

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *STEMMACANTHA CARTHAMOIDES* (WILLD.) DITTRICH. СЫКТЫВКАРСКОЙ ИНТРОДУКЦИОННОЙ ПОПУЛЯЦИИ И СОРТА САЯНЫ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

© 2024

Михович Ж.Э., Скроцкая О.В., Пунегов В.В.

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация)

Аннотация. Проведена сравнительная оценка биологических и биохимических показателей растений *Stemmacantha carthamoides* местной репродукции и сорта Саяны, культивируемых в условиях подзоны средней тайги Республики Коми. Показано, что в условиях культуры особи обоих образцов характеризуются высокими показателями жизнеспособности особей, семенной продуктивности, накапливают в надземных и подземных органах достаточное количество экдистерона (не менее 0,1%). Отмечено, что почвенно-климатические условия района интродукции благоприятны для выращивания обоих изучаемых образцов *St. carthamoides*, и Сыктывкарская популяция может служить основой для создания нового сорта. По содержанию экдистерона в корневищах с корнями и весенних розеточных листьях Сыктывкарская интродукционная популяция не уступает сорту Саяны и превосходит последний по количеству данного вещества в семенах. В неразвернувшихся листьях массовая доля экдистерона составила не менее $0,12 \pm 0,01\%$. Установлено, что максимальное количество экдистероидов находится в зрелых семенах *St. carthamoides* и их содержание зависит от образца и погодных условий вегетационного сезона (Сыктывкарская популяция – 3,04–4,28%, сорт Саяны – 2,84–2,87%). Обращено внимание на возможность извлечения экдистерона технологически более выгодным путем, используя зрелые семена *St. carthamoides*. Отмечена проблема ежегодного получения доброкачественных семян данного вида – защита урожая семян от склевывания вьюрками.

Ключевые слова: *Stemmacantha carthamoides*; Сыктывкарская интродукционная популяция; сорт Саяны; Республика Коми; рост и развитие растений; фенология; семенная продуктивность; морфометрические показатели семян; всхожесть; фитозэкдистероиды.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF *STEMMACANTHA CARTHAMOIDES* (WILLD.) DITTRICH. SYKTYVKAR INTRODUCED POPULATION AND SAYANY VARIETY DURING CULTIVATION IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF THE KOMI REPUBLIC

© 2024

Mikhovich J.E., Skrotskaya O.V., Punegov V.V.

Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(Syktyvkar, Russian Federation)

Abstract. A comparative assessment of biological and biochemical parameters of *Stemmacantha carthamoides* plants of local reproduction and the Sayany variety, cultivated in the conditions of the middle taiga subzone of the Komi Republic, was carried out. It was shown that under cultural conditions, individuals of both samples are characterized by high rates of individual vitality, seed productivity, and accumulate a sufficient amount of ecdysterone (at least 0,1%) in the aboveground and underground organs. It was noted that the soil and climatic conditions of the introduction area are favorable for growing both studied samples of *St. carthamoides*, and the Syktyvkar population can serve as a basis for creating a new variety. In terms of ecdysterone content in rhizomes with roots and spring rosette leaves, the Syktyvkar introduction population is not inferior to the Sayany variety and surpasses the latter in the amount of this substance in seeds. In unfolded leaves, the mass fraction of ecdysterone was at least $0,12 \pm 0,01\%$. It was found that the maximum amount of ecdysteroids is found in mature seeds of *St. carthamoides* and their content depends on the sample and weather conditions of the growing season (Syktyvkar population – 3,04–4,28%, Sayany variety – 2,84–2,87%). Attention is drawn to the possibility of extracting ecdysterone in a technologically more advantageous way, using mature seeds of *St. carthamoides*. The problem of annual production of good-quality seeds of this species is noted – protecting the seed crop from pecking by finches.

Keywords: *Stemmacantha carthamoides*; Syktyvkar introduction population; Sayany variety; Komi Republic; plant growth and development; phenology; seed productivity; morphometric parameters of seeds; germination; phytoecdysteroids.

Введение

Интродукционное изучение ресурсных растений и сохранение богатейшего генофонда культурных таксонов – одна из главных задач ботанических садов во всем мире. В Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН в подзоне средней тайги Республики Коми собрана коллекция полезных видов растений многоцелевого использования, биологические

особенности которых соответствуют природно-климатическим условиям региона. В коллекции кормовых растений насчитывается более 100 таксонов, в том числе два образца *Stemmacantha carthamoides* (Willd.) Dittrich – левзеи сафлоровидной (син.: *Rhaponticum carthamoides* – рапонтikum сафлоровидный; *Leuzea carthamoides* – левзея сафлоровидная) [1], относящейся к семейству Asteraceae Giseke (Астровые). Основ-

ная часть ее естественного ареала расположена на юге Западной и Восточной Сибири [2; 3]. Данный вид – эндемик Алтае-Саянского региона [4]. Является холодостойким и влаголюбивым растением [5]. Относится к категории 2(V) – уязвимые виды [6].

