

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-92-98>
УДК: 635.9:57.017(470.31)

М.Ю. Грязнов, О.М. Савченко*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский Институт Лекарственных и Ароматических Растений» (ФГБНУ ВИЛАР) 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

*Автор для переписки:
nordfenugreek@gmail.com

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы НИР ФГБНУ ВИЛАР «Поиск и выявление перспективных видов дикорастущих растений, изучение их ресурсного потенциала, формирование высокопродуктивных агроценозов лекарственных и ароматических культур путем создания новых сортов и разработки интенсивных, экологически безопасных технологий их возделывания» (№ FGUU-2022-0009).

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов при написании данной работы.

Вклад авторов: Грязнов М.Ю.: изучение литературы, концептуализация, разработка методологии исследования, проведение исследований и подготовка материала для статьи, написание первоначального текста и редактирование рукописи. Савченко О.М.: изучение литературы, концептуализация, разработка методологии исследования, проведение исследований и подготовка материала для статьи, написание первоначального текста и редактирование рукописи.

Для цитирования: Грязнов М.Ю., Савченко О.М. Биологические особенности *Oenothera tetragona* Roth. в условиях культуры в Нечерноземной зоне России. *Овощи России*. 2024;(4):92-98. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-92-98>

Поступила в редакцию: 22.03.2024

Принята к печати: 29.05.2024

Опубликована: 08.07.2024

Mikhail Yu. Gryaznov, Olga M. Savchenko*

All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants 7, Grin street, Moscow, Russia, 117216

*Corresponding Author:
nordfenugreek@gmail.com

Funding. The work was carried out within the framework of the research project of the Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants (VILAR) "Search and identification of promising species of wild plants, studying their resource potential, the formation of highly productive agroecosystems of medicinal and aromatic crops by creating new varieties and developing intensive, environmentally friendly technologies for their cultivation" (No. FGUU-2022-0009).

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

Authors' contributions: Gryaznov M.Yu.: literature study, conceptualization, development of research methodology, conducting research and preparing material for the article, writing the original text and editing the manuscript. Savchenko O.M.: literature study, conceptualization, development of research methodology, conducting research and preparing material for the article, writing the original text and editing the manuscript.

For citation: Gryaznov M.Yu., Savchenko O.M. Biological features of *Oenothera tetragona* Roth. in the conditions of culture in the Non-Chernozem zone of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(4):92-98. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-92-98>

Received: 22.03.2024

Accepted for publication: 29.05.2024

Published: 08.07.2024

Биологические особенности *Oenothera tetragona* Roth. в условиях культуры в Нечерноземной зоне России

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Энотера четырехугольная – декоративное растение, используемое в народной медицине. До настоящего времени на территории Нечерноземной зоны РФ не проводились исследования биологических особенностей энотеры четырехугольной.

Цель работы – интродукционное и биологическое изучение энотеры четырехугольной в Нечерноземной зоне России в условиях Московской области.

Материал и методика. Опыт заложен двухмесячной рассадой по схеме 60х30 см. Фенологические наблюдения и биометрические измерения (в фазу массового цветения) проводили по методикам, принятым в ВИЛАРе. Экспериментальные данные обрабатывали по Б.А. Доспехову. Погодные условия уточняли на сайте «Погода и климат». Микропрепараты готовили по методикам для световой микроскопии.

Результаты. Продолжительность периода от начала вегетации (отрастание) до массового плодоношения у *Oenothera tetragona* Roth. составляет в среднем около 110-115 суток в условиях Московской области. Растение хорошо адаптировано: проходит весь сезонный цикл роста и развития. В состав популяции *Oenothera tetragona* Roth. входит множество вариативных биотипов, что свидетельствует о возможности целенаправленного отбора форм с полезными признаками. Основную оценку селекционного материала можно проводить, начиная со второго года жизни растений, по комплексу взаимосвязанных количественных признаков (высота, количество генеративных побегов и др.). Впервые изучены некоторые анатомические особенности эпидермы листа энотеры четырехугольной; определено число кроющих трихом и количество устьиц на 1 мм². В результате микроскопического исследования эпидермы листовых пластинок растений *O. tetragona* Roth. было выявлено наличие трех групп, которые отличались по микроскопическим признакам (форма и число устьиц, опушение) при отсутствии заметной корреляции с основными фенотипическими признаками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Oenothera tetragona Roth., лекарственное и декоративное растение, биологические особенности, фенологические наблюдения, устьица, трихомы

Biological features of *Oenothera tetragona* Roth. in the conditions of culture in the Non-Chernozem zone of Russia

ABSTRACT

Relevance. *Oenothera tetragona* is an ornamental plant used in folk medicine. Until now, studies of the biological characteristics of the *Oenothera tetragona* have not been carried out on the territory of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation.

The purpose of the work is the introduction and biological study of the *Oenothera tetragona* in the Non-Chernozem zone of Russia in the conditions of the Moscow region.

Methodology. The experiment was based on two-month-old seedlings according to a 60x30 cm pattern. Phenological observations and biometric measurements (during the mass flowering phase) were carried out according to the methods adopted at VILAR (All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants). Experimental data were processed according to B.A. Dospehov. Weather conditions were checked on the Weather and Climate website. Microspecimens were prepared according to methods for light microscopy.

