

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-36-44>
УДК: 635.41(089)

Е.Г. Киселев,
Д.В. Соколова*

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, 42, 44

Автор для переписки: dianasokol@bk.ru

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту FGEM-2022-0003 «Мировые ресурсы овощных и бахчевых культур коллекции ВИР: эффективные пути раскрытия эколого-генетических закономерностей формирования разнообразия и использования селекционного потенциала».

Вклад авторов: Киселев Е.Г.: изучение литературы, формальный анализ, визуализация, написание текста рукописи. Соколова Д.В.: концептуализация, курирование данных, написание-рецензирование и редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Киселев Е.Г., Соколова Д.В. Потенциал коллекции шпината ВИР для использования в селекции. *Овощи России*. 2025;(2):36-44. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-36-44>

Поступила в редакцию: 16.01.2025

Принята к печати: 17.03.2025

Опубликована: 15.04.2025

Evgenii G. Kiselev,
Diana V. Sokolova*

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR)
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia

*Corresponding Author: dianasokol@bk.ru

Funding. The work was carried out within the framework of the state assignment for the project FGEM-2022-0003 "World resources of vegetable and melon crops of the VIR collection: effective ways to reveal the ecological and genetic patterns of the formation of diversity and the use of breeding potential".

Authors' Contribution: Kiselev E.G.: literature review, formal analysis, visualization, manuscript writing. Sokolova D.V.: conceptualization, data curation, writing – review & editing.

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

For citation: Kiselev E.G., Sokolova D.V. Potential of the VIR Spinach collection for use in breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):36-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-36-44>

Received: 16.01.2025

Accepted for publication: 17.03.2025

Published: 15.04.2025

Потенциал коллекции шпината ВИР для использования в селекции

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Шпинат (*Spinacia oleracea* L.) экономически значимая овощная культура, выращиваемая во всем мире. Это однолетняя холодостойкая и скороспелая культура, культивируемая как в защищенном, так и в открытом грунте. Поэтому, существует потребность в большом разнообразии сортов и гибридов, приспособленных к конкретным условиям. В Государственном реестре селекционных достижений РФ содержится 67 сортов и гибридов шпината, из которых на долю иностранной гибридной селекции приходится 66%. Создание отечественных гибридов шпината осложняется недостатком хорошо изученного исходного материала: выровненных генотипов гиноэцичного типа, сочетающих высокую урожайность, скороспелость и богатый биохимический состав.

Материалы и методы. Генетическое разнообразие культуры - потенциал для селекционного использования и активного изучения в свете современных знаний и технологий. Собранная в Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) коллекция шпината, имеющая 90-летнюю историю, включает 744 образца и является самой большой в мире. Она уникальна по разнообразию и происхождению образцов.

Результаты. В коллекции имеются высокоурожайные, скороспелые, поздно-зацветающие генотипы, создаются линии с преобладанием женского типа цветения, полиплоиды. Созданы признаковые группы по пластичности, высокому содержанию ценных биохимических веществ. В результате многолетнего всестороннего изучения коллекции шпината выделены генотипы, рекомендуемые для включения в селекционные схемы.

Заключение. Сохраняемый в институте разнообразный хорошо изученный генофонд шпината способен предоставлять неограниченные возможности для селекции и восполнять нужды населения страны, обогащая рацион богатой пигментами, лютеином и белком листовой культурой с высоким содержанием фенольных элементов и антиоксидантной активностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Spinacia L., разновидности, сортоотыпы, скороспелость, генофонд, селекция

Potential of the VIR Spinach collection for use in breeding

ABSTRACT

Relevance. Spinach (*Spinacia oleracea* L.) is an economically important vegetable crop grown all over the world. This is an annual, cold-resistant and early-ripening crop, cultivated both in protected and open ground. Therefore, there is a need for a wide diversity of varieties and hybrids adapted to specific conditions. The State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation contains 67 varieties and hybrids of spinach, of which 66% are foreign hybrid selection. The creation of domestic spinach hybrids is complicated by the lack of well-studied initial material: aligned genotypes of the gynoeic type, combining high yield, early maturity and rich biochemical composition.

Materials and Methods. Genetic diversity of crops – potential for breeding and active study in the light of modern knowledge and technologies. The spinach collection collected at the Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), which has a 90-year history, includes 744 samples and is the largest in the world. It is unique in the diversity and origin of its accessions.

Results. The collection contains high-yielding, early-ripening, late-blooming genotypes; lines with a predominance of the female type of flowering, polyploids are being created. Characteristic groups have been created based on plasticity and high content of valuable biochemicals. As a result of many years of comprehensive study of the spinach collection, the genotypes recommended for inclusion in breeding schemes were identified.

Conclusion. The diverse, well-studied gene pool of spinach preserved at the institute is capable of providing unlimited opportunities for breeding and meeting the needs of the country's population, enriching the diet with leafy crop rich in pigments, lutein and protein, with a high content of phenolic elements and antioxidant activity.

KEYWORDS:

Spinacia L., varieties, types of spinach varieties, early ripening, gene pool, breeding

Введение

В современном обществе предъявляются высокие требования к качеству пищи. Наибольшим спросом пользуются продукты богатые витаминами и благотворно влияющие на здоровье человека. Известно, что употребление в пищу большого количества зеленных овощей уменьшает вероятность развития проблем сердечно-сосудистой системы и онкологических заболеваний, а также снижает риск набора лишнего веса [1]. Одним из таких продуктов является шпинат. Он употребляется в пищу в салатах, супах, пюре, из него изготавливают консервированные соки и детское питание. В пищевой промышленности получают краситель зелёного цвета, используемый для подкрашивания теста, макарон, консервированного зелёного горошка и мороженого [2,3]. Листья шпината характеризуются высокой концентрацией сухого вещества ($10,5 \pm 0,2\%$), в составе которого до 25% приходится на белок [4-6]. Благотворное воздействие шпината на организм человека подтверждено рядом исследований [7-10]. Шпинат богат различными активными соединениями, такими как флавоноиды и другие полифенолы, оказывающими антиканцерогенный эффект [9-11]. Пищевая ценность культуры обуславливается в том числе содержанием бета-каротина (провитамин А) и фолиевой кислоты. Шпинат также является хорошим источником витамина С, кальция, железа, фосфора, натрия и калия [12]. Он богат витаминами В1, В2, В3, В6, В9, Н, К, Е, Р и РР и каротиноидами [13]. Из общего числа каротиноидов, обнаруженных в шпинате, наибольшую ценность представляет лютеин [14]. Данный ксантофилл содержится в макуле сетчатки глаза и не синтезируется в организме человека [15]. Поэтому потребление продуктов питания и медикаментов, включающих лютеин, крайне необходимо для предотвращения различных дистрофических заболеваний глаз [16,17].

Шпинат можно выращивать в любое время года в защищенном грунте и с апреля по октябрь в открытом. Поэтому, существует потребность в большом разнообразии сортов и гибридов, приспособленных к конкретным условиям. Коллекция шпината Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) уникальна своим разнообразием и происхождением. Она представляет богатый материал для изучения и создания сортов и гибридов. В свете вышесказанного данный обзор представляет интерес для селекционеров и семеноводов шпината.

