

УДК 632.7:632.78:634.11

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-371-6-89-95

А.С. Зейналов, ✉
Д.С. ОрелФедеральный научный селекционно-
технологический центр садоводства
и питомниководства, Москва, Россия

✉ adzejnalov@yandex.ru

Поступила в редакцию:
16.02.2023Одобрена после рецензирования:
05.05.2023Принята к публикации:
19.05.2023

Адаптационные возможности и изменения в биоэкологии *Cydia pomonella* L. в Центральном районе Нечерноземной зоны России на фоне глобального потепления

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Изменение климата оказывает значительное влияние на биоэкологию яблонной плодовой жоржки *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae) в Центральном районе Нечерноземной зоны России.

Методы. При проведении исследований использовали как оригинальные, так и общепринятые методы. Феромонные ловушки для изучения динамики лёта *C. pomonella* устанавливали в садах до цветения яблони. До вылета первых бабочек и в конце лёта ловушки осматривали ежедневно, в остальное время — один-два раза в неделю. Диспенсеры меняли один раз в пять недель, клейкие вкладыши — по мере загрязнения. Гусениц, уходящих на коконирование, отлавливали в ловчие пояса — гофрированный с одной (внутренней) стороны картон шириной 20 см.

Результаты. Сроки вылета бабочек перезимовавшего поколения сильно колеблются по годам — как по датам (от 14.05 до 31.05) по фенофазам развития яблони (от «розовый бутон — начало цветения» до «конец цветения»), так и по сумме эффективных температур (СЭТ) (от 40,0 до 122,6 °С). В Московской области с апреля по октябрь накопление СЭТ выше 10 °С отмечается на уровне 1009,2–1229,3 °С, что наряду с адаптационными возможностями северных популяций вредителя обеспечивает ежегодное развитие второго поколения *C. pomonella*. Соотношение численности первого и второго поколений зависит от погодных условий конкретных периодов вегетации, однако численность второго поколения каждый год превышает экономический порог вредности (ЭПВ) в несколько раз. Фотопериод в данной зоне не играет решающей роли по влиянию как на динамику лёта, так и на численность бабочек второго поколения.

Ключевые слова: *Cydia pomonella* L., фитофаг, глобальное потепление, биоэкология, сумма эффективных температур (СЭТ), количество поколений

Для цитирования: Зейналов А.С., Орел Д.С. Адаптационные возможности и изменения в биоэкологии *Cydia pomonella* L. в Центральном районе Нечерноземной зоны России на фоне глобального потепления. *Аграрная наука*. 2023; 371(6): 89–95, <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-89-95>

© Зейналов А.С., Орел Д.С.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-371-6-89-95

Adalet S. Zeynalov, ✉
Daria S. OrelFederal Scientific Breeding and
Technological Center of Horticulture
and Nursery, Moscow, Russia

✉ adzejnalov@yandex.ru

Received by the editorial office:
16.02.2023Accepted in revised:
05.05.2023Accepted for publication:
19.05.2023

Adaptation possibilities and changes in the bioecology of *Cydia pomonella* L. in the central region of the non-black soil zone of Russia on the background of global warming

ABSTRACT

Relevance. Climate change has a significant impact on the bioecology of the codling moth *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae) in the Central region of the Nonchernozem zone of Russia.

Methods. During the research, both original and conventional methods were used. Pheromone traps, to study the flight dynamics of *C. pomonella*, were installed in orchards before apple blossom. Before the emergence of the first butterflies and at the end of the summer, the traps were inspected daily, the rest of the time 1–2 times a week. Dispensers were changed 1 time in 5 weeks, adhesive inserts as they become dirty. Caterpillars leaving for cocooning were caught in trapping belts — corrugated cardboard on one (inner) side 20 cm wide.

Results. The timing of the departure of butterflies of the overwintered generation varies greatly by year — both by dates (from 14.05 to 31.05), by the phenophases of apple tree development (from «rosebud — the beginning of flowering» to «the end of flowering»), and by the sum of effective temperatures (SET) (from 40.0 to 122.6 °C). In the Moscow region, from April to October, the accumulation of SET above 10 °C is noted at the level of 1009.2–1229.3 °C, which, along with the adaptive capabilities of northern pest populations, ensures the annual development of the second generation of *C. pomonella*. The ratio of the number of the first and second generations depends on the weather conditions of specific periods of vegetation, however, the number of the second generation exceeds the economic threshold of harmfulness (EPV) several times every year. The photoperiod in this zone does not play a decisive role in influencing both the dynamics of summer and the number of butterflies of the second generation.

Key words: *Cydia pomonella* L., phytophage, global warming, bioecology, sum of effective temperatures (SET), number of generations

For citation: Zeynalov A.S., Orel D.S. Adaptation possibilities and changes in the bioecology of *Cydia pomonella* L. in the Central region of the Non-black soil zone of Russia on the background of global warming. *Agrarian science*. 2023; 371(6): 89–95 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-89-95>

© Zeynalov A.S., Orel D.S.

Введение / Introduction

Глобальное потепление, следствием которого является изменение климата, оказывает значительное воздействие на экосистемы, нарушая баланс входящих в нее живых организмов [1–3]. Активизируется динамика эволюционных процессов, стремящихся к установлению нового равновесия, исходя из адаптационных возможностей элементов системы [4–6]. Заметные метаморфозы наблюдаются и в агроэкосистемах, являющихся составной частью природных ландшафтов, где выращиваемая монокультура, особенно многолетняя, определяет состав структурных элементов агробиоценозов, в том числе взаимосвязь вредных организмов с растением-хозяином, играющим роль основного фактора [7–10]. В этом плане насаждения яблони, самой распространенной и популярной плодовой культуры в Центральном районе Нечерноземной зоны, куда входит Московская область, могут служить индикатором происходящих перемен.