Results. In the conditions of the Moscow region the period from the beginning of the growing season to mass fruiting in *Oenothera tetragona* Roth. averages about 110-115 days. The plant is well adapted: it goes through the entire seasonal cycle of growth and development. The population includes *Oenothera tetragona* Roth. includes many variable biotypes, which indicates the possibility of targeted selection of forms with useful traits. The main assessment of breeding material can be carried out, starting from the second year of plant life, based on a set of interrelated quantitative traits (height, number of generative shoots, etc.). Some anatomical features of the epidermis of the *Oenothera tetragona* leaf have been studied for the first time; the number of covering trichomes and the number of stomata per 1 mm² were determined. As a result of microscopic examination of the epidermis of leaf plates of *O. tetragona* Roth.: the presence of three groups was revealed, which differed in microscopic characteristics (shape and number of stomata, pubescence) in the absence of a noticeable correlation with the main phenotypic characteristics.

KEYWORDS:

Oenothera tetragona Roth., medicinal and ornamental plants, biological features, phenological observations, stomata, trichomes

Введение**Introduction**

Энотера четырехугольная (*Oenothera tetragona* Roth. син. *Oenothera fruticosa* ssp. *tetragona* (Roth) W.L. Wagner., *Oenothera fruticosa* subsp. *glauca* (Michx.) Straley), вид цветковых многолетних декоративных красивоцветущих растений семейства Кипрейных (Онагриковых) – *Chamaeneriaceae* (*Onagraceae*) рода *Oenothera* L. секции *Kneiffia*. Естественный ареал: восточная и центральная часть Северной Америки. Обычно растёт на полях, лугах, лесных опушках, по берегам ручьёв и в редколесьях. Поднимается на высоту до 1700 м [1-3].

Высота растений – 30-70 см. Стебли прямостоячие или полегающие, разветвлённые или неразветвлённые, иногда сизоватые, слегка опушённые, волоски часто оканчиваются желёзкой, нередко голые до соцветия. Корневая система мочковатая. Листорасположение очередное. Листья прикорневые, формирующие розетку и увядающие после цветения, и стеблевые. Прикорневые листья 3–12 × 0,5–3 см, обратноланцетные или обратнойцевидные, по краю зубчатые или разреженно-зубчатые, иногда цельнокрайние. Черешок 1–3 см длиной. Стеблевые листья 2–6 (11) × (0,5) 1–2 (5) см, линейные, узкоэллиптические, яйцевидные или широкояйцевидные, цельнокрайние, по краю зубчатые или разреженно-зубчатые, тёмно-зелёные, реже сизоватые. Черешок 0,1–2 (6) см длиной. Осенью листья краснеют. Растение однодомное. Соцветие кисть, прямостоячая, в пазухах несколько цветков. Бутоны со свободными верхушками 4-8 (до 13) мм. *Oenothera tetragona* Roth имеет красивые большие чашевидные цветки золотисто-желтого цвета с округлыми ярко-желтыми лепестками до 2,5 (3,0) см в длину, что привлекает огромное число насекомых-опылителей. Цветки обоеполые, раскрываются перед восходом солнца. Чашечка из 4 чашелистиков (0,8-2,2 см), гипантий 0,5-2,0 см. Венчик из 4 лепестков длиной 1,5-2,0 см. Тычинок – 8, завязь нижняя, четырехгнездная. Цветет в июне-августе. Семенные коробочки (7-17 × 3-5 мм) от продолговатых до продолговато-эллипсоидных с наибольшей шириной посередине, слегка четырехугольные, иногда с четырьмя узкими продольными крыловидными выростами, в основании суженные в плодоножку. Семена 0,8×0,4 мм. Сорта энотеры четырёхугольной немногочисленные, отличаются

ся высотой растений и оттенками окраски цветков: «Fireworks» – цветки жёлтые, блюдцевидные, около 2,5 см в диаметре, развиваются из красных бутонов; листья пурпурно-коричневые; «Fyrverkeri» – цветки золотисто-жёлтые, побеги и почки красные; «Hohes Licht» – цветки канареечно-жёлтые; «Sonnenwende» – цветки золотисто-жёлтые [4, 5].

Семена энотеры четырёхугольной содержат масло (до 30 %) и являются перспективным источником полиненасыщенных жирных кислот. Также в надземной части и корнях растения обнаружены сапонины, каротиноиды, стероиды, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, дубильные вещества, полисахариды, антоцианы, слизи, политерпеноиды, микроэлементы, смолы, стерины. Корни и листья энотеры применяют в народной медицине Северной Америки для лечения заболеваний дыхательных путей и воспалительных процессов [6].

Энотера четырёхугольная возделывается преимущественно как декоративное растение: в рокариях, на альпийских горках. От других видов отличается обильным и продолжительным (более 30 суток) цветением, устойчива в срезке. Не поражается болезнями и вредителями [4, 5, 7, 8].

Ранее было установлено, что *Oenothera tetragona* может успешно выращиваться в условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья [8].

Цель работы – интродукционное и биологическое изучение энотеры четырёхугольной (*Oenothera tetragona* Roth.) в Нечерноземной зоне России в условиях Московской области.

Материалы и методы**Materials and methods**

Почва опытного участка ВИЛАР дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, имеет следующие средние агрохимические показатели: гумус 2,9% (по Тюрину); подвижный фосфор (по Кирсанову) 24 мг/кг и обменный калий 72 мг/кг почвы. Реакция среды слабокислая pH KCl 5,3. Московская область входит во второй агроклиматический район (Агроклиматический справочник). Климат умеренно-континентальный, с хорошо выраженными переходными сезонами, теплым летом, умеренно-холодной зимой и устойчивым снежным покровом. Суммарная

Таблица 1. Характеристика метеорологических условий в период проведения исследования, 2021-2023 годы
Table 1. Characteristics of meteorological conditions during the study period, 2021-2023

