

УДК 581.543

UDC 581.543

Изучение сезонного развития паслена каролинского *Solanum carolinense* L. в условиях контролируемого опыта

Study of seasonal development of *Solanum carolinense* L. under controlled experimental conditions

* ДЕМУШКИНА Л.Е.¹,
КУЛАКОВА Ю.Ю.², КУЛАКОВ В.Г.³

* LUDMILA E. DEMUSHKINA¹,
YULIANA YU. KULAKOVA², VITALY G. KULAKOV³

¹ Пятигорский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», г. Пятигорск, Ставропольский край, Россия, 357528

¹ Pyatigorsk Branch of the Federal State Budgetary Institution "All-Russian Plant Quarantine Center", Pyatigorsk, Stavropol Krai, Russia, 357528

^{2,3} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

^{2,3} FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIICR"), Bykovo, Urban district Ramensky, Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ ORCID 0009-0004-7940-3917,
e-mail: demushkina.mila@yandex.ru

¹ ORCID 0009-0004-7940-3917,
e-mail: demushkina.mila@yandex.ru

² ORCID 0000-0002-9973-7584, e-mail: thymus73@mail.ru

² ORCID 0000-0002-9973-7584, e-mail: thymus73@mail.ru

³ ORCID 0000-0002-7090-3139,
e-mail: vitaliyk2575@mail.ru

³ ORCID 0000-0002-7090-3139,
e-mail: vitaliyk2575@mail.ru

АННОТАЦИЯ

ABSTRACT

Паслен каролинский *Solanum carolinense* L. – инвазивный вид североамериканского происхождения. Это многолетнее вегетативно-подвижное растение, которое быстро колонизирует новые территории. Засоряет посевы сои, кукурузы, пшеницы, а также сады, пастбища и необрабатываемые земли. Источником расселения паслена каролинского в мире являются засоренные его семенами партии продовольственных грузов из стран, где он широко распространен. Сорняк чрезвычайно засухоустойчив за счет мясистых сочных корней, глубоко проникающих в почву; теневынослив, хотя предпочитает освещенные местообитания; может расти в различных типах почв, выдерживает затопление. Тем не менее его подземные органы чувствительны к низким положительным температурам и не выдерживают отрицательных температур. Это ограничивает его продвижение в северные регионы и в гористые местности. В последние десятилетия в европейских странах зарегистрированы новые случаи обнаружения паслена каролинского в посевах различных культур, вдоль дорог, вблизи портовых территорий. Специалистами Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений (ЕОКЗР) был проведен анализ фитосанитарного риска, по результатам которого паслен каролинский был включен в список карантинных организмов ЕОКЗР в статусе ограниченно присутствующего вида (ЕРРО..., 2022). На территории Российской Федерации этот вид отсутствует, но имеет статус карантинного объекта, так как существует высокий риск его проникновения из соседних государств (например, из Грузии) или при ввозе импортного семенного материала кукурузы, сои, пшеницы (Москаленко, 2001). В условиях происходящих глобальных климатических изменений остро возникает вопрос, в каких широтах может акклиматизироваться паслен каролинский на территории Российской Федерации. Изучению

Solanum carolinense L., Carolina horsenettle, is an invasive species of North American origin. This is a perennial vegetatively mobile plant quickly colonizing new territories. It contaminates soybean, corn, wheat crops, as well as gardens, pastures and uncultivated lands. Its main pathway is food shipments contaminated with its seeds from countries where it is widespread. The weed is extremely drought-resistant due to its fleshy, succulent roots that penetrate deeply into the soil; shade-tolerant, although prefers illuminated habitats. It grows in various soil types, and can withstand flooding. However, its underground organs are sensitive to low positive temperatures and cannot withstand negative temperatures. This limits its advance to the northern regions and mountainous areas. In recent decades, new detection cases of Carolina horsenettle have been registered in European countries in various crops, along roads, near port areas. Specialists from the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) conducted a pest risk analysis, as a result of which Carolina horsenettle was included in the EPPO list of quarantine pests with the status of a limitedly present species (EPPO..., 2022). This species is absent in the Russian Federation, though has the status of a quarantine pest, since there is a high risk of its introduction from neighboring countries (for example, from Georgia) or when importing corn, soybean, and wheat seeds (Moskalenko, 2001). In the context of ongoing global climate change, the question arises in what latitudes can Carolina horsenettle can adapt on the territory of the Russian Federation. This article is

особенностей роста и развития этого вида в условиях контролируемого опыта посвящена данная статья.

Ключевые слова. Карантин растений, фитосанитарные риски, инвазионный вид, *Solanum*, фенология, семенная продуктивность.

ВВЕДЕНИЕ



Паслен каролинский *Solanum carolinense* L. – многолетнее корнеотпрысковое растение, у которого из придаточных почек на главных и боковых корнях развиваются надземные побеги – корневые отпрыски, служащие для вегетативного размножения (см. рис. 1). В благоприятных условиях растения могут достигать до 1,2 м в высоту, развивают мощную систему утолщенных корней, проникающих на глубину более 3 м (Ilnicki et al., 1962). Стебли, листья, чашечка цветка несут крепкие желтые колючки и усажены звездчатыми волосками. Листья цельные, очередные, на коротких черешках, перисто-лопастные. Цветки обоеполые, актиноморфные, собраны в верхней части растения в соцветия-завитки. Окраска лепестков может быть белой, голубоватой или сиреневой. Плоды-ягоды достигают около 1–2 см в диаметре; незрелые плоды отличаются характерной полосатой окраской с более темными зелеными полосками, при созревании ягоды становятся желтыми с кожистым околоплодником. Семена 2–3 мм в диаметре, округло-овальные, сжатые с боков, желтого или коричневого цвета с мелкобугорчатой маслянистой поверхностью.

Паслен каролинский является аборигенным видом Северной Америки. На территории Соединенных Штатов этот вид встречается во всех штатах, кроме Невады, Вайоминга, Монтаны, Северной Дакоты, Гавайев, Аляски, причем в семи штатах США паслен считается вредоносным (Darlington, 1847; Wahlert et al., 2015). Его также можно найти в самых южных частях Канады (Квебек, Онтарио) и в Новой Шотландии (Bassett, Munro, 1986; VASCAN, 2021).

Распространение вида в Центральной (Мексика, Гаити) и Южной Америке не подтверждено и отрицается рядом авторов (Martínez et al., 2017; Wahlert et al., 2015; Stehmann et al., 2015).

В ходе развития торговых отношений и непреднамеренной интродукции паслен каролинский стал распространяться на другие континенты (см. рис. 2 и таблицу).

На территории Европейского континента *S. carolinense* распространен в 15 странах, где отмечен вблизи портов, обочин дорог и по берегам рек, в полях кукурузы и недалеко от животноводческих ферм (CABI, 2021). В 2022 г. специалистами ЕОКЗР при участии научных сотрудников

devoted to the study of the growth and development characteristics of this species under controlled experimental conditions.

Key words. Plant protection, pest risks, invasive species, *Solanum*, phenology, seed productivity.

INTRODUCTION

Solanum carolinense L. is a perennial root-sprouting plant in which above-ground shoots develop from adventitious buds on the main and lateral roots – root shoots, which serve for vegetative propagation (see Fig. 1). In favorable conditions, plants can reach up to 1.2 m in height and develop a powerful system of thickened roots that penetrate to a depth of more than 3 m (Ilnicki et al., 1962). The stems, leaves, and calyx of the flower bear strong yellow spines and are lined with star-shaped hairs. The leaves are entire, alternate, on short petioles, pinnately lobed. The flowers are bisexual, actinomorphic, collected in the upper part of the plant in curlicue inflorescences. The color of the petals can be white, bluish or lilac. The fruits are berries about 1–2 cm in diameter; unripe fruits have a characteristic striped color with darker green stripes; when ripe, the berries become yellow with a leathery pericarp.



