
03.02.14 – БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ 03.02.14 – BIOLOGICAL RESOURCES

УДК 58.002:58.006:502.75
DOI 10.18413/2658-3453-2021-3-1-74-86

Комплементарные методы изучения ресурсных видов растений в полевых и стационарных условиях

К.Г. Ткаченко

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН,
Россия, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2
E-mail: kigatka@rambler.ru

Аннотация. Определение естественных запасов ресурсных видов и возможности их культивирования актуально для России в целях обретения независимости от импорта растительной продукции. Выявление, сохранение, воспроизводство растительных организмов *ex situ* возможно при постоянном мониторинге как в местах их естественного произрастания, так и в условиях первичного культивирования. Для сохранения растений в контролируемых условиях *in situ* и последующей их репатриации в места естественного произрастания необходимо уделять больше внимания методическим и методологическим вопросам. Комплексное изучение роста и развития, особенностей биологии вида необходимо начинать с исследований процессов превегетации (преадаптации), латентного периода, а также антэкологии; определять семенную продуктивность и качество репродуктивных диаспор (плодов и семян), продуктивность сырьевой массы (надземной, подземной – в зависимости от используемой части растений). Комплекс полученных данных является базой для последующего анализа экспериментальных результатов, позволяющих оценивать реакцию растений на эдафические, климатические условия произрастания в природе, а также на применяемые агротехнические приёмы в условиях контролируемого выращивания. Предложены комплементарные методы и подходы к разностороннему изучению растений как в полевых, так и в стационарных условиях. Полученные данные могут быть использованы для разработки эффективных путей сохранения, возобновления ресурсов полезных, в том числе редких и исчезающих, растений не только на региональном, но и на уровне страны в целом.

Ключевые слова: превегетация, преадаптация, антэкология, плоды, семена, редкие, исчезающие, лекарственные, декоративные, *ex situ*, *in situ*, воспроизводство, онтогенез, рентгеновский анализ семян.

Для цитирования: Ткаченко К.Г. 2021. Комплементарные методы изучения ресурсных видов растений в полевых и стационарных условиях. *Полевой журнал биолога*, 3 (1): 74–86. DOI: 10.18413/2658-3453-2021-3-1-74-86

Поступила в редакцию 10 марта 2021 года

Complementary Methods for Studying Resource Plant Species in Field and Stationary Conditions

Kirill G. Tkachenko

V.L. Komarov Botanical Institute of RAS,
2 Professora Popov St, Saint-Petersburg, 176376, Russian Federation
E-mail: kigatka@rambler.ru

Abstract. Determining the natural reserves of resource species and the possibility of their cultivation is important for Russia in order to gain independence from the import of plant products. Revealing, preservation, reproduction of living organisms *ex situ* is possible with constant monitoring both in places of natural growth and under conditions of primary cultivation. For the conservation of plants *in situ* under controlled conditions and their subsequent repatriation to places of natural growth, it is necessary to pay more attention to this issue. The necessity, importance, significance and relevance of a comprehensive study of the characteristics of plant growth and development are discussed. The study of the peculiarities of the biology of the species must begin with the study of the features of the prevalence and the latent period. It is imperative that research should focus on the study of the features of antecology. Determine the seed productivity and the quality of reproductive diaspores (fruits and seeds), as well as the productivity of the raw material (aboveground, underground – depending on the part of plants used). The complex of the obtained data is the basis for the subsequent analysis of the collected experimental results, which make it possible to evaluate the response of plants to edaphic, climatic conditions of growth in nature, as well as to the applied agrotechnical methods in conditions of controlled cultivation. Complementary (mutually complementary) methods and approaches to a versatile study of plants both in field and stationary conditions are proposed. The data obtained can be used to develop effective ways of preserving, renewing resources of useful (including resource, rare and endangered) plants not only at the regional level, but also in our country as a whole.

Key words: prevegetation, preadaptation, antecology, fruits, seeds, rare, endangered, medicinal, decorative, *ex situ*, *in situ*, reproduction, ontogenesis, X-ray analysis.

