

Глава 6.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.872.2+631.524.86

doi: 10.31360/2225-3068-2021-79-153-163

**УСТОЙЧИВОСТЬ ТАКСОНОВ
КОНСКОГО КАШТАНА *AESCULUS* К КАШТАНОВОЙ
МИНИРУЮЩЕЙ МОЛИ *CAMERARIA OHRIDELLA***

Каштанова О.А., Ткаченко О.Б., Кондратьева В.В., Олехнович Л.С., Воронкова Т.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»,
г. Москва, Россия, e-mail: lab-physiol@mail.ru

Вследствие поражения листьев инвайдером *Cameraria ohridella* растения конского каштана теряют декоративные качества и жизнеспособность. Решение этой проблемы возможно путём введения в озеленение других видов и форм конского каштана, не поражаемых охридским минёром. Определяли биохимические показатели листьев в период развития вредителя, обуславливающие резистентность видов *Aesculus* к охридскому минёру. Работа выполнена в 2019–2020 гг. на зрелых деревьях, *Ae. glabra*, *Ae. × carnea*, *Ae. pavia*, *Ae. hippocastanum*. Определяли содержание фенольных соединений, свободных сахаров и фенолкарбоновых кислот (хлорогеновая, кофейная, феруловая). Статистическая обработка данных выявила отрицательную корреляцию между суммой фенольных соединений в листьях и степенью их поражения охридским минёром ($r = -0,33$ и $-0,27$). Также выявлена достоверная отрицательная корреляция между соотношением хлорогеновой и кофейной кислот и уровнем поражения минёром ($r = -0,35$). В результате исследования выделены устойчивый вид: *Ae. glabra* и гибрид *Ae. × carnea*.

Ключевые слова: *Cameraria ohridella*, конский каштан, резистентность, фенолкарбоновые кислоты, полифенолы, свободные сахара.

Обнаруженная на конском каштане обыкновенном (*Aesculus hippocastanum* L.) в 1984 г. в юго-восточной Европе, каштановая минирующая моль, или охридский минёр *Cameraria ohridella* стремительно распространилась по странам Европы, заняв почти весь ареал основного растения-хозяина *Aesculus hippocastanum* [4], нанеся посадкам конского каштана обыкновенного существенный, как эстетический, так и биологический урон. В России *C. ohridella* появилась сначала в Калининградской области [1], в южных регионах страны (Краснодар, Ростов, Ставрополье, Республика Крым), потом в Москве, в ГБС РАН [6]. Наиболее рациональный метод борьбы с инвайдером в настоящее

время – выращивание устойчивых видов, т. к. попытки применения химического метода не всегда эффективны [17] или наносят существенный ущерб окружающей среде [13, 19]. Использование биометода на каштановой минирующей моли также нестабильно [11, 12], а такой агротехнический приём, как уборка листьев с зимующей куколкой минёра, достаточно затратен. Использование в озеленении устойчивых к каштановой минирующей моли таксонов конского каштана – реальный путь ограничения вредоносности филофага. По мнению Струи и Гилбери, устойчивость таксонов конского каштана, по-видимому, связана с филогенией [18].

Нами уже были отмечены различия в поражённости охридским минёром таксонов на коллекции конских каштанов в ГБС РАН и проведён ряд биохимических исследований по выявлению причин этой устойчивости, в частности, определяли уровень фенольных соединений и свободных сахаров в тканях листьев в 2019 г. [6]. Анализ проведён в период максимального поражения листьев охридским минёром (конец июля). В 2020 г. была прослежена динамика биохимических показателей листьев с июня по август. **Цель исследования** – определить биохимические показатели листьев в период развития вредителя, обуславливающие резистентность к охридскому минёру (*Cameraria ohridella*) для выявления устойчивых видов конского каштана.