Solanum carolinense (Horse-nettle)

Рис. 1. Общий облик паслена каролинского (из книги Runnels H.A., Schaffner J.H. Manual of Ohio Weeds, 1931, p. 73)

Fig. 1. General appearance of Carolina horsenettle (from the book Runnels H.A., Schaffner J.H. Manual of Ohio Weeds, 1931, p. 73)

ФГБУ «ВНИИКР» был проведен анализ фитосанитарного риска для паслена каролинского и принято решение о включении его в список карантинных организмов ЕОКЗР в статусе ограниченно присутствующего вида (A2). Причиной проведения данного анализа стали новые обнаружения сорняка на территории стран Европы. Основным вектором переноса паслена каролинского на современном этапе были признаны засоренные партии пшеницы, кукурузы, сои, импортируемые из стран распространения сорняка (EPPO..., 2022).

Паслен каролинский обладает высокой конкурентоспособностью по сравнению с другими видами растений и трудно поддается контролю на полях и пастбищах, быстро размножается вегетативно (отрезками корней), а также семенным путем (Todua, 1975). *S. carolinense* является хозяином многих насекомых, грибов и вирусов, которые могут быть опасны для сельскохозяйственных растений. В силу того, что искоренение данного вида в местах внедрения весьма обременительно и затратно, используются превентивные меры по предотвращению его заноса и расселения. Одна из них – внесение вида в карантинные перечни.

Паслен каролинский включен в карантинные перечни Чили, Мексики, Израиля, Иордании, Узбекистана, Азербайджана, Грузии и стран ЕАЭС (<https://www.ippc.int/ru>).

В СССР паслен каролинский неоднократно регистрировали на Дальнем Востоке как заносный вид (Буч, Швыдка, 1981). Это были находки единичных растений рядом с территорией портов и животноводческих ферм по разведению крупного рогатого скота и свиней, которые получали жмых импортной сои, засоренный семенами паслена каролинского, на корм животным. Карантинная служба Приморья успешно ликвидировала все эти мелкие очаги.

На современном этапе официальные сведения о фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации и анализ флористических данных подтверждают факты отсутствия сорняка на территории страны (Kozhevnikov et al., 2019; Vinogradova et al., 2020). С учетом вредоносности данного вида для сельского хозяйства *S. carolinense* по-прежнему сохраняет статус карантинного объекта Единого перечня карантинных объектов ЕАЭС.

До сих пор научно не обоснован прогнозируемый потенциальный ареал этого вида, и особенно его северная граница. Известно, что основной ареал сорняка на территории США расположен между 30° и 45° северной широты. Паслен каролинский тепло- и светолюбив, быстро растет в жаркую погоду (Innick et al., 1962). Сорняк чрезвычайно засухоустойчив за счет мясистых, сочных корней, проникающих в почву на глубину более 3 м (Bradbury,

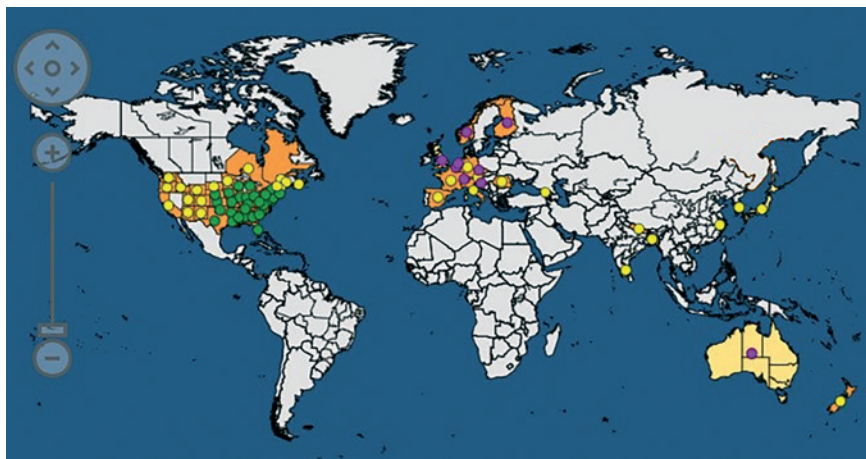


Рис. 2. Современное распространение *Solanum carolinense* L. в мире (зеленые точки – обнаружения вида в естественном ареале, желтые точки – обнаружения вида во вторичном ареале, лиловым цветом выделены эфемерные популяции вида) (по <https://gd.eppo.int/taxon/SOLCA/distribution> с изменениями)

Fig. 2. Current distribution of *Solanum carolinense* L. in the world (green dots – detection of the species in its natural range, yellow dots – detection of the species in the secondary range, ephemeral populations of the species are highlighted in purple) (from <https://gd.eppo.int/taxon/SOLCA/distribution>, with changes)

Seeds 2–3 mm in diameter, round-oval, laterally compressed, yellow or brown in color with a finely tuberous oily surface.

Carolina horsenettle is a native North American species. In the United States, this species occurs in all states except Nevada, Wyoming, Montana, North Dakota, Hawaii, and Alaska, and in seven US states it is considered harmful (Darlington, 1847; Wahlert et al., 2015). It can also be detected in the southernmost parts of Canada (Quebec, Ontario) and Nova Scotia (Bassett, Munro, 1986; VASCAN, 2021).

The distribution of the species in Central (Mexico, Haiti) and South America has not been confirmed and is denied by some authors (Martínez et al., 2017; Wahlert et al., 2015; Stehmann et al., 2015).

As trade relations developed and unintentional introductions, Carolina horsenettle began to spread to other continents (see Fig. 2 and Table).

On the European continent, *S. carolinense* is distributed in 15 countries, where it is recorded near ports, roadsides and river banks, in corn fields and near livestock farms (CABI, 2021). In 2022, EPPO specialists, with the participation of FGBU «VNIICR» researchers, analyzed the pest risk for Carolina horsenettle and decided to include it in the EPPO list of quarantine pests in the status of a limitedly present species (A2). The reason for this analysis was new detections of the weed in European countries. The main pathway of Carolina horsenettle at the present stage was recognized as contaminated consignments of wheat, corn, and soybeans imported from countries where the weed is distributed (EPPO..., 2022).

Carolina horsenettle is highly competitive compared to other plant species and is difficult to control in fields and pastures; it quickly reproduces vegetatively (by root cuttings) and also by seed (Todua, 1975).