Месяц	Средние месячные температуры, °C					
	2021	2022	2023	среднее за период	среднее многолетнее	отклонение
Апрель	7,3	5,8	9,7	7,6	+6,7	+0,9
Май	13,9	10,7	12,7	12,4	+13,2	-0,8
Июнь	19,9	18,9	16,8	18,5	+17,0	+1,5
Июль	25,1	20,7	18,5	21,4	+19,2	+2,2
Август	19,4	21,9	19,6	20,3	+17,0	+3,3
Сентябрь	9,6	10,1	15,0	11,6	+11,3	+0,3
Количество осадков, мм						
Апрель	90	69	30	63	37	+26
Май	93	61	35	63	50	+13
Июнь	63	42	71	59	80	-21
Июль	43	91	151	95	85	+10
Август	110	4	63	59	82	-23
Сентябрь	85	75	6	55	68	-13

солнечная радиация составляет 87-89 ккал/см в год. Температура самого холодного месяца (январь) – 11°C, самого теплого месяца (июль) +17°C. Период со среднесуточной температурой выше +10°C длится в среднем 206–216 (до 220) суток. Средняя многолетняя сумма эффективных температур за вегетационный период составляет 1371°C. Московская область относится к зоне достаточного увлажнения: гидротермический коэффициент увлажнения (по Г.К. Селянинову) – 1,4. Годовая сумма осадков достигает 550–560 мм при невысокой испаряемости с поверхности (420 мм), осадки в виде дождя преимущественно выпадают в июле-августе.

За период наблюдений средние месячные температуры в течение всего вегетационного сезона на 1-2 градуса превышали средние многолетние значения для региона. Значительные превышения – более 3 градусов – наблюдались в летние месяцы в 2021 гг. и в сентябре 2023 года (табл. 1). Количество осадков только в начале и в середине вегетационного сезона (апрель-июль) превышало средние многолетние значения по региону, а в августе и сентябре выпадало меньше осадков. В целом, метеорологические условия были типичными и благоприятными для роста и развития *Oenothera tetragona* Roth.

Опыт был заложен 14 мая 2021 года двухмесячной рассадой (образец 209-19, *Oenothera fruticosa* ssp. *tetragona* (Roth) W.L. Wagner., Польша, Люблин, Ботанический сад университета имени Марии Кюри-Складовской), которую высаживали по схеме 60x30 см, из расчета по 25-30 растений на делянке. Всего: 4 делянки, не менее 100 растений.

Фенологические наблюдения и биометрические измерения (в фазу массового цветения) проводили по методикам, принятым в ВИЛАРе [9]. Экспериментальные данные обрабатывали по Б.А. Доспехову [10]. Погодные условия уточнялись на сайте «Погода и климат» [11].

Материал для микроскопических исследований был собран в фазу массового цветения. Исследование проводились на листовых пластинках растений, начиная со второго года жизни. Участки нижней и верхней эпидермы средней части стеблевых листьев изучались на временных препаратах в 5-7 полях зрения для каждого листа при увеличении $\times 70$ и $\times 280$ светового микроскопа ЛОМО МИК-МЕД-1 и фотографировали камерой 14.0 Мп USB 2.0 C-Mount. Количество клеток, устьиц и трихомов в поле зрения (0,785 мм²) пересчитывали на 1 мм². Количественные показатели и длину трихом определяли при помощи окуляр-микрометра 9x Ernst Zeits Wetzlar и объект-микрометра ОМ-П с длиной основной шкалы 1 мм. Препараты готовили по методикам для световой микроскопии [12].

Выборка составляла 10 измерений, статистическая обработка выполнена в программе Microsoft Excel. Для каждого изучаемого признака определяли его среднее значение (M), ошибку среднего (m) и коэффициент вариации (Cv). Устьичный индекс рассчитывали как отношение числа устьиц на верхнем эпидермисе к числу устьиц на нижнем на 1 мм² площади листа [13] по формуле: $U_i = U / (U + K) \cdot 100\%$, где U – количество устьиц на 1 мм², K – количество эпидермальных клеток на 1 мм² [14, 15].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В таблице 2 представлены даты наступления основных фенологических фаз у растений *Oenothera tetragona* Roth. второго-третьего годов жизни (2022-23 годы).

В процессе наблюдений установлено, что у двулетних растений начало периода массовой бутонизации приходится на I-II декады июня, цветение начинается во II декаде июня, массовое плодоношение – в I декаде августа. Таким образом, энотера четырехугольная 2-го и 3-го годов жизни в условиях Московской области проходит весь сезонный цикл роста и развития, цветёт и плодоносит. Продолжительность периода от начала вегетации (отрастание) до массового плодоношения составляет в среднем около 110-115 суток, что вполне вписывается в продолжительность вегетационного периода нашей зоны (200-220 суток).

Выявление изменчивости морфологических признаков является особенно необходимым на начальном этапе селекционной работы с любым видом растений. Морфологические признаки растений энотеры четырехугольной характеризовались определенной изменчивостью. В таблице 2 представлены средние величины количественных морфологических признаков и коэффициенты вариации в питомнике *Oenothera tetragona* Roth. второго-третьего годов жизни (2022-2023 годы).

Наиболее высокая фенотипическая изменчивость отмечена по количеству генеративных побегов на одно растение – 43,4%. Такие признаки как высота, ширина и длина листа выражены средней вариабельностью (коэффициенты вариации 15,5; 16,1; 15,2; соответственно), так как эти показатели определяются как другими количественными признаками, так и условиями произрастания. К числу слабо изменчивых признаков следует отнести диаметр соцветия и массу 1000 семян (коэффициенты вариации 9,9; 2,9; соответственно).