For citation: Tkachenko K.G. 2021. Complementary Methods for Studying Resource Plant Species in Field and Stationary Conditions. *Field Biologist Journal*, 3 (1): 74–86. (In Russian.) DOI: 10.18413/2658-3453-2021-3-1-74-86

Received March 10, 2021

Введение

Часто исследователи, особенно начинающие, в силу разных объективных или субъективных обстоятельств не обращают внимания на так называемые «мелочи» при изучении особенностей онтогенеза ресурсных или полезных растений. Очень часто многие важные методические вопросы «жизни растений» по разным причинам не учитываются. Во избежание грубых ошибок и получения недостоверных данных, необходима подробная методическая проработка программ исследований для облегчения авторам возможности провести обобщения, сделать выводы и сформулировать практические рекомендации.

Цель представленного обзора – обратить внимание исследователей на необходимость организации продуманной, выверенной программы по изучению особенностей биологии ресурсных растений, дать методические и методологические рекомендации по организации исследовательских работ с ресурсными растениями в условиях *in situ* и *ex situ*.

Общие рекомендации по организации исследовательских работ с ресурсными растениями

На начальных этапах исследовательских работ по выявлению и сохранению потенциально ценных, а также редких и исчезающих видов растений *in situ* можно воспользоваться экосистемным подходом. Он включает в себя их сохранение через детальное изучение отдельных биогеоценозов или их участков. Исследования можно проводить и на популяционно-видовом уровне, анализируя распространение и состояние популяций с участием отдельных видов. По возможности следует применять организменный и территориальный методы изучения.

При отборе же исходного материала для последующего интродукционного изучения *ex situ* следует учитывать еще и внутривидовую, внутривидовую, внутривидовую, экологическую, географическую изменчивость растений. Наличие полиморфизма в популяциях (как естественных, так и искусственных или в агроценозах) позволяет проводить отбор образцов по самым разным ценным признакам [Демидов, Потапова, 2008; Пересторонина, Савиных, 2008; Ишмуратова, Ткаченко, 2009; Dumacheva et al., 2017, 2018a, 2018b; Cherniavskih et al., 2019a, 2019b].

Этап сбора данных начинается со сбора материала (плодов и семян) в полевых условиях. Объем собранных репродуктивных диаспор должен быть достаточен для организации и проведения продолжительных и семяноёмких опытов, как полевых, так и лабораторных. При этом репродуктивные диаспоры – плоды и семена (мерикарпии, зерновки, эремы, костянки, семянки, крылатки, орешки и др.) условно называем семенами.

В полевых и стационарных условиях обязательно проводить определение семенной (потенциальной, условно-реальной, реальной) продуктивности. При этом в стационарных условиях (по возможности) продуктивность растений (семенную, сырьевую) необходимо учитывать ежегодно. Методические подходы к организации и проведению этих исследований описаны в классических работах М.К. Фирсовой [1969], Е.А. Ходачек [1978, 2000], Р.Е. Левиной [1981, 1987], В.Ф. Войтенко [1993], Е.В. Тюриной [1979] и в трудах наших современников – М.М. Кривошеевой с соавторами [2014], В.П. Печеницыной с соавторами [2019] и др.

Важным этапом является сбор, чистка и организация хранения семян. Общее число семян, необходимое каждый год для работы, должно составлять несколько тысяч (например, для мелких семян – от 50 до 100 грамм). Репродуктивные диаспоры (плоды и семена) следует хранить в холодильниках или термостатах при температуре +4 °С (от 0 до +10 °С) или в холодильной камере при –18 °С. Общее число собранных семян должно позволять проводить экспериментальные работы по оценке лабораторной (а при возможности – и полевой) всхожести на протяжении нескольких лет. Все собранные семена должны быть расфасованы по маленьким пакетам (например, по 100 штук), и часть из них может быть оставлена на длительное хранение (от 1 года и более) для выяснения сохранения всхожести в разных контролируемых условиях (например, при разных температурах, разной влажности). В случае невозможности организации особых условий хранения, следует хранить семена в прохладном тёмном помещении.