Объекты и методы. Объектом изучения послужила коллекция конских каштанов ГБС РАН в 2019–2020 гг. Коллекция *Aesculus* Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН) представлена 3-мя видами: (*Pavia*): конские каштаны красный *Ae. pavia Koehnei*, голый *Ae. glabra* Willd.; *Aesculus*: конский каштан обыкновенный *Ae. hippocastanum* L. и гибридом: конским каштаном мясо-красным *Ae. × carnea* Zeyh. (гибрид конских каштанов обыкновенного *Ae. hippocastanum* и красного *Ae. pavia*). Все конские каштаны секции *Pavia* распространены в Северной Америке. *Ae. hippocastanum* – эндемик Балканского полуострова.

Проводился визуальный мониторинг листьев в период вегетации, в нижнем ярусе кроны каждого таксона, который включал анализ образцов стандартными методами определения. В 2019 г. пробы отбирали 1 раз – в середине цикла развития минирующей моли (июль, 1 генерация развития филофага, только гусеницы 1 возраста: 14.07.2019). В 2020 г. пробы листьев отбирались в три срока; в начале цикла развития минирующей моли (середина июня, отсутствие видимых признаков повреждения: 15.06.2020), в середине цикла развития минирующей моли (июль, 1 генерация развития филофага, только гусеницы 1 возраста: 10.07.2020), и в конце цикла развития минирующей моли (август, вторая генерация

бабочки, смешанные стадии: 07.08.2020). Степень повреждения листьев определяли по простой трёхбалльной шкале, разработанной и принятой в лаборатории защиты растений ГБС РАН: 0 баллов – повреждений нет, 1 балл – повреждено менее 50 % площади листа, слабое повреждение; 2 балла – повреждение от 50 % до 70 % площади листа, среднее повреждение; 3 балла – свыше 70 %, сильное повреждение листьев. Возраст деревьев 60–65 лет, в количестве: *Ae. hippocastanum* – 25 экземпляров, *Ae. glabra* – 9, *Ae. × carnea* – 2, *Ae. pavia* – 3. Коллекция конских каштанов расположена в массиве смешанного леса такого же габитуса (высота – 15–20 м). Среднемесячная температура в период отбора проб в 2019–2020 гг. не имела значимых отличий от средней многолетней (рис. 1).

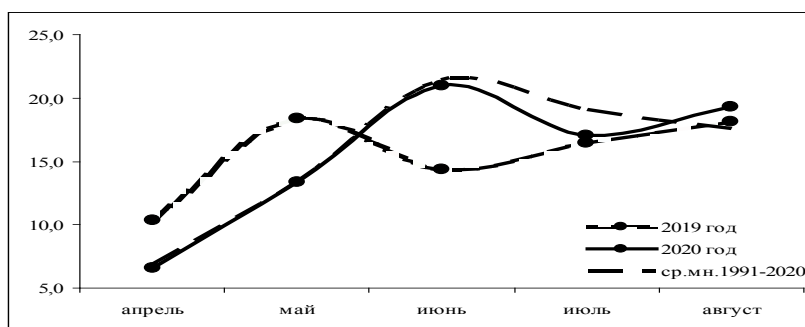


Рис. 1. Среднемесячная и средняя многолетняя температура воздуха в Москве в период проведения опытов 2019–2020 гг. по данным www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm

Определение содержания фенолкарбоновых кислот (хлорогеновой, кофейной, феруловой). Брали навеску листового материала 0,1 г, заливали 80%-ным этанолом и помещали на магнитную мешалку на час в холодильник при температуре 3–5 °С. Процедуру повторяли три раза. Объединённый экстракт фильтровали и упаривали досуха на роторном испарителе при температуре 40 °С. Сухой остаток растворяли в 1 мл 96%-ного этанола. Экстракт очищали методом тонкослойной хроматографии на силикофоловых пластинках в восходящем токе растворителя БУФ (бутиловый спирт : уксусная кислота : вода, 6 : 1 : 2) по внешнему стандарту. Пятно с ФКК выскребали, элюировали в 2 мл 96%-ного этанола при $t + 5$ °С, элюат сливали и упаривали досуха. Идентификацию и количественное определение ФКК проводили методом ВЭЖХ, изократическая схема Стайер, на колонке с обращённой фазой RP-18, жидкая фаза (ацетонитрил: вода : уксусная кислота, 50 : 50 : 1). Идентификацию