Таблица. Распространение *Solanum carolinense* L. в странах мира (<https://gd.eppo.int/>)
Table. Distribution of *Solanum carolinense* L. around the world (<https://gd.eppo.int/>)

| Страна | Распространение, регион | Country | Distribution, region | Литературные ссылки References |
|------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------|--|
| СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА | | NORTH AMERICA | | |
| Канада | присутствует | Canada | present | Bassett, Munro, 1986; VASCAN, 2021 |
| США | присутствует | USA | present | USDA, 2001; Wahlert et al., 2015 |
| ЦЕНТРАЛЬНАЯ И ЮЖНАЯ АМЕРИКА | | CENTRAL AND SOUTH AMERICA | | |
| Мексика | отсутствует ныне | Mexico | now absent | D'Arcy, 1974; Wahlert et al., 2015 |
| Гаити | отсутствует ныне | Haiti | now absent | D'Arcy, 1974; Wahlert et al., 2015 |
| Бразилия | отсутствует ныне | Brazil | now absent | D'Arcy, 1974; Wahlert et al., 2015 |
| ЕВРОПА | | EUROPE | | |
| Австрия | присутствует | Austria | present | Follak, 2020 |
| Бельгия | локально присутствует | Belgium | locally present | Manual of Alien Plants of Belgium, 2021 |
| Хорватия | локально присутствует | Croatia | locally present | Milović, Mitić, 2012 |
| Чешская Республика | локально присутствует | Czech Republic | locally present | Pyšek et al., 2012 |
| Финляндия | локально присутствует | Finland | locally present | FinBIF, 2021 |
| Франция | присутствует | France | present | G. Fried, pers. communication, 2021 |
| Германия | присутствует | Germany | present | Junghans, 2013 |
| Грузия | присутствует | Georgia | present | Aleksidze et al., 2021 |
| Италия | присутствует | Italy | present | Portal to the Flora of Italy, 2021 |
| Нидерланды | локально присутствует | Netherlands | locally present | Dirkse et al., 2007 |
| Норвегия | локально присутствует | Norway | locally present | Ouren, 1987 |
| Румыния | присутствует | Romania | present | Anastasiu et al., 2011 |
| Испания | присутствует | Spain | present | Pérez et al., 2020 |
| Швейцария | локально присутствует | Switzerland | locally present | Brodtbeck, Huber, 1988 |
| Украина | отсутствует ныне | Ukraine | now absent | Burda, 2018 |
| Великобритания | локально присутствует | Great Britain | locally present | Stace, 2019 |
| АЗИЯ | | ASIA | | |
| Япония | присутствует | Japan | present | Miyazaki et al., 2005 |
| Индия | присутствует | India | present | Kosaka et al., 2010 |
| Южная Корея | присутствует | South Korea | present | Ryu et al., 2017 |
| Бангладеш | присутствует | Bangladesh | present | Mandal et al., 2014 |
| Китай | присутствует | China | present | Li et al., 2006 |
| Непал | отсутствует ныне | Nepal | now absent | Holm et al., 1979; but not mentioned in the Annotated Checklist of the Flowering Plants of Nepal, 2021 |
| ОКЕАНИЯ | | OCEANIA | | |
| Австралия | отсутствует ныне | Australia | now absent | Auld, 2003 |
| Новая Зеландия | присутствует | New Zealand | present | Webb et al., 1988 |

Aldrich, 1957). В искусственных опытах было показано, что длительная отрицательная температура грунта является критичной для появления новых корневых отпрысков (Basset, Mundo, 1986). По мнению авторов, это может объяснить, почему северная граница распространения паслена в Канаде проходит по Южному Онтарио, где отмечено проникновение корней на глубину более 1 м, то есть ниже линии промерзания почвы зимой. Таким образом, главным сдерживающим фактором в продвижении сорняка в северные широты, по-видимому, будут низкие температуры в зимний период. Учитывая, что экологические предпочтения вида и занимаемые им местообитания изучены недостаточно полно, необходимо оценить адаптивный потенциал этого вида применительно к природно-климатическим условиям России.

Целью исследования являлось изучение сезонного развития паслена каролинского в условиях умеренно континентального климата Ставропольского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Семена паслена каролинского были собраны научными сотрудниками ФГБУ «ВНИИКР» К.А. Гребенниковым и С.Ю. Мухановым в Республике Абхазии в сентябре 2019 г. Географические координаты места сбора: 42.632001 N, 41.645932 E.

В 2021 г. семена паслена каролинского были пророщены в карантинной теплице ФГБУ «ВНИИКР» (р. п. Быково, Московская обл.). В апреле того же года 2-месячную рассаду высадили в посадочные бетонные кольца карантинного участка Пятигорского филиала ФГБУ «ВНИИКР».

Карантинно-интродукционный участок был построен в 2012 г., представляет собой прямоугольник со сторонами 9 x 22 м и состоит из 24 колец. Внутри участка находятся вкопанные в землю лизиметры – бетонные посадочные кольца, представляющие собой спарку из двух железобетонных колец диаметром 1000 мм и высотой 900 мм, установленных друг на друга. Кольца находятся на расстоянии 1 м друг от друга. Пространство между лизиметрами покрыто 0,5-метровым слоем песка и 0,1-метровым слоем керамзита. Участок обнесен по периметру поликарбонатным ограждением высотой 2,5 м, стены выше забора и крыша затянуты мелкоячеистой металлической сеткой с ячейками 2 x 2 см, предотвращающей проникновение птиц. На территории участка есть крематор для сжигания растительных остатков (см. рис. 3).

Фенологические наблюдения проводили с конца мая до конца октября в течение 2021–2023 гг. с интервалом в 7–10 дней согласно общепринятым методикам (Методика фенологических..., 1975; Куприянов, 2013). Регистрировали даты и продолжительность прохождения основных фаз развития растений: отрастание, вегетация, бутонизация, цветение, плодоношение и фаза отмирания надземных побегов. Определение общей семенной продуктивности проводили весовым методом. Жизнеспособность семян определяли посредством окрашивания зародышей 1-процентным раствором хлористого тетразолия (Методические..., 2014).

S. carolinense is the host of many insects, fungi and viruses that can be harmful to crop plants. Due to the fact that the eradication of this species in places of introduction is very difficult and costly, preventive measures are used to inhibit its introduction and spread. One of them is adding the species to quarantine lists.

Carolinian horsenettle is included in the quarantine lists of Chile, Mexico, Israel, Jordan, Uzbekistan, Azerbaijan, Georgia and the EAEU countries (<https://www.ippc.int/ru>).

In the USSR, Carolina horsenettle was repeatedly recorded in the Far East as an alien species (Buch, Shvydkaya, 1981). These were the finds of single plants near the territory of ports and livestock farms for breeding cattle and pigs, which received imported soybean cake, contaminated with Carolina horsenettle seeds, for animal feed. The quarantine service of Primorye successfully eliminated all these small outbreaks.

Currently, official information on the phytosanitary state of the Russian Federation and analysis of floristic data confirm the absence of the weed in the country (Kozhevnikov et al., 2019; Vinogradova et al., 2020). Taking into account the harmfulness of this species for agriculture, *S. carolinense* still retains the status of a quarantine pest in the EAEU Common List of Quarantine Pests.

The predicted potential range of this species, and especially its northern border, has not yet been scientifically substantiated. It is known that the main habitat of the weed in the United States is located between 30° and 45° north latitude. Carolina horsenettle is heat- and light-loving and grows quickly in hot weather (Ilnicki et al., 1962). The weed is extremely drought-resistant due to its fleshy, succulent roots that penetrate the soil to a depth of more than 3 m (Bradbury and Aldrich, 1957). In artificial experiments it was shown that long-term negative soil temperature is critical for the emergence of new root shoots (Basset, Mundo, 1986). According to the authors, this may explain why the northern limit of its distribution in Canada lies in southern Ontario, where root penetration to a depth of more than 1 m has been noted, that is, below the frost line of the soil in winter. Thus, the main limiting factor in the advancement of the weed to northern latitudes will apparently be low temperatures in winter. Considering that the ecological preferences of the species and the habitats it occupies have not been fully studied, it is necessary to assess the adaptive potential of this species in relation to the natural and climatic conditions of Russia.