Непосредственная работа с семенами (диаспорами) начинается с разделения собранного материала по фракциям. Это достаточно просто сделать, например, на почвенных ситах с ячейками разного диаметра [Ишмуратова, Ткаченко, 2009].

Для характеристики репродуктивных диаспор каждого вида необходимо проводить их морфологическое описание с учётом положений и терминологии, приведенных в «Атласах по описательной морфологии...» А.А. Федорова и З.Т. Артюшенко [Артюшенко, Федоров, 1986; Артюшенко, 1990]. Описательная морфология должна отражать форму, размеры и цвет семян. При этом рекомендуется делать разбор по степени их зрелости и положению в соцветии(ях). При описании цвета желательнее использовать международные классификаторы по цветовой гамме.

В опытах полевых (по возможности) и стационарных (обязательно) следует изучать особенности анэкологии каждого вида, выявлять ритмику открытия цветка: длительность прохождения мужской и женской фазы цветения, с момента готовности рыльца воспринимать пыльцу. Отмечать динамику распускания цветков в соцветии, на побеге, на особи, так как в зависимости от возраста растений сроки и длительность как прохождения фаз, так и периода цветения цветка и соцветия могут быть разными [Демьянова, 2010; Чернявских, Глубшева, 2020].

Известно, что на растении формируются плоды и семена разного качества (гетерокарпия и гетероспермия). Разнокачественность бывает структурная и физиолого-биохимическая, которая выражается в количественных (биометрических параметрах – размеры, масса) и качественных (скульптура поверхности, окраска, форма рубчика, мощность слоев семенной кожуры) признаках [Войтенко, Опарина, 1985; Артюшенко, Федоров, 1986; Макрушин, 1989; Соболев, 1989; Войтенко, 1993; Меликян, Девятов, 2001; Ткаченко, 2020].

Разнокачественность плодов и семян определяется способом образования спорофита, положением завязи в семязачатке; положением семени в пределах соцветия; порядком соцветия на генеративном побеге (главное, первое и далее), положением на растении; типом (формой) соцветия; половым типом цветка (собственно женский, функционально женский, обоеполюй); типом распускания цветков в соцветии (центростремительный, центробежный); положением в плоде (краевое, центральное); погодными условиями в момент цветения-опыления и созревания плодов и семян [Войтенко, Опарина, 1985; Войтенко, 1993; Ишмуратова, Ткаченко, 2009; Ткаченко, 2009].

Циклические, ежегодные, наблюдения показывают, что семена в зависимости от условий года могут различаться по своим биометрическим показателям и качеству [Ткаченко и др., 2016]. При этом неоднократно отмечено, что семена одного и того же вида, собранные в один год, но от растений, произрастающих в разных почвенно-климатических условиях и значительно удалённых географических точках, имеют разные значения всхожести.

Наличие у растений гетерокарпии и/или гетероспермии необходимо рассматривать как элемент стратегии, направленной на поддержание возрастной и жизненной полноты ценопопуляций. Морфологически дифференцированные семена (плоды) имеют отличия в темпах реализации онтогенеза (скорости прохождения возрастных, особенно начальных состояний виргинильного периода) выросших из них особей [Ишмуратова, Ткаченко, 2009]. Причины формирования гетерокарпии и гетероспермии кроются в том числе во влиянии превегетации и/или преадаптации материнских растений на образуемые плоды и семена и проявляются в ритмах роста и развития особей нового поколения [Гуревич, 2002, 2012; Ткаченко, 2020].

Важным показателем качества семян является их жизнеспособность. Определение жизнеспособности можно проводить с помощью трифенилтетразолия хлорида или других красителей, работающих на активные и «живые» ферменты. Но при использовании этого метода семена необходимо разрезать, что приводит к полной потере семенного материала. Однако в настоящее время возможно определять качество семян с помощью рентгеноскопии. Это позволяет сохранить семена и проводить дальнейшие определения с каждым конкретным семенем, зная степень развитости его зародыша и эндосперма [Chen, Sun, 1991; Simak, 1991; Liu et al., 1993; Gao et al., 2010; Flores et al., 2011; Yahaya et al., 2014; Грязнов и др., 2017; Ткаченко и др., 2018, 2019, 2020].