проводили по внешнему стандарту, длина волны 254 нм, аналитическая повторность пятикратная. Методика разработана и модифицирована в лаборатории физиологии и биохимии растений ГБС РАН.

Определение суммы фенольных соединений с реактивом Фолина-Чокальтеу. Навеску 1 г из средней пробы гомогенизировали с добавлением дистиллированной воды, центрифугировали при 2 000 g и надосадочную жидкость доводили водой до объёма 25 мл. Из полученного раствора отбирали аликвоты для определения водорастворимых фенольных соединений; осадок после центрифугирования заливали 96%-ным этиловым спиртом и оставляли на сутки для экстракции, затем вновь центрифугировали и из полученного раствора отбирали аликвоты для определения суммы спирторастворимых фенольных соединений. В колбе на 25 мл смешивали исследуемый раствор, 0,3 мл реактива, 3 мл 20%-ного Na_2CO_3 , доводили объём до метки. Светопоглощение растворов измеряли через 20 минут при 720 нм. Сумму фенольных соединений определяли по градуировочному графику, построенному ранее. Определения выполнены на спектрофотометре Spekol 300. Методика [3] модифицирована в лаборатории физиологии и биохимии растений ГБС РАН.

Определение суммы свободных сахаров. Листья исследуемых образцов измельчали для формирования средней пробы, отбирали навеску 1 г, гомогенизировали с добавлением дистиллированной воды, фильтровали и полученный раствор доводили до объёма 25 мл. Из полученного раствора отбирали в 3 повторностях 1 мл. В колбе на 25 мл смешивали исследуемый раствор и 1 мл 10%-ного раствора HCl , нагревали в кипящей водяной бане 5 мин, добавляли 1 мл 20%-ного раствора Na_2CO_3 и перемешивали. К полученной смеси добавляли 3 мл насыщенного раствора пикриновой кислоты, 3 мл 20%-ного раствора Na_2CO_3 , и помещали в кипящую водяную баню на 30 мин. Затем доводили до метки дистиллированной водой и измеряли светопоглощение растворов при 490 нм. Сумму свободных сахаров определяли по градуировочному графику, построенному ранее. Определения выполнены на спектрофотометре Spekol 300. Методика [7] модифицирована в лаборатории физиологии и биохимии растений ГБС РАН. При **статистической обработке** результатов применяли программу Excel. Определяли среднее значение показателей (M), стандартное отклонение ($\pm SEM$), коэффициент корреляции (r), различия между вариантами (коэффициент достоверности – p) определяли с помощью TTEST.

Результаты и их обсуждение. Прослежена динамика изменения содержания фенолов и свободных сахаров в листьях видов конского

каштана в течение трёх этапов развития фитофага в период вегетации растений 2020 г. Растительные фенолы участвуют практически во всех метаболических процессах, выполняя различные функции в течение всей жизни растений от прорастания семян и до их гибели. Эти вторичные метаболиты связаны с протекторными механизмами в растениях, особенно при защите от грибной инфекции и насекомых-фитофагов.