Основная часть

Шпинат (*Spinacia oleracea* L.) – экономически значимая овощная культура, потребляемая во всём мире, площадь его возделывания растёт с каждым годом. Согласно статистике FAOSTAT, в 2023 году мировое производство шпината составило более 34 миллионов тонн в год на площади 944 тыс. гектар [18]. За последние 10 лет объём продукции вырос почти на 50%, из которого более 90% приходится на Китай, Индонезию и США.

Семеноводством шпината занимаются многие страны. Основным производителем семян шпината в мире является Дания (более 70%). Это стало возможным благодаря благоприятным погодным условиям и длинному световому дню [13,19]. Ранее лидерами производ-

ства семян шпината были США и Нидерланды. Около 90% производимых семян – гибриды. Площадь под семеноводством шпината в Дании продолжает увеличиваться.

В Государственном реестре селекционных достижений [20], допущенных к использованию в Российской Федерации в 2024, содержится 67 сортов и гибридов шпината (рис. 1). Иностранная селекция представлена 44 гибридами селекционно-семеноводческих фирм: Enza Zaden, Nunhems, Sakata, Rijk Zwaan, Syngenta, Bejo, Mansanto, Pop Vriend Seeds и др. Достижения отечественной селекции – 22 сорта от таких институтов и производителей как: Федеральный научный центр овощеводства, Агрофирма Аэлита, Гавриш, Поиск и др. Единственным гибридом Российского происхождения является «Мариска F1». Практически полное отсутствие гибридов шпината отечественной селекции ставит задачу подбора и создания исходного селекционного материала для развития гибридной селекции.



Рис. 1. Соотношение сортов и гибридов шпината в Госреестре РФ

Fig. 1. The ratio of spinach varieties and hybrids in the State Register of the Russian Federation

История культуры

В настоящее время точные данные о происхождении и начале возделывания *S. oleracea* L. неизвестны. Считается, что domestикация шпината началась около 2000 лет назад [21]. Существует предположение, что очагом одомашнивания шпината является Персия, откуда этот листовой овощ распространился на территорию Китая [22]. Самое древнее упоминание о шпинате в Китае относится к VII веку н.э. под названием «bo cai», что переводится как «персидский овощ». Согласно записям, «bo cai» попал из Непала в Китай в 647 году н.э. [23].

Название "spinach" происходит от испанского слова «espinaca» [12]. В Европу культура была завезена маврами из центральной Азии, а именно из Ирана (Персия) в 1100 году н.э., а позже - в Северную Америку ранними колонистами [12]. Первые археологические свидетельства в Европе были обнаружены на территории Франции и датируются концом двенадцатого или началом тринадцатого века н.э. [24]. Исторические упоминания свидетельствуют о том, что экспансия шпината шла из Азии в Средиземноморский регион, Северную Европу и Африку, откуда он позднее попал на Американский континент.

Таксономия и биология шпината

Согласно системе классификации APG II [25], культурный шпинат (*S. oleracea* L.) относится к семейству Amaranthaceae, подсемейству Chenopodioideae, роду *Spinacia* L. Данное семейство включает в себя и другие экономически значимые культуры, такие как свекла, киноа и амарант. В более ранних классификациях шпинат относился к семейству Маревые (Chenopodiaceae). Род *Spinacia* L. включает три вида, из которых два дикорастущие (*S. tetrandra* Stev. и *S. turkestanica* Jlin.) и один культурный (*S. oleracea* L.) [26]. Молекулярные исследования показали, что наиболее вероятным прародителем *S. oleracea* L. является *S. turkestanica* Jlin. [27,28].

Встречается информация о подразделении сортов шпината на две группы: западного и азиатского типа, имеющие анатомо-морфологические различия [29]. Морфологически азиатские формы характеризуются узкими и заостренными листьями с гладкой поверхностью, а также длинными черешками, унаследованными от дикого шпината. Западные сорта отличаются округлостью, увеличенной площадью листовой пластинки и морщинистостью ее поверхности [30]. Филогенетические исследования установили связь между генетическим разнообразием и географическим происхождением образцов шпината [28,31]. Авторы выделили две группы, одна из которых состояла из образцов шпината, произошедших из Европы, Америки, Западной Азии, Восточной Азии и Северного Китая, тогда как вторая группа - из Южного Китая и Японии.

Шпинат – это скороспелая однолетняя, преимущественно ветроопыляемая культура с четко выраженными фазами онтогенеза. Имеет стержневой корень белокоричневого цвета, прямостоячий стебель цилиндрической формы. Цвет листьев от темно-зеленого до светло-зеленого. Листья очерёдные: прикорневые и нижние – черешковые, с различной длиной черешка; стеблевые листья – с коротким черешком и клиновидным основанием. По форме листья варьируют от округлых до удлинённо-ланцетных. В зависимости от генотипа поверхность листа может быть гладкой, волнистой и гофрированной. Образцы родом из Передней, Восточной, Юго-Восточной Азии и Северной Африки имеют более приподнятое расположение листьев, чем западноевропейские и североамериканские – которые характеризуются горизонтальным или слабоприподнятым расположением. Надо отметить, что проведенные в ВИР исследования показали, что при выращивании в условиях длинного светового дня приподнятость розетки увеличивается независимо от генотипа [30].

Шпинат – преимущественно двудомный вид, хотя встречаются различные промежуточные половые типы [32]. По признаку проявления пола J. Sneep [33] выделял у шпината 21 группу, учитывая не только мужские, женские и однодомные растения, но и характер их проявления. Им установлено, что однодомные растения могут иметь как мужские и женские, так и обоеполые цветки в различных соотношениях. У некоторых двудомных растений может наблюдаться реверсия пола, приводящая к гиномоноэпии и андромоноэпии [13,34]. Дикорастущие виды чаще всего характеризуются кластерами сросшихся цветков, в дальнейшем развивающихся в колючие плоды, которые содержат большое

количество семян [30]. Известно, что наличие или отсутствие шипообразных выростов на семенах (колючек) контролируется одним геном, при доминировании присутствия колючек [35].

Для нормального роста и развития шпината необходим световой день продолжительностью 12-15 часов [30]. В условиях длинного дня вегетационный период растений сокращается, ускоряется переход к фазе цветения. На коротком дне наступление фаз онтогенеза растягивается, что неблагоприятно для семеноводства. Однако, короткий день способствует образованию мощной темно-зеленой розетки листьев, увеличивает содержание аскорбиновой кислоты и пигментов, что благоприятно отражается на урожайности и продолжительности периода уборки [36].

Шпинат - достаточно холодостойкая культура: семена начинают прорастать при 3-4°C, оптимальная температура для роста и развития – 15-18°C. Продолжительность вегетационного периода до уборки продукции составляет от 25 до 50 дней. Для получения семян требуется от 70 и 90 дней. Учитывая благоприятные для культуры климатические условия Северо-Запада РФ с выраженным длинным днем в период с мая по июнь, что стимулирует цветение, и достаточным количеством осадков, данный регион может рассматриваться для семеноводства шпината.