The purpose of the study was to study the seasonal development of Carolina horsenettle in the temperate continental climate of Stavropol Krai.

MATERIALS AND METHODS

S. carolinense seeds were collected by the FGBU “VNIKR” researchers K.A. Grebennikov and S.Yu. Mukhanov in the Republic of Abkhazia in September 2019. Geographic coordinates of the collection site: 42.632001 N, 41.645932 E.



Рис. 3. Общий вид карантинного участка Пятигорского филиала ФГБУ «ВНИИР» (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 3. General view of the quarantine area of the Pyatigorsk branch of FGBU "VNIKR" (photo by L.E. Demushkina)

Проводили опыты по изучению темпов нарастания массы корневой системы паслена каролинского. Для этого в отдельные горшки объемом 7 л высаживали отрезки корней паслена каролинского по 2,5 см длиной и 0,5–0,6 см толщиной на глубину 5–7 см в 5-кратной повторности. Предварительно определяли массу каждого отрезка корня на технических весах, которая составила в среднем $0,67 \pm 0,02$ г.

Климатические особенности региона исследования характеризуются следующими параметрами. Пятигорск расположен в предгорьях Главного Кавказского хребта. Для региона характерен умеренно континентальный, степной климат с мягкой зимой и жарким летом, без резких колебаний годовых и суточных температур, с умеренным количеством осадков, около 500 мм/год, главным образом в апреле – октябре. Наибольшая относительная влажность – в декабре (80%), наименьшая – в июле (54%). Зима умеренно мягкая, длится 2–3 месяца. Морозные дни и снежный покров держатся от нескольких дней до 1–3 недель. Средняя температура июля составляет $+22$ °C, но может подниматься до $+40$ °C. Температура в зимний период колеблется в диапазоне от 0 до -4 °C с редкими морозами до -20 °C. Среднегодовое количество осадков – 861 мм. Наибольшее количество осадков приходится на май – июнь. Количество солнечных дней в году – 73. Господствуют восточные и юго-восточные ветры, средняя скорость которых составляет 2,5 м/с (по данным сайта <https://ru.wikipedia.org/>).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первый год наблюдений (2021) растения паслена каролинского хорошо развивались, высота побегов была в среднем 110 см. Первые цветки на растениях появились 5 июля; цветение продолжалось около двух месяцев. Несмотря на обильное цветение и наличие опылителей, к концу сезона завязалось только 2 плода. В конце вегетационного периода часть растений была оставлена в кольцах участка на зиму для оценки способности возобновляться от корней на следующий год.

In 2021, Carolina horsenettle seeds were germinated in the quarantine greenhouse of FGBU "VNIKR" (Bykovo, Moscow Oblast). In April 2021, 2-month-old seedlings were planted in concrete planting rings of the quarantine site of the Pyatigorsk branch of FGBU "VNIKR".

The quarantine-introduction site was built in 2012; it is a rectangle with sides 9 x 22 m and consists of 24 rings. Inside the site there are lysimeters dug into the ground – concrete planting rings, which are a pair of two reinforced concrete rings with a diameter of 1000 mm and a height of 900 mm, installed on top of each other. The rings are 1 m apart. The space between the lysimeters is covered with a 0.5-meter layer of sand and a 0.1-meter layer of expanded clay. The site is surrounded around the perimeter by a polycarbonate fence 2.5 m high, the walls above the fence and the roof are covered with fine-mesh metal mesh with 2 x 2 cm cells, which prevents the penetration of birds. There is a cremator on the site for burning plant residues (see Fig. 3).

Phenological observations were carried out from the end of May to the end of October during 2021–2023, with an interval of 7–10 days according to generally accepted methods (Methods of phenological..., 1975; Kupriyanov, 2013). The dates and duration of plant development main phases were recorded: regrowth, vegetation, budding, flowering, fruiting and the phase of death of above-ground shoots. The determination of total seed productivity was carried out by the weight method. The viability of seeds was determined by staining the embryos with a 1% solution of tetrazolium chloride (Guidelines..., 2014).

Experiments were conducted to study the rate of *S. carolinense* root system mass increase. To do this, *S. carolinense* root pieces of 2.5 cm long and 0.5–0.6 cm thick to a depth of 5–7 cm were planted in separate 7-liter pots in 5-fold repetition. The mass of each root segment was preliminarily determined on technical scales, which averaged 0.67 ± 0.02 g.

The climatic features of the study region are characterized by the following parameters. Pyatigorsk is located in the foothills of the Main Caucasus Range. The region is characterized by a moderate continental, steppe climate with mild winters and hot summers, without sharp fluctuations in annual and daily temperatures, with moderate precipitation, about 500 mm/year, mainly in April – October. The highest relative humidity is in December (80%), the lowest is in July (54%). Winter is moderately mild, lasting 2–3 months. Frosty days and snow cover last from several days to 1–3 weeks. The average July temperature is $+22$ °C, but can rise to $+40$ °C. Temperatures in winter range from 0 to -4 °C with rare frosts down to -20 °C. The average annual precipitation is 861 mm. The greatest amount of precipitation occurs in May – June. The number of sunny days per year is 73. Eastern and southeastern winds prevail, the average speed of which is 2.5 m/s (according to the website <https://ru.wikipedia.org/>).



Рис. 4. Корневая система трех растений *S. carolinense*, сформированная за 1 вегетационный период (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 4. The root system of three *S. carolinense* plants formed during 1 growing season (photo by L.E. Demushkina)

Небольшую часть корней выкопали и перенесли в емкость с землей; эта емкость хранилась при низкой положительной температуре в помещении. При выкапывании корней установлено, что они достигали глубины 35–40 см и были около 1 см толщиной (см. рис. 4, 5).

На следующий год появление новых побегов паслена каролинского от корней, перезимовавших в кольце лизиметра, наблюдали 18 мая (см. рис. 6).

Растения хорошо развивались, чему способствовали благоприятные погодные условия в 2022 г. (см. рис. 7, 8).

14 июня на этих побегах появились бутоны, а 22 июня – раскрылись первые цветки (см. рис. 9). Период цветения продолжался более двух месяцев (82 дня). Первые завязавшиеся плоды были зафиксированы 25 июля. Весь июль и август продолжался период цветения и формирования новых плодов (см. рис. 10, 11). Окончание цветения наблюдали во второй половине сентября. Сброс



Рис. 6. Появление корневых отпрысков весной 2022 г. от перезимовавших растений *S. carolinense* (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 6. The appearance of root suckers in the spring of 2022 from overwintered *S. carolinense* plants (photo by L.E. Demushkina)



Рис. 5. Толщина скелетного корня *S. carolinense* (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 5. *S. carolinense* main root thickness (photo by L.E. Demushkina)

RESULTS AND DISCUSSION

In the first year of observations (2021), *S. carolinense* plants developed well, the shoot height was on average 110 cm. The first flowers appeared on the plants on July 5; flowering lasted about two months. Despite abundant flowering and the presence of pollinators, only 2 fruits were set by the end of the season. At the end of the growing season, some of the plants were left in the rings of the plot for the winter to assess the ability to regenerate from the roots the next year. A small part of the roots was dug up and transferred to a container with soil; this container was stored at a low positive room temperature. When digging up the roots, it was found that they reached a depth of 35–40 cm and were about 1 cm thick (see Fig. 4, 5).

The next year, the emergence of new *S. carolinense* shoots from roots that overwintered in the lysimeter ring was observed on May 18th (see Fig. 6).