Таблица 1

Биохимические показатели листьев таксонов конского каштана до появления визуальных признаков повреждения охридским минёром *Cameraria ohridella*, 1-ая проба

Вещества	Виды			Гибриды
	<i>Aesculus glabra</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Aesculus pavia</i>	<i>Aesculus × carnea</i>
фенолкарбоновые кислоты (ФКК), $мкг/г^{-1}$				
Хлорогеновая (ХК)	35,89 ±5,09	14,02 ±0,65	14,46 ±0,79	23,55 ±1,44
Кофейная (КК)	5,67 ±0,29	нет	нет	1,89 ±0,11
Феруловая	нет	0,19 ±0,07	0,40 ±0,02	0,08 ±0,04
ХК/КК	6,3	–	–	12,6
сумма фенолов, $мг/г$ сырого веса				
Спирторастворимые	2,3 ±0,1	1,2 ±0,1	2,1 ±0,1	1,7 ±0,1
Водорастворимые	9,0 ±0,4	5,0 ±0,5	7,1 ±0,7	5,2 ±0,4
сумма	21,7	11,9	9,6	12,1
свободные сахара, % от сырого веса				
моносахара	2,79 ±0,05	1,65 ±0,05	2,93 ±0,02	2,28 ±0,09
полисахариды	0,44 ±0,09	0,43 ±0,09	1,15 ±0,02	0,67 ±0,05
Степень повреждения	0	0	0	0

Они играют важную роль в противодействии фитофагам и фитопатогенам на всех этапах их развития; могут служить элиситорами для включения защитных реакций, а также, итоговым продуктом этих реакций, вызывающим гибель вредящего агента. Однако некоторые фенолы могут стимулировать развитие инфекции, способствовать её распространению [9].

В первый период сумма фенолов была большей в тканях листьев слабоповреждаемых и неповреждаемых таксонов (табл. 1), однако и у сильноповреждаемого вида содержание этих веществ было незначительно меньше. У всех видов и гибридов преобладали водорастворимые фенолы. Среди спирторастворимых фенолкарбоновых кислот наибольший уровень был также у неповреждаемых *Ae. × carnea* и *Ae. glabra*.

**Биохимические показатели листьев
таксонов конского каштана и степень повреждения охридским
минёром *Cameraria ohridella*, 2-ая и 3-я пробы**

Вещества	Виды			Гибриды
	<i>Aesculus glabra</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Aesculus pavia</i>	<i>Aesculus × carnea</i>
2-ая проба (10.07.2020 г.)				
фенолкарбоновые кислоты (ФКК), $мкг/г^{-1}$				
Хлорогеновая (ХК)	10,4 ±2,36	10,84 ±0,41	9,11 ±0,65	18,17 ±0,17
Кофейная (КК)	1,64 ±0,46	нет	нет	1,06 ±0,15
Феруловая	0,07 ±0,06	0,07 ±0,01	0,08 ±0,05	0,12 ±0,07
ХК/КК	6,3	–	–	17,1
сумма фенолов, $мг/г$ сырого веса				
Спирто-растворимые	7,1 ±0,1	1,2 ±0,1	2,6 ±0,1	3,3 ±0,1
Водорастворимые	14,3 ±6,8	7,0 ±0,1	14,2 ±0,7	6,6 ±0,1
сумма	11,3	6,2	9,2	6,9
свободные сахара, % от сырого веса				
моносахара	1,43 ±0,04	2,67 ±0,01	2,33 ±0,04	1,6 ±0,01
полисахариды	0,56 ±0,02	0,65 ±0,04	0,57 ±0,07	0,4 ±0,01
3-я проба (07.08.2020 г.)				
фенолкарбоновые кислоты (ФКК), $мкг/г^{-1}$				
Хлорогеновая (ХК)	17,53 ±1,43	15,15 ±0,56	49,80 ±1,50	6,85 ±0,38
Кофейная (КК)	1,52 ±0,18	нет	4,67 ±0,30	0,59 ±0,02
Феруловая	0,02 ±0,01	0,16 ±0,06	0,26 ±0,01	0,07 ±0,04
ХК/КК	11,5	–	10,7	11,8
сумма фенолов, $мг/г$ сырого веса				
Спирто-растворимые	4,5 ±0,1	2,7 ±0,1	2,6 ±0,1	2,7 ±0,1
Водорастворимые	17,2 ±1,5	9,2 ±0,1	7,0 ±0,2	9,4 ±0,3
сумма	16,0	8,2	16,8	9,9
свободные сахара, % от сырого веса				
моносахара	2,79 ±0,05	1,60 ±0,05	2,95 ±0,02	2,20 ±0,09
полисахариды	0,44 ±0,09	0,45 ±0,03	1,15 ±0,02	0,67 ±0,05
Степень повреждения	0	3	1	0