St. carthamoides – пищевое, кормовое и лекарственное растение [7–9]. В России и странах ближнего зарубежья привлечением в интродукцию и изучением биологических особенностей *St. carthamoides* начали заниматься в 50-е годы прошлого столетия [10–12]. Многолетние исследования как в природе, так и в культуре проводились, главным образом, в Сибири [3; 11; 13; 14], на севере европейской части России [9; 10; 15–18] и на Урале [7; 19]. Было показано, что особи *St. carthamoides* на европейском Северо-Востоке России обладают поливариантностью онтогенеза (у части из них происходит пропуск некоторых этапов морфогенеза), не размножаются вегетативно [15]. Вместе с тем отмечены высокая и устойчивая урожайность зеленой массы в агроценозе (до 40–50 т/га), способность к семенному размножению и долголетие в культуре (8–10 лет) [9; 11; 18].

St. carthamoides содержит биологически активные вещества – фитоэкдистероиды (ФЭС) и является общепризнанным ресурсным источником для производства БАД и фармацевтических препаратов, включающих экдистерон (20-гидроксиэкдизон) [20]. Наряду с экдистероном в экстрактивных веществах растения идентифицированы инокостерон и целый ряд минорных экдистероидов: 2-дезоксид-20-гидроксиэкдизон, 20-гидроксиэкдизон-2,3 и 20,22 моноацетониды, интегристерон А; 24(28)-дегидромакистерон, полипидин Б и рапистерон [21]. Также определены [22] новые минорные фитоэкдистероиды: изо-витикостерон, аюгастерон С, макистерон А и дактрихайнанстерон, полученные из корней *St. carthamoides*. Фитоэкдистероиды могут успешно использоваться в животноводстве для увеличения массы сельскохозяйственных животных, а также для снижения яловости и мастита КРС [23; 24].

St. carthamoides включена в Государственную фармакопею Российской Федерации [25]. В официальной и народной медицине применяется в качестве адаптогенного, кардиотропного, противоязвенного, ранозаживляющего средства [26; 27]. Используется как раннее (июнь–июль) медоносное растение, с медопродуктивностью до 100 кг/га [28].

Несмотря на большое число научных работ, показывающих перспективы внедрения *St. carthamoides* в лекарственное растениеводство в России, до сих пор данное растение используется в культуре незначительно. Очевидно, это связано с отсутствием сортового семенного материала и агротехнических рекомендаций по выращиванию и размножению данного вида и его сортов в конкретных почвенно-климатических условиях разных регионов. В государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации [29, с. 143] зарегистрированы два сорта *St. carthamoides* – Тюгюрюкский и Саяны, выведенные соответственно в Сибирском НИИ кормов в 1994 г. и в ФГБНУ ВИЛАР в 2003 г.

В Республику Коми данный вид впервые был завезен д.с.х.н. К.А. Моисеевым в 1960-е годы из Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской

академии наук, затем в 1975 г. в ходе экспедиций в Горный Алтай д.б.н. В.П. Мишуровым было привлечено еще несколько природных образцов. В ходе отбора семян и многократных пересевов вышеназванных образцов была сформирована местная (Сыктывкарская) интродукционная популяция. Также в 2019 г. из ФГБНУ ВИЛАР привлечен семенами сорт *St. carthamoides* – Саяны.

С целью расширения сырьевой базы для получения фармацевтических препаратов, БАД и премиксов для рациона животных в Ботаническом саду Института биологии на протяжении ряда лет проводится интродукционное изучение растений разных образцов *St. carthamoides*: получены данные по биологии и биохимии, что дало возможность выявить адаптационные реакции растений Сыктывкарской интродукционной популяции и сорта Саяны в условиях средне-таежной подзоны Республики Коми.

Цель данной работы – сравнительная оценка биологических и биохимических показателей растений *Stemmacantha carthamoides* Сыктывкарской интродукционной популяции и сорта Саяны, культивируемых в условиях подзоны средней тайги Республики Коми.

Объекты и методика исследований

Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН расположен в верхней части пойменной территории р. Сысолы. Почва опытного участка сильнокислая (рН 4,53), дерново-подзолистая глееватая, среднеокультуренная, суглинистого гранулометрического состава, с низким содержанием калия (6,02 мг/100 г почвы) и высоко обеспеченная фосфором (17,03 мг на 100 г почвы). Исследования проводились с 2021 по 2023 гг. в экологически выровненных условиях, на общем агрономическом фоне, без применения удобрений и полива. Уход за растениями заключался в междурядной обработке весной при физической спелости почвы и ручной прополке по мере появления сорной растительности.