Развитие селекции

Информации о селекции шпината и получении новых сортов до конца XIX в. н.э. крайне мало. В середине XX в. н.э. были опубликованы данные об истории доместикации и селекции шпината [27]. Автором отчёта, опубликованного в 1958 году, был J. Sneep [33]. Его статья, по всей видимости, является самым первым исчерпывающим источником информации о процессе селекции шпината до 1950-х годов. Сведений о сортах XVI-XVII века практически нет. Информация стала доступна благодаря торговцам семенами и селекционным компаниям, которые начали вести документацию с названиями местных сортов, а также добавлять краткое описание с указанием их характеристик.

Основную роль в селекции шпината в XIX веке играла Французская семеноводческая компания Vilmorin-Andrieux [38,39]. Считается, что некоторые сорта Vilmorin-Andrieux являются предшественниками многих европейских сортов [40]. Gibault отметил, что сорта «Épinards d'Angleterre» и «Épinards de Hollande» селекционной компании Vilmorin-Andrieux стали самыми популярными, выведенными к концу XVIII века. При этом «Épinards d'Angleterre» характеризовался колючими семенами, а «Épinards de Hollande» - гладкими. Самый распространённый сорт в начале XIX века был известен в Нидерландах под названием «Vlaamse». Он был выведен из сорта «Épinards de Hollande» компанией Vilmorin-Andrieux с оригинальным названием «Épinard de Flandre» в 1829 году [40]. С конца XIX века селекционные компании из Нидерландов, такие как Sluis & Groo (в данный момент является частью Syngenta) и Rijk Zwaan, начинают играть главенствующую роль в селекции шпината.

В 1843 году был представлен сорт «Gaudry», предположительно полученный из «Épinards de Hollande», а в 1873 – «Viroflay», исходным образцом для

которого послужил «Monstrueux de Viroflay». Данные сорта характеризовались гладкими семенами и ровной поверхностью листа [37].

Первые сорта с гофрированными листьями появились около 1870 года. Гофрированные листья исторически получали большую востребованность в регионах, где было необходимо перемещать растения на длинные расстояния [21]. Благодаря такой структуре листа шпинат становится более объёмным при упаковке и перевозке, что, в свою очередь, продлевает срок его хранения. Первые сорта с гофрированными листьями получили название «Savoy-leaved», «Norfolk» и «Bloomsdale». Сегодня можно встретить описание типа гофрированного листа с названием «савойский». Исходным селекционным материалом послужил сорт «Bloomsdale», селекция которого была направлена на улучшение окраски листа до тёмно-зелёной и устойчивости к цветению [37].

Известны работы по селекции шпината на устойчивость к биотическому стрессу. В 1920 году Смит обнаружил, что образцы шпината, собранные во время экспедиции в Китай, не привлекали тлю, которая передавала вирус огуречной мозаики [41]. В 1921 он создал новый сорт «Virginia Savoy», характеризующийся устойчивостью к вирусу огуречной мозаики. Для этого он скрестил экспедиционные образцы с сортом «Bloomsdale», что является первым задокументированным случаем селекции шпината на устойчивость. С 1936 по 1946 год путём многократного отбора резистентных к фузариозному увяданию растений «Virginia Savoy» была выведена устойчивая линия шпината [42,43]. В 1950-х годах селекционеры работали над выведением сортов и гибридов с гладкими семенами, устойчивых к ложной мучнистой росе и вирусу огуречной мозаики [44]. Первые устойчивые гибриды F₁ были получены в 1955 («Early Hybrid 7») и 1957 («Dixie Market») [45].

В 1955 г. для создания гибридов шпината было предложено использовать в качестве материнского компонента для скрещиваний линию с высоким процентом содержания женских растений или однодомную, а в качестве отцовского - насыщенный мужскими цветками сорт. Использование однодомных, облиственных растений в качестве опылителя показало высокую эффективность для получения гибридного потомства с высокой урожайностью [44,46,47].

Помимо шпината савойского типа появлялись устойчивые к ложной мучнистой росе сорта с гладкими листьями. Первым из них в 1957 году стал сорт «Califlay», выведенный из образца PI 140467 [48]. В 1958 году из-за появления новой расы *Peronospora efusa* (*Pfs2*) было отмечено заражение ложной мучнистой росой некоторых растений сорта «Califlay» [49]. Стоит отметить, что гибриды «Early Hybrid 7» и «Dixie Market» оказались устойчивы к *Pfs2* [50]. Позднее была выдвинута гипотеза дигенного наследования устойчивости к *pfs2* [51]. В дальнейшем были обнаружены гены *M1* и *M2*, отвечающие за устойчивость шпината к ложной мучнистой росе. Селекционеры сфокусировались на переносе генов *M1* и *M2* в различные сорта шпината. Одним из полученных сортов стал «Resistoflay», выведенный из «Viroflay» в 1965 году [37]. До 1976 года устойчивость к ложной мучнистой росе сохранялась, но позднее была идентифицирована новая раса *Pfs3*. При этом «Califlay» и другие сорта, выведенные на его основе, показали устойчивость к *Pfs3* [51]. Данный факт позволил выдвинуть гипотезу о существовании третьего гена устойчивости (*M3*) у «Califlay» и в дальнейшем селекционеры сфокусирова-

лись на выведении сортов с генами *M1*, *M2* и *M3* [52]. В глобальном масштабе ложная мучнистая роса является одним из самых массовых и разрушительных заболеваний шпината [53]. К 2018 году было определено уже 19 рас возбудителей ложной мучнистой росы [54]. В связи с тем, что новые расы патогена продолжают появляться - выведение новых сортов, устойчивых к ложной мучнистой росе, всегда является актуальной задачей.

Из почти 2027 образцов рода *Spinacia*, включённых в международную базу данных шпината ISDB [55], хранящихся в коллекциях генетических ресурсов во всем мире на 2010 год, 88% составлял вид *S. oleracea* L. [56,57]. При этом, дикий вид *S. turkestanica* Jlin. представляет большой интерес для селекции, как источник ценных признаков, например, устойчивости к болезням и повышенному содержанию аскорбиновой кислоты, антиоксидантной активности [6,53,58].

Создание полиплоидов является эффективным способом получения высокоурожайных сортов растений, характеризующихся соматическим гетерозисом [59]. Шпинат является диплоидным видом (2n=12) [60]. Еще в 1962 году экспериментальным путём было доказано, что полиплоиды шпината превосходили диплоиды по таким характеристикам как, размер листа и количество сухого вещества [61]. Полиплоидные образцы характеризовались более поздним началом цветения, большим процентом однодомных и женских растений. Оработку метода получения полиплоидов провели иранские исследователи в 2017 году, они дали рекомендации по индуцированию полиплоидии колхицином, трифлураллином и оризалином [62].

Исторически массовый и повторный отбор, возвратное скрещивание были наиболее часто используемыми методами в селекции шпината. Интерес к получению гибридов стимулировал использование таких методов, как парное скрещивание отдельно пестичных и тычиночных растений. Явление реверсии пола способствовало повсеместному переходу на гибридную селекцию шпината и помогло снизить стоимость гибридных семян. Суть метода заключается в особенности женских растений шпината, у которых при цветении без опылителя индуцируется развитие тычиночных цветков. Несколько циклов процедуры самоопыления позволяют получать выровненные пестичные линии – компонент для гибридизации.