В защитных механизмах растений важную роль играют кофейная, феруловая, п-кумаровая, коричная кислоты. В растениях они часто находятся в виде сложных эфиров. Наиболее распространена из них хлорогеновая кислота (ХК) – сложный эфир кофейной и хинной кислот. Уже давно установлена связь ХК с формированием устойчивости к поражению патогенными грибами. Однако собственно хлорогеновая кислота обладает слабой ингибирующей активностью к патогену.

Наиболее активно её производное – кофейная кислота. В связи с этим, корректно судить об устойчивости растений к повреждающему агенту (фитофагу или фитопатогену) по соотношению хлорогеновой и кофейной кислот в его тканях [8]. В нашем исследовании кофейная кислота во все периоды развития фитофага обнаружена в листьях слабоповреждаемых и неповреждаемых видов, а у сильноповреждаемого *Ae. hippocastanum*, не идентифицирована. Во второй и третий периоды сумма фенолов возрастает у всех таксонов, но минимальным её содержание остаётся в тканях сильноповреждаемого *Ae. hippocastanum* (табл. 2).

На фоне других выделяется изменением динамики фенолов в тканях листьев и слабоповреждаемый вид *Ae. pavia*. В его случае каштановая моль откладывает яйца на листья, но начавшая развиваться гусеница погибает внутри ткани листа. Здесь, на первых двух этапах, в листьях был низкий уровень ХК, отсутствовала кофейная кислота, однако при появлении первых симптомов (2 этап) повреждения, возрос уровень водорастворимых фенолов-антиоксидантов. В третий период, когда гибнет гусеница, содержание ХК увеличивается в 5 раз и идентифицируется кофейная кислота, а содержание водорастворимых фенолов сокращается вдвое. В первые два периода во всех образцах идентифицирована феруловая кислота, что указывает на начало синтеза лигнина и флавоноидов. Сильноповреждаемый *Ae. hippocastanum* отличается самым низким уровнем фенолов, у него не идентифицирована кофейная кислота. И, хотя уровень ХК средний по сравнению с другими таксонами, система защиты от минирующей моли очень слабая. Возможно, это связано с проявлением защитных механизмов самой минирующей моли, вырабатывающей ферменты блокирующие протекторную систему растения-хозяина [20]. Формирование противодействия филофагу у изучаемых видов и гибридов идёт различными путями, но в их реализации обязательно участвуют фенолы: ФКК или водорастворимые антиоксиданты, гликозиды флавоноидов. Как неоднократно отмечалось в ряде работ, полифенолы играют жизненноважную роль в устойчивости растений к различным видам биогенного стресса [14, 15].

Как показали наши предыдущие результаты [6], наиболее повреждаемым *C. ohridella* был *Ae. hippocastanum*, слабоповреждаемыми *Ae. glabra* и *Ae. × hybrida*, а устойчивыми оказались *Ae. × carnea* и *Ae. octandra*, являющийся синонимом *Ae. flava*. Невосприимчивые или слабовосприимчивые к