Объектами исследований являлись растения *St. carthamoides* Сыктывкарской интродукционной популяции (далее Сыктывкарская популяция) и сорта Саяны, полученного из ВИЛАР в 2019 г. Семена были высеяны в январе 2019 г. в условиях теплицы, весной при физической спелости почвы рассада высажена в открытый грунт на предварительно подготовленную почву в гребни с площадью питания 70 × 30 см в двух повторностях в количестве 20 шт. растений каждого образца. При проведении интродукционных исследований придерживались общепринятой методики [30]. Фенологические наблюдения проводили один раз в три дня на этапе активного роста растений и один раз в неделю в остальные периоды вегетации по общепринятой методике [31]. Измерение высоты генеративных побегов проводили один раз в 10 дней. Для количественного определения экдистерона в органах *St. carthamoides* растительные пробы были отобраны в начале вегетации и в фазу плодоношения. Для анализа использовали весенние розеточные неразвернувшиеся листья с антоциановой окраской, зрелые выполненные семена и корневище с корнями. Растительные образцы сушили вне действия прямого солнечного света, далее хранили в пакетах из крафт-бумаги. Непосредственно перед выполнением аналитических исследований растительные образцы перемалывали на лабораторной мельнице до травяной

муки, проходящей через сито с ячейками диаметром 0,25 мм. Концентрацию экистерона определяли методом обращеннофазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ-ВЭЖХ) с компьютерной обработкой данных по методу внутреннего стандарта [32]. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Office Excel 2007.

Результаты исследований
и их обсуждение

Климатические условия вегетационных сезонов в годы исследований различались между собой и по сравнению со средними многолетними значениями (табл. 1). Сумма эффективных температур (выше +5°C) в период вегетации во все годы исследований была выше средних многолетних значений на 283–403°C. Количество выпавших осадков распределялось неравномерно в течение вегетационного сезона, но в среднем было близким к средним многолетним значениям. Различия в климатических условиях в годы проведения исследований позволяют выявить изменчивость наступления отдельных фаз, морфометрических показателей семян и содержания экистероидов, а также сроков сбора растительного сырья.

В географически отдаленных друг от друга районах исследований (Сибирь, Север, Урал, европейская часть России), которые отличаются по тепло- и влагообеспеченности, а также длине дня, выявлено, что процессы роста и развития *St. carthamoides* в культуре идентичны, но в более южных районах (Пенза) [18] они идут с опережением на месяц. В естественных ценопопуляциях Алтая лимитирующим фактором для роста и развития побегов *St. carthamoides* могут служить условия недостаточного увлажнения в период, предшествующий вегетации, низкое количество осадков в осенний, зимний или весенний периоды [34].

В условиях подзоны средней тайги Республики Коми (длинный световой день, преобладание рассеянной радиации, умеренные температуры воздуха и др.) растения *St. carthamoides* обладают устойчивостью, отличаются высокой зимостойкостью (100%). Особи Сыктывкарской популяции и сорта Саяны в первый год жизни характеризуются замедленным

темпом роста и развития. На эту особенность растений данного вида указывают и другие исследователи [9; 18]. К концу первого вегетационного сезона (вторая декада сентября) образцы формируют розетку листьев. Начиная со второго и в последующие годы жизни, отрастание особей Сыктывкарской популяции и сорта Саяны начиналось сразу после схода снежного покрова и оттаивания почвы в первой декаде мая. Следует отметить, что май в районе исследований характеризуется сложными метеорологическими условиями: перепадами температур, заморозками и большим количеством осадков: в среднем за 4 года наблюдений в мае было 21 ± 3 дня с осадками и выпало более 70 мм, что превысило средние многолетние значения более чем на 55%. В силу этого отрастание растений часто затягивалось, что сокращало вегетативную фазу их развития. Во второй–третьей декадах мая растения вступают в фазу бутонизации. Межфазный период от начала отрастания до массовой бутонизации в разные годы наблюдений варьирует от 10 до 20 суток (табл. 2). Высота растений в этот период составляет 83 см у особей сорта Саяны и 60 см – у Сыктывкарской популяции. *St. carthamoides* относится к перекрестноопыляемым растениям, поэтому цветение в районе исследований наступает в благоприятный период лета шмелей, пчел и других опылителей. В фазу массового цветения растения вступают на второй год жизни на 30-е сутки после отрастания. Массовое цветение отмечалось в первой–второй декадах июня, когда среднесуточная температура воздуха составляла +11,6...+16,8°C. По срокам цветения *St. carthamoides* можно отнести к группе ранне-среднелетних цветущих растений. Календарные сроки и продолжительность фаз не зависели от происхождения образца, но менялись в зависимости от погодных условий вегетационного сезона и суммы эффективных температур, варьирующей от 142 до 339°C за конкретный период. Массовое созревание семян отмечалось во второй–третьей декадах июля. К этой фазе развития высота генеративных побегов достигает максимальных значений и у сорта Саяны соответствует заявленным сортообладателям показателей (131–149 см).