Доминантным вредителем яблони в указанной зоне является яблонная плодовая жорка *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae), которая встречается практически во всех зонах возделывания этой культуры на планете (с небольшим исключением) [11–13]. Это дает возможность не только оценить определенные изменения в биоэкологии популяции фитофага на данной территории, но и сравнивать их с подобными явлениями в других регионах.

В литературных источниках имеется информация о том, что в южных регионах России *C. pomonella* развивается в трех поколениях [14–16], в средней полосе (Центрально-Черноземный регион) имеет два поколения в году [17–19], а в Нечерноземной зоне развивается в одном поколении [20–22], в самые теплые годы может дать факультативное второе поколение с численностью не более 2% от численности первого поколения. Такая же картина до настоящего времени наблюдалась и в соответствующих климатических поясах по всему земному шару [23–25]. Такую закономерность исследователи объясняют как длительностью вегетационного сезона (количеством дней с положительной температурой), так и суммой эффективных температур (СЭТ) выше 10 °С, необходимых для развития соответствующих генераций вредителя, влиянием взаимосвязи температуры и фотопериода в конкретных регионах развития фитофага. По некоторым данным, на количество генераций могут повлиять и другие факторы, например фитосанитарное состояние насаждений (наличие или отсутствие интенсивных химических защитных мероприятий) [26].

Тем не менее глобальное потепление, реакция на него растений и их фитофагов создают новые реалии, где имеют место значительные изменения в особенностях развития как растений-хозяев, так и их вредителей, в том числе в биоэкологии яблонной плодовой жорки. Так как степень вредоносности фитофага, а также в соответствии с этим планируемые меры по предотвращению потери урожая не могут быть правильно оценены и проведены без подробного изучения биологии и экологии вредителя, цель исследований — изучить биоэкологические особенности развития яблонной плодовой жорки *Cydia pomonella* L. в Центральном районе Нечерноземной зоны России в условиях изменения климата.

Материал и методы исследования / Materials and method

Исследования проводили в 2017–2022 гг. в насаждениях яблони Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» (ФГБНУ ФНЦ Садоводства, Ленинский р-н, Московская обл. — 55,47° с. ш., 37,7° в. д., 124 м над уровнем моря) разного возраста (старый сад — 1985 г. посадки, площадь — 0,4 га; молодой сад — 2015 г. посадки, площадь — 0,7 га; демонстрационный сад — 2007 г. посадки, площадь — 0,4 га) с сортовым составом: Аркадик — раннелетнего срока созревания, Грушовка московская, Мантет, Мелба — летнего, Коричное новое — осеннего, Антоновка обыкновенная, Марат Бусурин — раннезимнего, Лобо, Маяк Загорья, Спартан — зимнего, Подарок Графскому, Свежесть — позднезимнего. Агротехнический уход — стандартный. В период лета плодовой жорки одновременно во всех вышеуказанных садах проводили пять обработок одними и теми же препаратами, разрешенными для применения в плодоносящих насаждениях яблони.

При изучении биоэкологических особенностей развития и динамики лета *C. pomonella* использовали ловушки феромонные: феромонный препарат Диенол-П, диспенсер — резиновая пробка, пропитанная половым феромоном (действующим веществом Е, Е-8, 10-додекадиенол), концентрация — 1 мг на диспенсер. Форма ловушки — дельтаобразная (треугольная) со съёмным клейким вкладышем 10 x 17 см. Диспенсер устанавливали в центр клейкого вкладыша пинцетом.

Ловушки в садах (по две в каждом) устанавливали (до цветения) на высоте 2 м с учетом розы ветров и защитой диспенсера от прямого попадания солнечных лучей. До вылета первых бабочек и в конце лета ловушки осматривали ежедневно, в остальное время — один-два раза в неделю. Диспенсеры меняли один раз в пять недель, клейкие вкладыши — по мере загрязнения.

С целью установления начала откладки яиц *C. pomonella* через три дня после улова первых бабочек ежедневно в 10 местах (по одному дереву) осматривали по 100 листьев (25 с каждой стороны) и 40 плодов (10 с каждой стороны). Для установления даты отрождения первых гусениц (через пять дней после обнаружения первых яиц) проводили аналогичные обследования с увеличением количества обследуемых плодов — до 50 на каждое дерево. Листья осматривали на месте, подозрительные плоды срывали для дополнительного обследования в лабораторных условиях с использованием стереоскопического микроскопа МБС-10 (ОАО «ЛЗЭС», Россия).

Уходящих на коконирование гусениц яблонной плодовой жорки отлавливали в ловчие пояса — гофрированный с одной (внутренней) стороны картон шириной 20 см. Места установки поясов (50 см от поверхности почвы) зачищали, в случае необходимости разравнивали с применением садового вара, нижнюю часть фиксировали жестко — для исключения прохода гусениц дальше, верхнюю часть прикрепляли слабо — для свободного проникновения гусеницы во внутреннюю часть пояса. В каждом саду устанавливали по 10 поясов (по одному на дерево, равномерно по площади по двум диагоналям), осматривали их через каждые два дня.

Параметры климатических показателей, в том числе суммы эффективных температур (СЭТ), определяли по данным Гидрометцентра по г. Москве

(<http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm>). Средние (выборочная средняя \bar{x}) по датам наблюдений (средняя численность бабочек, шт/ловушку) и стандартное отклонение (σ) вычисляли с использованием пакета программы Microsoft Excel (отдельно по каждому участку наблюдений), НСР 05 определяли по Б.А. Доспехову¹.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты наблюдений свидетельствуют о заметном изменении в биоэкологии *C. pomonella* в Центральном районе Нечерноземной зоны России в последние годы. Они хорошо прослеживаются при анализе и сравнении полученных данных с научными исследованиями, проведенными учеными в последние десятилетия XX века и в начале XXI в указанной зоне [20, 21, 27], в том числе в Московской области [20, 28, 29]. С одной стороны, это связано с потеплением климата, отмеченным в сводках Гидрометцентра России (<http://meteoinfo.ru>), где указывается существенное повышение среднегодовой температуры от 5 °С (1961–1990 гг.) до 5,8 °С (1981–2010 гг.), в том числе подчеркнутое показателями последних пяти лет (табл. 1), а с другой — с пластичностью и последовательной адаптацией *C. pomonella* к изменяющимся условиям среды обитания. Некоторые изменения биоэкологии северных популяций яблонной плодовой гусеницы отмечаются и в работах зарубежных исследователей [30].