минёру таксоны конского каштана содержали максимум полифенольных соединений, что могло рассматриваться, как определённый фактор устойчивости конских каштанов к минирующей моли – обнаружена достоверная отрицательная корреляция между степенью повреждения охридским минёром и содержанием суммы фенолов составил $r = -0,33$, что подтвердилось исследованиями, проведёнными в сезон 2020 г.: $r = -0,27$ (табл. 3). Также в 2020 г. установлена достоверная зависимость между соотношением хлорогеновой и кофейной кислот ($r = -0,35$), и степенью повреждения охридским минёром, значимая зависимость между повреждением растений и другими изученными биохимическими показателями листьев не установлена. Отмечено сильное повреждение *Ae. hippocastanum* (3 балла) и слабое повреждение *Ae. pavia* (1 балл). Не отмечено повреждений охридским минёром на гибриде: *Ae. × carnea* и виде *Ae. glabra*. Именно в их листьях было наибольшее количество фенолов (табл. 2.). Полученные нами результаты согласуются с данными других исследователей [16].

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между степенью поражения охридским минёром и биохимическими показателями листьев конских каштанов в периоды вегетации 2019–2020 гг.

Показатель	Степень поражения, балл	Фенолкарбоновые кислоты (ФКК), $мкг/г^{-1}$				Сумма фенолов, $мг/г$
		Хлорогеновая (ХК)	Кофейная (КК)	Феруловая (ФК)	ХК/КК	
2019 г.						
ХК	0,07**					
КК	-0,11	0,85**				
ФК	-0,22	0,81**	0,87			
ХК/КК	-0,97	-0,16	-0,77	-0,58		
Сумма фенолов	-0,33*	0,26*	0,19**	-0,11**	0,99	
Сумма сахаров	0,06**	-0,39*	-0,04**	-0,08**	-0,4	-0,54**
2020 г.						
ХК	0,04**					
КК	-0,19	0,77**				
ФК	0,12	0,32**	-0,08**			
ХК/КК	-0,35**	0,06	-0,56**	0,27**		
Сумма фенолов	-0,27**	0,42	0,20**	-0,51**	*-0,13	
Сумма сахаров	-0,11**	-0,01**	-0,17**	0,07**	**0,19	0,48**

Примечание: * – достоверно на уровне значимости $p < 0,05$ %;
** – достоверно на уровне значимости $p < 0,01$ %

Следует отметить, что бабочка охридского минёра часто производит яйцекладку на устойчивые виды [10], но только *Ae. hippocastanum* сильно повреждается минёром. Обнаружены единичные, небольшого размера мины на клёне остролистном *Acer platanoides*, гусеницы в них быстро погибали, и ни разу не удалось зафиксировать полного развития на клёне [2]. Этот быстро эволюционирующий инвайдер требует ежегодного наблюдения за его адаптацией к таксонам *Aesculus*, а также *Acer*. Ежегодный мониторинг изменений в адаптации инвайдера *C. ohridella* и поиск защитных механизмов у видов конского каштана необходимы, поскольку представляют научную и практическую ценность.

Закключение. Таким образом, в результате двухгодичных исследований установлено, что по уровню фенольных соединений в листьях конского каштана уже на начальных этапах развития охридского минёра (*Cameraria ohridella*) при отсутствии визуальных признаков поражения можно судить о степени устойчивости видов конского каштана к этому фитофагу. Качественный состав и соотношение компонентов фенольных соединений может отличаться по годам под влиянием различных факторов, по итогам двухгодичных исследований установлена достоверная существенная отрицательная корреляция между содержанием общей суммы фенолов в листьях конских каштанов и степенью поражения минирующей молью ($r = -0,35$ и $r = -0,27$). Также по итогам исследований 2020 г. выявлена достоверная отрицательная корреляция между соотношением хлорогеновой и кофейной кислот и уровнем поражения охридским минёром ($r = -0,35$). В результате исследования выделены устойчивый вид: *Ae. glabra* и гибрид *Ae. × carnea*. Также был относительно устойчивым вид *Ae. pavia*.