Таблица 1 – Температура воздуха и сумма осадков в годы проведения исследований (2020–2023 гг.) по метеоданным от справочно-информационного портала «Погода и климат» [33]

Год	Месяц															Среднее (сумма за май– сентябрь)
	май			июнь			июль			август			сентябрь			
	декады															
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Сумма эффективных температур (выше +5°C)																
Среднее многолетнее	55	77	96	120	138	156	165	168	166	156	140	122	100	78	55	1792,0
2020	94	107	117,7	162	142	110	213	197	210,1	150	117	160,6	129	71	95	2075,4
2021	73	183	121	150	168	223	188	192	158,4	164	193	174,9	75	53	59	2175,3
2022	64	82	93,5	166	148	130	189	215	210,1	199	170	194,7	76	104	40	2081,3
2023	56	135	177,1	118	116	148	177	185	210,1	201	196	103,4	135	109	129	2195,6
Сумма осадков, мм																
Среднее многолетнее	13	15	16	17	18	18	24	25	25	24	23	22	21	20	18	19,9
2020	14	19	33	10	13	18	1,8	17	39	42	7,2	22	10	73	13	22,0
2021	43	9	10	2,4	32	28	27	0,3	39	15	7,6	14	30	27	3,2	19,2
2022	7,5	14	37	6	11	50	0,7	4,7	27	40	7,2	32	26	24	3,6	19,6
2023	33	2,5	58	20	1,1	20	61	40	25	6	0,8	17	16	2,2	22	23,1

Семенная продуктивность – один из основных показателей, отражающих степень адаптации интродуцентов к новым почвенно-климатическим условиям района выращивания. Особи *St. carthamoides*, вступившие в генеративный период онтогенеза, ежегодно формируют фертильные семена (табл. 3). Установлено, что погодные условия вегетационных сезонов оказывали влияние на морфометрические показатели и массу 1000 семян у сорта Саяны и не отразились на размерах и массе семян Сыктывкарской популяции (табл. 3). Прохладная погода в мае 2022 г. (сумма эффективных температур составила 239°C и незначительное количество осадков – 58 мм) повлияла на рост и развитие растений, задержав их на 12 суток, в сравнении с аналогичным периодом в 2023 г. (сумма эффективных температур – 368°C, осадков – 93 мм), отличавшимся интенсивными ростовыми процессами у растений.

Июнь 2022 г. характеризовался как теплый и умеренно влажный (сумма эффективных температур – 444°C, осадки – 67 мм), и, наоборот, в июне 2023 г. наблюдалось снижение температуры воздуха (сумма эффективных температур – 382°C) и меньшее количество осадков (43 мм), поэтому в фазу массового цветения в 2022 г. особи *St. carthamoides* вступили позже также на 12 суток. С 1 мая по 15 июля в 2022 г. отмечено 128 мм осадков, которые распределились равномерно по всему периоду, а сумма эффективных температур составила 979°C. В 2023 г. – количество выпавших осадков и сумма эффективных температур были выше на 118 мм и 228°C соответственно. Но в целом вегетационные периоды в данные годы исследований для роста и развития растений сорта Саяны и Сыктывкарской популяции были благоприятными.

По данным литературы, масса 1000 оригинальных семян сорта Саяны составляет 18,8 г [8]. В условиях подзоны средней тайги Республики Коми она варьировала от 13,2 до 20,8 г в зависимости от вегетационного сезона (табл. 3). Масса 1000 семян Сыктывкарской популяции была стабильной – 19,6 г. Число семян в одном соцветии у сорта Саяны превышало таковой показатель у Сыктывкарской популяции. Продуктивность семян на один побег у последней была показана в более ранних работах Ботанического сада [16]. За коэффициент семенификации принимали отношение числа всех завязавшихся семян в корзинке к распустившимся цветкам, выраженное в процентах: показатель варьировал от 50 до 77%. Лабораторная всхожесть выполненных семян достигала 95%. Аналогичные результаты получены для растений *St. carthamoides*, интродуцированных в Ленинградской области [10] и произрастающих на Алтае [3]. Наряду с этим также высоким значением коэффициента семенификации (93%) характеризуется *St. carthamoides* в агропопуляциях в Пермском крае [8].

Основная проблема при получении доброкачественных семян растений *St. carthamoides*, повторяющаяся из года в год в наших исследованиях, заключается в интенсивном (за двое–трое суток) их поедании перелётными птицами – *Fringilla montifringilla* (вьюрок). Считаем, что наиболее действенный, но трудоемкий способ защиты растений в подобном случае – закрытие каждой корзинки на стадии молочной спелости семян прочным нетканым материалом, пропускающим влагу и воздух, с фиксацией на

побеги шпагатом или тонкой проволокой для обеспечения изоляции.