Определение всхожести семян проводят в чашках Петри в лабораторных условиях [Фирсова, 1969; Ишмуратова, Ткаченко, 2009]. При этом желательно расширить исследования по особенностям прорастания, а именно, проводить проращивание в контролируемых условиях: в термостате при определённых и задаваемых параметрах и периодичности воздействия температуры и освещённости. Наличие или отсутствие света и диапазона температур для прорастания семян отдельных видов, возможно, будет решающим. Постановка семян на прорастание по возможности должна включать предварительное разделение семян

на фракции в зависимости от их местоположения в соцветии или на растении. Важно также знать, для каких видов нужно проводить стратификацию, скарификацию, промораживание, длительное промывание в воде или барботирование. Первоначальную информацию об особенностях прорастания семян различных видов можно найти в ряде справочников [Николаева и др., 1985; Ranganna, 1989; Броувер, Штелин, 2010; Flores et al., 2011].

Постановка семян на проращивание должна осуществляться ежемесячно, что позволит изучить динамику и ритм их прорастания в течение всего года, выявить волновые зависимости прорастания семян от календарных сроков (зима, весна, лето, осень). Как правило, основной (наибольший) пик для большинства видов циркумполярной области приходится на весну, второй пик может появляться в конце лета, начале осени. Также важно учитывать влияние сроков и условий хранения семян до начала их проращивания, данные о превегетации материнских растений, которые могут сказываться на ритмах прорастания семян.

Рекомендации по созданию и изучению коллекций

Создание ботанических коллекций (разных групп полезных, декоративных, редких) растений должно сопровождаться формированием родовых комплексов. Изучение в локальных условиях выращивания позволяет проводить разносторонние ботанические исследования в сравнительном аспекте у разных видов и образцов одного рода в идентичных почвенно-климатических условиях. Такие коллекции, включающие широкий ассортимент видов, позволяют осуществлять отбор наиболее ценных, устойчивых и высокопродуктивных из них [Ткаченко, 2006].

Среди приоритетных или стартовых исследований интродуцентов должно быть изучение особенностей их возрастных состояний (длительности пребывания в каждом, особенности малого и большого жизненных циклов), семенной продуктивности, сопряженной с возрастом растений, а также по возможности – проведение исследований в сравнительном аспекте «природа – культура» и далее «культура – природа». Обязательной должна быть всесторонняя оценка качества получаемых диаспор (плодов, семян, единиц вегетативного размножения), разработка способов повышения их продуктивности и всхожести. Эти вопросы в равной степени касаются организации исследования лекарственных, декоративных, редких и исчезающих, сокращающих ареал растений [Ткаченко, 1989, 2005, 2006; Чернявских, 2019; Чернявских и др., 2019].

Изучение индивидуального роста и развития, сезонного ритма растений должно проходить с учётом исходного (географического) происхождения и качества семян (диаспор). При анализе особенностей и длительности прохождения разных возрастных состояний рекомендуется оценивать исходную разнокачественность семян – диаспор (гетеродиаспорию). Такие исследования для каждого вида следует проводить в сравнительном аспекте – в природных ценозах и при интродукции. При этом необходимо подбирать максимально однородный материал, вплоть до закладки экспериментальных учётных площадок одной партией семян в природе и при выращивании в контролируемых условиях [Ткаченко, 1989, 2005, 2006, 2020].

Привлечение в коллекцию значительного числа образцов одного вида, но разного географического происхождения, а также разных видов одного рода позволяет выявить многие морфофизиологические реакции растений на их перенос в новые условия произрастания или культивирования. В результате наблюдений было показано, что образцы разного географического происхождения имеют неодинаковый габитус, не одновременно проходят основные фенофазы (сроки их наступления составляют от 5 до 20 дней).

Специальным направлением работы сотрудников коллекционных фондов должно быть формирование программ по охране и воспроизводству полезных растений местных флор. Необходимо как можно шире оповещать различные слои населения о том, какие редкие и исчезающие виды растут в их регионе, как можно использовать те или иные виды. При этом нужна разработка дополнительных программ школьного образования. Без правильного вос-

питания молодого поколения с развитым чувством бережного отношения к окружающей природе нам не спасти пока еще богатый ассортимент полезных растений нашей страны.

