

ДИКИЕ ВИДЫ *DAUCUS* L. В СЕЛЕКЦИИ И СОХРАНЕНИИ EX SITU В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Соколова Любовь Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Иванова Мария Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», 140153, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500

E-mail: lsokolova74@mail.ru; ivanova_170@mail.ru

Ключевые слова: *Daucus* L., селекция, генетический источник, маркерный признак.

Дикие предки и близкие родственники являются источниками ценных генетических ресурсов для улучшения культивируемой моркови (*Daucus carota* L. subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang.). Сохраняющиеся пробелы в знаниях о таксономии, распределении и характеристиках, представляющих интерес хозяйственно ценных признаков, ограничивают их расширенное использование в селекции и негативно влияют на планирование сохранения *ex situ* (в генных банках) и *in situ* (в естественной среде обитания). Поскольку некоторые популяции дикорастущих растений адаптированы к экстремальным климатическим условиям, неблагоприятным почвам, вредителям и болезням, они обладают значительным потенциалом для внесения вклада в селекцию для решения возникающих и прогнозируемых будущих проблем в агротехнологии моркови столовой. Цель исследования – изучить дикие виды рода *Daucus* по морфологическим признакам в условиях Московской области для расширения использования их в селекции и сохранения *ex situ*. По результатам исследований установлено, что признак «антоциановая окраска черешка листа» у *D. setifolius* (Turkey, Antalya) является маркерным при гибридизации с культурной морковью. Маркерный признак «антоциановая окраска цветков» зафиксирована у *D. carota* L. var. *taximus*, *D. carota* (Таджикистан), *D. carota* (Узбекистан, Кашкадарьинская область). *D. carota* subsp. *halophilus* является генетическим источником по устойчивости к солевому стрессу. В будущем, формирование коллекций зародышевой плазмы *Daucus* и сохранение *ex situ* способствуют расширенному использованию диких видов в селекции на устойчивость культивируемой моркови столовой к био- и абиострессам.

Введение

Семейство *Apiaceae* (*Umbelliferae*), насчитывающее 466 родов и 3820 видов [1], является одним из крупнейших в отделе Покрытосеменных, поддерживается монофилетически и хорошо определяется набором морфологических признаков. Филогенетические отношения между видами *Daucus* и близкими родственниками *Apioideae* были прояснены серией молекулярных исследований с использованием последовательностей ДНК пластидных и ядерных генов [2, 3]. Наиболее значимым с таксономической точки зрения является исследование Banasiak et al. (2016) при использовании широкого спектра внутренних и внешних групп *Daucus*, проанализированных с помощью последовательностей ДНК из ядерного рибосомного внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) и трех пластидных маркеров.

Культурная морковь (*D. carota* L. subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang.) ($2n=2x=18$) входит в десятку наиболее производимых овощных культур в мире [5, 6]. За последние 50 лет урожайность и производственные площади моркови столовой значительно выросли [7]. Такое увеличение производства, вероятно, можно объяснить как высокой

маржинальностью для производителей [8], так и ее высоким питательным качеством для потребителей.

Морковь является важным источником пищевых питательных веществ, среди которых наиболее заметным является каротиноид [9, 10]. В пищевом отношении каротиноиды являются предшественниками для биосинтеза витамина А (ретинола) [11]. Не все каротиноиды обладают активностью провитамина А, и потенциал зависит от химической структуры каротиноидов. Только каротиноиды с β -кольцом, такие как α -, β -, γ -каротин и β -криптоксантин, обладают активностью провитамина А. Среди них β -каротин является наиболее мощным каротиноидом провитамина А, так как каждая молекула расщепляется на два ретинола витамина А [12, 13]. Также существуют желтые и красные разновидности, которые богаты лютеином и ликопином соответственно [14, 15, 16]. Каротиноиды играют различную роль для здоровья человека и являются многообещающими биологически активными веществами в пищевой цепи. В качестве антиоксидантов каротиноиды, такие как ликопин и β -каротин могут снизить риск различных хронических заболеваний, включая сердечно-

сосудистые заболевания и рак [9, 10]. Кроме того, каротиноиды лютеин и зеаксантин представляют собой макулярные пигменты, которые помогают защищать глаза и уменьшать возникновение возрастных заболеваний желтого пятна и катаракты [17], а также важны для когнитивного развития [18].

Дикая морковь (*D. carota* subsp. *carota* L.) является прародителем культурной моркови, и оба подвида сексуально совместимы. Культурная морковь, вероятно, была одомашнена в Центральной Азии примерно 1100 лет назад [19]. Во многих регионах мира, где выращивают морковь, популяции дикой моркови можно найти в непосредственной близости от полей культивируемой моркови [20, 21].

Большое внимание уделяется оценке зародышевой плазмы культивируемой моркови на предмет абиотического стресса [22, 23], а дикая морковь является важным источником генетических вариаций для улучшения моркови столовой по нескольким признакам [24]. К ним относятся, прежде всего, петалоидная цитоплазматическая мужская стерильность у *D. carota* subsp. *gummifer*, используемая для производства большинства гибридных семян [25]; устойчивость к *Alternaria dauci* (J.G. Kühn) J.W. Groves & Skolko [26]; устойчивость к мучнистой росе, вызываемой *Erysiphe heraclei* DC. [27]; устойчивость к морковной мухе (*Chamaepsila rosae* (Fabricius)), обнаруженная у *D. carota* subsp. *capillifolius* (Gilli) Arbizu и *D. carota* subsp. *gummifer* (Syme) Hook. f. [7]; высокое содержание микро-нутриентов [28]. Устойчивость к засолению почвы обнаружена у *D. carota* subsp. *halophilus* (Brot.) A. Pujadas [29]. Термостойкость во время прорастания зафиксирована у семян дикой моркови из Пакистана, Португалии, Туниса и Турции [30, 31].

Широко распространенные экогеографические вариации отмечены у дикой моркови и других видов моркови, и недавнее тематическое исследование показало, что первоочередное внимание следует уделять дальнейшему сбору и сохранению дикой моркови. Тунис обладает богатым разнообразием зародышевой плазмы моркови, включая не только типичную дикую морковь, но и еще два редких подвида subsp. *capillifolius* и subsp. *gummifer*, а также один из немногих других 18-хромосомных видов *D. syrticus* Murb. Широкое разнообразие моркови в Тунисе, учитывая его расположение на северной окраине пустыни Сахара, указывает на возможность того, что у дикой моркови могут иметь место значительные колебания абиотического стресса. Тунис содержит 33% (13 из 40) признанных в настоящее время видов *Daucus* [32].