В целом потепление климата приводит не только к смягчению условий зимовки вредителя, накоплению большей суммы эффективных температур и количества дней с среднесуточной температурой выше 10 °С, приводящей к удлинению вегетационного сезона, но и влияет на взаимоотношение фитофага с растением-хозяином, в свою очередь приспособляющимся к новым условиям среды, что отражается на его фенологических фазах развития [31–33]. При этом пластичность *C. pomonella* в данном взаимоотношении играет не последнюю роль, так как прослеживается достаточно четкая реакция фитофага на все экстремальные ситуации, связанные с резкими изменениями погоды.

Если ранее для вылета первых бабочек перезимовавшего (весеннего) поколения *C. pomonella* требовалась сумма эффективных температур (СЭТ) выше 10 °С около 100 °С (90–110 °С) [34, 35], то в настоящее

Таблица 2. Календарные сроки и СЭТ к началу вылета бабочек *C. pomonella* (ФНЦ Садоводства, <http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm>)

Table 2. Calendar dates and SET by the beginning of the departure of butterflies *C. pomonella* (FSBSI ARHCSAN, <http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm>)

Годы исследований	Фенофаза развития яблони	Дата вылета бабочек	СЭТ, °С
2017	начало цветения ранних сортов	23.05	56,1
2018	полное цветение	17.05	122,6
2019	полное цветение	14.05	99,3
2020	конец цветения	31.05	76,8
2021	розовый бутон — начало цветения	17.05	64,1
2022	розовый бутон — начало цветения	31.05	40,0

время в указанной зоне исследований эта сумма резко колеблется — от 40 °С до 122,6 °С (в зависимости от условий года) (табл. 2). Ранее (по календарным срокам) начало их вылета наблюдалось в конце мая — первой половине июня, то есть значительно позже указанных в таблице 2 периодов 14–31 мая. При этом (ориентировочно на фенологические фазы развития яблони) вылет первых бабочек всегда имел место не ранее конца цветения — фазы образования завязей культуры [20, 21, 35]. Как видно из таблицы 2, и по этому параметру имеется значительное отличие, то есть первые бабочки перезимовавшего поколения в настоящее время появляются даже в фазу «розовый бутон — начало цветения» (не позже конца периода цветения).

Прослеживаются конкретные изменения для каждой стадии развития *C. pomonella*. Как видно из таблицы 3, ранний вылет бабочек приводит к ранней откладке яиц, развитию гусениц и более раннему уходу их на коконирование в Московской области. Хотя период от вылета первых бабочек до откладки ими яиц, а также для их эмбрионального развития занимает относительно продолжительное время (из-за невысоких, часто колеблющихся температур), в дальнейшем, благодаря более высокой (оптимальной для фитофага) температуре воздуха (табл. 1) и адаптационным возможностям плодовой гусеницы, процесс развития ускоряется и уход на коконирование первых гусениц часто наблюдается уже в начале июля (табл. 3). Это создает благоприятные условия для развития второго (летнего) поколения *C. pomonella*.

Таблица 1. Показатели погодных условий в зоне исследований в 2018–2022 гг. (<http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm>)
Table 1. Indicators of weather conditions in the study area in 2018–2022 (<http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm>)

Год	Показатели температуры	Месяц							СЭТ выше 10 °С*
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	
2018	средняя	7,8	16,2	17,3	20,5	19,8	14,6	7,3	1229,3
	отклонение**	+1,1	+3,0	+0,3	+1,3	+2,8	+3,3	+1,7	
	СЭТ выше 10 °С	21,0	191,6	220,3	324,6	303,6	153,9	14,3	
2019	средняя	8,1	16,3	19,6	16,8	16,4	12,3	8,9	1073,1
	отклонение	+1,4	+3,1	+2,6	-2,4	-0,6	+1,0	+3,3	
	СЭТ выше 10 °С	34,2	196,6	288,4	209,3	197,9	109,9	36,8	
2020	средняя	4,8	11,7	19,0	18,7	17,6	13,9	9,2	1009,2
	отклонение	-1,9	-1,5	+2,0	-0,5	+0,6	+2,6	+3,6	
	СЭТ выше 10 °С	0,0	77,6	268,9	270,5	235,1	119,0	38,1	
2021	средняя	7,5	14,3	20,5	22,2	19,5	9,9	6,4	1201,1
	отклонение	+0,6	+0,7	+3,2	+2,5	+1,9	-2,0	+0,6	
	СЭТ выше 10 °С	22,7	143,4	315,9	378,6	295,1	44	1,4	
2022	средняя	5,8	10,7	18,9	20,7	21,9	10,1	7,2	1050,2
	отклонение	-1,1	-2,9	+1,6	+1,0	+4,3	-1,8	+1,4	
	СЭТ выше 10 °С	6,3	43,7	266,4	331,3	368,7	20,6	13,2	

Примечания: * СЭТ за вегетационный сезон (апрель — октябрь), ** отклонение от среднесезонной нормы.

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 6-е изд. Москва: Альянс. 2011; 351.