The plants developed well, which was facilitated by favorable weather conditions in 2022 (see Fig. 7, 8).

On June 14th, buds appeared on these shoots, and on June 22nd, the first flowers opened (see Fig. 9). The flowering period lasted more than 2 months (82 days). The first fruits set were recorded on July 25th. The period of flowering and formation of new fruits continued throughout July and August (see Fig. 10, 11). The end of flowering was observed in the second half of September. The shedding of leaves and complete death of above-ground shoots was recorded at the end of October with the onset of the first frosts.

An analysis of the *S. carolinense* regeneration experience from small root parts showed that each root segment formed 1 above-ground generative shoot during the season. The flowering period of such shoots ranged from 1 to 7 weeks. Fruits set on only two shoots. The root mass that one plant formed in one growing season from a small root fragment 2.5 cm long was on average 14 times greater than the original, and amounted to 9.5 ± 0.2 g.

листьев и полное отмирание надземных побегов фиксировали в конце октября с наступлением первых заморозков.

Анализ опыта по возобновлению паслена каролинского из небольших частей корня показал, что каждый корневой отрезок за сезон сформировал 1 надземный генеративный побег. Продолжительность цветения таких побегов составила от 1 до 7 недель. Плоды завязались только на двух побегах. Масса корней, которую сформировало одно растение за один вегетационный сезон из небольшого фрагмента корня длиной 2,5 см, была в среднем в 14 раз больше изначальной и составила $9,5 \pm 0,2$ г.

Кроме того, из 50-сантиметрового слоя почвы была извлечена корневая система двулетнего растения паслена, высаженного в 2021 г. Длина корней составляла чуть более 1 м, причем большая часть из них была представлена утолщенными скелетными корнями толщиной около 1 см (см. рис. 12).

В 2023 г. были продолжены фенологические наблюдения за развитием паслена каролинского. Отрастание новых побегов от корней наблюдали 10 мая 2023 г., что на 8 дней раньше, чем в 2022 г. Разница в наступлении отрастания является реакцией растения на температурный фактор и прогрев почвы. Первые цветки раскрылись 20 июня, то есть практически в те же сроки, что и в 2022 г. Продолжительность цветения составила около 2,5 месяца.

К сожалению, 3-летний период наблюдений не позволяет статистически подтвердить связь сроков цветения с суммой эффективных



Рис. 7. Рост *S. carolinense* в начале лета (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 7. *S. carolinense* growth in early summer (photo by L.E. Demushkina)



Рис. 8. *S. carolinense* в стадии бутонизации (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 8. *S. carolinense* in the budding stage (photo by L.E. Demushkina)

Besides, the root system of a biennial *S. carolinense* plant, planted in 2021, was extracted from a 50-centimeter layer of soil. The roots were slightly more than 1 m in length, most of which were thickened skeletal roots about 1 cm thick (see Fig. 12).

In 2023, phenological observations of the *S. carolinense* development were continued. The growth of new shoots from the roots was observed on May 10, 2023, which is 8 days earlier than in 2022. The difference in the onset of regrowth is the plant's response to the temperature factor and soil warming. The first flowers opened on June 20, that is, almost at the same time as in 2022. The duration of flowering was about 2.5 months.

Unfortunately, a 3-year observation period does not allow to statistically confirm the relationship between the timing of flowering and the sum of effective temperatures, nevertheless, the presence of seasons with contrasting weather conditions makes



Рис. 9. Цветение *S. carolinense* (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 9. Bloom of *S. carolinense* (photo by L.E. Demushkina)



Рис. 10. Незрелые плоды *S. carolinense* (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 10. *S. carolinense* unripe fruits (photo by L.E. Demushkina)



Рис. 11. Зрелые плоды *S. carolinense* (фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 11. *S. carolinense* ripe fruits (photo by L.E. Demushkina)



Рис. 14. Имаго
Leptinotarsa decemlineata
на паслене каролинском
(фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 14. *Leptinotarsa decemlineata* imago
on *S. carolinense*
(photo by L.E. Demushkina)

показал, что уже 30% семян были жизнеспособными, что свидетельствовало о созревании зародышей в процессе хранения семян. В 2022 г. количество плодов было значительно больше. К 20-м числам сентября плоды приобрели насыщенный желтый цвет, что свидетельствовало об их частичной зрелости. На 27 побегах сформировалось 468 плодов. Количество плодов варьировало от 1 до 93 шт. на побег, что в среднем составило $9 \pm 1,5$ плода/побег. Размеры плодов варьировали в диапазоне 0,8–1,7 см. Число семян в 1 плоде было в среднем около 70 шт. (см. рис. 16). Вес 1000 семян составил $1,321 \pm 0,01$ г (см. рис. 16).

Для изучения возможностей семенного возобновления паслена каролинского был заложен полевой опыт: в кольцо лизиметра было посеяно 100 шт. семян урожая 2022 г. в ноябре того же года. По итогам весенних наблюдений в 2023 г. семена не дали ни одного проростка, что свидетельствует либо о незрелости семян на момент наступления первых заморозков в 2022 г., либо об отсутствии необходимых для прорастания условий в полевой обстановке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение сезонного развития *Solanum carolinense* L., проведенное в условиях контролируемого опыта на территории карантинно-интродукционного участка г. Пятигорска в 2021–2023 гг., показало значительную адаптацию этого вида к новым для него природно-климатическим условиям.

Растения ежегодно возобновлялись за счет корневых отпрысков. За вегетационный период они формировали плотные сомкнутые заросли, образовывали большое число цветущих побегов, которые продолжительно цвели (2–2,5 месяца); плоды созревали к середине октября; отмирание побегов происходило с наступлением первых заморозков (конец октября – начало ноября).

Впервые установлен факт устойчивости корней паслена каролинского к зимнему промерзанию почвы и факт способности к ежегодному возобновлению корневыми отпрысками в условиях г. Пятигорска (44° с. ш.). Сезонное развитие

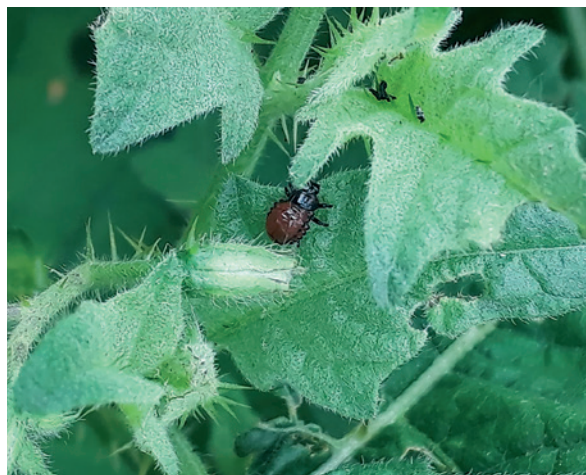


Рис. 15. Питание личинок
Leptinotarsa decemlineata
на паслене каролинском
(фото Л.Е. Демушкиной)

Fig. 15. *Leptinotarsa decemlineata* larvae
feeding on *S. carolinense*
(photo by L.E. Demushkina)

adaptation of this species to new natural and climatic conditions.

Plants were renewed annually due to root shoots. During the growing season, they formed dense, closed thickets, formed a large number of flowering shoots, which bloomed for a long time (2–2.5 months); the fruits ripened by mid-October; shoots died off with the onset of the first frosts (late October – early November).