В целом сохраняющиеся пробелы в зна-

ниях о таксономии, распределении и характеристиках, представляющих интерес хозяйственно ценных признаков, ограничивают их расширенное использование в селекции и негативно влияют на планирование сохранения *ex situ* (в генных банках) и *in situ* (в естественной среде обитания).

Цель исследования – изучить дикие виды рода *Daucus* по морфологическим признакам в условиях Московской области для расширения использования их в селекции и сохранения *ex situ*.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на опытном участке и в лаборатории селекции корнеплодных культур и лука ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО в 2008-2015 гг. (Московская область, N 55°36' E 38°1'). В исследования включены семена и растения диких видов *Daucus* (всего 9 образцов из трех секций). Семенной материал предоставлен профессором Ботанического сада МГУ М.Г. Пименовым.

Посев семян проводили ручной сеялкой, площадь одной делянки составляла 1,4 м² (длина – 2 м, ширина междурядья- 0,7 м), норма высева - 150 шт. семян на делянку.

Описание признаков на отличимость по листовой пластинке проводили согласно «Методике проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность» УРОВ №12-06/64 от 2011 г. Все наблюдения по листовой пластинке проводили во время полного развития листовой розетки на 10 растениях.

Хромосомные числа исследованных видов *Daucus* из трех секций приведены в таблице 1.

Таблица 1
Хромосомные числа исследованных видов *Daucus* (Spooner et al., 2020)

Таксон	2n
sect. <i>Daucus</i> L.	
<i>D. carota</i> var. <i>sativus</i> L.	18
<i>D. carota</i> L. subsp. <i>carota</i> Songzi (Ws)	18
<i>D. carota</i> subsp. <i>maximus</i> Desf.	18
<i>D. carota</i> subsp. <i>halophilus</i> (Brot.) A. Pujadas	20
sect. <i>Meoides</i> Lange	
<i>D. setifolius</i> Desf.	22
sect. <i>Platyspermum</i> DC.	
<i>D. broteri</i> Ten.	20

Результаты исследований

Сохраняющиеся пробелы в знаниях о генетике *Daucus* ограничивают их использование в селекции растений, включая информацию о

Список образцов диких видов *Daucus*

Образец	Происхождение	Фото семян
<i>D. carota</i>	Таджикистан, Хатлонская область, Шурабад	
<i>D. carota</i>	Таджикистан	
<i>D. carota</i>	Узбекистан, к востоку от Самарканда, Зеравшанский заповедник, 26.07.2010. М.Г. Пименов, Е. Ключиков	
<i>D. carota</i>	Узбекистан, Кашкадарьинская область, совхоз Склоны Гиссарского хр. 14.07.2010. М.Г. Пименов, Е. Ключиков	
<i>D. carota</i> L. var. <i>maximus</i>	Turkey, A 4 prov. Kastamonu, Küre, road to Inebolu 41° 48' N, 33° 42' E, h = 600 - 900 m, 21.08.2008. M.G. Pimenov, E.V. Kljuykov	
<i>D. setifolius</i>	Марокко	
<i>D. setifolius</i>	Turkey, Antalya, near Finike M.G. Pimenov, E.V. Kljuykov	
<i>D. broteri</i>	Turkey, Karaman Toros Dağları, Ermenek region, 17 km, Ermenek, Çamlıca köyü 36° 37' N, 33° 01' E, h = 900 – 1000 m, 12.08.2008. M.G. Pimenov, E.V. Kljuykov	
<i>D. halophilus</i>	Portugal, Estremadure, Cabo da Roca, 11.10.2008. M.G. Pimenov	

Таблица 3

Морфологические признаки образцов *D. carota* первого и второго года жизни

Признак	<i>D. carota</i> , Таджикистан	<i>D. carota</i> L. var. <i>maximus</i>	<i>D. carota</i> Узбекистан, Кашкадарьинская обл.	<i>D. carota</i> Узбекистан, Зеравшанский заповедник	<i>D. carota</i> Таджикистан, Хатлонская область, Шуробабад
Розетка листьев	Раскидистая (угол 30...60°)	Полустоячая (угол 60°)	Раскидистая (угол 30...60°)	Раскидистая (угол 30...60°)	Полустоячая (угол 60°)
Размер розетки листьев	Средняя (31...50 см)	Маленькая (высота и диаметр меньше 30 см)	Средняя (31...50 см)	Маленькая (высота и диаметр меньше 30 см)	Средняя (31...50 см)
Число листьев	Мало (меньше 8)				
Листовая пластинка	Маленькая (длина 20 см)				
Окраска листа	Темно-зеленая	Серо-зеленая	Серо-зеленая	Светло-зеленая	Темно-зеленая, блестящая
Опушение листовой пластинки	Нет (голая)	Редкое, густое, мелкое	Редкое, мелкое	Редкое, мелкое	Густое, мелкое
Форма сегментиков листа	Ланцетная	Острогородчатая	Ланцетная	Ланцетно-линейная	Ланцетная
Черешок листа	Короткий (меньше 15 см)		Средний (16...20 см)	Короткий (меньше 15 см)	Средний (16...20 см)
Рассеченность листа					
Толщина черешка	Тонкий (меньше 0,5 см)				
Окраска черешка	Зеленая	Светло-зеленая	Светло-зеленая	Светло-зеленая	Темно-зеленая
Пигментация черешка			Коричневая		
Опушение черешка	Густое, мягкое	Густое, жесткое	Густое, мягкое	Густое, мягкое	Густое, жесткое
Ломкость черешка	Неломкое	Ломкое	Неломкое	Неломкое	Неломкое
Окраска корнеплода (мякоть, сердцевина)	Бело-желтая	Белая			
Форма корнеплода	Коническая (индекс 2-3)				
Размер корнеплода	Длинный (длина больше 15 см) Тонкий (диаметр меньше 2,5 см)		Средний (длина 11...15 см)		
Масса корнеплода	Небольшая (меньше 80 г)				
Форма головки корнеплода	Вытянутая				
Размер головки корнеплода	Маленькая (меньше 2 см)				
Поверхность корнеплода	Неровная				
Наличие чечевичек	Много мелкие				
Боковые корни	Грубые, много	Нитевидные, грубые, много	Нитевидные, много	Нитевидные, много	Нитевидные, много
Ветвистость корнеплода	Ветвистый	Ветвистый	Неветвистый	Неветвистый	Ветвистый

таксономии, скрещиваемости и классификации генофонда, распределении и характеристике представляющих интерес признаков [33, 34]. Такие фундаментальные пробелы в знаниях также влияют на сохранение таксонов, которые необходимы для защиты уязвимых популяций от разрушения среды обитания, инвазивных видов, изменения климата и чрезмерного промысла *in situ* [35, 36], а также для обеспечения долгосрочной защиты генетических ресурсов и их доступности для исследований в репозиториях *ex situ* [37, 38, 39].