Таблица 3. Сумма эффективных температур (СЭТ) ко времени появления отдельных стадий развития *C. pomonella* (ФНЦ Садоводства)

Table 3. The sum of effective temperatures (SET) by the time of the appearance of individual developmental stages of *C. pomonella* (FSBSI ARHCBAN)

Стадия развития	Дата по годам			СЭТ (°С) по годам			
	2018	2021	2022	2018	2021	2022	НСР 05
Начало вылета бабочек	17.05	17.05	31.05	122,6	64,1	40,0	16,68
Начало откладки яиц	28.05	27.05	10.06	191,1	143,9	111,2	30,58
Начало массового лёта	01.06	06.06	10.06	212,6	193,4	111,2	19,33
Начало отрождения гусениц	12.06	10.06	24.06	247,7	223,0	226,1	22,47
Пик численности бабочек первого поколения	22.06	28.06	14.07	327,1	450,8	464,6	29,74
Начало ухода гусениц на коконирование	04.07	03.07	17.07	460,2	501,3	491,2	19,5

В настоящее время нет сомнений в возможности появления второго (летнего) поколения яблонной плодовой жорки в Московской области, оно имеет место каждый год. Есть вопрос о его численности: больше, на уровне или меньше первого (перезимовавшего) поколения.

Наличие второго и последующих генераций *C. pomonella* или возможность их появления в конкретном световом поясе и климатической зоне связывают с СЭТ выше 10 °С, температурой воздуха в период их потенциального лёта и фотопериодом [36–38]. Однако (исходя из наших исследований последних лет) в указанной зоне появление второго поколения яблонной плодовой жорки и его численность в большей степени определяются следующими факторами:

- температурой воздуха в июле — начале августа, когда откормившиеся гусеницы массово уходят на

коконирование. В зависимости от этого они или окукливаются и дают начало второму поколению, или уходят на зимнюю диапаузу (в любом случае в зонах, где имеет место второе и последующие поколения, часть гусениц обязательно уходят на зимнюю диапаузу);

- температурой воздуха во второй половине августа — начале сентября, что значительно влияет на интенсивность лёта и численность бабочек второго поколения в конкретном отрезке времени;

- наличием плодов на деревьях (не падалица) во второй половине августа — начале октября (осенние, зимние сорта).

Условия развития первого (перезимовавшего) поколения, а также его численность в этом плане имеют менее заметное влияние, что наглядно видно из таблицы 1 и данных динамики лёта плодовой жорки в разные годы, приведенных на рисунках 1–3.

Рис. 1. Динамика лёта *C. pomonella* в 2018 г. (численность в среднем на одну ловушку) в старом саду (а) и молодом (б) ($\bar{x} \pm \sigma$, Ленинский р-н, Московская обл.)

Fig. 1. Dynamics of *C. pomonella* flight in 2018 (average number per 1 trap) in the old garden (a) and young (b) ($\bar{x} \pm \sigma$, Leninsky district, Moscow region)

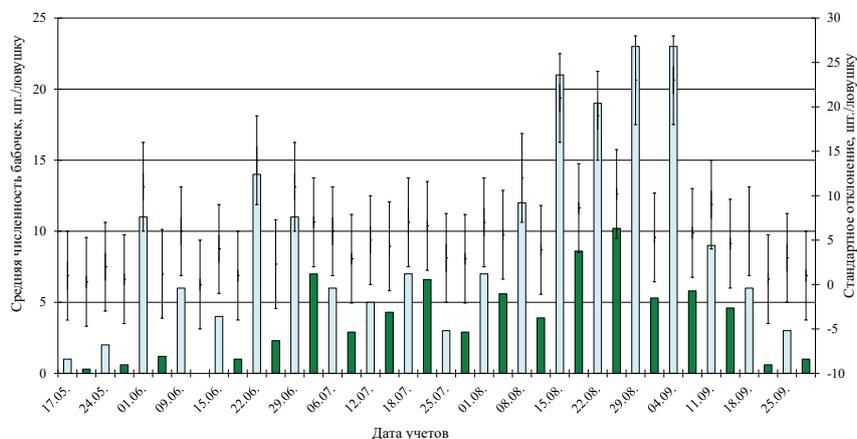
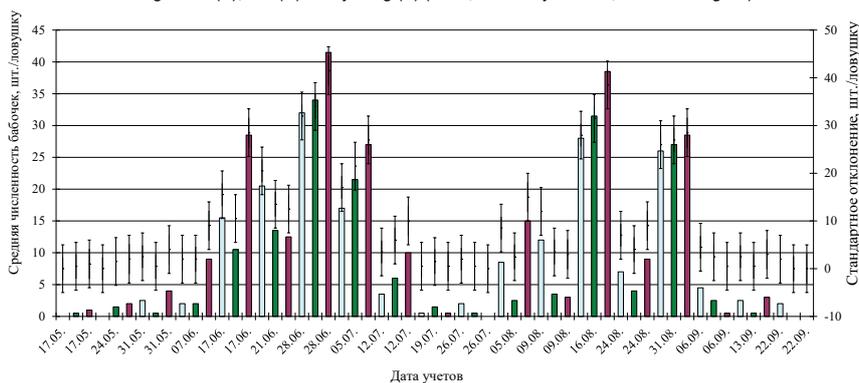


Рис. 2. Динамика лёта *C. pomonella* в 2021 г. (численность в среднем на одну ловушку) в демонстрационном саду (а), старом (б) и молодом (с) ($\bar{x} \pm \sigma$, Ленинский р-н, Московская обл.)

Fig. 2. Dynamics of the flight of *C. pomonella* in 2021 (average number per 1 trap) in the demonstration garden (a), old (b) and young (c) ($\bar{x} \pm \sigma$, Leninsky district, Moscow region)



коконированию, которые не закончили питание, могут выноситься из сада в собранных плодах, однако далеко не всегда [35].