Селекция на скороспелость, устойчивость к раннему стрелкованию и урожайность, пригодность к машинной уборке успешно ведется во многих странах. Большое внимание уделяют селекционеры и биохимическому составу шпината: созданию сортов с низкой степенью аккумуляции нитратов и оксалатов, высоким содержанием лютеина [63], фенольных элементов [64].

Коллекция шпината ВИР

По данным Европейского поискового каталога генетических ресурсов растений EURISCO [65] в генетических банках и институтах мира зарегистрировано 1488 образцов шпината (коллекция шпината ВИР в эту базу не включена). Наибольшее количество (427 образцов) содержится в Центре генетических ресурсов Нидерландов Wageningen. Коллекция Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова на сегодняшний день включает 744 образца шпината и является самой большой в мире (рис. 2). По видовому составу 91% коллекции ВИР представлен видом *S. oleracea* L., 8% – *S. turkestanica* Jlin. и 1% – *S. tetrandra* Stev. (рис. 3).

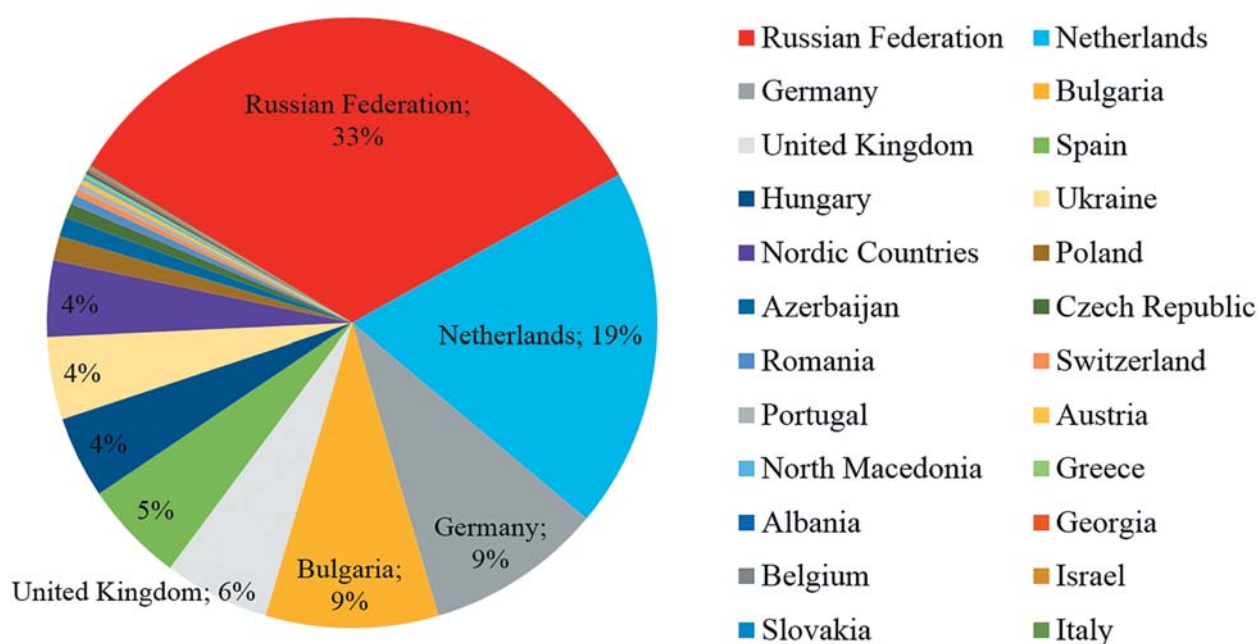


Рис. 2. Мировые коллекции зародышевой плазмы шпината
Fig. 2. World collections of spinach germplasm

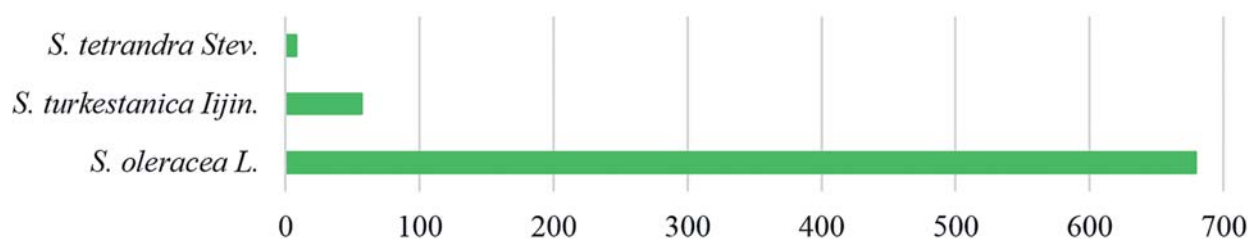


Рис. 3. Видовой состав шпината коллекции ВИР
Fig. 3. Species composition of spinach in the VIR collection

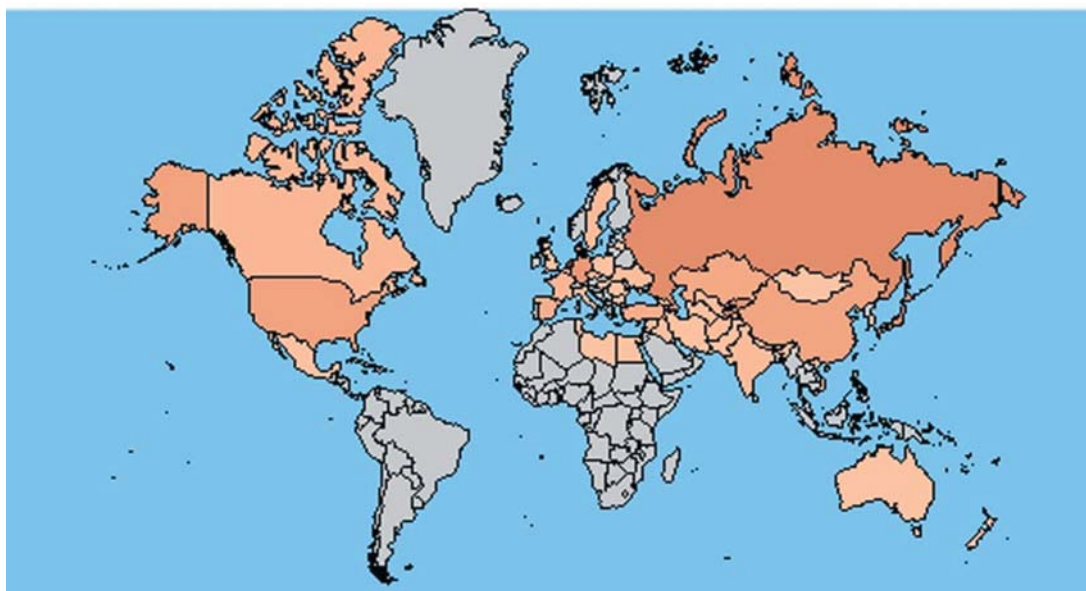


Рис. 4. Разнообразие стран происхождения шпината в коллекции ВИР (оттенки коричневого)
Fig. 4. Diversity of spinach origin countries in the VIR collection (shades of brown)

Происхождение образцов охватывает 49 стран (рис. 4). Наибольшее количество получено из Нидерландов, России и Японии. Первые сорта поступили в коллекцию в 1934 году от европейских компаний «Benary», «Haage & Schmidt», «Vilmorin», «Stenger & Rotter», «Sutton's», а также от ученых-селекционеров из Германии и Японии. В это же время в результате экспедиционных сборов коллекция начала попол-

няться местными популяциями Восточного подвида шпината из Афганистана и Малой Азии.