В своих исследованиях мы испытывали 9 образцов представителей рода *Daucus* из разных эколого-географических регионов мира по морфологическим признакам в условиях Московской области для расширения использования их в селекции и сохранения *ex situ* (табл. 2). Из секции *Daucus* L. представлены *D. carota* L. subsp. *carota* Songzi (Ws), *D. carota* subsp. *maximus* Desf. и *D. carota* subsp. *halophilus* (Brot.) A. Pujadas; из секции *Meoides* Lange - *D. setifolius* Desf.; из секции *Platyspermum* DC. - *D. broteri* Ten.

В таблице 3 и 4 представлены морфологические признаки образцов диких видов и разновидностей рода *Daucus* L. первого и второго года жизни, которые вовлечены в селекционный процесс как наиболее ценные по хозяйственным и морфологическим признакам. Признак «антоциановая окраска черешка листа» у образца *D. setifolius* (Turkey, Antalya) является маркерным при гибридизации с культурной морковью (*D. carota* var. *sativus*). Корнеплоды *D. halophilus* формируют мало чечевичек, у *D. broteri* боковых корешков на корнеплоде незначительное, что являются ценными признаками при селекции на форму корнеплода.

D. carota subsp. *carota* / subsp. *maximus* имеют четкую географическую и генетическую, но неясную морфологическую структуру [40]. Цветущий зонтик subsp. *carota* - диаметром менее 15 см; менее 70 (80) лучей. Цветущий зонтик подвида *maximus* - диаметром более (15) 18 см; более 80 лучей [41]. В наших исследованиях выявлены образцы с антоциановой окраской цветков, которая является маркерным признаком: *D. carota* L. var. *maximus*, *D. carota* (Таджикистан), *D. carota* (Узбекистан, Кашкадарьинская область). Белую окраску цветку имели образцы *D. carota* (Узбекистан, Зеравшанский заповедник), *D. carota* (Афганистан), *D. halophilus*, *D. carota* (Таджикистан, Хатлонская область, Шуроабат), *D. setifolius* (Марокко) и *D. setifolius* (Турция). Образцы с желтой окраской цветка: *D. broteri* и *D.*

carota (Португалия). Е.П. Коровин (1962) описал морковь дикую с желтыми лепестками, которая росла на Памиро-Алае [42].

Прибрежные растения с юго-запада Португалии традиционно считались эндемичными таксонами. *D. carota* subsp. *halophilus* (Brot.) A. Pujadas встречается в южной Португалии, юго-западной Испании и северо-востоке Марокко [43]. *D. carota* subsp. *halophilus* является дикорастущим родственником домашней моркови. Это ароматическое растение широко используется в народной медицине благодаря признанным противогрибковым свойствам его эфирных масел. Эта разновидность является генетическим источником при селекции моркови столовой на солеустойчивость. Некоторые исследователи отмечают, что встречаемость *D. carota* subsp. *gummifer* (subsp. *gingidium*) (а также несколько других видов *Daucus*), растущие в непосредственной близости от соленых брызг Атлантического океана и Средиземного морей, позволяет предположить, что эти дикие родственники моркови являются кандидатами в источники зародышевой плазмы по устойчивости к солевому стрессу. Естественная гибридизация между *D. carota* subsp. *capillifolius* и культурной морковью (*D. carota* subsp. *sativus*) часто наблюдалась в Тунисе [44].

D. setifolius является поликарпическим гемикриптофитом, формирующим листья с нитевидными или узкими, по-видимому, мутовчатыми (псевдовертициллярными) сегментами [43]. Встречается в западном Средиземноморье (Тунис, Алжир, Марокко, Испания и Португалия). Типичный *D. setifolius* формирует мельчайшие ретророзные трихомы на основной трети стебля и влагалищ листьев; он дает множество длинных первичных и вторичных побегов с длинными зонтиками на ножке [43].

Выявленные маркерные признаки способствуют вовлечению диких видов *Daucus* в селекционную работу по созданию сортов и гибридов моркови столовой, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам.

Обсуждение

В основе человеческой цивилизации лежат растения и продукты из них. Все культуры, выращиваемые сегодня, когда-то были привезены из царства диких растений. Генные банки и другие коллекции *ex situ* играют важную роль в сохранении, управлении и использовании генетического разнообразия сельскохозяйственных культур, в том числе их диких родственников. Эффективное управление и использование за-

Таблица 4

Морфологические признаки диких видов и разновидностей *Daucus* первого и второго года жизни

Признак	<i>D. broteri</i>	<i>D. setifolius</i> (Turkey, Antalya)	<i>D. setifolius</i> (Марокко)	<i>D. halophilus</i>
Розетка листьев	Раскидистая (угол 30...60°)	Полустоячая (угол 60°)	Раскидистая (угол 30...60°)	Раскидистая (угол 30...60°)
Размер розетки листьев	Средняя (31...50 см)	Маленькая (высота и диаметр меньше 30 см)	Средняя (31...50 см)	Маленькая (высота и диаметр меньше 30 см)
Число листьев	Мало (меньше 8)	Средняя (9...12)	Средняя (9...12)	Мало (меньше 8)
Листовая пластинка	Маленькая (длина 20 см)			
Окраска листа	Темно-зеленая	Темно-зеленая	Зеленая	Темно-зеленая, блестящая
Опушение листовой пластинки	Нет (голая)	Редкое	Редкое	Редкое, мелкое
Форма сегментиков листа	Ланцетная	Остроголодная	Остроголодная	Лопастная
Черешок листа	Средний (16...20 см)	Средний (16...20 см)	Короткий (меньше 15 см)	Короткий (меньше 15 см)
Рассеченность листа				
Толщина черешка	Тонкий (меньше 0,5см)			
Окраска черешка	Светло-зеленая	Темно-зеленая	Зеленая	Темно-зеленая
Пигментация черешка	Коричневая	Антоциановая	Коричневая	Коричневая
Опушение черешка	Густое, жесткое	Густое, жесткое	Густое, мягкое	Густое, мягкое
Ломкость черешка	Неломкое	Ломкое	Неломкое	Ломкое
Окраска корнеплода (мякоть, сердцевина)	Бело-желтая			
Форма корнеплода	Коническая (индекс 2-3)			
Размер корнеплода	Средний (длина 11...15 см) Тонкий (диаметр меньше 2,5 см)	Длинный (длина больше 15 см) Тонкий (диаметр меньше 2,5 см)	Средний (длина 11...15 см)	Короткий (длина меньше 10 см) Тонкий (диаметр меньше 2,5 см)
Масса корнеплода	Небольшая (меньше 80 г)			
Форма головки корнеплода	Вытянутая			
Размер головки корнеплода	Маленькая (меньше 2 см)			
Поверхность корнеплода	Неровная			
Наличие чечевичек	Много мелких			
Боковые корни	Нитевидные, мало	Нитевидные, мало	Грубые много	Грубые, много
Ветвистость корнеплода	Ветвистый	Неветвистый	Ветвистый	Ветвистый