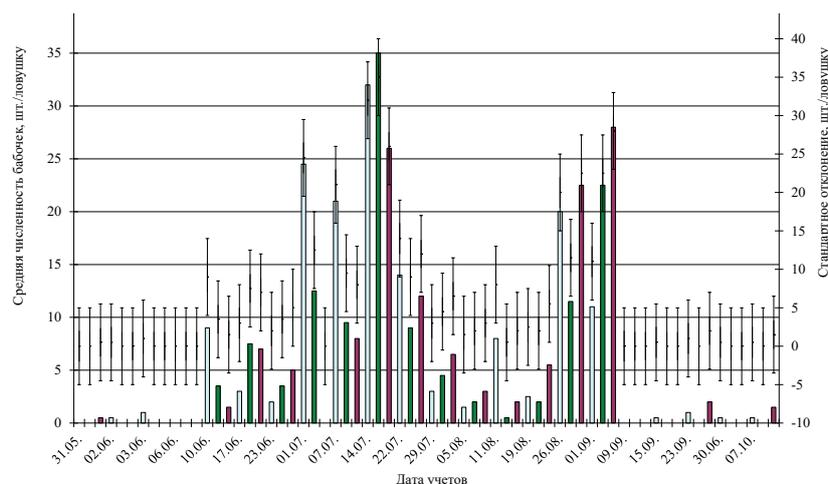
Как видно из рисунка 1, в 2018 г. численность бабочек второго поколения практически в 1,5 раза превысила численность бабочек первого поколения. Это было связано со стабильно высокой среднесуточной температурой воздуха в июле — сентябре (табл. 1), весьма благоприятной для плодовой жорки, с наличием кормовой базы в течение всего периода лёта, что способствовало массовому окукливанию и лёту второго поколения *C. pomonella*.

В 2019 и 2020 годах весенние периоды имели противоположные показатели: весна в 2019 г. — теплая и ранняя, в 2020 г. — холодная и затяжная. Но в оба года весь июль и август (особенно начало августа) были относительно холодными (табл. 1), неблагоприятными для плодовой жорки, с не очень большим урожаем, что способствовало уходу большей части гусениц на зимнюю диапаузу.

В результате в 2019 г. численность первого поколения *C. pomonella* была в 1,7 раза больше, чем второго поколения

Рис. 3. Динамика лёта *C. pomonella* в 2022 г. (численность в среднем на одну ловушку) в старом саду (а), молодом (б) и демонстрационном (с) ($\bar{x} \pm \sigma$, Ленинский р-н, Московская обл.)

Fig. 3. Dynamics of flight of *C. pomonella* in 2022 (average number per 1 trap) in the old garden (a), young (b) and demonstration (c) ($\bar{x} \pm \sigma$, Leninsky district, Moscow region)



(соответственно, 24 и 14 бабочек на одну ловушку в период пика лёта) и в 2020 г. — в 1,4 раза (соответственно, 18 и 12 на одну ловушку в период пика лёта).

2021 год, с апреля по август (особенно вторая половина июня и июль), был теплым (со среднемесячной температурой значительно выше многолетних показателей) (табл. 1), с кратковременным похолоданием в начале III декады августа, что привело к резкому снижению активности лёта бабочек (рис. 2) с восстановлением сразу после повышения температуры. Сентябрь был холодным (со среднемесячным показателем температуры ниже многолетней нормы на 2 °С), что отразилось на динамике лёта, хотя он продолжался до 22.09.2021. Благодаря благоприятной погоде с небольшими отклонениями и наличию кормовой базы (плоды на деревьях поздних сортов) второе поколение *C. pomonella* по численности практически не уступило первому.

В 2022 году из-за холодного и очень холодного апреля и мая (как и в 2020 г.) вылет бабочек очень затянулся и состоялся только 31 мая. Однако теплые июнь, июль и практически жаркий август (табл. 1) не только обеспечили интенсивный лёт и быстрое развитие гусениц первого поколения, но и массовый лёт второго поколения (рис. 3), который был резко и полностью прерван

однако был малочисленным, но продолжался до 7 октября 2022 года. Плоды зимних сортов в саду в это время еще не полностью были собраны. Исследования, проведенные в указанном диапазоне времени, показывают, что фотопериод в данной зоне не играл решающей роли по влиянию — как на динамику лёта, так и на численность бабочек второго поколения.

Выводы / Conclusion

Установлено, что в настоящее время в условиях Московской области ежегодно развивается второе поколение яблонной плодовой яблони. Численность бабочек второго поколения *C. pomonella* во все годы исследований в несколько раз превышает ЭПВ. Это требует разработки эффективных способов борьбы со вторым поколением яблонной плодовой яблони в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России, что является не совсем простой задачей, так как совпадает с периодом созревания и сбора плодов сортов разного срока созревания, имеет непосредственное отношение к их экологической безопасности. Подавление численности второго поколения важно также и с точки зрения уменьшения зимующего запаса вредителя, потенциальной опасности урожаю будущего года.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0002 «Изучить особенности биоэкологии и вредности опасных вредителей и болезней плодовых и ягодных культур, усовершенствовать системы диагностики и разработать комплексные экологизированные системы оздоровления и защитных мероприятий для садовых агроценозов»

FUNDING:

The research was carried out as part of the implementation of the state task of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Horticulture No. 0432-2021-0002 «To study the features of bioecology and the harmfulness of dangerous pests and diseases of fruit and berry crops, improve diagnostic systems and develop integrated eco-friendly systems of rehabilitation and protective measures for horticultural agroecosystems»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Prakash A. et al. Climate Change: Impact on Crop Pests. Odisha, India: *Applied Zoologists Research Association (AZRA)*. 2014; 205. ISBN: 81-900947-2-7
- Суховеева О.Э. Изменения климатических условий и агроклиматических ресурсов в Центральном районе Нечерноземной зоны. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География, геоэкология*. 2016; (4): 41–49. <https://www.elibrary.ru/xgrgnj>

REFERENCES

- Prakash A. et al. Climate Change: Impact on Crop Pests. Odisha, India: *Applied Zoologists Research Association (AZRA)*. 2014; 205. ISBN: 81-900947-2-7
- Sukhovееva O.E. Changes of climatic conditions and agroclimatic recourses in Central Non-Black Soil Zone. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2016; (4): 41–49 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xgrgnj>