St. carthamoides, как продуцент фитоэкдистероидов, является наиболее изученным видом в семействе Asteraceae. Во многих работах приводятся сведения о том, что основным компонентом пула фитоэкдистероидов в корнях и надземных органах растения является экдистерон [35–37], которого, согласно фарм. статье Фармакопеи РФ [25], должно содержаться не менее 0,1%. Отмечено, что условия прохладного климата положительно влияют на накопление данного вещества, а жаркий и сухой климат, наоборот, способствует оттоку его из подземных органов растения в надземные. Установлено, что максимальное содержание экдистерона наблюдается в листьях растения – в начале вегетации ($0,80 \pm 0,03\%$), в корнях – в конце вегетации ($0,36 \pm 0,01\%$), в семенах – в фазу плодоношения ($1,46 \pm 0,03\%$). От начала вегетации к началу цветения происходит снижение содержания экдистерона в листьях растения – до $0,58 \pm 0,01\%$ и далее в фазу плодоношения – до $0,43 \pm 0,01\%$ [37]. Учитывая высокую вариабельность интенсивности биосинтеза экдистероидов растениями в процессе вегетации и в зависимости от условий произрастания [38], представлялось целесообразным уточнить аналитическими методами интенсивность биосинтеза экдистерона в растениях *St. carthamoides* в начале вегетации в условиях культуры в среднетаежной подзоне Республики Коми, а также выяснить содержание фитостероида в корневище с корнями в конце вегетации и в зрелых семенах.

Согласно аналитическим данным (табл. 4), содержание экдистерона в корневищах с корнями *St. carthamoides* составляет 0,1–0,2% и зависит от происхождения образца. Массовая доля экдистерона в молодых, не полностью развернувшихся листьях антоциановой окраски в прикорневой розетке, в начале вегетации – $0,12 \pm 0,01\%$. Полученные результаты согласуются с данными, опубликованными ранее российскими и зарубежными исследователями [21; 22; 39; 40]. Весьма высоким содержанием экдистерона характеризуются зрелые семена *St. carthamoides*, культивируемой в условиях подзоны средней тайги Республики Коми (2,84–4,28%). В семенах растений, культивируемых в более южных регионах [41], содержание данного вещества ниже, и оно варьирует от 0,27 до 1,51%.

Результаты биохимических исследований свидетельствуют о том, что зрелые семена *St. carthamoides* являются наиболее богатым по содержанию экдистерона растительным сырьем, которое может успешно использоваться для производства БАД, фитопрепаратов со свойствами неспецифических растительных адаптогенов для спортивной медицины и др. В технологическом плане зрелые семена *St. carthamoides* превосходят по качеству сырье из других частей растения (листья, корни, корзинки). Так, например, для производства известного препарата Экдистена [42], содержащего 5 мг экдистерона в одной таблетке, необходимо экстрагировать целевое вещество из 150 г корневищ с корнями *St. carthamoides*, при содержании экдистерона в сухом сырье не менее 0,1% (с допущением 100% извлечения экдистерона при экстракции спиртом). Далее потребуется выполнить целый ряд технологических стадий до получения суб-

станции: концентрирование экстракта до водного остатка, очистка последнего от липофильных компонентов хлороформом или гексаном или иным неполярным растворителем, рекстракция экдистерона бутанолом или этилацетатом, концентрирование с получением технического продукта, перекристаллизация последнего с выходом химически чистого кристаллического экдистерона. То есть технология получения экдистена многостадийная, материал- и энергозатратная.

В фармакопее РФ [25] прописано использование в качестве лекарственного сырья только корневищ с корнями *St. carthamoides*. Однако следует отметить, что семена растений данного вида также могут служить лекарственным сырьем, которое будет отличаться высоким содержанием рассматриваемого действующего вещества. Для производства, например, БАД с

содержанием 5 мг экдистерона в капсулированной форме потребуется 7–10 г зрелых семян *St. carthamoides* с массовой долей фитостероида 2,22–3,04%. При этом производство подобной БАД может включать только две необходимые технологические стадии: перемол семян в муку и ее капсулирование. Исключается применение химикатов, в том числе растворителей, и, следовательно, риск контаминации готового препарата ксенобиотиками. К тому же семена *St. carthamoides* могут быть более выгодным сырьем для изготовления БАД (с учетом затрат на своевременную изоляцию соцветий растений для защиты от поедания птицами), так как в отличие от корневищ с корнями (получаемых раз в 2–3 года с полным уничтожением плантации и закладкой новой) семенной материал, при должном уходе за генеративными растениями, возможно получать ежегодно.

Таблица 2 – Фенология и высота генеративных побегов *St. carthamoides* сорта Саяны и Сыктывкарской интродукционной популяции в период вегетации

Образец	Массовая бутонизация		Массовое цветение		Массовое созревание семян	
	дата	высота, см	дата	высота, см	дата	высота, см
2020 г. (второй год жизни)						
Саяны	29.05	82,6 ± 4,0	11.06	118,0 ± 2,0	16.07	123,0 ± 4,0
Сыктывкарская интродукционная популяция	29.05	59,8 ± 3,8	11.06	96,6 ± 5,5	16.07	139,0 ± 4,0
2021 г. (третий год жизни)						
Саяны	17.05	49,3 ± 1,3	07.06	108,6 ± 2,0	16.07	133,6 ± 4,4
Сыктывкарская интродукционная популяция	17.05	40,4 ± 1,4	07.06	102,4 ± 2,5	16.07	124,0 ± 4,0
2022 г. (четвертый год жизни)						
Саяны	27.05	34,8 ± 3,2	07.06	99,8 ± 1,5	15.07	147,5 ± 1,0
Сыктывкарская интродукционная популяция	27.05	31,8 ± 1,4	07.06	87,5 ± 1,2	15.07	141,3 ± 2,8
2023 г. (пятый год жизни)						
Саяны	15.05	13,7 ± 1,5	19.06	94,8 ± 4,0	25.07	100,3 ± 6,7
Сыктывкарская интродукционная популяция	15.05	14,6 ± 1,6	19.06	103,0 ± 3,0	25.07	105,8 ± 7,6