висят от понимания структуры и распределения генетического разнообразия, а также от получения исходной информации о фенотипических признаках. Дикая морковь является ближайшим диким родственником культурной моркови и является потенциальным источником полезных свойств для улучшения сельскохозяйственных культур. В европейских генобанках насчитывается более 900 образцов *D. carota*, описанных как дикие, однако данные о связанных фенотипических и генотипических характеристиках немногочисленны. Влияние окружающей среды на фенотип также недостаточно изучено для этого таксона, а это означает, что трудно определить, как данные, собранные в разных местах, могут быть скомпилированы и сопоставлены.

Представлены первые результаты проекта Carrot Diverse, в котором образцы дикой *D. carota* подвергаются детальной фенотипической и морфологической характеристике параллельно на трех участках разной широты по всей Европе, расположенных в Португалии, Франции и Швеции. В результате проекта получен значительный набор данных, который облегчит использование диких сородичей сельскохозяйственных культур в селекции и улучшении моркови [45].

В Российской Федерации исследования по адаптации устойчивости диких видов к микопатогенам с привлечением их в селекционный процесс по межвидовому скрещиванию моркови в целом незначительные. Неоценимый вклад в работу с дикими видами и разновидностями *Daucus* внес доктор биологических наук, главный научный сотрудник МГУ имени М.В. Ломоносова М.Г. Пименов. В своих работах он провел ботаническую систематику приуроченности видов к месту их произрастания [46, 47].

В условиях Московской области нами изучены 9 образцов из трех секций дикие виды рода *Daucus* по морфологическим признакам для эффективного сохранения *ex situ* и потенциального использования в селекции. Выявлены маркерные признаки: «антоциановая окраска черешка листа» у образца *D. setifolius* (Turkey, Antalya), «антоциановая окраска цветка» у *D. carota* L. var. *maximus*, *D. carota* (Таджикистан), *D. carota* (Узбекистан, Кашкадарьинская область), «желтая окраска цветка» у *D. broteri* и *D. carota* (Португалия). Корнеплоды *D. halophilus* формируют мало чечевичек, у *D. broteri* боковых корешков на корнеплоде незначительное, что являются ценными признаками при селекции на форму корнеплода.

Дикая морковь - самый важный генофонд для селекции моркови столовой. Наиболее широко используемая форма мужской стерильности для производства коммерческих гибридов моркови, «петалоидная» мужская стерильность была впервые обнаружена у дикой моркови, а затем перенесена в инбредные линии культивируемой моркови [7].

Внесение генетического разнообразия из дикой моркови может расширить генетические вариации культивируемой моркови и, следовательно, способствовать улучшению характеристик выращивания, например устойчивости к вредителям и болезням, а также к холоду. Следовательно, знание пространственных генетических структур в популяциях дикой моркови также поможет разработать соответствующие стратегии отбора проб для сбора зародышевой плазмы.

Закключение

Вклад признаков от диких родственников в их использование в выращиваемых в настоящее время сортах и гибридах моркови еще не увеличился, но с учетом ожидаемых абиотических и биотических проблем в будущем овощеводстве идентификация источников зародышевой плазмы для этих важных признаков имеет большое значение. Основные регионы производства моркови столовой в Азии, южной Европе, Северной Америке, а также России уже испытывают повышенные температуры, снижающие урожайность и качество корнеплодов моркови. Острая нехватка воды в некоторых из этих регионов может быть уменьшена за счет доступа к более обильному орошению, но это часто увеличивает засоление почвы. Эти абиотические стрессоры часто усиливают ущерб от болезней и вредителей, что еще больше угрожает урожайности сельскохозяйственных культур. В будущем, формирование коллекций зародышевой плазмы *Daucus* и сохранение *ex situ* (в генных банках) способствуют расширенному использованию диких видов в селекции на устойчивость культивируемой моркови столовой к био- и абиострессам.

Библиографический список

1. Apiaceae / G. M. Plunkett, M. G. Pimenov, J.-P. Reduron et al. In: J.W. Kadereit, and V. Bittrich, editors. The families and genera of vascular plants. 2019. Vol. 15. Springer, Berlin, Germany. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93605-5_2.
2. Entire plastid phylogeny of the carrot genus (*Daucus*, Apiaceae): Concordance with