3. Skendžić S., Zovko M., Živković I.P., Lešić V., Lemić D. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*. 2021; 12(5): 440. <http://doi.org/10.3390/insects12050440>
4. Lickley M., Solomon S. Drivers, timing and some impacts of global aridity change. *Environmental Research Letters*. 2018; 13(10): 104010. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aae013>
5. Lehmann P. et al. Complex responses of global insect pests to climate warming. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2020; 18(3): 141–150. <http://doi.org/10.1002/fee.2160>
6. González-Tokman D., Córdoba-Aguilar A., Dáttilo W., Lira-Noriega A., Sánchez-Guillén R.A., Villalobos F. Insect responses to heat: Physiological mechanisms, evolution and ecological implications in a warming world. *Biological Reviews*. 2020; 95(3): 802–821. <http://doi.org/10.1111/brv.12588>
7. Nihal R. Global Climate change and its impact on integrated pest management. *Agro Econ. Int. J.* 2020; 7(2): 133–137.
8. Heeb L., Jenner E., Cock M.J.W. Climate-smart pest management: building resilience of farms and landscapes to changing pest threats. *Journal of Pest Science*. 2019; 92(3): 951–969. <http://doi.org/10.1007/s10340-019-01083-y>
9. Зейналов А.С. Биоэкология северной популяции сливовой плодовой Grapholitha funebrana Tr. (Lepidoptera: Tortricidae) в условиях Центрально-Нечерноземной зоны России. *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53(5): 1080–1088. <http://doi.org/10.15389/agrobiol.2018.5.1080rus>
10. Зейналов А.С. Биоэкологические особенности развития вишневой мухи *Rhagoletis cerasi* (L. 1758) (Diptera: Tephritidae) в Центрально-Нечерноземной зоне России. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(1): 174–183. <http://doi.org/10.15389/agrobiol.2020.1.174rus>
11. Каширская Н.Я., Каширская А.М., Медведова Ю.А. Развитие яблонной плодовой и эффективность препаратов в борьбе с ней. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2012; (2): 25–28. <https://www.elibrary.ru/peomil>
12. Zimmermann G., Huger A.M., Kleespies R.G. Occurrence and Prevalence of Insect Pathogens in Populations of the Codling Moth, *Cydia pomonella* L.: A Long-Term Diagnostic Survey. *Insects*. 2013; 4(3): 425–446. <http://doi.org/10.3390/insects4030425>
13. Mahi T., Harizia A., Benguerai A., Canelo T., Bonal R. Assessment and forecast of damages caused by *Cydia pomonella* in apple orchards of Northern Africa (Algeria). *Bulletin of Insectology*. 2021; 74(1): 139–146.
14. Пачкин А.А. Разработка новых способов управления численностью вредных видов насекомых с помощью феромонов и энтомопатогенов на примере яблонной плодовой. Дисс. канд. биол. наук. Москва. 2015; 153. <https://www.elibrary.ru/umfmdv>
15. Яковук В.А. и др. Анализ многолетнего мониторинга лёта яблонной плодовой как основа планирования защитных мероприятий. *Земледелие*. 2020; (7): 39–43. <http://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10708>
16. Сугоняев Е.С. и др. Видовое разнообразие и численность зоофагов как базовый биологический ресурс программы экологического управления популяциями яблонной плодовой *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae) и вредных видов членистоногих второго плана в агроэкосистемах яблоневых садов на юге России. *Энтомологическое обозрение*. 2014; 93(2): 341–366. <https://www.elibrary.ru/sghvmz>
17. Болдырев М.И. Теплоемкость воздуха и продолжительность развития яблонной плодовой. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1983; (7): 59–64.
18. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л. Экологизация защиты яблони от вирусных организмов. Москва: Росинформагротех. 2006; 188.
19. Бондарчук Е.Ю., Асатурова А.М., Томашевич Н.С., Цыгичко А.А., Гырнец Е.А. Биологический контроль численности яблонной плодовой на основе энтомопатогенных микроорганизмов (обзор). *Достижения науки и техники АПК*. 2020; 34(11): 53–66. <http://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11108>
20. Корчагин В.Н., Третьяков Н.Н., Белопицкий А.В., Митюшев И.М. Особенности мониторинга яблонной плодовой в садах Московской области. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2005; (4): 68–73. <https://www.elibrary.ru/hvspbl>
21. Третьяков Н.Н., Митюшев И.М. Защита плодовых культур от вредителей. Москва: Изд-во РГАУ – МСХА. 2012; 142. ISBN: 978-5-9675-0623-9
22. Митюшев И.М. Влияние климатических факторов на динамику сезонного лёта и эффективность феромонного мониторинга яблонной плодовой *Cydia pomonella* L. *Пловодство и яговодство России*. 2019; 56: 148–155. <http://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-56-148-155>
23. Galli P., Epp P. Pheromonfallen zur Flugüberwachung des Apfelwicklers. *Obstbau*. 2006; 31: 280–282.
24. Kadoić Balaško M., Bažok R., Mikac K.M., Lemić D., Pajač Živković I. Pest Management Challenges and Control Practices in Codling Moth: A Review. *Insects*. 2020; 11: 38. <http://doi.org/10.3390/insects11010038>
25. Damos P.T., Kouloussis N.A., Koveos D.S. A degree-day phenological model for *Cydia pomonella* and its validation in a Mediterranean climate. *Bulletin of Insectology*. 2018; 71(1): 131–142.
26. Pajač I., Barić B., Mikac K.M., Pejić I. New insights into the biology and ecology of *Cydia pomonella* from apple orchards in Croatia. *Bulletin of Insectology*. 2012; 65(2): 185–193.
27. Амелехина Т.В. Использование полового феромона яблонной плодовой в интегрированной системе защиты яблони от вредителей в Нечерноземной зоне РФСР. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. Москва. 1990; 22.
28. Ревякина А.А. Некоторые аспекты рационализации защиты яблони от вредителей в Подмоскowie. *Актуальные вопросы теории и практики защиты плодовых и ягодных культур от вредных организмов в условиях многоукладности сельского хозяйства. Тезисы докладов Всероссийского совещания*. Москва. 1998; 149–153.
3. Skendžić S., Zovko M., Živković I.P., Lešić V., Lemić D. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*. 2021; 12(5): 440. <http://doi.org/10.3390/insects12050440>