В 2022-2023 годах по результатам наблюдений и учетов было проведено морфологическое описание наиболее часто встречающихся биотипов в культивируемой популяции *Oenothera tetragona* Roth. Описание проводи-

Таблица 2. Начало наступления основных фенологических фаз *Oenothera tetragona* Roth. (2022-2023 годы)
Table 2. Beginning of the onset of the main phenological phases of the *Oenothera tetragona* Roth. plants, (2022-2023)

Фаза	Начало наступления фаз
Отрастание	II декада апреля
Начало бутонизации / массовая бутонизация	I декада июня / I-II декады июня
Начало цветения / массовое цветение	II декада июня / III декада июня II декада июля
Начало плодоношения / массовое плодоношение	II-III декада июля / I декада августа
Продолжительность вегетационного периода, суток (от отрастания до массового плодоношения)	110-115

Таблица 3. Изменчивость морфологических признаков растений *Oenothera tetragona* Roth. 2-3 годов жизни (2022-2023 годы)
Table 3. Variability of morphological characters of the *Oenothera tetragona* Roth plants, 2-3 years of life (2022-2023)

Признаки	Среднее значение	Коэффициент вариации (CV%)
Высота, см	49,9±2,06	15,5
Количество генеративных побегов, шт./пм.	49,5±7,33	43,4
Стеблевой лист: длина, см	6,2±0,42	15,2
Стеблевой лист: ширина, см	1,5±0,05	16,1
Цветок: диаметр венчика, мм.	45±2,4	9,9
Масса 1000 семян, г	0,104±0,0065	2,9

лось с частичным использованием методики ООС RTG/144/1, созданной на основе международной методики UPOV и утвержденной Госкомиссией РФ по испытанию и охране селекционных достижений для новых сортов энотеры *Oenothera* L. (*O. biennis* L., *O. fruticosa* L., *O. macrocarpa* Nutt., *O. missouriensis* Sims, *O. rosea* L'Her. Ex Aiton, *O. speciosa* Nutt.) [16].

В процессе исследований были выделены следующие биотипы:

№1. Форма куста: полусомкнутая. Высота растения: 37-42 см. Стебель: интенсивность антоциановой окраски – средняя, опушенный. Лист: интенсивность зелёной окраски – средняя; опушение – с обеих сторон слабое. Бутон: с антоциановой окраской; узкий, при распускании с оранжевым оттенком. Венчик: темно-жёлтый, насыщенный, диаметр – 38-42 мм. Расположение цветоносов на разном уровне (центральный выше). Лепестки: не гофрированные.

№2. Форма куста: полусомкнутая. Высота растения: 45-50 см. Стебель: интенсивность антоциановой окраски – средняя, не опушенный. Лист: светло-зелёный; опушение – с обеих сторон сильное. Бутон: со слабой антоциановой окраской; узкий, при распускании с оранжевым оттенком. Венчик: лимонно-жёлтый, насыщенный, диаметр – 43-47 мм. Расположение цветоносов на одном уровне. Лепестки: не гофрированные.

№3. Форма куста: полусомкнутая. Высота растения: 32-37 см. Стебель: интенсивность антоциановой окраски – средняя, не опушенный. Лист: интенсивность зелёной окраски – средняя; гладкий. Бутон: с антоциановой окраской; узкий, при распускании с оранжевым оттенком. Венчик: ярко-жёлтый, насыщенный, диаметр – 48-52 мм. Расположение цветоносов на разном уровне (центральный выше). Лепестки: не гофрированные.

№4. Форма куста: полусомкнутая. Высота растения: 51-56 см. Стебель: интенсивность антоциановой окраски – средняя, не опушенный. Лист: интенсивность зелёной окраски – средняя; гладкий. Бутон: с антоциановой окраской; узкий, при распускании с оранжевым оттенком. Венчик: ярко-жёлтый, насыщенный, диаметр – 40-44 мм. Расположение цветоносов на разном уровне (центральный выше). Лепестки: не гофрированные.

№5. Форма куста: полураскидистая. Высота растения: 49-54 см. Стебель: интенсивность антоциановой окраски – сильная, опушенный. Лист: тёмно-зелёный; гладкий. Бутон: с сильной антоциановой окраской; снизу расширенный. Венчик: светло-жёлтый, насыщенный, диаметр – 46-50 мм. Расположение цветоносов на разном уровне (центральный выше). Лепестки: гофрированные.

№6. Форма куста: полусомкнутая. Высота растения: 54-60 см. Стебель: интенсивность антоциановой окраски

– средняя, гладкий. Лист: волнистый, интенсивность зелёной окраски – средняя; опушение слабое. Бутон: со слабой антоциановой окраской; слегка расширенный. Венчик: жёлтый, насыщенный, диаметр – 44-48 мм. Расположение цветоносов на разном уровне (центральный выше). Лепестки: не гофрированные.

№7. Форма куста: полураскидистая. Высота растения: 41-46 см. Стебель: интенсивность антоциановой окраски – средняя, гладкий. Лист: волнистый, светло-зелёный; опушение очень слабое. Бутон: с антоциановой окраской; слегка расширенный у основания. Венчик: лимонно-жёлтый, насыщенный, диаметр – 41-45 мм. Расположение цветоносов на одном уровне. Лепестки: гофрированные.

Межвидовые и внутривидовые различия морфологии выделительной ткани растений формируются под влиянием абиотических условий мест произрастания растений, которые оказывают воздействие на процессы формирования эпидермы [17]. Методом микроскопического анализа изучается анатомическое строение растения, устанавливаются характерные анатомо-диагностические и морфометрические характеристики [18].