*Работа выполнена в рамках Госзадания
ГБС РАН №19-119080590035-9.
Благодарим Министерство Науки
и Высшего образования РФ
за поддержку ЦКП "Гербарий ГБС РАН",
грант 075-15-2021-678.*

Библиографический список

1. Гниненко Ю.И., Шепелев С.В. Новые фитофаги и болезни древесных пород // Лесное хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 48. – ISSN 1026-8634.
2. Голосова М.А., Гниненко Ю.И., Голосова Е.И. Каштановый минёр *Cameraria ohridella* – опасный карантинный вредитель на объектах городского озеленения / ВПРС МОББ МГУЛ ВНИИЛМ. – М.: – 2008. – 26 с.
3. Денисенко Т.А., Вишник А.Б., Цыганок Л.П. Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений в растительных объектах с использованием

хлорида алюминия, 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу // Аналитика и контроль. – 2015. – Т. 19. – № 4. – С. 373-380. – <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>.

4. Карпун Н.Н. Структура комплексов вредных организмов древесных растений во влажных субтропиках России и биологическое обоснование мер защиты: дис. ...д-ра биол. наук. – М.: РГАУ-МСХА. – 2018. – С. 130-131.

5. Каштанова О. А. Охридский минёр в дендрарии Главного ботанического сада РАН // Защита и карантин растений. – 2009. – № 11. – С. 47. – ISSN 1727-3749.

6. Каштанова О.А., Ткаченко О.Б. Кондратьева В.В., Воронкова Т.В., Олехнович Л.С. Устойчивость видов конского каштана (*Aesculus* L.) к Охридскому минёру, или каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) // Бюлл. Моск. общ. испыт. прир. отд. биол. – 2020. – Т. 125. – № 5. – С. 45-51. – ISSN 0027-1403.

7. Определение растворимых углеводов фотометрически с пикриновой кислотой (модификация Соловьева). Практикум по агрохимии. 2-е изд. / под ред. Акад. РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ. – 2001. – С. 419-422. – ISBN 5-211-04265-4.

8. Соколова В.Г. Роль некоторых фенольных соединений в защитных реакциях растений против патогенных микроорганизмов. Фенольные соединения и их биохимические функции: матер. I Всес. симп. по фенольным соединениям (14-17 дек. 1966 г.). – М. – 1968. – С. 267-275.

9. Томсон Р.Х., Зейкель М.К., Харборн Дж.Б. и др. Биохимия фенольных соединений / под ред. Дж. Харборна. Пер. с англ. канд. биол. наук З.Ф. Богаутдинова [и др.] под ред. акад. Н.М. Эмануэля. – М. – 1968. – 451 с.

10. D'Costa L.E. Resistance and susceptibility to the invasive leaf miner *Cameraria ohridella* within the genus *Aesculus* // Thesis PhD. School of Biological Sciences. – London: University of London, 2014. – P. 108-110.

11. Grabenweger G. Poor control of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), by native European parasitoids: a synchronisation problem // Eur. J. Entomol. – 2004. – Vol. 101. – P. 189-192. – <https://doi.org/10.14411/eje.2004.023>.

12. Klug T., Meyhofer R., Kreye M. et al. Native parasitoids and their potential to control the invasive leafminer, *Cameraria ohridella* Desch. & Dim. (Lep.: Gracillariidae) // Bul. Entomol. Res. – 2008. – Vol. 98. – No. 4. – P. 379-387. – <https://doi.org/10.1017/S007485308005695>

13. Mešić A., Barčić J., Barčić J. I., Miličević T., Duralija B., Čuljak T. G. A low environmental impact method to control horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* (Deschka et Dimić) // Journal of food agriculture & environment. – 2008. – Vol. 6. – No. 3/4. – P. 421-427. – [Electronic Resources]. – Access mode: <https://www.researchgate.net/publication/231167581>. – ISSN 2564-890X.