For the first time, the fact of the *S. carolinense* roots resistance to winter soil freezing and the fact of the ability to annual renewal by root shoots in the conditions of Piatigorsk (44° N) have been established. The *S. carolinense* seasonal development was characterized by early root shoots growth and a long growing season with abundant flowering in the summer-autumn period. The duration of the growing season averaged 170 days.

Freshly collected *S. carolinense* seeds were not viable as observed in 2021–2022. Although after 2–3 months, during storage indoors and re-determination of viability, some of the seeds became potentially



Рис. 16. Расположение
семян в плоде у *S. carolinense*
(фото Ю.Ю. Кулаковой)

Fig. 16. Location of seeds
in the fruit of *S. carolinense*
(photo by Yu.Yu. Kulakova)

паслена каролинского характеризовалось ранним отрастанием корневых побегов и длительной вегетацией с обильным цветением в летне-осенний период. Продолжительность вегетационного периода составила в среднем 170 дней.

Свежесобранные семена паслена каролинского не были жизнеспособными по наблюдениям за 2021–2022 гг. Хотя спустя 2–3 месяца в процессе хранения в помещении и повторного определения жизнеспособности некоторая часть семян становилась потенциально жизнеспособной. Вероятно, семенное возобновление не является первоочередным и имеет подчиненное значение для паслена каролинского, как и для большинства корнеотпрысковых растений.

На основании полученных данных выявлены важнейшие биологические особенности паслена каролинского, подтверждающие его фитосанитарный статус как опасного карантинного организма. Это агрессивное вегетативно-подвижное растение, способное распространяться корневой порослью от места первичного вселения и выдерживать низкие положительные температуры почвы в зимний период.

Эти данные будут востребованы для разработки правил проведения карантинного фитосанитарного обследования подкарантинных объектов на территории Российской Федерации и установления карантинного фитосанитарного режима в случае выявления очагов паслена каролинского.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 123042500048-5 «Разработка молекулярно-генетических и морфологических методов идентификации сорных видов растений, включенных в Единый перечень карантинных объектов ЕАЭС»).

Благодарность. Авторы выражают искреннюю признательность ведущему научному сотруднику лаборатории экологии и генетики насекомых и клещей ФГБУ «ВНИИКР» К.А. Гребенникову и научному сотруднику отдела организации МСИ ФГБУ «ВНИИКР» С.Ю. Муханову за предоставленный семенной материал паслена каролинского.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буч Т.Г., Швыдкая В.Д. Новые и редкие адвентивные виды флоры Приморского края // Ботанический журнал. 1981. Т. 66. № 12. С. 1758–1763.
2. Куприянов А.Н. Теория и практика интродукции растений: учебное пособие. Кемерово: КРЭО «Ирбис», 2013, 160 с.
3. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М., 1975, 28 с.
4. Методические рекомендации по экспертизе карантинных сорных растений. Быково, ФГБУ «ВНИИКР», 2014, с. 13–16.
5. Москаленко Г.П. Карантинные сорные растения России. М.: Гос. инспекция по карантину растений Рос. Федерации (Росгоскарантин), 2001, 277 с.
6. Auld B., Hirohiko M., Tomoko N., Misako I., Michael P. Shared exotica: Plant invasions of Japan and

viable. Probably, seed regeneration is not a priority and is of subordinate importance for *S. carolinense*, as well as for most root-sucking plants.

Based on the data obtained, the most important biological features of *S. carolinense* were identified, confirming its phytosanitary status as a dangerous quarantine pest. This is an aggressive vegetatively mobile plant, capable of spreading by root shoots from the place of primary invasion and withstanding low positive soil temperatures in winter.

This data will be in demand for developing rules for conducting quarantine phytosanitary inspection of regulated objects in the Russian Federation and establishing a quarantine phytosanitary regime in the event of *S. carolinense* outbreak detection.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (No. 123042500048-5 “Development of molecular genetic and morphological methods for identifying weed species included in the EAEU Common List of Quarantine Pests”).

Acknowledgement. The authors express their sincere gratitude to the Leading Researcher of the Insects and Mites Ecology and Genetics Laboratory of FGBU “VNIICR” K.A. Grebennikov, and Researcher of the Interlaboratory Comparisons Department of FGBU “VNIICR” S.Yu. Mukhanov for providing *S. carolinense* seed material.

REFERENCES

1. Buch T.G., Shvydkaya V.D. New and rare adventive species of the flora of Primorsky Krai [Novyye i redkiye adventivnyye vidy flory Primorskogo kraya] // Botanical Journal. 1981; 66; 12: 1758–1763. (In Russ.)
2. Kupriyanov A.N. Theory and practice of plant introduction: textbook [Teoriya i praktika introduktsii rasteniy: uchebnoye posobiye]. Kemerovo: KREO “Irbis”, 2013, 160 p. (In Russ.)
3. Methodology of phenological observations in botanical gardens of the USSR [Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadakh SSSR]. M., 1975, 28 p. (In Russ.)
4. Guidelines for the quarantine weeds examination [Metodicheskiye rekomendatsii po ekspertize karantinnykh sornykh rasteniy]. Bykovo, FGBU “VNIICR”, 2014: 13–16. (In Russ.)
5. Moskalenko G.P. Quarantine weeds in Russia [Karantinnyye sornyie rasteniya Rossii]. M.: State Plant Quarantine Inspectorate Ros. Federation (Rosgoskarantin), 2001, 277 p. (In Russ.)
6. Auld B., Hirohiko M., Tomoko N., Misako I., Michael P. Shared exotica: Plant invasions of Japan and southeastern Australia // Cunninghamia. 2003. Vol. 8. P. 147–152.
7. Aleksidze G., Japaridze G., Kavtaradze G., Barjadze S. Invasive Alien Species of Georgia // Invasive Alien Species: Observations and Issues from Around the World. 2021. P. 88–123. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119607045.ch28>.

southeastern Australia // *Cunninghamia*. 2003. Vol. 8. P. 147–152.

7. Aleksidze G., Japaridze G., Kavtaradze G., Barjadze S. Invasive Alien Species of Georgia // *Invasive Alien Species: Observations and Issues from Around the World*. 2021. P. 88–123. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119607045.ch28>.

8. Anastasiu P., Negrean G., Samoilă C., Memedemin D., Cogălniceanu D. A comparative analysis of alien plant species along the Romanian Black Sea coastal area. The role of harbours // *Journal of Coastal Conservation*. 2011. Vol. 15. P. 595–606.

9. Bassett I.J., Munro D.B. The biology of Canadian weeds. 78. *Solanum carolinense* L. and *Solanum rostratum* Dunal // *Canadian Journal of Plant Science*. 1986. 66: 977–991.

10. Bradbury H.E., Aldrich R.J. Survey reveals extent of horsenettle infestation // *New Jersey Agric.* 1957. Vol. 39. P. 4–7.

11. Brodtbeck T., Huber A. Eine Adventivflora bei Neudorf-Hünigen (Elsass) // *Bauhinia*, 1988. Vol. 9 (1). P. 53–61.

12. Burda R. Alien plant species in the agricultural habitats of Ukraine: diversity and risk assessment // *Ekológia (Bratislava)*. 2018. Vol. 37. P. 24–31.

13. Darlington M.D. Agricultural botany: An enumeration and description of useful plants and weeds, which merit the notice, or require the attention, of American agriculturalists. Philadelphia, J.W. Moore, 1847.

14. D'Arcy W.G. *Solanum* and its close relatives in Florida // *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 1974. Vol. 61. P. 818–867.