- nuclear data and mitochondrial and nuclear DNA insertions to the plastid / D. M. Spooner, H. Ruess, M. Iorizzo et al. // *Am. J. Bot.* 2017. No. 104. P. 296–312. doi:10.3732/ajb.1600415.
3. Spooner D. M. *Daucus*: Taxonomy, Phylogeny, Distribution. In: P. M. Iorizzo, D. Grzebelus, R. Baranski (eds) / *The Carrot Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03389-7_2.
 4. Phylogeny of Apiaceae subtribe Daucinae and the taxonomic delineation of its genera / Ł. Banasiak, A. Wojewódzka, J. Baczyński et al. // *Taxon*. 2016. No. 65. P. 563–585. doi:10.12705/653.8.
 5. A cost-effective evaluation of carrot resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. / Sokolova L. M., Shatilov M. V., Razin O. A. // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2019. No. 395. 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/395/1/012050>.
 6. Применение последовательных отборов при селекции моркови столовой на устойчивость к *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. / Соколова Л. М., Бухаров А. Ф., Иванова М. И. // *Аграрная наука*. 2020. № 6. С. 78-83. doi: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83.
 7. Simon P. W. Economic and academic importance. In P. W. Simon, M. Iorizzo, D. Grzebelus et al. (Eds.). *Compendium of plant genomes: The carrot genome* (pp. 1–8). Cham, Switzerland: Springer Nature. 2019. <https://doi.org/10.1002/9780470650172.ch5>.
 8. Производство моркови столовой в России / Шатилов М. В., Разин А. Ф., Разин О. А. и др. // *Аграрная Россия*. 2020. № 1. С. 21-30. doi: 10.30906/1999-5636-2020-1-21-30.
 9. Eggersdorfer M., Wyss A. Carotenoids in human nutrition and health // *Arch Biochem Biophys.* 2018. No. 652. P. 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.06.001>.
 10. A global perspective on carotenoids: metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health / M. Rodríguez-Concepción, J. Avalos, M.L. Bonet et al. // *Prog Lip Res.* 2018. No. 70. P. 62-93. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2018.04.004>.
 11. Meléndez-Martínez A. J. An overview of carotenoids, apocarotenoids, and vitamin A in agro-food, nutrition, health, and disease // *Mol Nutr Food Res.* 2019. No. 63. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201801045>.
 12. Simpson K., Cerda A., Stange C. Carotenoid Biosynthesis in *Daucus carota*. In: Stange C. (eds) *Carotenoids in Nature. Subcellular Biochemistry*, vol 79. Springer, Cham. 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39126-7_7.
 13. Carotenoid presence is associated with the Or gene in domesticated carrot / S. L. Ellison, C. H. Luby, K. E. Corak et al. // *Genetics*. 2018. No. 210. P. 1497–1508. <https://doi.org/10.1534/genetics.118.301299>.
 14. Distinct transcription profile of genes involved in carotenoid biosynthesis among six different color carrot (*Daucus carota* L.) cultivars / J. Ma, Z. Xu, G. Tan et al. // *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*. 2017. Vol. 49. Is. 9. P.817–826. <https://doi.org/10.1093/abbs/gmx081>.
 15. Carotenoid gene expression explains the difference of carotenoid accumulation in carrot root tissues / F. Perrin, L. Hartmann, C. Dubois-Laurent et al. // *Planta*. 2017. No. 245. P. 737–747. <https://doi.org/10.1007/s00425-016-2637-9>.
 16. Transcript profiling of genes involved in carotenoid biosynthesis among three carrot cultivars with various taproot colors / Y. H. Wang, T. Li, R. R. Zhang et al. // *Protoplasma*. 2020. No. 257. P. 949–963. <https://doi.org/10.1007/s00709-020-01482-4>.
 17. Sauer L., Li B., Bernstein P. S. Ocular carotenoid status in health and disease // *Annu Rev Nutr.* 2019. No. 39. P. 95-120. doi:10.1146/annurev-nutr-082018-124555.
 18. Giordano E., Quadro L. Lutein, zeaxanthin and mammalian development: metabolism, functions and implications for health // *Arch Biochem Biophys.* 2018. No. 647. P. 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.04.008>.
 19. A high-quality carrot genome assembly provides new insights into carotenoid accumulation and asterid genome evolution / M. Iorizzo, S. Ellison, D. Senalik et al. // *Nat Genet.* 2016. No. 48. P. 657–666. <https://doi.org/10.1038/ng.3565>.
 20. Patterns of Gene Flow between Crop and Wild Carrot, *Daucus carota* (Apiaceae) in the United States / J. R. Mandel, A. J. Ramsey, M. Iorizzo et al. // *PLoS ONE*. 2016. No. 11(9). e0161971. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161971>.
 21. Wild carrot diversity for new sources of abiotic stress tolerance to strengthen vegetable breeding in Bangladesh and Pakistan / P. W. Simon, W. R. Rolling, D. Senalik et al. // *Crop Science*. 2021. No. 61. P. 163–176. <https://doi.org/10.1002/csc2.20333>.
 22. Grzebelus D. Genetics and genomics of carrot abiotic stress. In P. W. Simon, M. Iorizzo, D. Grzebelus, & R. Baranski (Eds.). *Compendium of plant genomes: The carrot genome* (pp. 363–372). Cham, Switzerland: Springer Nature. 2019. <https://doi.org/10.1002/9780470650172.ch5>.

doi.org/10.1002/9780470650172.ch5.

23. Genome-Assisted Improvement Strategies for Climate-Resilient Carrots / A. Bolton, M. Klimek-Chodacka, E. Martin-Millar et al. In: Kole C. (eds) Genomic Designing of Climate-Smart Vegetable Crops. Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97415-6_6.

24. An automated image analysis pipeline enables genetic studies of shoot and root morphology in carrot (*Daucus carota* L.) / S. D. Turner, S. Ellison, D. A. Senalik et al. // *Frontiers in Plant Science*. 2018. No. 9. P. 1703. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01703>.

25. Carrot / P.W. Simon, R.E. Freeman, J. V. Vieira et al. In: M. J. Prohens, F.N. Carena, editor. *Handbook of Crop Breeding*. Vol. 1. Vegetable Breeding. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, GmbH. 2008. P. 327–357.

26. Tas P. Evaluating resistance to *Alternaria dauci* and related traits among diverse germplasm of *Daucus carota*. Ph. D. diss., Univ. Wisconsin, Madison. 2016.

27. Bonnet A. Source of resistance to powdery mildew for breeding cultivated carrots // *Agronomie*. 1983. No. 3. P. 33–38. doi:10.1051/agro:19830105.

28. Luby C. H., Maeda H. A., Goldman I. L. Genetic and phenological variation of tocochromanol (vitamin E) content in wild (*Daucus carota* L. var. *carota*) and domesticated carrot (*D. carota* L. var. *sativa*) // *Hortic. Res.* 2014. No. 1. P. 14015. doi:10.1038/hortres.2014.15.

29. Bolton A., Simon P. W. Variation for salinity tolerance during seed germination in diverse carrot [*Daucus carota* (L.)] germplasm // *HortScience*. 2019. No. 54. P. 38–44. doi:10.21273/HORTSCI13333–18.

30. Rahim M. A., Mannan A. T. M. M. Carrot field trial results of CWR under, heat, drought and saline areas of Bangladesh // *Annual Progress Report, BAURES, BAU*. 2019. P. 90–99.

31. Cell membrane stability and relative cell injury in response to heat stress during early and late seedling stages of diverse carrot (*Daucus carota* L.) germplasm / A. Nijabat, A. Bolton, M. Mahmood-ur-Rehman et al. // *Hortscience*. 2020. No. 55. P. 1446–1452. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15058-20>.

32. Distributions and conservation status of carrot wild relatives in Tunisia: A case study in the western Mediterranean basin / N. Mezghani, C. K. Houry, D. Carver et al. // *Crop Science*. 2019. No. 59. P. 2317–2328. <https://doi.org/10.2135/cropsci2019.05.0333>.

33. Miller R. E., Houry C. K. The gene pool concept applied to crop wild relatives: An evolutionary perspective. In: S.L. Greene, editors, *North American crop wild relatives*. Vol. 1: Conservation strategies. Springer, Cham, Switzerland. 2018. P. 167–188. doi:10.1007/978-3-319-95101-0_6.