Количество устьиц, клеток верхней и нижней эпидермы при отсутствии таксономической значимости являются индикаторами адаптационного потенциала растений [13]. По морфо-анатомическим характеристикам листьев можно оценить адаптационные возможности растений: например, небольшое число устьиц и их малый размер приводят к постоянному открытию устьиц и чрезмерной транспирации, что свидетельствует о низкой приспособленности растений к условиям освещённости и влажности [19]. Увеличение количества трихомов может быть



Рис. 1. *O. tetragona* Roth. Общий вид.
Фаза массового цветения
Fig. 1. *O. tetragona* Roth. General form. Mass flowering phase

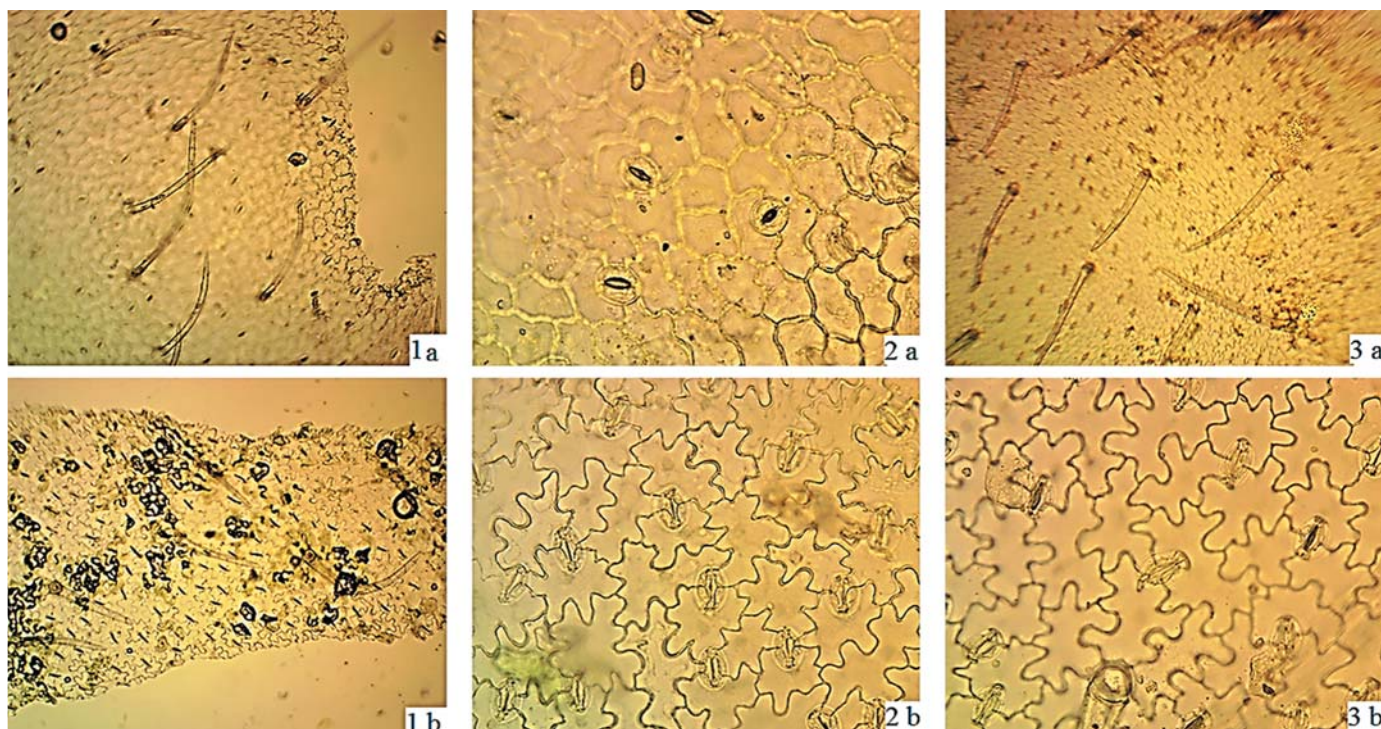


Рис. 2. Эпидерма листовой пластинки *O. tetragona* Roth. 1a, 1b – верхняя и нижняя эпидерма листьев первой группы (увеличение $\times 70$); 2a, 2b – верхняя и нижняя эпидерма листьев второй группы (увеличение $\times 280$); 3a, 3b – верхняя и нижняя эпидерма листьев третьей группы (увеличение $\times 70$ и $\times 280$).
Fig. 2. Epidermis of the leaf plate of the *O. tetragona* Roth. 1a, 1b – upper and lower epidermis of leaves of the first group (magnification $\times 70$); 2a, 2b – upper and lower epidermis of leaves of the second group (magnification $\times 280$); 3a, 3b – upper and lower epidermis of leaves of the third group (magnification $\times 70$ and $\times 280$).

следствием проявления механизма защиты листьев от перегрева, недостатка влаги и других стресс-факторов [20].

На рисунке представлены три различных формы *O. tetragona* Roth., различающиеся по степени опушения и форме устьиц.

Популяцию *O. tetragona* Roth. биокolleкции ФГБНУ ВИАР можно разделить на условные группы по следующим анатомическим особенностям эпидермы листовой пластинки: опушение, форма и количество устьиц. Клетки нижней эпидермы листовых пластинок *O. tetragona* Roth. имеют извилистую форму стенок. Клетки

Таблица 4. Количественная и морфометрическая характеристика эпидермы листовой пластинки *Oenothera tetragona* Roth.
Table 4. Quantitative and morphometric characteristics the epidermis of the plate of the *Oenothera tetragona* Roth.