Дальнейшее пополнение коллекции происходило за счет экспедиционных сборов, материалов селекционных институтов и генетических банков, а также от частных селекционеров. Самый большой пик по включению новых образцов пришёлся на 2013-2014 года (рис. 5).

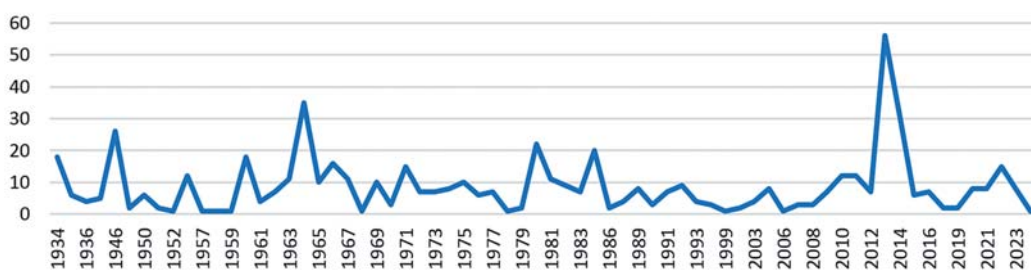


Рис. 5. Динамика пополнения коллекции шпината в ВИР по годам
Fig. 5. Dynamics of replenishment of the spinach collection at VIR by years

Сотрудник ВИР Гиренко М.М. на основании ботанической классификации, происхождения и анатомо-морфологических характеристик сгруппировала образцы коллекции шпината по разновидностям и сортотипам [30]. Восточный подви́д разделен ею на две разновидности: полукультурный (var. *subspontanea*) и раскидистый (var. *patula*), западный – на морщинистолистный (var. *rugosa*) и пузырчатолистный (var. *bullata*) (табл. 1). Внутри каж-

дой разновидности выделены сорто́типы. Данной классификацией ВИР пользуется при описании анатомо-морфологических характеристик образцов для их идентификации (рис. 6).

Изучение потенциала генетических ресурсов шпината имеет важное значение для создания «признаковых коллекций» в ВИР по наиболее ценным селекционным признакам.

Таблица 1. Классификация вида *Spinacia oleracea* L. по сортотипам (по Гиренко М.М. <https://www.gbif.org/species/3758247>)
Table 1. Classification of the species *Spinacia oleracea* L. by cultivar types (according to Girenko M.M.)

<i>Spinacia oleracea</i> L.				
Подвиды	Разновидности	Сорто́типы	Географическое происхождение	Образцы в коллекции ВИР*
ssp. <i>orientalis</i> Girenko	var. <i>subspontanea</i>	нет	Индия, Непал	к-528, к-529, к-544
	var. <i>patula</i>	Переднеазиатский цельнолистный	Турция, Болгария, Азербайджан. 'Ростовский' (к-41, Россия)	к-41, к-150, к-153, к-450, к-536
		Переднеазиатский рассеченолистный	Египет, Сирия, Ирак, Северо-Западная Индия	к-527, к-533, к-534, к-535, к-526, к-632
		Гуандунский	Китайские провинции Ляонин и Гуандун	к-481, к-537, к-538
		Восточно-Китайский	Восточные провинции Китая	к-467, к-485, к-482, к-518, к-540
		Синьцзянский	Северные провинции Китая	к-496, к-497, к-498, к-543, к-541, к-953
ssp. <i>occidentalis</i> Girenko	var. <i>rugosa</i>	Голландский	Западная Европа, Северная Америка	к-14, к-194, к-329, к-303, к-330, к-361, к-368, к-413, к-422, к-473, к-523, к-696, к-698, к-749, к-805, к-819, к-882, к-886
		Исполинский	Страны Северо-Западной Европы, США	к-391, к-447, к-470, к-466
		Нобель	Нидерланды, США	к-298, к-347, к-375, к-440, к-457, к-480, к-501, к-502, к-851, к-885
		Датский	Дания	к-372, к-471, к-716
		Лорелей	Нидерланды	к-461
	var. <i>bullata</i>	Северный	Страны Северо-Западной Европы, США, Канада	к-439, к-456, к-458, к-459, к-460, к-472, к-474, к-915, к-937, к-977, вк-470, вк-1074, вк-1070
		Блюмсдельский	Нидерланды, Северная Америка	к-2, к-351, к-358, к-437, к-438, к-500, к-514, к-515, к-708, к-712, к-833, к-531, к-532, вк-760
		Савойский	Нидерланды, Германия, Северная Америка	к-356, к-374, к-389, к-512, к-578, к-914
		Виктория	Страны Западной Европы	к-411, к-479, к-575, к-626, к-966, к-515, к-799