Таблица 3 – Морфометрическая характеристика и масса 1000 выполненных семян *St. carthamoides* сорта Саяны и Сыктывкарской интродукционной популяции

Морфометрические показатели семян	Сорт Саяны		Сыктывкарская интродукционная популяция	
	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Длина семянки, мм	7,00 ± 0,30	6,30 ± 0,20	6,40 ± 0,20	6,40 ± 0,10
Ширина семянки, мм	2,40 ± 0,10	2,60 ± 0,10	2,10 ± 0,10	2,80 ± 0,10
Масса 1000 семян, г	20,8 ± 1,0	13,2 ± 1,0	19,6 ± 0,6	19,6 ± 0,5
Число семян в 1 соцветии, шт.	200,0 ± 16,1	228,0 ± 21,5	172,0 ± 13,5	207,0 ± 16,6

Таблица 4 – Содержание экдистерона в органах *St. carthamoides* Сыктывкарской интродукционной популяции и сорта Саяны (2022–2023 гг.)

Образец	Орган растения	Массовая доля экдистерона, %	
		2022 г.	2023 г.
Сыктывкарская интродукционная популяция	Весенние розеточные неразвернутые листья антоциановой окраски	0,12 ± 0,01	–
	Семена	4,28 ± 0,12	3,04 ± 0,200
	Корневище с корнями	0,21 ± 0,003	0,12 ± 0,010
Сорт Саяны	Семена	2,87 ± 0,20	2,84 ± 0,160
	Корневище с корнями	0,19 ± 0,01	0,10 ± 0,003

Примечание. «–» – отбор проб не проводился из-за невысоких показателей экдистерона.

Заключение

Таким образом, проведена сравнительная оценка показателей роста и развития, содержания действующего вещества у растений *St. carthamoides*. Показано, что в условиях культуры в среднетаежной подзоне Республики Коми особи Сыктывкарской интродукционной популяции и сорта Саяны отличаются высокими показателями жизнестойкости особей, семенной продуктивности, а также достаточным содержанием экдистерона (не менее 0,1%) в растительном сырье. Отмечено, что почвенно-климатические условия района интродукции благоприятны для культивирования *St. carthamoides* и Сыктывкарская популяция может быть использована как основа для создания нового сорта. По результатам сравнительных испытаний на содержание экдистерона в корневищах с корнями и в весенних розеточных листьях Сыктывкарская популяция не уступала сорту Саяны, а по его содержанию в семенах превосходила сортовой образец. В неразвернувшихся листьях антоциановой окраски массовая доля экдистерона составила не менее $0,12 \pm 0,01\%$. Показано, что максимальное количество экдистероидов находится в зрелых семенах *St. carthamoides* и их содержание зависит от образца растений и метеоусловий вегетационного сезона. Так, в семенах Сыктывкарской популяции в зависимости от года исследований количество экдистероидов варьировало от 3,04 до 4,28%, у сорта Саяны – практически не изменялось (2,84–2,87%). Обращено внимание на то, что использование зрелых семян *St. carthamoides* для извлечения экдистерона является технологически более выгодным для получения БАД и премиксов для животных, чем его получение из корневищ с корнями (традиционного лекарственного сырья). Однако проблемой для ежегодного получения доброкачественных семян *St. carthamoides* остается защита урожая семян от склевывания выюрами.

Список литературы:

1. *Leuzea carthamoides* (Willd.) DC. [Internet] // The WFO Plant List. <https://wfo-plantlist.org/taxon/wfo-0000135169-2024-06>.
2. Шауло Д.Н. Флора западного Саяны // Turczaninowia. 2006. Т. 9, № 1–2. С. 5–336.
3. Жмудь Е.В., Ачимов А.А., Кубан И.Н., Ямтыров М.Б., Дорогина О.В. *Rhaponticum carthamoides* (Asteraceae) в Республике Алтай: оценка состояния при антропогенном воздействии // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2022. Т. 15, № 1. С. 92–106. DOI: 10.17516/1997-1389-0376.
4. Алябьева Г.Н., Овсянникова С.В. Охрана и рациональное использование эндемичных растений Кузнецко-Салаирского нагорья // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 5. С. 51–53.
5. *Rh. carthamoides* (Willd.) Iljin (*Leuzea carthamoides* (Willd.) DC.) // Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование. Семейство Asteraceae (Compositae) / отв. ред. П.Д. Соколов. СПб.: Наука, 1993. С. 161–163.
6. Левзея, маралий корень – *Stemmacantha carthamoides* // Красная книга Республики Алтай (растения). 3-е изд. перераб. и доп. Горно-Алтайск, 2017. С. 148–149.
7. Матолинец Д.А., Волошин В.А. Биологические особенности и элементы технологии возделывания левзеи сафлоровидной в условиях Пермского края // Кормопроизводство. 2018. № 1. С. 21–24.
8. Авдеев Н.В., Майсак Г.П. Анализ массы семян для оценки семенной продуктивности и однородности агро-

популяции на примере левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin.) // Пермский аграрный вестник. 2021. № 2 (34). С. 14–23. DOI: 10.47737/2307-2873_2021_34_14.