Использование питомников для проведения экспериментальных работ, накопления данных по особенностям репродуктивной биологии позволяет построить работу таким образом, чтобы она сочеталась с программой работ по изучению онтогенеза. При оценке качества исходного семенного материала, помимо определения лабораторной и грунтовой всхожести и энергии прорастания семян, следует выявлять приёмы, способствующие ускорению прорастания семян с разными типами покоя. При проведении наблюдений за особенностями развития особей можно решать вопросы их вегетативного размножения еще до того, как растения вступили в репродуктивное состояние.

Выделение образцов для последующего выращивания может быть сделано, например, по размерам семян. Достаточно просто сформировать следующие группы: общий (средний образец), крупные, средние и мелкие исходные семена; из разных частей соцветия (краевые, срединные, центральные) и разных соцветий по их положению на растении (апикальные, срединные, базальные). Эти градации необходимо выдерживать для каждой новой популяции (если таковые были собраны изначально, и если позволяют площади интродукционных питомников закладку таких посевов). Естественно, что в случае получения значительного размаха изменчивости того или иного признака число модельных особей должно быть увеличено. Ритм роста и развития коллекционных особей определяет исходное качество семян.

Особь из хорошо развитых семян быстрее проходят возрастные состояния виргинильного периода, раньше вступают в генеративный период, но и срок жизни их короче, чем у особей, развившихся из семян средних или мелких размеров, а также вида в природном ценозе. На формирование разнокачественных семян влияет местоположение цветка в соцветии и соцветия на побеге. Отмечены различия и в накоплении суммы биологически активных веществ у интродуцируемых и природных особей [Ткаченко, 1989, 2005, 2006].

Сбор данных по особенностям цветения опытных растений нужно организовывать таким образом, чтобы выявлять морфологические особенности соцветий (первого и последующих порядков); половую дифференциацию цветков (в пределах соцветия, особи, особей разного возраста и возрастного состояния); ритмику распускания и отцветания цветков в пределах особи и агропопуляции (или популяции); последовательность и длительность прохождения фаз (мужской и женской) цветения цветков разных половых типов в пределах соцветия и особи; влияние метеорологических и экологических условий на ритм цветения; динамику нектаро- и мёдопродуктивности цветков разного полового типа; видовой состав насекомых-опылителей и ритм посещения ими цветков; особенности формирования семян в разных частях соцветия и особи.

Естественным продолжением наблюдений за цветением является выявление особенностей плодоношения. При изучении семенной продуктивности растений (потенциальной и реальной) необходимо анализировать ритм плодоношения особей (с регистрацией наступления дат фаз спелости у модельных цветков, в зависимости от их местоположения в соцветии и положения соцветия на особи), проявление гетерокарпии и гетероспермии в пределах соцветия и особи. Последнее положение подразумевает анализ качественных различий – определение их размеров и массы, степени развитости зародыша и в последующем – всхожести и ритма развития нового поколения.

При проведении вышеперечисленных наблюдений рекомендуется учитывать влияние возраста и возрастного состояния особей на ритм развития нового поколения. Важно фиксировать возраст впервые зацветших особей и изменение ритма их цветения на протяжении генеративного состояния, длительность репродуктивного состояния у генеративных растений, факторы, влияющие на семенное возобновление.

Условия формирования семян в пределах соцветия и/или особи, а также конкретных популяций не одинаковы. Это приводит к значительной разнокачественности семян, которая сказывается в дальнейшем на ритме роста и развития особей нового поколения.

При отборе материала в природе для последующей интродукции важно фиксировать какие семена (их конкретное местоположение в соцветии и положение соцветия на особи) были взяты для последующей интродукционной работы. Выращивание новых экземпляров в питомниках с учётом вышесказанного позволит проследить влияние исходного положения семян на особенности прохождения ими онтогенеза и возможность (специфику) формирования новых семян.