15. Dirkse G.M., Holverda W.J., Hochstenbach S.M.H., Reijerse A.I. *Solanum carolinense* L. en *Pimpinella peregrina* L. in Nederland // *Gorteria*. 2007. Vol. 33. P. 21–27.

16. EPPO Technical Document № 1086. Pest risk analysis for *Solanum carolinense*. Paris, 2022.

17. Follak S. Distribution and small-scale spread of the invasive weed *Solanum carolinense* in Austria // *EPPO Bulletin*. Vol. 50. 2020. P. 322–326.

18. Holm L., Pancho J.V., Herberger J.P., Plucknett D.L. A geographical atlas of world weeds. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, UK: John Wiley and Sons, 1979, 391 p.

19. Ilnicki R.D., Tisdell T.F., Fertig S.N. and Furrer A.H. Life history studies as related to weed control in the Northeast. 3 – Horse-nettle. Univ. R. I. Agric. Exp. Stat. Buil., 1962, № 368. 54 p.

20. Junghans T. Der Carolina-Nachtschatten (*Solanum carolinense*) als eingebürgerter Neophyt im Industriehafen von Mannheim. *Pollichia-Kurier*. 2013. Vol. 29. P. 6–9.

21. Kosaka Y., Saikia B., Mingki T., Tag H., Riba T., Ando K. Roadside distribution patterns of invasive alien plants along an altitudinal gradient in Arunachal Himalaya, India // *Mountain Research and Development*. 2010. Vol. 30. P. 252–258.

22. Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Kwak M., Lee B.Y. Illustrated Flora of the Primorsky territory (Russian Far East). National Institute of Biological Resources, Incheon, South Korea, 2019.

23. Li Gen You, Jin Shui Hu, Ai Jian Guo. Species, characteristics and control measures of injurious plants in Zhejiang Province // *Journal of Zhejiang Forestry College*. 2006. Vol. 23. P. 614–624.

8. Anastasiu P., Negrean G., Samoilă C., Memedemin D., Cogălniceanu D. A comparative analysis of alien plant species along the Romanian Black Sea coastal area. The role of harbours // *Journal of Coastal Conservation*. 2011. Vol. 15. P. 595–606.

9. Bassett I.J., Munro D.B. The biology of Canadian weeds. 78. *Solanum carolinense* L. and *Solanum rostratum* Dunal // *Canadian Journal of Plant Science*. 1986. 66: 977–991.

10. Bradbury H.E., Aldrich R.J. Survey reveals extent of horsenettle infestation // *New Jersey Agric.* 1957. Vol. 39. P. 4–7.

11. Brodtbeck T., Huber A. Eine Adventivflora bei Neudorf-Hünigen (Elsass) // *Bauhinia*, 1988. Vol. 9 (1). P. 53–61.

12. Burda R. Alien plant species in the agricultural habitats of Ukraine: diversity and risk assessment // *Ekológia (Bratislava)*. 2018. Vol. 37. P. 24–31.

13. Darlington M.D. Agricultural botany: An enumeration and description of useful plants and weeds, which merit the notice, or require the attention, of American agriculturalists. Philadelphia, J.W. Moore, 1847.

14. D'Arcy W.G. *Solanum* and its close relatives in Florida // *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 1974. Vol. 61. P. 818–867.

15. Dirkse G.M., Holverda W.J., Hochstenbach S.M.H., Reijerse A.I. *Solanum carolinense* L. en *Pimpinella peregrina* L. in Nederland // *Gorteria*. 2007. Vol. 33. P. 21–27.

16. EPPO Technical Document № 1086. Pest risk analysis for *Solanum carolinense*. Paris, 2022.

17. Follak S. Distribution and small-scale spread of the invasive weed *Solanum carolinense* in Austria // *EPPO Bulletin*. Vol. 50. 2020. P. 322–326.

18. Holm L., Pancho J.V., Herberger J.P., Plucknett D.L. A geographical atlas of world weeds. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, UK: John Wiley and Sons, 1979, 391 p.

19. Ilnicki R.D., Tisdell T.F., Fertig S.N. and Furrer A.H. Life history studies as related to weed control in the Northeast. 3 – Horse-nettle. Univ. R. I. Agric. Exp. Stat. Buil., 1962, № 368. 54 p.

20. Junghans T. Der Carolina-Nachtschatten (*Solanum carolinense*) als eingebürgerter Neophyt im Industriehafen von Mannheim. *Pollichia-Kurier*. 2013. Vol. 29. P. 6–9.

21. Kosaka Y., Saikia B., Mingki T., Tag H., Riba T., Ando K. Roadside distribution patterns of invasive alien plants along an altitudinal gradient in Arunachal Himalaya, India // *Mountain Research and Development*. 2010. Vol. 30. P. 252–258.

22. Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Kwak M., Lee B.Y. Illustrated Flora of the Primorsky territory (Russian Far East). National Institute of Biological Resources, Incheon, South Korea, 2019.

23. Li Gen You, Jin Shui Hu, Ai Jian Guo. Species, characteristics and control measures of injurious plants in Zhejiang Province // *Journal of Zhejiang Forestry College*. 2006. Vol. 23. P. 614–624.