14. Oszmiański J., Kalisz S., Wojdył A. The Content of Phenolic Compounds in Leaf Tissues of White (*Aesculus hippocastanum* L.) and Red Horse Chestnut (*Aesculus carea* H.) Colonized by the Horse Chestnuts Miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) // Molecules. – 2014. – Vol. 19. – P. 14625-14636. – <https://doi.org/10.3390/molecules190914625>.

15. Oszmiański J., Kolniak-Ostek J., Biernat A. The Content of Phenolic Compounds in Leaf Tissues of *Aesculus glabra* and *Aesculus parviflora* Walt. // Molecules. – 2015. – Vol. 20. – P. 176-2189. – <https://doi.org/10.3390/molecules20022176>.

16. Peterska M., Bandurska H., Wyslouch J., Molińska-Glura M., Moliński K. Chemical composition of horse-chestnut (*Aesculus*) leaves and their susceptibility to chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić // Acta Physiologiae Plantarum. – 2017. – Vol. 39. – P. 105-131. – <https://doi.org/10.31548/bio2019.05.001>.

17. Straw N. A., Bellett-Travers V. Impact and management of the horse chestnut leaf-miner (*Cameraria ohridella*) // J. Agricultural. – 2004. – Vol. 28. – No. 1-2. – P. 67-83. – <https://doi.org/10.1080/03071375.2004.9747402>.
18. Straw N.A., Tilbury C. Host plants of the horse-chestnut leaf-miner (*Cameraria ohridella*), and the rapid spread of the moth in the UK 2002-2005 // Agricultural J. – 2006. – Vol. 29. – P. 83-99. – <https://doi.org/10.1080/03071375.2006.9747448>.
19. Tălmăciu N., Tălmăciu M., Miroiu C. et al. New contributions to the knowledge of the morphology, ecology and damage caused by mining moth chestnut (*Cameraria ohridella* De-schka & Dimic) in the Husi – Vasilui areal condition from eastern of Romania // Analele Universității din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru (Annals of the University of Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series). – 2016. – Vol. 46. – P. 286-289.
20. Žaak M., Migula P., Stygar D., Doležych B., Michalczyk K. Within and between seasonal changes of detoxifying capabilities of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera : Gracillariidae) larvae // Comptes Rendus Biologies. – 2012. – Vol. 335. – Issue 10-11. – P. 645-656. [Electronic Resources]. – Access mode: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crvi.2012.10.006> – ISSN 1768-3238.

**RESISTANCE OF HORSE CHESTNUT *AESCULUS TAXA*
TO THE HORSE-CHESTNUT LEAF MINER
(*CAMERARIA OHRIDELLA*)**

**Kashtanova O.A., Tkachenko O.B., Kondratyeva V.V.,
Olekhnovich L.S., Voronkova T.V.**

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences”,
Moscow, Russia, e-mail: lab-physiol@mail.ru*

Due to the leaf damage by *Cameraria ohridella*, horse chestnut plants lose their decorative qualities and vitality. The solution to this problem is introducing other species and forms of horse chestnut into landscaping, which are not affected by the Ohrid miner. The purpose of our study is to determine the biochemical leaf parameters during the development of the pest, which determine the resistance of *Aesculus* species to the Ohrid miner. The work was done on mature trees of *Ae. glabra*, *Ae. × carnea*, *Ae. pavia* and *Ae. hippocastanum* in 2019–2020. The content of phenolic compounds, free sugars and phenol carboxylic acids (chlorogenic, caffeic, ferulic) was determined. Statistical processing of the data revealed a negative correlation between the sum of phenolic compounds in leaves and the degree of their damage by the Ohrid miner ($r = -0.33$ and -0.27). Also, a significant negative correlation was found between the ratio of chlorogenic and caffeic acids and the level of damage by the miner ($r = -0.35$). As a result of the study, resistant species were identified: *Ae. glabra* and the hybrid *Ae. carnea*.

Key words: *Cameraria ohridella*, *Aesculus hippocastanum*, resistance, phenol carboxylic acids, polyphenols, free sugars.