* приведены номера каталога шпината коллекции ВИР

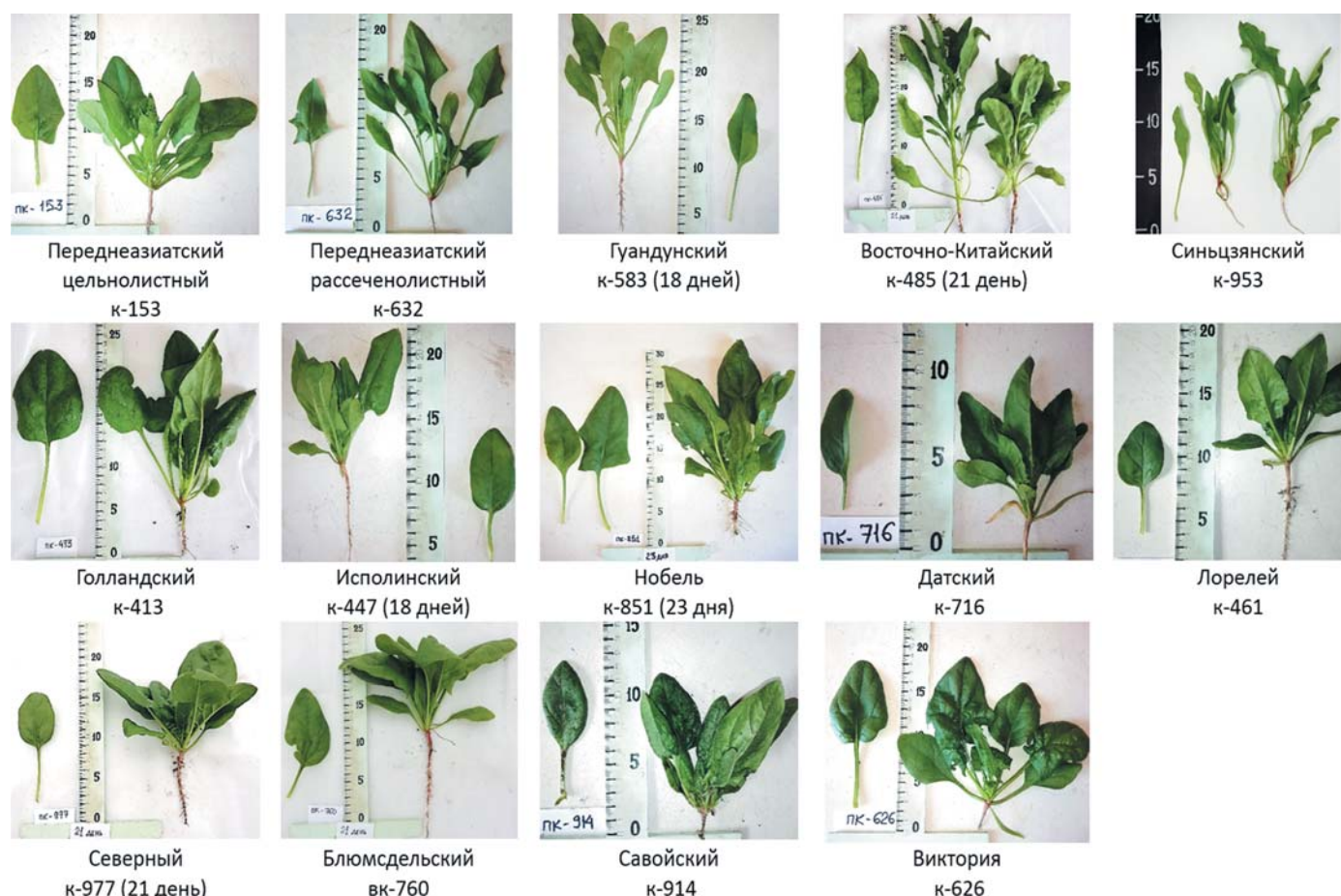


Рис. 6. Сортотипы шпината разновидностей *var. patula*, *var. rugose* и *var. bullata* из коллекции ВИР (фото авторов)
Fig. 6. Types of spinach varieties of *var. patula*, *var. rugose* and *var. bullata* from the VIR Collection (photo by the authors)

Одним из направлений изучения является установление продолжительности фенофаз и выявлении различия между образцами. Местные сорта и популяции Восточного подвида характеризуются склонностью к раннему стрелкованию. В пределах Западного подвида также неустойчивостью к стрелкованию отличаются сортотипы Голландский, Исполинский и Савойский. В целом, отмечены более устойчивы к израстанию сорта Западного подвида американского и европейского происхождения: сортотипы Нобель, Датский, Северный и Блюмсдельский.

Изучение продуктивности культуры в трехлетних эколого-географических испытаниях проводится на опытных станциях ВИР в течение длительного времени. Оценка генотипов под влиянием различных абиотических факторов важна для выделения урожайных образцов для конкретных условий среды. В результате сформирована группа высокоурожайных образцов, определена их пластичность и широта ареала выращивания.

Холодостойкость шпината изучается в условиях Полярной опытной станции ВИР [66]. Выделены наиболее холодостойкие, скороспелые и урожайные образцы: 'Osnabrucker rundsamiger' (пк-522, Германия), 'Уличная тобья' (пк-524, Китай) и 'Таб-ндиб-нпо' (пк-538, Китай).

Оценка полового диморфизма в популяциях показала, что для генотипов Восточного подвида не характерны однодомные формы, которые чаще встречаются

среди Западного подвида. Испытание образцов при различных сроках посева выявило общую тенденцию: с уменьшением длины светового дня содержание в популяциях гиноэцичных фенотипов увеличивается (в среднем с 50 до 87%) [67]. Отмечены образцы с преобладанием женских типов растений в популяциях: 'Epinaud monstrueux' (к-843, Франция), 'Smarald' (к-723, Румыния), 'Муфлон F₁' (к-931, Россия) и 'Боа F₁' (к-932, Нидерланды).

Проведено сравнительно изучение биохимического состава листовой биомассы у образцов видов *S. oleracea* L. и *S. turkestanica* Iljin. [6]. Оценка биохимических показателей выявила значительное сходство двух видов по содержанию белка, пигментов, аскорбиновой кислоты, сухого вещества. Отмечена отрицательная корреляция содержания сахаров и белка. Определено, что антиоксидантная активность шпината детерминруется главным образом пигментным составом – хлорофиллами и каротиноидами, а также фенольными соединениями. Нами выявлены существенные различия между видами в содержании фенольных элементов, обуславливающих повышенную антиоксидантную и антирадикальную активность у вида *S. turkestanica*. Для селекции на высокое содержание фенольных элементов рекомендованы образцы 'Gb. 25784' (к-941, Нидерланды) вида *S. oleracea* (750,0 мг-экв ГК/100г) и образцы вида *S. turkestanica* Iljin. из Армении (вк-935) 656,5 мг-экв ГК/100г и Таджикистана – 604,3 мг-экв ГК/100г (к-942).

Закключение

Индустриальные способы производства сельскохозяйственной продукции требуют применения сортов и гибридов шпината, обладающих высокой урожайностью и рядом характеристик, обеспечивающих высокую экономическую эффективность.

Генетическое разнообразие культуры - потенциал для селекционного использования и активного изучения в свете современных знаний и технологий. Собранная в ВИР коллекция шпината, имеющая 90-летнюю историю, уникальна своим происхождением и разнообразием. В коллекции имеются генетические источники по большин-

ству известных генов, созданы признаковые группы по всем наиболее важным направлениям селекции. В результате многолетнего всестороннего изучения коллекции шпината выделены генотипы, рекомендуемые для включения в селекционные схемы.

Подытоживая обзор мировой Коллекции шпината ВИР, нужно подчеркнуть, что сохраняемый в институте разнообразный хорошо изученный генотип культуры способен предоставлять неограниченные возможности для селекции, что поможет обогатить рацион населения такой питательной и полезной листовой культурой, как шпинат.