4. Lickley M., Solomon S. Drivers, timing and some impacts of global aridity change. *Environmental Research Letters*. 2018; 13(10): 104010. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aae013>
5. Lehmann P. et al. Complex responses of global insect pests to climate warming. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2020; 18(3): 141–150. <http://doi.org/10.1002/fee.2160>
6. González-Tokman D., Córdoba-Aguilar A., Dáttilo W., Lira-Noriega A., Sánchez-Guillén R.A., Villalobos F. Insect responses to heat: Physiological mechanisms, evolution and ecological implications in a warming world. *Biological Reviews*. 2020; 95(3): 802–821. <http://doi.org/10.1111/brv.12588>
7. Nihal R. Global Climate change and its impact on integrated pest management. *Agro Econ. Int. J.* 2020; 7(2): 133–137.
8. Heeb L., Jenner E., Cock M.J.W. Climate-smart pest management: building resilience of farms and landscapes to changing pest threats. *Journal of Pest Science*. 2019; 92(3): 951–969. <http://doi.org/10.1007/s10340-019-01083-y>
9. Zeynalov A.S. The bio-ecology of northern populations of the plum moth *Grapholitha funebrana* Tr. (Lepidoptera: Tortricidae) in the context of climate change in the Central Nechernozem Zone of Russia. *Agricultural Biology*. 2018; 53(5): 1080–1088 (In Russian). <http://doi.org/10.15389/agrobiol.2018.5.1080rus>
10. Zeynalov A.S. Bioecological features of cherry fly *Rhagoletis cerasi* (L. 1758) (Diptera: Tephritidae) development in the Central Non-Chernozem Zone of Russia. *Agricultural Biology*. 2020; 55(1): 174–183 (In Russian). <http://doi.org/10.15389/agrobiol.2020.1.174rus>
11. Kashirskaya N.Ya., Kashirskaya A.M., Medvedeva Yu.A. Apple worm development and preparations efficiency while controlling it. *The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2012; (2): 25–28 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/peomil>
12. Zimmermann G., Huger A.M., Kleespies R.G. Occurrence and Prevalence of Insect Pathogens in Populations of the Codling Moth, *Cydia pomonella* L.: A Long-Term Diagnostic Survey. *Insects*. 2013; 4(3): 425–446. <http://doi.org/10.3390/insects4030425>
13. Mahi T., Harizia A., Benguerai A., Canelo T., Bonal R. Assessment and forecast of damages caused by *Cydia pomonella* in apple orchards of Northern Africa (Algeria). *Bulletin of Insectology*. 2021; 74(1): 139–146.
14. Pachkin A.A. Development of new ways to control the number of harmful insect species using pheromones and entomopathogens on the example of the codling moth. PhD (Biology) Thesis. Moscow. 2015; 153 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/umfmdv>
15. Yakovuk V.A. et al. Analysis of long-term monitoring of codling moth emergence as a basis for planning protective measures. *Zemledelie*. 2020; (7): 39–43 (In Russian). <http://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10708>
16. Sugonyaev E.S. et al. Species diversity and abundance of zoophages as a basic resource of the ecological pest management program for suppression of the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera, Tortricidae) and secondary arthropod pests in the apple orchard agroecosystems of southern Russia. *Entomological Review*. 2014; 94(8): 1073–1090. <http://doi.org/10.1134/S0013873814080041>
17. Boldyrev M.I. The heat content of the air and the duration of the development of the codling moth. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 1983; (7): 59–64. (In Russian)
18. Ryabchinskaya T.A., Kharchenko G.L. Greening the protection of the apple tree from virus organisms. Moscow: Rosinformagrotech. 2006; 188 (In Russian).
19. Bondarchuk E.Y., Asaturova A.M., Tomashevich N.S., Tsygichko A.A., Gyrnets E.A. Biological control of the codling moth abundance based on entomopathogenic microorganisms (review). *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020; 34(11): 53–66 (In Russian). <http://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11108>
20. Korchagin V.N., Tretyakov N.N., Belolipetsky A.V., Mityushev I.M. Features of monitoring the codling moth in the orchards of the Moscow region. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2005; (4): 68–73 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/hvspbl>
21. Tretyakov N.N., Mityushev I.M. Protection of fruit crops from pests. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2012; 142 (In Russian). ISBN: 978-5-9675-0623-9
22. Mityushev I.M. The influence of climatic factors on the seasonal flight dynamics and pheromone monitoring effectiveness of the codling moth, *Cydia pomonella* L. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2019; 56: 148–155 (In Russian). <http://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-56-148-155>
23. Galli P., Epp P. Pheromonfallen zur Flugüberwachung des Apfelwicklers. *Obstbau*. 2006; 31: 280–282.
24. Kadoić Balaško M., Bažok R., Mikac K.M., Lemić D., Pajač Živković I. Pest Management Challenges and Control Practices in Codling Moth: A Review. *Insects*. 2020; 11: 38. <http://doi.org/10.3390/insects11010038>
25. Damos P.T., Kouloussis N.A., Koveos D.S. A degree-day phenological model for *Cydia pomonella* and its validation in a Mediterranean climate. *Bulletin of Insectology*. 2018; 71(1): 131–142.
26. Pajač I., Barić B., Mikac K.M., Pejić I. New insights into the biology and ecology of *Cydia pomonella* from apple orchards in Croatia. *Bulletin of Insectology*. 2012; 65(2): 185–193.
27. Amelekhina T.V. The use of the sex pheromone of the apple codling moth in the integrated system for the protection of apple trees from pests in the Non-Chernozem zone of the RSFSR. Abstract of the PhD (Agricultural sciences) Thesis. Moscow. 1990; 22 (In Russian).
28. Revyakina A.A. Some aspects of rationalizing the protection of apple trees from pests in the Moscow region. *Topical issues of theory and practice of protection of fruit and berry crops from harmful organisms in conditions of multicultural agriculture. Abstracts of the reports of the All-Russian Meeting*. Moscow. 1998; 149–153 (In Russian).