34. Genetic diversity using single nucleotide polymorphism (SNPs) and screening for salinity tolerance in rice germplasm at reproductive stage / W. B. Barrera, C. B. Dela Vina, N. A. Vispo et al. // *Plant Genetic Resources*. 2019. No. 17. P. 522–535. doi: <https://doi.org/10.1017/S1479262119000364>.

35. *In situ* conservation-harnessing natural and human-derived evolutionary forces to ensure future crop adaptation / M. R. Bellon, E. Dulloo, J. Sardos et al. // *Evol. Appl.* 2017. No.10. P. 965–977. doi:10.1111/eva.12521.

36. Green plants in the red: A baseline global assessment for the IUCN Sampled Red List Index for plants. / Brummitt, N.A., Bachman, S.P., Griffiths-Lee, J., Lutz, M., Moat, J.F., and Farjon, A., et al. 2015. // *PLoS One* 10:e0135152. doi:10.1371/journal.pone.0135152

37. Global conservation priorities for crop wild relatives. / Castañeda-Álvarez, N.P., Houry, C.K., Achicanoy, H.A., Bernau, V., Dempewolf, H., and Eastwood, R.J., et al. 2016. // *Nat. Plants* 2:16022. doi:10.1038/nplants.2016.22

38. Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets / C. K. Houry, D. Amariles, J. S. Soto et al. // *Ecol. Indic.* 2019a. No. 98. P. 420–429. doi:10.1016/j.ecolind.2018.11.016.

39. Data for the calculation of an indicator of the comprehensiveness of conservation of useful wild plants / C. K. Houry, D. Amariles, J. S. Soto et al. // *Data Brief* . 2019b. No. 22. P. 90–97. doi:10.1016/j.dib.2018.11.125.

40. Genotyping-by-sequencing provides the discriminating power to investigate the subspecies of *Daucus carota* (Apiaceae) / C. I. Arbizu, S. L. Ellison, D. Senalik et al. // *BMC Evolutionary Biology*. 2016. No. 16. P. 234.

41. Subspecies Variation of *Daucus carota* Coastal (Gummifer) Morphotypes (Apiaceae) Using Genotyping-by-Sequencing / F. Martinez-Flores, M. B. Crespo, P. W. Simon et al. // *Systematic Botany*. 2020. No. 45(3). P. 688–702. doi: 10.1600/036364420X15935294613527.

42. Коровин Е. П. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. – Ташкент: Изд-во. Акад. Наук Уз. ССР. 1962. С. 162-163.

43. Extended studies of interspecific relationships in *Daucus* (Apiaceae) using DNA sequences from ten nuclear orthologues. / Martinez-Flores, F., M. B. Crespo, E. Geoffriau, C. Allender, H. Ruess, C. I. Arbizu, P. Simon, and D. M. Spooner. 2019. // *Botanical Journal of the Linnean Society* 191: 164–187.

44. Genotyping-by-sequencing reveals the origin of the Tunisian relatives of cultivated carrot (*Daucus carota*) / N. Mezghani, H. Ruess, N. Tarchoun et al. // *Genet. Resour. Crop Evol.* 2018. No. 65. P. 1359–1368. doi:10.1007/s10722–018–0619–4.

45. CarrotDiverse: understanding variation in a wild relative of carrot / E. Geoffriau, T.

Charpentier, S. Huet, A. Hägnefelt, V. Lopes, T. Nothnagel, U. Lohwasser, C. Mallor Gimenez, C. Allender // *Acta Hort.* 2019. No. 1264. P. 151–156. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.18

46. Pimenov M. Обновленный конспект зонтичных (Umbelliferae) Китая: номенклатура, синонимия, типификация, распространение // *Turczaninowia*. 2017. Т. 20. № 2. С. 106–239. URL: <http://turczaninowia.asu.ru/article/view/2429>.

47. Pimenov M. Обновленный конспект зонтичных (Umbelliferae) Средней Азии и Казахстана: номенклатура, синонимия, типификация, распространение // *Turczaninowia*. 2020. Т. 23. № 4. С. 127–257. doi: 10.14258/turczaninowia.23.4.12.

WILD SPECIES OF DAUCUS L. IN SELECTION AND PRESERVATION OF EX SITU IN THE CONDITIONS OF THE MOSCOW REGION

Sokolova L.M., Ivanova M.I.

All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Vegetable Growing"
140153, Moscow region, Ramensky district, Vereya v., bldg. 500
E-mail: lsokolova74@mail.ru; ivanova_170@mail.ru

Key words: *Daucus* L., selection, genetic source, marker trait.

Wild ancestors and close relatives provide valuable genetic resources for improving cultivated carrots (*Daucus carota* L. subsp. *Sativus* (Hoffm.) Arcang.). Remaining knowledge gaps in taxonomy, distribution and characteristics of commercially valuable traits limit their wide usage in selection and negatively affect ex situ (gene bank) and in situ (natural habitat) conservation planning. Since some populations of wild plants are adapted to extreme climatic conditions, unfavorable soils, pests and diseases, they have significant potential to contribute to selection to solve emerging and foreseeable future problems in the agrotechnology of table carrots. The aim of the study is to study wild species of *Daucus* genus by morphological characteristics in the Moscow region in order to expand their usage in selection and ex situ preservation. According to the research results, it was found that the trait "anthocyanin colour of the leaf petiole" of *D. setifolius* (Turkey, Antalya) is a marker when hybridizing with cultivated carrots. The marker trait "anthocyanin colour of flowers" was recorded in *D. carota* L. var. *maximus*, *D. carota* (Tajikistan), *D. carota* (Uzbekistan, Kashkadarya region). *D. carota* subsp. *halophilus* is a genetic source for resistance to salt stress. In the future, the formation of *Daucus* germ plasm collections and ex situ preservation contribute to the expanded usage of wild species in selection for resistance of cultivated table carrots to bio- and abio stress.

