sovremennaya mikologiya v Rossii. T. 7. 2017. S. 46–47].
- Колемасова Н.Н., Ковалевская Н.В. Грибные болезни листьев деревьев и кустарников в садах и парках Санкт-Петербурга // Вестн. МГУЛ. Лесной вестник. 2000. № 6. С. 119–124 [Kolemasova N.N., Kovalevskaya N.V. Gribnye bolezni list'ev derev'ev i kustarnikov v sadakh i parkakh Sankt-Peterburga // Vestn. MGUL. Lesnoi vestnik. 2000. № 6. S. 119–124].
- Русанов В.А., Булгаков Т.С. Мучнисторосяные грибы Ростовской области // Микология и фитопатология. 2008. Т. 42. № 4. С. 314–322 [Rusanov V.A., Bulgakov T.S. Muchnistorosyanye griby Rostovskoi oblasti // Mikologiya i fitopatologiya. 2008. T. 42. № 4. S. 314–322].
- Погода и климат [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения 25.11.2019). [Pogoda i klimat. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (application date: 11/25/2019)].
- Томошевич М.А. Атлас патогенных микромицетов древесных растений Сибири. Новосибирск, 2012. 250 с. [Tomoshevich M.A. Atlas patogennykh mikromitsetov drevesnykh rastenii Sibiri. Novosibirsk, 2012. 250 s.].
- Томошевич М.А., Банаев Е.В. Сопряженный анализ арборифлоры и патогенной микобиоты г. Новосибирска // Вестн. ИрГСХА. 2011. № 44–1. С. 144–152 [Tomoshevich M.A., Banayev E.V. Sopryazhenniy analiz arboriflory i patogennoi mikobioty g. Novosibirsk. Vestn. IrGSKhA. 2011. № 44–1. S. 144–152].
- Томошевич М.А., Воробьева И.Г. Патогенная микобиота листьев рода Populus L. в ландшафтных объектах крупных городов Сибири // Вестн. НГАУ. 2016. № 1 (38). С. 42–51 [Tomoshevich M.A., Vorob'eva I.G. Patogennaya mikobiota list'ev roda Populus L. v landshaftnykh ob'ektakh krupnykh gorodov Sibiri // Vestn. NGAU. 2016. № 1 (38). S. 42–51].
- Braun U., Cook R.T.A. Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews). The Netherlands, Utrecht: CBS–KNAW, Fungal Biodiversity Centre, 2012. 707 p.
- Hudelson B., Smith D., Stanosz G., Hanson M. First report of Sawadaea tulasnei powdery mildew of Norway maple (Acer platanoides) in Wisconsin // Plant Dis. 2008. Vol. 92. N. 3. P. 485.
- Sitterly W.R. Powdery Mildews of Cucurbits // The Powdery Mildews (ed. D.M. Spencer). L., 1978. P. 359–379.
- Sucharzewska E. Key survival strategies of the Sawadaea tulasnei parasite on its Acer platanoides host under conditions of varied anthropoppression // Polish J. of Environ. Stud. 2010. Vol. 19. N 5. P. 1013–1017.
- Weiland J., Stanosz G. Sawadaea tulasnei powdery mildew of Norway maple (Acer platanoides) in North America // Plant Dis. 2006. Vol. 90. N 6. P. 830.

STUDY OF THE SEVERITY OF POWDERY MILDEW ON NORWAY MAPLE

*E.D. Karelina*¹, *E.Yu. Blagoveshchenskaya*²

The study of severity of powdery mildew (*Sawadaea tulasnei*) on Norway maple (*Acer platanoides*) at 6 experimental plots in 2016 and 2017 was conducted. The incidence of the disease varied from 18 to 100%. Wide scatter of data characterized the disease severity of single infected trees (from 0.1 to 56.2%). The data distribution of the severity of both trees and plots was far from normal one. Nevertheless it was shown that powdery mildew was more intense in 2016, which was probably due to hotter and wetter weather conditions. It was also shown that maples growing near the highway were more afflicted by powdery mildew.

Kew words: Erysiphales, *Sawadaea*, powdery mildew, Norway maple, *Acer platanoides*, plant disease, phytopathology.

Acknowledgement. The study was performed within the scope of the State Task (part 2, 0110, AAAA-A16-116021660084-1). This work was supported by Moscow State University Grant for Leading Scientific Schools «Depository of the Living Systems» in frame of the MSU Development Program.

¹ Karelina Ekaterina Dmitrievna, Department of Mycology and Algology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University (katjaramm@yandex.ru); ² Blagoveshchenskaya Ekaterina Yurjevna, Department of Mycology and Algology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University (kathryn@yandex.ru).