29. Savushkin A.O. Bioecological substantiation of the use of pheromones and resistant varieties for protection against pests that damage the generative organs of the apple tree. PhD (Biology) Thesis. Moscow. 2009; 170 (In Russian).
30. Sæthre M.-G., Hofsvang T. Effect of Temperature on Oviposition Behavior, Fecundity, and Fertility in Two Northern European Populations of the Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*. 2002; 31(5): 804–815. <http://doi.org/10.1603/0046-225X-31.5.804>
31. Зейналов А.С., Орел Д.С. Изменение видового состава, биоэкологии и вредоносности основных фитофагов яблони в Центральном районе Нечерноземной зоны России под влиянием климатических факторов. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021; 16(1): 15–21. <http://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-15-21>
32. Toepfer S., Gu H., Dorn S. Phenological analysis of spring colonisation of apple trees by *Anthonomus pomorum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2002; 103(2): 151–159. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00969.x>
33. Felber R., Stöckli S., Calanca P. Assessing climate change impacts on fruit plant and pest phenology and their synchrony: the case of apple and codling moth. *19th EGU General Assembly, EGU2017. Proceedings from the conference held 23–28 April, 2017 in Vienna, Austria*. 2017; 13828.
34. Болдырев М.И. Прогнозирование вредоносности яблонной плодовой и сигнализация сроков борьбы с ней. Методические рекомендации. Мичуринск. 1981; 46.
35. Васильев В.П., Лившиц И.З. Вредители плодовых культур. Москва: КолосС. 1984; 399.
36. Howell J.F., Neven L.G. Physiological Development Time and Zero Development Temperature of the Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*. 2000; 29(4): 766–772. <http://doi.org/10.1603/0046-225X-29.4.766>
37. Neven L.G. Fate of Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Harvested Apples Held Under Short Photoperiod. *Journal of Economic Entomology*. 2012; 105(2): 297–303. <http://doi.org/10.1603/EC11242>
38. Rozsypal J., Košťál V., Zahradníčková H., Šimek P. Overwintering Strategy and Mechanisms of Cold Tolerance in the Codling Moth (*Cydia pomonella*). *Plos One*. 2013; 8(4): e61745. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0061745>
29. Savushkin A.O. Bioecological substantiation of the use of pheromones and resistant varieties for protection against pests that damage the generative organs of the apple tree. PhD (Biology) Thesis. Moscow. 2009; 170 (In Russian).
30. Sæthre M.-G., Hofsvang T. Effect of Temperature on Oviposition Behavior, Fecundity, and Fertility in Two Northern European Populations of the Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*. 2002; 31(5): 804–815. <http://doi.org/10.1603/0046-225X-31.5.804>
31. Zeynalov A.S., Orel D.S. Change in species composition, bioecology and harmfulness of main applian phytophages in the Central Region of the Non-Black Earth Zone of Russia under the influence of climate factors. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2021; 16(1): 15–21 (In Russian). <http://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-15-21>
32. Toepfer S., Gu H., Dorn S. Phenological analysis of spring colonisation of apple trees by *Anthonomus pomorum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2002; 103(2): 151–159. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00969.x>
33. Felber R., Stöckli S., Calanca P. Assessing climate change impacts on fruit plant and pest phenology and their synchrony: the case of apple and codling moth. *19th EGU General Assembly, EGU2017. Proceedings from the conference held 23–28 April, 2017 in Vienna, Austria*. 2017; 13828.
34. Boldyrev M.I. Forecasting the harmfulness of the codling moth and signaling the timing of its control. Guidelines. Michurinsk. 1981; 46 (In Russian).
35. Vasil'ev V.P., Livshits I.Z. Pests of fruit crops. Moscow: Kolos. 1984; 399 (In Russian).
36. Howell J.F., Neven L.G. Physiological Development Time and Zero Development Temperature of the Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*. 2000; 29(4): 766–772. <http://doi.org/10.1603/0046-225X-29.4.766>
37. Neven L.G. Fate of Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Harvested Apples Held Under Short Photoperiod. *Journal of Economic Entomology*. 2012; 105(2): 297–303. <http://doi.org/10.1603/EC11242>
38. Rozsypal J., Košťál V., Zahradníčková H., Šimek P. Overwintering Strategy and Mechanisms of Cold Tolerance in the Codling Moth (*Cydia pomonella*). *Plos One*. 2013; 8(4): e61745. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0061745>

ОБ АВТОРАХ

Адалет Сехраб оглы Зейналов,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник,
Федеральный научный селекционно-технологический центр
садоводства и питомниководства,
ул. Загорьевская, д. 4, Москва, 115598, Россия
adzejnalov@yandex.ru,
8 (495) 329-52-66,
+7 (903) 714-60-01
orcid.org/0000-0001-5519-2837

Дарья Сергеевна Орел,

аспирант,
Федеральный научный селекционно-технологический центр
садоводства и питомниководства,
ул. Загорьевская, д. 4, Москва, 115598, Россия
dasha_orel@list.ru
8 (495) 329-52-66

ABOUT THE AUTHORS

Adalet Sehrab oglu Zeynalov,

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher,
Federal Scientific Breeding and Technological Center of Horticulture
and Nursery,
4 Zagoryevskaya, Moscow, 115598, Russia
adzejnalov@yandex.ru,
8 (495) 329-52-66,
+7 (903) 714-60-01
orcid.org/0000-0001-5519-2837

Daria Sergeevna Orel,

post-graduate student,
Federal Scientific Breeding and Technological Center of Horticulture
and Nursery,
4 Zagoryevskaya, Moscow, 115598, Russia
dasha_orel@list.ru
8 (495) 329-52-66