• Литература /References

1. Roberts J.L., Moreau R. Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food & Function*. 2016;7(8):3337–3353. <https://doi.org/10.1039/c6fo00051g>
2. Mukhanova Yu.I., Trebukhina K.A. Expand assortment. Potato and vegetables. 1987;1:23-25. (In Russ.)
3. Pivovarov V.F. Vegetables of Russia. Moscow: Russian seeds. 1994. (In Russ.)
4. Shivrina A.N. Biochemistry of spinach, sorrel, rhubarb. In the book: Biochemistry of vegetable crops. Moscow. 1961. p.304-324 [ed. by I. Ermakov, V. V. Arasimovich] https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_005943653/ (date of access: 14.01.2025)
5. Pokrovsky A.A. Chemical composition of food products. Moscow, 1976. P.76-77. (ed. by M.F. Nesterin, I.M. Skurikhin) https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_2234586/ (15.01.2025)
6. Sokolova D.V., Solovieva A.E. Characterization of the biochemical composition and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. and *Spinacia turkestanica* Iljin.: a comparative study. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):23-29. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-23-29>
7. Longnecker M.P., Newcomb P.A., Mittendorf R., Greenberg E.R., Willett W.C. Intake of carrots, spinach, and supplements containing vitamin A in relation to risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 1997;6(11): 87–892.
8. Wang R., Furumoto T., Motoyama K., Okazaki K., Kondo A., Fukui H. Possible Antitumor Promoters in *Spinacia oleracea* (Spinach) and Comparison of their Contents among Cultivars. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2002;66(2):248–254. <https://doi.org/10.1271/bbb.66.248>
9. Kuriyama I., Musumi K., Yonezawa Y., Takemura M., Maeda N., Iijima H., ... Mizushima Y. Inhibitory effects of glycolipids fraction from spinach on mammalian DNA polymerase activity and human cancer cell proliferation. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2005;16(10):594–601. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2005.02.007>
10. Maeda N., Matsubara K., Yoshida H., Mizushima Y. Anti-cancer Effect of Spinach Glycolipids as Angiogenesis Inhibitors Based on the Selective Inhibition of DNA Polymerase Activity. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2011;11(1):32–38. <https://doi.org/10.2174/138955711793564042>
11. Sidorova Y.S., Petrov N.A., Shipelin V.A., Mazo V.K. Spinach and quinoa - prospective food sources of biologically active substances. *Voprosy Pitaniia*. 2020;89(2):100-106. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10020> (In Russ.)
12. Ryder E.J. Spinach. Leafy Salad Vegetables. 1979. 195–227. https://doi.org/10.1007/978-94-011-9699-4_6
13. Morelock T.E., Correll J.C. Spinach. In: Vegetables I. Handbook of plant breeding. (ed. by Prohens J., Nuez F.). Springer, New York. 2008. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4_6
14. Bergquist S.Å.M., Gertsson U.E., Nordmark L.Y.G., Olsson M.E. Ascorbic Acid, Carotenoids, and Visual Quality of Baby Spinach as Affected by Shade Netting and Postharvest Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007;55(21):8444–8451. <https://doi.org/10.1021/jf070396z>
15. Li L.H., Lee J.C.-Y., Leung H.H., Lam W.C., Fu Z., Lo A.C.Y. Lutein Supplementation for Eye Diseases. *Nutrients*. 2020;12(6):1721. <https://doi.org/10.3390/nu12061721>
16. Murray I.J., Makridaki M., van der Veen R.L.P., Carden D., Parry N.R.A., Berendschot T.T.J.M. Lutein Supplementation over a One-Year Period in Early AMD Might Have a Mild Beneficial Effect on Visual Acuity: The CLEAR Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2013;54(3):1781. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-10715>
17. Manayi A., Abdollahi M., Raman T., Nabavi S.F., Habtemariam S., Daglia M., Nabavi S.M. Lutein and cataract: from bench to bedside. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2015;36(5):829–839. <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1049510>
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAOSTAT, 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (date of access: 14.01.2025)
19. Deleuran L.C. Innovation in vegetable seed production and the role of consumers in the organic and conventional babyleaf chains: The case of Denmark. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2010;26(02):149–160. <https://doi.org/10.1017/s1742170510000530>
20. State Register for Selection Achievements Admitted for Usage. 2024. <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php> (date of access: 14.01.2025). (In Russ.)
21. Rubatzky V.E., Yamaguchi M. Spinach, Table Beets, and Other Vegetable Chenopods. In *World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values*. Springer, 1997:457-473. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6015-9_21
22. Dekandol' A. Place of origin of cultivated plants: Translation from the 2nd fr. ed. with add. according to later sources. Dr. Chr. Gobi, prof. St. Petersburg. university (ed.). St. Petersburg: K. Ricker, 1885:96-98. (in Russian) https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003599056/ (date of access: 14.01.2025)
23. Hu J., Mou B., Vick B.A. Genetic diversity of 38 spinach (*Spinacia oleracea* L.) germplasm accessions and 10 commercial hybrids assessed by TRAP markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2007;54(8):1667–1674. <https://doi.org/10.1007/s10722-006-9175-4>
24. Hallavant C., Ruas M.-P. The first archaeobotanical evidence of *Spinacia oleracea* L. (spinach) in late 12th–mid 13th century a.d. France. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2013;23(2):153–165. <https://doi.org/10.1007/s00334-013-0400-8>
25. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2003;141(4):399–436. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8339.2003.t01-1-00158.x>
26. Girenko M.M. Variability of plant sex in different varieties of spinach. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1962;35(1):74-78 (In Russ.)
27. Fujito S., Takahata S., Suzuki R., Hoshino Y., Ohmido N., Onodera Y. Evidence for a common origin of homomorphic and heteromorphic sex chromosomes in distinct *Spinacia* species. *Genes|Genomes|Genetics*. 2015;5:1663–1673. <https://doi.org/10.1534/g3.115.018671>
28. Xu C., Jiao C., Sun H., Cai X., Wang X., Ge C., ... Wang Q. Draft genome of spinach and transcriptome diversity of 120 *Spinacia* accessions. *Nature Communications*. 2017;8:15275. <https://doi.org/10.1038/ncomms15275>
29. Simoons F.J. Food in China. A Cultural and Historical Inquiry. CRC Press, Boston. 1990
30. Girenko M.M. Initial material for breeding of leafy green crops in the northwestern zone of the USSR (spinach, lettuce, dill) [dissertation]. Leningrad; 1965. <https://search.rsl.ru/ru/record/01000786532>
31. Shi A., Qin J., Mou B., Correll J., Weng Y., Brenner D., ... Ravelombola W. Genetic diversity and population structure analysis of spinach by single-nucleotide polymorphisms identified through genotyping-by-sequencing. *PLOS ONE*. 2017;12(11):e0188745. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188745>