Группа	Сторона листа	O1	O2	O3
Показатели				
Кол-во клеток, шт/мм ²	Верх	836,08 $\pm$ 19,06 18,93	798,29 $\pm$ 18,23 23,67	938,11 $\pm$ 21,13 22,77
Cv%	Низ	944,21 $\pm$ 19,32 20,15	822,96 $\pm$ 18,49 21,75	1069 $\pm$ 26,03 27,16
Кол-во устьиц, шт/мм ²	Верх	126,73 $\pm$ 10,96 42,39	112,78 $\pm$ 9,73 43,41	47,21 $\pm$ 3,96 44,82
Cv%	Низ	189,15 $\pm$ 11,05 44,06	238,49 $\pm$ 13,02 42,78	227,06 $\pm$ 12,77 41,38
УИ, %*	Верх	13,09	12,31	4,77
	Низ	16,68	22,45	17,51
Длина устьиц, мкм	Верх	18,22 $\pm$ 3,93 9,22	17,36 $\pm$ 1,88 10,13	20,03 $\pm$ 1,66 10,27
Cv%	Низ	16,51 $\pm$ 4,15 11,04	18,28 $\pm$ 2,31 11,93	19,86 $\pm$ 2,24 13,44
Ширина устьиц, мкм	Верх	16,08 $\pm$ 3,55 8,29	16,67 $\pm$ 2,17 9,65	17,21 $\pm$ 2,39 14,03
Cv%	Низ	14,31 $\pm$ 3,18 10,62	14,74 $\pm$ 2,55 10,22	14,62 $\pm$ 2,27 12,38
Кол-во трихом, шт/мм ²	Верх	65,27 $\pm$ 5,18 39,85	Не обнаружено	157,84 $\pm$ 11,19 41,27
Cv%	Низ	42,88 $\pm$ 4,51 40,19		91,36 $\pm$ 8,75 40,72
Длина трихом, мкм /	Верх	28,97 $\pm$ 1,83 15,08		24,98 $\pm$ 2,73 11,96
Cv%	Низ	22,76 $\pm$ 1,94 12,77		22,88 $\pm$ 2,15 10,87

Примечание: *Устьичный индекс

нижней эпидермы – округло-вытянутой формы. Устьичный аппарат аномоцитного типа. Листовые пластинки первой и второй группы покрыты агранулярными одноклеточными трихомами на нижней и на верхней эпидерме. Трихомы конической формы, с тонкими стенками, расположены на межжилковом пространстве. Вокруг мест прикрепления трихом отсутствуют образующие розетку клетки эпидермы (рис. 2).

Устьица расположены на верхней и на нижней эпидерме, следовательно, листья амфистоматические. На нижней стороне устьиц больше в 1,5-2 раза, за исключением формы ОЗ: там число устьиц на нижней эпидерме выше, чем на верхней почти в 5 раз. (Таблица 4).

Эпидерма листовой пластинки у формы О2 *Oenothera tetragona* Roth. отличается округлыми устьицами. У форм О1 и ОЗ *O. tetragona* устьица овальной формы. Верхняя эпидерма у растений группы ОЗ отличается самым низким устьичным индексом: 4,77 % (табл. 4).

На листьях *Oenothera tetragona* Roth. изучаемых форм простые кроющие трихомы сосредоточены преимущественно на верхней эпидерме и имеют низкую вариативность по длине. У формы О2 кроющие одноклеточные трихомы не обнаружены.

При определении достоверности различий по критерию Стьюдента (t) установлено, что число устьиц на нижней ($t=3.58-26.2$) и верхней ($t=5-24.98$) эпидерме, число клеток эпидермиса на нижней ($t=4.6-34.3$) и верхней ($t=3.55-31.38$) эпидерме, число кроющих трихом на нижней ($t=3.8-18.44$) и верхней ($t=3.6-18.21$) эпидерме достоверно различаются по описанным группам: $t_{st}=2.85$ при 99%-м доверительном уровне. В условиях агроценоза листья *O. tetragona* Roth. отличаются по

таким анатомическим признакам, как число кроющих трихом и число устьиц на 1 мм². К форме с наиболее ксероморфными признаками с точки зрения анатомии листа, можно отнести растения *O. tetragona* Roth. из группы О2 (наиболее высокое общее количество устьиц при меньших размерах) и ОЗ (наиболее интенсивное опушение). На это следует обращать внимание при дальнейшем возделывании данного вида.

Заключение

Conclusion

Oenothera tetragona Roth. в условиях Московской области полностью адаптирована: проходит весь сезонный цикл роста и развития. В состав популяции *Oenothera tetragona* Roth. входит множество вариативных биотипов, что свидетельствует о возможности целенаправленного отбора форм с полезными признаками. Основную оценку селекционного материала можно проводить, начиная со второго года жизни растений, по комплексу взаимосвязанных количественных и качественных признаков (высота, количество генеративных побегов, диаметр венчика и др.).

В результате микроскопического исследования эпидермы листовых пластинок растений *O. tetragona* Roth. было выявлено наличие трех групп, которые отличались по микроскопическим признакам (форма и число устьиц, опушение) при отсутствии заметной корреляции с основными фенотипическими признаками. Полученные результаты можно использовать в дальнейших исследованиях по экологии данного вида и при отборе перспективных форм в селекционном процессе.