24. Mandal M.S.H., Ali M.H., Amin A.K.M.R., Masum S.M., Mehraj H. Assessment of different weed

24. Mandal M.S.H., Ali M.H., Amin A.K.M.R., Masum S.M., Mehraj H. Assessment of different weed control methods on growth and yield of wheat // International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2014. Vol. 5. P. 65–73.
25. Martínez M., Vargas-Ponce O., Rodríguez A., Chiang F., Ocegueda S. Solanaceae family in Mexico // Botanical Sciences. 2017. Vol. 95 P. 131–145.
26. Milović M., Mitić B. The urban flora of the city of Zadar (Dalmatia, Croatia) // Natura Croatica, 2012. Vol. 21. P. 65–100.
27. Miyazaki K., Ito M., Urakawa S. Seasonal pattern of shoot emergence and its endogenous control in horsenettle (*Solanum carolinense* L.) // Weed Biology and Management. 2005. Vol. 5 (1). P. 14–18.
28. Ouren T. Soybean adventitious weeds in Norway // Blyttia. 1987. Vol. 45. P. 175–185.
29. Pérez J.J.P., Pando F.J.S., Pérez R.P. Cuatro solanáceas (Solanaceae) alóctonas nuevas para la flora de Galicia // Nova Acta Científica Compostelana (Biología). 2020. Vol. 27. P. 61–68.
30. Pyšek P., Danihelka J., Sádlo J., Chrtěk J.Jr., Chytrý M., Jarošík V., Kaplan Z., Krahulec F., Moravcová L., Pergl J., Štajerová K., Tichý L. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns // Preslia, 2012. Vol. 84. P. 155–255.
31. Runnels H.A., Schaffner J.H. Manual of Ohio Weeds, 1931.
32. Ryu T.B., Lim J.C., Lee C.H., Kim E.J., Choi B.K. Distribution of invasive species in metropolitan Busan, South Korea // Journal of Life Science. 2017. Vol. 27. P. 408–416.
33. Stace C.A. New flora of the British Isles. 4th Edition, C & M Floristics, 2019.
34. Stehmann J.R., Mentz L.A., Agra M.F., Vignoli-Silva M., Giacomini L., Rodrigues I.M.C. Solanaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015.
35. Todua N.A. Quarantine weeds of the Abkhazian ASSR and improvement of control measures against *Solanum carolinense* L. Autoref. diss. cand. agricultural farm. sciences'. Yerevan: Armenian Agricultural Institute, 1975, 30 p.
36. Vinogradova Yu.K. et al. Invasive plants in flora of the Russian Far East: the checklist and comments // Botanica Pacifica: a journal of plant science and conservation. 2020. Vol. 9 (1). P. 103–129.
37. Wahlert G.A., Chiarini F.E., Bohs L. A revision of *Solanum* section *Lathyrocarpum* (the Carolinense clade, Solanaceae) // Systematic Botany. 2015. Vol. 40 (3). P. 853–887.
38. Webb C.J., Sykes W.R., Garnock-Joens P.J. Flora of New Zealand, Vol. IV. Botany Division, DSIR, New Zealand, 1988.
39. Климатические особенности г. Пятигорска [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA> (дата обращения: 20.08.2023).
40. Международная конвенция по карантину и защите растений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ippc.int/ru/> (дата обращения: 10.08.2023).
41. CABI, 2021. Datasheet *Solanum carolinense* (horsenettle). Invasive Species Compendium control methods on growth and yield of wheat // International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2014. Vol. 5. P. 65–73.
25. Martínez M., Vargas-Ponce O., Rodríguez A., Chiang F., Ocegueda S. Solanaceae family in Mexico // Botanical Sciences. 2017. Vol. 95 P. 131–145.
26. Milović M., Mitić B. The urban flora of the city of Zadar (Dalmatia, Croatia) // Natura Croatica, 2012. Vol. 21. P. 65–100.
27. Miyazaki K., Ito M., Urakawa S. Seasonal pattern of shoot emergence and its endogenous control in horsenettle (*Solanum carolinense* L.) // Weed Biology and Management. 2005. Vol. 5 (1). P. 14–18.
28. Ouren T. Soybean adventitious weeds in Norway // Blyttia. 1987. Vol. 45. P. 175–185.
29. Pérez J.J.P., Pando F.J.S., Pérez R.P. Cuatro solanáceas (Solanaceae) alóctonas nuevas para la flora de Galicia // Nova Acta Científica Compostelana (Biología). 2020. Vol. 27. P. 61–68.
30. Pyšek P., Danihelka J., Sádlo J., Chrtěk J.Jr., Chytrý M., Jarošík V., Kaplan Z., Krahulec F., Moravcová L., Pergl J., Štajerová K., Tichý L. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns // Preslia, 2012. Vol. 84. P. 155–255.
31. Runnels H.A., Schaffner J.H. Manual of Ohio Weeds, 1931.
32. Ryu T.B., Lim J.C., Lee C.H., Kim E.J., Choi B.K. Distribution of invasive species in metropolitan Busan, South Korea // Journal of Life Science. 2017. Vol. 27. P. 408–416.
33. Stace C.A. New flora of the British Isles. 4th Edition, C & M Floristics, 2019.
34. Stehmann J.R., Mentz L.A., Agra M.F., Vignoli-Silva M., Giacomini L., Rodrigues I.M.C. Solanaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015.
35. Todua N.A. Quarantine weeds of the Abkhazian ASSR and improvement of control measures against *Solanum carolinense* L. Autoref. diss. cand. agricultural farm. sciences'. Yerevan: Armenian Agricultural Institute, 1975, 30 p.
36. Vinogradova Yu.K. et al. Invasive plants in flora of the Russian Far East: the checklist and comments // Botanica Pacifica: a journal of plant science and conservation. 2020. Vol. 9 (1). P. 103–129.
37. Wahlert G.A., Chiarini F.E., Bohs L. A revision of *Solanum* section *Lathyrocarpum* (the Carolinense clade, Solanaceae) // Systematic Botany. 2015. Vol. 40 (3). P. 853–887.
38. Webb C.J., Sykes W.R., Garnock-Joens P.J. Flora of New Zealand, Vol. IV. Botany Division, DSIR, New Zealand, 1988.
39. Climatic features of Pyatigorsk [Electronic resource]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA> (last accessed: 20.08.2023).
40. International Convention on Quarantine and Plant Protection [Electronic resource]. URL: <https://www.ippc.int/ru/> (last accessed: 10.08.2023).

[Электронный ресурс]. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/50510> (дата обращения: 30.11.2021).

42. EPPO Global Database [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int/> (дата обращения: 30.08.2023).

43. FinBIF, 2021. *Solanum carolinense* L. [Электронный ресурс]. URL: <https://laji.fi/en/taxon/MX.41509> (дата обращения: 15.08.2023).

44. Manual of Alien Plants of Belgium, 2021 [Электронный ресурс]. URL: <http://alienplantsbelgium.be/content/solanum-carolinense> (дата обращения: 10.08.2023).

45. Portal to the Flora of Italy, 2021. *Solanum carolinense* L. [Электронный ресурс]. URL: <http://dryades.units.it/floritaly> (дата обращения: 05.08.2023).

46. USDA-ARS, 2001 [Электронный ресурс]. URL: http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl (дата обращения: 01.06.2023).

47. VASCAN, 2021. *Solanum carolinense* L. Database of Vascular Plants of Canada [Электронный ресурс]. URL: <https://data.canadensys.net/vascan/search> (дата обращения: 05.10.2022).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Демушкина Людмила Егоровна, младший научный сотрудник Пятигорского филиала ФГБУ «ВНИИКР», Ставропольский край, г. Пятигорск, Россия; ORCID 0009-0004-7940-3917, e-mail: demushkina.mila@yandex.ru.

Кулакова Юлиана Юрьевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник – начальник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0002-9973-7584; e-mail: thymus73@mail.ru.

Кулаков Виталий Геннадьевич, старший научный сотрудник – начальник отдела организации МСИ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0002-7090-3139, e-mail: vitaliyk2575@mail.ru.

41. CABI, 2021. Datasheet *Solanum carolinense* (horsenettle). Invasive Species Compendium [Electronic resource]. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/50510> (last accessed: 30.11.2021).

42. EPPO Global Database [Electronic resource]. URL: <https://gd.eppo.int/> (last accessed: 30.08.2023).

43. FinBIF, 2021. *Solanum carolinense* L. [Electronic resource]. URL: <https://laji.fi/en/taxon/MX.41509> (last accessed: 15.08.2023).

44. Manual of Alien Plants of Belgium, 2021 [Electronic resource]. URL: <http://alienplantsbelgium.be/content/solanum-carolinense> (last accessed: 10.08.2023).

45. Portal to the Flora of Italy, 2021. *Solanum carolinense* L. [Electronic resource]. URL: <http://dryades.units.it/floritaly> (last accessed: 05.08.2023).

46. USDA-ARS, 2001 [Electronic resource]. URL: http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl (last accessed: 01.06.2023).

47. VASCAN, 2021. *Solanum carolinense* L. Database of Vascular Plants of Canada [Electronic resource]. URL: <https://data.canadensys.net/vascan/search> (last accessed: 05.10.2022).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ludmila Demushkina, Junior Researcher, Pyatigorsk Branch of FGBU "VNIICR", Stavropol Krai, Pyatigorsk, Russia; ORCID 0009-0004-7940-3917, e-mail: demushkina.mila@yandex.ru.

Yuliana Kulakova, PhD in Biology, Leading Researcher – Head of Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU "VNIICR", Bykovo, Urban district Ramensky, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-9973-7584; e-mail: thymus73@mail.ru.

Vitaly Kulakov, Junior Researcher – Head of Interlaboratory Comparisons Department, FGBU "VNIICR", Bykovo, Urban district Ramensky, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-7090-3139, e-mail: vitaliyk2575@mail.ru.