32. Khattak J.Z.K., Torp A.M., Andersen S.B. A genetic linkage map of *Spinacia oleracea* and localization of a sex determination locus. *Euphytica*. 2006;148:311–318. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-9031-1>
33. Sneepe J. The present position of spinach breeding. *Euphytica*, 1958a;7(1):1–8. <https://doi.org/10.1007/bf00037858>
34. Komai F., Masuda K. Plasticity in sex expression of spinach (*Spinacia oleracea*) regenerated from root tissues. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 2004;78:285–287. <https://doi.org/10.1023/B:TICU.0000025665.74491.1e>
35. Pandey S.C., Kalloo G. Spinach. Genetic Improvement of Vegetable Crops. 1993;325–336. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-040826-2.50027-8>
36. Mikhov A.S., Alipieva M. Practical vegetable growing. Moscow. Kolos. 1980. (In Russ.)
37. Ribera A., Bai Y., Wolters A.-M. A., van Treuren R., Kik C. A review on the genetic resources, domestication and breeding history of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Euphytica*. 2020;216(3). <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02585-y>
38. Vilmorin-Andrieux. Description des Plantes Potage`res. Vilmorin Andrieux & Cie. 1855. Paris, pp. 127–130. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k10250876/f5.item>
39. Vilmorin-Andrieux. Les Plantes Potage`res. Vilmorin Andrieux & Cie. 1883. Paris, pp. 202–206. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9641303z/f9.image.textel%20image>
40. Gibault G. Histoire des légumes. Paris: Librairie Horticole. 1912. pp 81–88. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6422705t/f5.item>
41. Smith L.B. Breeding mosaic resistant spinach and notes on malnutrition. *Bulletin. Virginia Truck Experiment Station*. 1920;31:137–160
42. Cook H.T., Nugent T.J., Paris G.K., Porter R.P. Fusarium wilt of spinach and the development of wilt resistant variety. *Va. Truck Exp. Sta*. 1947;110:1810–1820.
43. Sherbakoff C.D. Breeding for resistance to Fusarium and Verticillium wilts. *The Botanical Review*. 1949;15(6):377–422. <https://doi.org/10.1007/bf02861698>
44. Sneepe J. The breeding of hybrid varieties and the production of hybrid seed in spinach. *Euphytica*. 1958;7(2):119–122. <https://doi.org/10.1007/bf00035724>
45. Jones R.K. Occurrence of race 3 of *Peronospora effusa* on spinach in Texas and identification of sources of resistance. *Plant Disease*. 1982;66(1):1078. <https://doi.org/10.1094/PD-66-1078>
46. Thompson A.E. The extent of natural crossing in inbred monoecious spinach lines. *Proceedings. American Society for Horticultural Science*. 1954;64:405–09.
47. Thompson A.E. The extent of hybrid vigor in spinach. *Proceedings. American Society for Horticultural Science*. 1956;67:440–4.
48. Smith P.G., Zahara M.B. New spinach immune to mildew: hybrid variety developed by plant breeding program intended for use where Viroflay is adapted, produces comparable yield. *Hilgardia*. 1956;10(7):15–15.
49. Zink F.W., Smith P.G. A second physiological race of spinach downy mildew. *Plant Disease*. 1958;42:818.
50. Smith P.G., Webb R.E., Millett A.M., Luhn C.H. Downy mildew on spinach: a second race of fungus has been found on Califlay variety in the coastal valley area of California. *California Agriculture* 1961;15(10):5–5. <https://californiaagriculture.org/article/113287> (date of access: 14.01.2025)
51. Eenink A.H. Linkage in *Spinacia oleracea* L. of two racespecific genes for resistance to downy mildew *Peronospora farinosa* f. sp. *Spinaciae* Byford. *Euphytica* 1976;25:713–715. doi.org/10.1007/bf00041610
52. Jones R.K., Dainello F.J. Occurrence of race 3 of *Peronospora effusa* on spinach in Texas and identification of sources of resistance. *Plant Disease*. 1982;66:1078–1079. <https://doi.org/10.1094/PD-66-1078>
53. Correll J.C., Morelock T.E., Black M.C., Koike S.T., Brandenberger L.P., Dainello F.J. Economically important diseases of spinach. *Plant Disease*. 1994;78:653–660.
54. Feng C., Saito K., Liu B., Manley A., Kammeijer K., Mauzey S. J., ... Correll J. C. New Races and Novel Strains of the Spinach Downy Mildew Pathogen *Peronospora effusa*. *Plant Disease*. 2018;102(3):613–618. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-17-0781-re>
55. The International Spinach Database (ISDB), Available online: https://ecpgr.cgn.wur.nl/lvintro/spinach/con_spec.htm (date of access: 14.01.2025)
56. Van Treuren R., Coquin P., Lohwasser U. Genetic resources collections of leafy vegetables (lettuce, spinach, chicory, artichoke, asparagus, lamb's lettuce, rhubarb and rocket salad): composition and gaps. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2012;59(6):981–997. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9738-x>
57. Van Treuren R., de Groot L., Hisoriev H., Khassanov F., Farzaliyev V., Melyan G., Gabrielyan I., van Soest L., Tulmans C., Courand D., de Visser J., Kimura R., Boshoven J.C., Janda T., Goossens R., Verhoef M., Dijkstra J., Kik C. Acquisition and regeneration of *Spinacia turkestanica* and *S. tetrandra* Steven ex M. Bieb. to improve a spinach gene bank collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00792-8>
58. Qian W., Feng C.D., Zhang H.L., Liu W., Xu D.H., Correll J.C., Xu Z.S. First report of race diversity of the spinach downy mildew pathogen, *Peronospora effusa*, in China. *Plant Disease*. 2016;100:1248. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-15-0847-PDN>
59. Sattler M.C., Carvalho C.R., Clarindo W.R. The polyploidy and its key role in plant breeding. *Planta*. 2015;243(2):281–296. <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2450-x>
60. Ito M., Ohmido N., Akiyama Y., Fukui K., Koba T. Characterization of spinach chromosomes by condensation patterns and physical mapping of 5S and 45S rDNAs by FISH. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2000;125(1):59–62. <https://doi.org/10.21273/JASHS.125.1.59>
61. Bragdo M. Breeding of polyploid spinach. *Euphytica*. 1962;11:143–148 <https://doi.org/10.1007/BF00033786>
62. Roughani A., Miri S.M., Kashi A.K., Khiabani B.N. Increasing the ploidy level in spinach (*Spinacia oleracea* L.) using mitotic inhibitors. *Plant cell biotechnology and molecular biology*. 2017;18(3–4):124–130.
63. Murphy J.B., Morelock T.E. Spinach breeding program yields lines containing high levels of carotenoid antioxidants. In: Richardson M.D., Clark J.R. (eds) *Horticultural studies, research series*. 2000; 475. University of Arkansas, Fayetteville, pp 36–39.
64. Howard L.R., Pandjaitan N., Morelock T., Gil M.I. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Spinach As Affected by Genetics and Growing Season. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002;50(21):5891–5896. <https://doi.org/10.1021/jf020507o>
65. EURISCO. European Search Catalogue for Plant Genetic Resources. https://euriscope.ipk-gatersleben.de/apex/euriscope_ws/r/euriscope/cropsearchresult?p17_crop=spinach&p17_se=N (дата обращения 15.01.2025)
66. Sokolova D.V., Zaretsky A.M. Study of genetic resources of representatives of the amaranth family (Amaranthaceae Juss.) at the Polar Experimental Station of VIR. Abstracts of reports. Series "Northern agriculture. Issue 1". VIR. 2023. <https://doi.org/10.30901/978-5-907145-97-9> https://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2023/09/Severnoe-zemledelie_Ovoshnye-kultury_nauchnyj-seminar-v-ramkah-100-letiya-severnogo-zemledeliya-posvyashchennyj-90-letiyu-sodnya-rozhdeniya-L.-V.-Sazonovoj_2023.pdf (date of access: 14.01.2025) (In Russ.)
67. Kiselev E.G., Sokolova D.V. Study of the VIR spinach collection for early maturity and sex divergence in ontogenesis at different sowing dates in the conditions of the North-West region of the Russian Federation. Abstracts of the Conference "VIR - 130: Plant Genetic Resources". 2024. (In Russ.)

Об авторах:

Евгений Геннадьевич Киселев – аспирант Отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур ВИР, <https://orcid.org/0009-0008-1164-6030>

Диана Викторовна Соколова – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур, куратор коллекции свеклы и амаранта, SPIN-код: 8790-1768, <https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>, автор для переписки, dianasokol@bk.ru

About the Authors:

Evgenii G. Kiselev – Postgraduate Student of the Department of Genetic Resources of Vegetable and Melon Crops of VIR, <https://orcid.org/0009-0008-1164-6030>

Diana V. Sokolova – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Vegetable and Melon Crops, Curator of the Beet and Amaranth Collection, SPIN-code: 8790-1768, <https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>, Corresponding Author, dianasokol@bk.ru