• Литература

1. *Oenothera tetragona* Roth. Hortflora; 2024 [обновлено 27 мая 2018; процитировано 7 марта 2024]. Доступно: <https://hortflora.rbg.vic.gov.au/taxon/ad9adace-5340-11e7-b82b-005056b0018f>
2. *Oenothera fruticosa* subsp. *tetragona* (Roth) W.L. Wagner. Portal to the Flora of Italy; 2024 [обновлено 1 января 2023; процитировано 7 марта 2024] Доступно: https://dryades.units.it/floritaly/index.php?procedure=taxon_page&tipo=all&id=10280
3. *Oenothera tetragona* Roth. Alpine Garden Society; 2024 [обновлено 1 января 2024; процитировано 7 марта 2024]. Доступно: <http://encyclopaedia.alpinegardensociety.net/plants/Oenothera/tetragona>
4. Энотера четырехугольная. Портал Большая Российская энциклопедия; 2024 [обновлено 28 февраля 2024; процитировано 7 марта 2024]. Доступно: <https://bigenc.ru/c/enotera-chetyriokhugol-naia-433e73>.
5. *Oenothera tetragona* var. *riparia* (Nuttall) Munz in flora of North America. Flora of North America; 2024 [обновлено 1 января 2024; процитировано 7 марта 2024] Доступно: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=250130304
6. Azimova S.S., Glushenkova A.I. *Oenothera tetragona* Roth. Lipids, Lipophilic Components and Essential Oils from Plant Sources. London: Springer, 2012. P. 644-645. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-323-7_2105
7. Ларина Г.Е., Серая Л.Г., Голимовская С.А., Петровнина Т.А., Калембет И.Н., Полякова Н.Н., Гудкова Н.Ю., Быкова О.А. Фитопатология (микозы) лекарственных растений в многолетних коллекционных посадках. 90 лет – от растения до лекарственного препарата: достижения и перспективы. Сборник материалов юбилейной международной научной конференции. 2021. С.83-92.

https://doi.org/10.52101/9785870191003_2021_83

<https://www.elibrary.ru/ddlwwp>

8. Миронова Л.Н., Реут А.А. Интродукция лекарственных растений в Ботаническом Саду-Институте УНЦ РАН на примере рода *Oenothera* L. Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию образования Дальневосточного научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. С. 280-283.

<https://www.elibrary.ru/xsmjpo>

9. Цицилин А.Н., Ковалев Н.И., Коротких И.Н., Кудринская (Басалаева) И.В., Бабенко Л.В., Савченко О.М., Хазиева Ф.М. Методика исследований при интродукции лекарственных и эфирномасличных растений. (2-е издание, переработанное и дополненное). Москва: ФГБНУ ВИЛАР, 2022. 64 с. ISBN 978-5-87019-103-4.

<https://www.elibrary.ru/elwoos>

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по Требованию, 2013. 349 с.

11. Климатический монитор г. Москва. Погода и климат; 2024 [обновлено 7 марта 2024; процитировано 7 марта 2024]:

<http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php>

12. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. Джалилова Х. Х., Ильина Г. М., Чубатова Н. В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Издательство МГУ, 2004. 312 с.

13. Пленник Р.Я., Попова Н.А. Особенности анатомического строения листа видов рода *Hedysarum* L. Южной Сибири в связи с их адаптацией. Экология. 1990;(5):3–10.

14. Нехаиченко Д.В., Кокшеева И.М., Кислов Д.Е. Изменчивость эпидермальных структур листа *Hydrangea paniculata* (Hydrangeaceae) в условиях культуры. Вестник КрасГАУ. 2014;12(99):52-57.

<https://www.elibrary.ru/thamkv>

15. Воробьева А.Н., Басаргин Д.Д. Особенности строения эпидермы листа *Saussurea pulchella* (Fisch.) Fisch. и *S. neopulchella* Lipsch. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013;3(23):38-45.
<https://www.elibrary.ru/sikiyb>
16. Официальный бюллетень ГК РФ по испытанию и охране селекционных достижений. 25.02.2013. № 12-06/98. С. 247-252. Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия»); 2024 обновлено 25 февраля 2013; процитировано 26 февраля 2024] Доступно:
<https://gossortrf.ru/publication/byulleteni.php>
17. Тамахина А.Я., Гадиева А.А. Морфология выделительной ткани листьев и вторичные метаболиты некоторых представителей рода *Inula*. Юг России: экология, развитие. 2017;12(3):53-63.
<https://www.elibrary.ru/zmzpmz>
18. Николаевская Т.С., Федоренко О.М. Особенности опушения листовой пластинки у растений северных популяций *Arabidopsis lyrata* subsp. *Petraea* и *Arabidopsis thaliana*. Труды Карельского научного центра РАН. 2014;(5):59-70. <https://www.elibrary.ru/thjtrd>
19. Виноградова Ю.К., Григорьева О.В., Вергун Е.Н. Строение устьичного аппарата видов рода *Symphytotrichum* Nees как дополнительный показатель их инвазивности. Российский журнал биологических инвазий. 2020;(4):34-44. <https://www.elibrary.ru/pdcmrx>
20. Ахубекова А.А., Тамахина А.Я. Адаптивные признаки эпидермы листьев представителей семейства *Boraginaceae*. Известия Горского государственного аграрного университета. 2020;57(2):188-195.
<https://www.elibrary.ru/elkjah>