Bibliography:

1. Apiaceae / G. M. Plunkett, M. G. Pimenov, J.-P. Reduron [et al.]; editors J. W. Kadereit, V. Bittrich, // *The families and genera of vascular plants*. - Springer, Berlin, Germany, 2019. - Vol. 15. - URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93605-5_2.
2. Entire plastid phylogeny of the carrot genus (*Daucus*, Apiaceae): Concordance with nuclear data and mitochondrial and nuclear DNA insertions to the plastid / D. M. Spooner, H. Ruess, M. Iorizzo [et al.] // *Am. J. Bot.* - 2017. - № 104. - P. 296–312. - doi: 10.3732/ajb.1600415.
3. *Daucus*: Taxonomy, Phylogeny, Distribution / D. M. Spooner, P. M. Iorizzo, D. Grzebelus, R. Baranski // *The Carrot Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. - 2019. - URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03389-7_2.
4. Phylogeny of Apiaceae subtribe Daucinae and the taxonomic delineation of its genera / Ł. Banasiak, A. Wojewódzka, J. Baczyński [et al.] // *Taxon*. - 2016. - № 65. - P. 563–585. - doi: 10.12705/653.8.
5. Sokolova, L. M. A cost-effective evaluation of carrot resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. / L. M. Sokolova, M. V. Shatilov, O. A. Razin // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* - 2019. - No. 395. - 012050. - URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/395/1/012050>.
6. Sokolova, L.M. Usage of successive selections in selection of table carrots for resistance to *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. / L. M. Sokolova, A. F. Bukharov, M. I. Ivanova // *Agrarian science*. - 2020. - № 6. - P. 78–83. - doi: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83.
7. Economic and academic importance. / P. W. Simon, M. Iorizzo, D. Grzebelus [et al.] // *Compendium of plant genomes: The carrot genome*. - Cham, Switzerland: Springer Nature, 2019. - P. 1–8. - URL: <https://doi.org/10.1002/9780470650172.ch5>.
8. Production of table carrots in Russia / M. V. Shatilov, A. F. Razin, O. A. Razin [and others] // *Agrarian Russia*. - 2020. - №1. - P. 21–30. - doi: 10.30906/1999-5636-2020-1-21-30.
9. Eggersdorfer, M. Carotenoids in human nutrition and health / M. Eggersdorfer, A. Wyss // *Arch Biochem Biophys*. - 2018. - № 652. - P. 18–26. - URL: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.06.001>.
10. A global perspective on carotenoids: metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health / M. Rodríguez-Concepción, J. Avalos, M. L. Bonet [et al.] // *Prog Lip Res*. - 2018. - № 70. - P. 62–93. - URL: <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2018.04.004>.
11. Meléndez-Martínez, A. J. An overview of carotenoids, apocarotenoids, and vitamin A in agro-food, nutrition, health, and disease / A. J. Meléndez-Martínez // *Mol Nutr Food Res*. - 2019. - № 63. - URL: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201801045>.
12. Simpson, K. Carotenoid Biosynthesis in *Daucus carota* / K. Simpson, A. Cerda, C. Stange // *Carotenoids in Nature. Subcellular Biochemistry*. - Springer, Cham, 2016. - Vol. 79. - URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-39126-7_7.
13. Carotenoid presence is associated with the *Or* gene in domesticated carrot / S. L. Ellison, C. H. Luby, K. E. Corak [et al.] // *Genetics*. - 2018. - № 210. - P. 1497–1508. - URL: <https://doi.org/10.1534/genetics.118.301299>.
14. Distinct transcription profile of genes involved in carotenoid biosynthesis among six different color carrot (*Daucus carota* L.) cultivars / J. Ma, Z. Xu, G. Tan [et al.] // *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*. - 2017. - Vol. 49, is. 9. - P.817–826. - URL: <https://doi.org/10.1093/abbs/gmx081>.