9. Тимофеев Н.П. Опыт культивирования левзеи сафлоровидной *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin в качестве ресурсного источника экдистерона в условиях Архангельской области // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58, № 1. С. 114–141. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.114rus.

10. Медведев П.Ф. К интродукции марального корня в Ленинградской области // Растительные ресурсы. 1972. Т. VII, вып. 3. С. 403–410.

11. Постников Б.А. Маралий корень и основы введения его в культуру. Новосибирск, 1995. 276 с.

12. Постников Б.А. Итоги полувекowego изучения и практического использования марального корня в России и в сопредельных государствах // Аграрная Россия. 2001. № 6. С. 5–20.

13. Сапрыкин В.С., Постников Б.А. Маралий корень – перспективное лекарственное растение для использования в кормопроизводстве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 6 (210). С. 104–107.

14. Некратова А.Н., Некратова Н.А. Возделывание марального корня *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin как кормового растения в условиях Томской области // Вестник КрасГАУ. 2014. № 7 (94). С. 57–60.

15. Головкин Т.К., Гармаш Е.В., Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н., Фролов Ю.М. Рапонтник сафлоровидный в культуре на Европейском Северо-Востоке (эколого-физиологические исследования). Сыктывкар, 1996. 140 с.

16. Рубан Г.А., Зайнуллина К.С. Особенности семенной репродукции левзеи сафлоровидной и серпухи венценосной при выращивании в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013. № 4 (35). С. 22–25.

17. Тимофеев Н.П. Семенная репродукция и повреждаемость вредителями растений с гормональной активностью насекомых (на примере *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и *Serratula coronata* L.) // Эколого-популяционный анализ полезных растений: интродукция, воспроизводство, использование: мат-лы X междунар. симпозиума (г. Сыктывкар, 4–8 августа 2008 г.). Сыктывкар, 2008. С. 192–194.

18. Кшникаткина А.Н., Гущина В.А., Варламов В.А., Вихрева В.А., Гадиуллин А.А., Кшникаткин С.А., Духанин О.А., Варламова Е.Н. Технология выращивания и использования нетрадиционных кормовых и лекарственных растений. М.: ВНИИССОК, 2003. 366 с.

19. Абрамчук А.В., Чулкова В.В. Особенности технологии возделывания марального корня (*Rhaponticum carthamoides* Willd.) [Электронный ресурс] // Аграрное образование и наука. 2020. № 2. <https://aes.urgau.ru/ru/2-2020/3-2-2020>.

20. Краснов Е.А., Саратиков А.С., Якунина Г.Д. Инокостерон и экдистерон из *Rhaponticum carthamoides* // Химия природных соединений. 1976. № 4. С. 550.

21. Балтаев У.А., Абубакиров Н.К. Фитоэкдистероиды из *Rhaponticum carthamoides* // Химия природных соединений. 1987. № 5. С. 681–684.

22. Pis J., Budesinsky M., Vokac K., Laudova V., Harmatha J. Ecdysteroids from the roots of *Leuzea carthamoides* // Phytochemistry. 1994. Vol. 37, iss. 3. P. 707–711. DOI: 10.1016/s0031-9422(00)90343-1.

23. Волошин В.А., Матолинец Д.А., Морозков Н.А., Майсак Г.П. Роль левзеи сафлоровидной в кормлении молочных коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49, № 5. С. 52–60.

24. Жданова И.Н. Применение средств на основе левзеи сафлоровидной в молочном животноводстве // Аграрная наука. 2020. № 2 С. 18–20.

25. Рапонтикума сафлоровидного корневище с корнями // Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Т. IV. М., 2018. С. 6360–6368.

26. Маслов Л.Н., Гузарова Н.В. Кардиопротекторные и антиаритмические свойства препаратов *Leuzea carthamoides*, *Aralia mandshurica*, *Eleutherococcus senticosus* // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2007. Т. 70, № 6. С. 48–54.

27. Kokoska L., Janovska D. Chemistry and pharmacology of *Rhaponticum carthamoides*: a review // Phytochemistry. 2009. Vol. 70, iss. 7. P. 842–855. DOI: 10.1016/j.phytochem.2009.04.008.

28. Кшникаткина А.Н., Гущина В.А., Зуева Е.А. Левзея сафлоровидная или маралий корень // Пчеловодство. 2006. № 8. С. 22–23.

29. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформ-агротех», 2020. 680 с.

30. Изучение коллекции многолетних кормовых растений: метод. указания / сост. А.И. Иванов и др. Л.: ВИР, 1985. 48 с.

31. Методические указания по изучению коллекции многолетних кормовых трав / сост. П.А. Лубенец, А.И. Иванов, Ю.И. Кириллов и др. Л.: ВИР, 1979. 43 с.

32. Пунегов В.В., Савиновская Н.С. Сезонная и возрастная динамика содержания фитоэкдистероидов в надземных органах серпухи венценосной (*Serratula coronata* L.) в культуре // Введение в культуру и сохранение на Севере коллекций полезных растений. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. С. 202–208.

33. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Сыктывкаре [Электронный ресурс] // Справочно-информационный портал «Погода и климат». <http://www.pogodaiklimat.ru/history/23804.htm>.

34. Кубан И.Н., Дорогина О.В., Жмудь Е.В. Состояние ценопопуляций редкого вида *Rhaponticum carthamoides* (Asteraceae) в Республике Алтай // Растительный мир Азиатской России: Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. 2018. № 3 (31). С. 66–76.

35. Якубова М.Р., Маматханов А.У., Шамсутдинов М.-Р.И., Шакиров Т.Т. Контроль производства экдистерона // Химия природных соединений. 1983. № 3. С. 322–324.

36. Todorov I.N., Mitrokhin Yu.I., Efremova O.I., Sidorenko L.I. Effect of extract from *Rhaponticum carthamoides* on RNA and protein biosynthesis in mice // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2000. Vol. 34 (9). P. 479–481. DOI: 10.1023/a:1005242308867.

37. Свиридова Т.П., Ревина Т.А., Яковлева И.А. Биологические и химические особенности видов р. *Rhaponticum* Ludw., выращиваемых на юге Томской области // Растительные ресурсы. 1993. Т. 29, № 3. С. 50–57.

38. Вересковский В.В., Чекалинская И.И., Пашина Г.В. Динамика содержания экдистерона у видов рода *Rhaponticum* Ludw. // Растительные ресурсы. 1983. Т. 19, № 1. С. 60–65.

39. Тимофеев Н.П., Володин В.В., Фролов Ю.М. Распределение 20-гидроксиэкдизона в структуре биомассы надземной части *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin // Растительные ресурсы. 1998. Т. 34, № 3. С. 63–69.

40. Girault J.-P., Lafont R., Varga E., Hajdu Z., Herke I., Szendrei K. Ecdysteroids from *Leuzea carthamoides* // Phytochemistry. 1988. Vol. 27, № 3. P. 737–741.

41. Głazowska J., Kamiński M.M., Kamiński M. Chromatographic separation, determination and identification of ecdysteroids: focus on maral root (*Rhaponticum carthamoides*, *Leuzea carthamoides*) // Journal Separation Science. 2018. Vol. 41, iss. 23. P. 4304–4314. DOI: 10.1002/jssc.201800506.

42. Экдистен [Электронный ресурс] // Государственный реестр лекарственных средств. https://grls.minzdrav.gov.ru/Grls_View_v2.aspx?routingGuid=1a3832c9-f63a-4762-918c-9c56223e543f.

Исследования выполнены на базе УНУ «Научная коллекция живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН», регистрационный номер 507428 и в рамках государственного задания по теме «Репродуктивный потенциал ресурсных растений при интродукции на европейском Северо-Востоке» (1021051101414-1-1.6.11; 1.6.4; 1.6.20; 1.6.21; 1.6.9).

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Михович Жанна Эдуардовна , кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела Ботанический сад; Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация). E-mail: mihovich@ib.komisc.ru.	Mikhovich Janna Eduardovna , candidate of biological sciences, senior researcher of Botanical Garden; Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktyvkar, Russian Federation). E-mail: mihovich@ib.komisc.ru.
Скроцкая Ольга Валерьевна , кандидат биологических наук, заведующий отделом Ботанический сад; Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация). E-mail: skrockaja@ib.komisc.ru.	Skrotskaya Olga Valerievna , candidate of biological sciences, head of Botanical Garden; Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktyvkar, Russian Federation). E-mail: skrockaja@ib.komisc.ru.
Пунегов Василий Витальевич , кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела Ботанический сад; Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация). E-mail: punegov@ib.komisc.ru.	Punegov Vasily Vitalievich , candidate of chemical sciences, senior researcher of Botanical Garden; Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktyvkar, Russian Federation). E-mail: punegov@ib.komisc.ru.

Для цитирования:

Михович Ж.Э., Скроцкая О.В., Пунегов В.В. Сравнительная характеристика *Stemmacantha carthamoides* (Willd.) Dittrich. Сыктывкарской интродукционной популяции и сорта Саяны при культивировании в среднетаежной подзоне Республики Коми // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13, № 3. С. 52–58. DOI: 10.55355/snv2024133108.