References

1. *Oenothera tetragona* Roth. HortFlora. Cultivated Flora of South-eastern Australia, Royal Botanic Gardens Victoria; 2024 [updated May 27, 2018; cited March 7, 2024]. Available:
<https://hortflora.rbg.vic.gov.au/taxon/ad9adace-5340-11e7-b82b-005056b0018f>
2. *Oenothera fruticosa* subsp. *tetragona* (Roth) W. L. Wagner. Portale della Flora d'Italia (Portal to the Flora of Italy); 2024 [updated January 1, 2023; cited March 7, 2024] Available:
https://dryades.units.it/floritaly/index.php?procedure=taxon_page&tipo=all&id=10280
3. *Oenothera tetragona* Roth. Alpine Garden Society; 2024 [updated January 1, 2024; cited March 7, 2024]. Available:
<http://encyclopaedia.alpinegardensociety.net/plants/Oenothera/tetragona>
4. Evening primrose quadrangular. Portal Great Russian Encyclopedia; 2024 [updated February 28, 2024; cited March 7, 2024]. Available:
<https://bigenc.ru/c/enotera-chetyriokhugol-naia-433e73>
5. *Oenothera tetragona* var. *riparia* (Nuttall) Munz in flora of North America. Flora of North America; 2024 [updated January 1, 2024; cited March 7, 2024] Available:
http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=250130304
6. Azimova S.S., Glushenkova A.I. *Oenothera tetragona* Roth. Lipids, Lipophilic Components and Essential Oils from Plant Sources. London: Springer, 2012. P. 644-645. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-323-7_2105
7. Larina G.E., Seraya L.G., Golimbovskaya S.A., Petrovnina T.A., Kalebmet I.N., Polyakova N.N., Gudkova N.Yu., Bykova O.A. Phytopathology (mycoses) of medicinal plants in perennial collection plantings. 90 years – from plant to medicinal product: achievements and

- prospects. Collection of materials from the anniversary international scientific conference. 2021. P. 83-92.
<https://www.elibrary.ru/ddlwwp>
https://doi.org/10.52101/9785870191003_2021_83 (in Russ.)
8. Mironova L.N., Reut A.A. Introduction of medicinal plants in the Botanical Garden-Institute of the Ural Scientific Center of the Russian Academy of Sciences using the example of the genus *Oenothera* L. Problems of sustainable management of forests in Siberia and the Far East. Materials of the All-Russian conference with international participation, dedicated to the 75th anniversary of the formation of the Far Eastern Research Institute of Forestry. 2014. P. 280-283.
<https://www.elibrary.ru/xsmjpo> (in Russ.)
9. Tsitsilin A.N., Kovalev N.I., Korotkikh I.N., Kudrinskaya I.V., Babenko L.V., Savchenko O.M., Khazieva F.M. Research methodology during the introduction of medicinal and essential oil plants. Moscow: VILAR, 2022. 64 p. ISBN 978-5-87019-103-4
<https://www.elibrary.ru/elwoos> (in Russ.)
10. Dospheov B.A. Methodology of field experience: with the basics of statistical processing of research results. M., 2013. 349 p. (in Russ.)
11. Climate monitor of Moscow. Weather and climate; 2024 [updated March 7, 2024; cited March 7, 2024]:
<http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php>
12. Barykina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G. Dzhaililova Kh.Kh., Ilyina G.M., Chubatova N. V. Handbook of botanical microtechnology. Fundamentals and methods. M.: Moscow State University Publishing House, 2004. 312 p. (in Russ.)
13. Plennik R.Ya., Popova N.A. Features of the anatomical structure of leaves of species of the genus *Hedysarum* L. of Southern Siberia in connection with their adaptation. Ecology. 1990;(5):3-10. (in Russ.)
14. Nekhaychenko D.V., Koksheeva I.M., Kislov D.E. Variability of the *Hydrangea paniculata* (Hydrangeaceae) leaf epidermis structure in the culture conditions. Bulletin of KSAU. 2014;12(99):52-57.
<https://www.elibrary.ru/thamkv> (in Russ.)
15. Vorobyeva A.N., Basargin D.D. Structural features of leaf epidermis *Saussurea pulchella* (Fisch.) Fisch. and *S. neopulchella* Lipsch. Tomsk State University Journal of Biology. 2013;3(23):38-45. <https://www.elibrary.ru/sikiyb> (in Russ.)
16. Official bulletin of the Civil Code of the Russian Federation on testing and protection of selection achievements. 02/25/2013. No. 12-06/98. pp. 247-252. State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements (FSBI "Gossortkommission"); 2024 updated February 25, 2013; cited February 26, 2024] Available: <https://gossortrf.ru/publication/byulleteni.php>
17. Tamakhina A.Ya., Gadiyeva A.A. Morphology of excretory tissue of leaves and secondary metabolites of some species from *Inula* genus. South of Russia: ecology, development. 2017;12(3):53-63. <https://www.elibrary.ru/zmzpmz> (in Russ.)
18. Nikolaevskaya T.S., Fedorenko O.M. The leaf trichome morphology features of two *arabidopsis* plants (*A. lyrata* ssp. *petraea* and *A. thaliana*) in northern populations. Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences. 2014;(5):59-70.
<https://www.elibrary.ru/thjtrd> (in Russ.)
19. Vinogradova Yu.K., Grygorieva O.V., Vergun E.N. Stomatal structure in *symphyotrichum nees* species as the index of their invasiveness. Russian Journal of Biological Invasions. 2020;(4):34-44.
<https://www.elibrary.ru/pdcmrx> (in Russ.)
20. Akhkubekova A.A., Tamakhina A.Ya. Adaptive features of a leaf epidermis in some members of family *Boraginaceae*. Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2020;57(2):188-195. <https://www.elibrary.ru/elkjah> (in Russ.)

Об авторах:

Михаил Юрьевич Грязнов – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-3434-8625>,
SPIN-код: 8097-4930, selectionvilar@yandex.ru
Ольга Михайловна Савченко – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, автор для переписки,
<https://orcid.org/0000-0002-3054-1719>,
SPIN-код: 5592-3553, nordfenugreek@gmail.com

About the Authors:

Mikhail Yu. Gryaznov – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-3434-8625>,
SPIN-code: 8097-4930, selectionvilar@yandex.ru
Olga M. Savchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-3054-1719>,
SPIN-code: 5592-3553,
Correspondence Author, nordfenugreek@gmail.com