15. Carotenoid gene expression explains the difference of carotenoid accumulation in carrot root tissues / F. Perrin, L. Hartmann, C. Dubois-Laurent [et al.] // *Planta*. - 2017. - No. 245. - P. 737-747. - URL: <https://doi.org/10.1007/s00425-016-2637-9>.
16. Transcript profiling of genes involved in carotenoid biosynthesis among three carrot cultivars with various taproot colors / Y. H. Wang, T. Li, R. R. Zhang [et al.] // *Protoplasma*. - 2020. - No. 257. - P. 949-963. - URL: <https://doi.org/10.1007/s00709-020-01482-4>.
17. Sauer, L. Ocular carotenoid status in health and disease / L. Sauer, B. Li, P. S. Bernstein // *Annu Rev Nutr*. - 2019. - No. 39. - P. 95-120. - doi: 10.1146/annurev-nutr-082018-124555.
18. Giordano, E. Lutein, zeaxanthin and mammalian development: metabolism, functions and implications for health / E. Giordano, L. Quadro // *Arch Biochem Biophys*. - 2018. - No. 647. - P. 33-40. - URL: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.04.008>.
19. A high-quality carrot genome assembly provides new insights into carotenoid accumulation and asterid genome evolution / M. Iorizzo, S. Ellison, D. Senalik [et al.] // *Nat Genet*. - 2016. - No. 48. - P. 657-666. - URL: <https://doi.org/10.1038/ng.3565>.
20. Patterns of Gene Flow between Crop and Wild Carrot, *Daucus carota* (Apiaceae) in the United States / J. R. Mandel, A. J. Ramsey, M. Iorizzo [et al.] // *PLoS ONE*. - 2016. - No. 11 (9). - e0161971. - URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161971>.
21. Wild carrot diversity for new sources of abiotic stress tolerance to strengthen vegetable breeding in Bangladesh and Pakistan / P. W. Simon, W. R. Rolling, D. Senalik [et al.] // *Crop Science*. - 2021. - No. 61. - P. 163-176. - URL: <https://doi.org/10.1002/csc2.20333>.
22. Genetics and genomics of carrot abiotic stress / P. W. Simon, M. Iorizzo, D. Grzebelus, R. Baranski // *Compendium of plant genomes: The carrot genome Cham, Switzerland: Springer Nature*. - 2019. - P. 363-372. - URL: <https://doi.org/10.1002/9780470650172.ch5>.
23. Genome-Assisted Improvement Strategies for Climate-Resilient Carrots / A. Bolton, M. Klimek-Chodacka, E. Martin-Millar [et al.]; C. Kole // *Genomic Designing of Climate-Smart Vegetable Crops*. - Springer, Cham, 2020. -- URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-97415-6_6.
24. An automated image analysis pipeline enables genetic studies of shoot and root morphology in carrot (*Daucus carota* L.) / S. D. Turner, S. Ellison, D. A. Senalik [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. - 2018. - No. 9. - P. 1703. - URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01703>.
25. Carrot. Handbook of Crop Breeding / P. W. Simon, R. E. Freeman, J. V. Vieira [et al.]; editor M. J. Prohens, F. N. Carena // *Vegetable Breeding*. - Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, GmBHP, 2008. - Vol. 1. - P. 327-357.
26. Tas, P. Evaluating resistance to *Alternaria dauci* and related traits among diverse germplasm of *Daucus carota* / P. Tas // Ph. D. diss., Univ. Wisconsin, Madison, 2016.
27. Bonnet, A. Source of resistance to powdery mildew for breeding cultivated carrots / A. Bonnet // *Agronomie*. - 1983. - No. 3. - P. 33-38. - doi: 10.1051/agro:19830105.
28. Luby, CH Genetic and phenological variation of tocochromanol (vitamin E) content in wild (*Daucus carota* L. var. *Carota*) and domesticated carrot (*D. carota* L. var. *Sativa*) / CH Luby, HA Maeda, IL Goldman // *Hortic. Res.* - 2014. - No. 1. - P. 14015. - doi: 10.1038/hortres.2014.15.
29. Bolton, A. Variation for salinity tolerance during seed germination in diverse carrot [*Daucus carota* (L.)] germplasm / A. Bolton, P. W. Simon // *HortScience*. - 2019. - No. 54. - P. 38-44. - doi: 10.21273/HORTSCI13333-18.
30. Rahim, M. A. Carrot field trial results of CWR under, heat, drought and saline areas of Bangladesh / M. A. Rahim, A. T. M. M. Mannan // *Annual Progress Report, BAURES, BAU*. - 2019. - P. 90-99.
31. Cell membrane stability and relative cell injury in response to heat stress during early and late seedling stages of diverse carrot (*Daucus carota* L.) germplasm / A. Nijabat, A. Bolton, M. Mahmood-ur-Rehman [et al.] // *Hortscience*. - 2020. - No. 55. - P. 1446-1452. - doi: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15058-20>.
32. Distributions and conservation status of carrot wild relatives in Tunisia: A case study in the western Mediterranean basin / N. Mezghani, C. K. Khoury, D. Carver [et al.] // *Crop Science*. - 2019. - No. 59. - P. 2317-2328. - URL: <https://doi.org/10.2135/cropsci2019.05.0333>.
33. Miller, R. E. The gene pool concept applied to crop wild relatives: An evolutionary perspective / R. E. Miller, C. K. Khoury; editors S. L. Greene // *North American crop wild relatives. Conservation strategies*. Springer, Cham, Switzerland. - 2018. - Vol. 1. - P. 167-188. - doi: 10.1007/978-3-319-95101-0_6.
34. Genetic diversity using single nucleotide polymorphism (SNPs) and screening for salinity tolerance in rice germplasm at reproductive stage / W. B. Barrera, C. B. Dela Vina, N. A. Vispo [et al.] // *Plant Genetic Resources*. - 2019. - No. 17. - P. 522-535. - doi: <https://doi.org/10.1017/S1479262119000364>.
35. In situ conservation-harnessing natural and human-derived evolutionary forces to ensure future crop adaptation / M. R. Bellon, E. Dulloo, J. Sardos [et al.] // *Evol. Appl.* - 2017. - No. 10. - P. 965-977. - doi: 10.1111/eva.12521.
36. Green plants in the red: A baseline global assessment for the IUCN Sampled Red List Index for plants / NA Brummitt, SP Bachman, J. Griffiths-Lee, M. Lutz, JF Moat, A. Farjon, [et al.] // *PLoS One*. - 2015. - No. 10. - e0135152. - doi: 10.1371/journal.pone.0135152
37. Global conservation priorities for crop wild relatives / N. P. Castañeda-Álvarez, C. K. Khoury, H. A. Achicanoy, V. Bernau, H. Dempewolf, R. J. Eastwood [et al.] // *Nat. Plants*. - 2016. - 2. - 16022. - doi: 10.1038/nplants.2016.22
38. Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets / C. K. Khoury, D. Amariles, J. S. Soto [et al.] // *Ecol. Indic.* - 2019. - No. 98. - P. 420-429. - doi: 10.1016/j.ecolind.2018.11.016.
39. Data for the calculation of an indicator of the comprehensiveness of conservation of useful wild plants / C. K. Khoury, D. Amariles, J. S. Soto [et al.] // *Data Brief*. - 2019. - No. 22. - P. 90-97. - doi: 10.1016/j.dib.2018.11.125.
40. Genotyping-by-sequencing provides the discriminating power to investigate the subspecies of *Daucus carota* (Apiaceae) / C. I. Arbizu, S. L. Ellison, D. Senalik [et al.] // *BMC Evolutionary Biology*. - 2016. - No. 16. - P. 234.
41. Subspecies Variation of *Daucus carota* Coastal (Gummifer) Morphotypes (Apiaceae) Using Genotyping-by-Sequencing / F. Martinez-Flores, M. B. Crespo, P. W. Simon [et al.] // *Systematic Botany*. - 2020. - No. 45 (3). - P. 688-702. - doi: 10.1600/036364420X15935294613527.
42. Korovin, E.P. Vegetation of Central Asia and South Kazakhstan / E.P. Korovin. - Tashkent: Academy of Sciences of the Uzbek SSR, 1962. - P. 162-163.
43. Extended studies of interspecific relationships in *Daucus* (Apiaceae) using DNA sequences from ten nuclear orthologues. / F. Martinez-Flores, M. B. Crespo, E. Geoffriau, C. Allender, H. Ruess, C. I. Arbizu, P. Simon, D. M. Spooner // *Botanical Journal of the Linnean Society*. - 2019. - 191. - P. 164-187.
44. Genotyping-by-sequencing reveals the origin of the Tunisian relatives of cultivated carrot (*Daucus carota*) / N. Mezghani, H. Ruess, N. Tarchoun [et al.] // *Genet. Resour. Crop Evol.* - 2018. - No. 65. - P. 1359-1368. - doi: 10.1007/s10722-018-0619-4.
45. CarrotDiverse: understanding variation in a wild relative of carrot / E. Geoffriau, T. Charpentier, S. Huet, A. Hügnefeld, V. Lopes, T. Nothnagel, U. Lohwasser, C. Mallor Gimenez, C. Allender // *Acta Hort.* - 2019. - No. 1264. - P. 151-156. - doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.18
46. Pimenov, M. An updated synopsis of the Umbelliferae of China: nomenclature, synonymy, typification, distribution / M. Pimenov // *Turczaninowia*. - 2017. - Vol. 20, No. 2. - P. 106-239. - URL: <http://turczaninowia.asu.ru/article/view/2429>.
47. Pimenov, M. An updated synopsis of the Umbelliferae of Central Asia and Kazakhstan: nomenclature, synonymy, typification, distribution / M. Pimenov // *Turczaninowia*. - 2020. - Vol. 23, No. 4. - P. 127-257. - doi: 10.14258/turczaninowia.23.4.12.