Необходимо принимать во внимание, что в питомниках растения выращиваются в более благоприятных условиях, нежели в природе: имеют увеличенную площадь питания, высокую обеспеченность макро- и микроэлементами, отсутствуют конкурирующие виды, что определяется подготовкой почвы и прополками. Эти факторы в значительной степени способствуют ускорению прохождения возрастных состояний виргинильного периода и часто сопровождаются выпадением или резким сокращением времени пребывания в некоторых из них, быстрым переходом к генеративному периоду развития. Условия контролируемого выращивания способствуют изменению (как правило, в сторону увеличения) морфологических параметров растений, приводят к повышению продуктивности как биомассы, так и семян. Такую реакцию растений на «нарушение экологических условий произрастания» следует принимать во внимание при сравнительном анализе данных, собранных как в местах естественного произрастания вида, так и при выращивании особей в интродукционных питомниках или коллекциях.

Рекомендации по проведению полевых исследований

В полевых условиях по мере возможности необходимо придерживаться единой схемы организации исследований. Вполне естественно, что когда работа в поле только начинается, то исследователь рискует потерять (упустить) часть важного начального материала. Также вполне естественно, что в процессе работы каждый исследователь вносит свои коррективы в план и методику сбора и обработки своего конкретного материала. Поэтому в период зимней камеральной обработки собранных семян должны быть отработаны общие подходы к сбору нового исходного материала и обработке уже имеющегося.

Во время сбора материала в поле желательно сразу проводить значительную часть разборки семян по соцветиям, частям соцветия, особям и побегам и пр. Это несколько удлиняет процесс сбора и первичной обработки материала, но в будущем облегчает работу и даёт возможность получить более интересный, полноценный, разносторонний и сравнительный материал. В дальнейшем при сушке растения становятся ломкими, а при транспортировке разрушаются, и разбор семян по соцветиям и особям становится невыполнимой задачей, особенно в случае сбора общего образца.

Использование приёма, при котором каждое соцветие или единица обработки упакованы отдельно, целесообразно лишь в том случае, если исследователя интересуют тонкости семенной продуктивности и качества семян в зависимости от экологической и географической приуроченности популяций. Если же важны общие вопросы качества семян, то можно ограничиться одним общим образцом из каждой точки. В этом случае достаточно простого сбора семян с доступного числа растений в объединённый образец.

Работа коллектора в поле должна включать также учёт степени зрелости семян на растениях. Производить сбор незрелых семян, как правило, не имеет смысла. Исключением являются случаи, когда вероятность оказаться в этом месте вновь равна нулю, а исследователь имеет возможность в дальнейшем предпринять ряд мер по дозреванию и последующей стимуляции семян к прорастанию.

Сбор семян, которые уже начинают осыпаться, не даёт полной картины о семенной продуктивности и качестве образуемых семян. Однако если у исследователя есть возможность впоследствии вырастить растения из собранных семян, то перед исследователем в таких случаях стоит одна важная задача – получить образец – семена конкретного вида из конкретного места произрастания. Вся дальнейшая работа будет вестись уже только в условиях первичной интродукции.

Организовать детальный сбор наиболее точных данных по качеству семян и семенной продуктивности можно либо при длительных полевых работах в одной точке, либо в стационарных условиях.

При этом желательно в течение ряда лет проследить за особенностями ценопопуляционных взаимосвязей изучаемого вида, отметив те особи, которые в год наблюдения находятся в виргинильном периоде (то есть начинают сезон вегетации с прорастания семян). Такие растения желательно пометить для последующих наблюдений за ритмом их роста и развития. Зная исходные особенности семян, можно будет в дальнейшем давать самые разносторонние прогнозы и рекомендации по их интродукции или закладке плантаций.

Заключение

Ботанические учреждения, арборетумы и дендропарки, ботанические сады, питомники и особо охраняемые природные территории являются наиболее действенными резерватами сохранения разнообразия растений. Дополнительными центрами сохранения генетических ресурсов являются криобанки вегетативных и репродуктивных диаспор, а также карпологические коллекции, создаваемые при ряде ботанических учреждений.

Наработанные данные проводимых комплементарных экспериментальных работ по интродукционному испытанию значительного числа видов растений, многолетний накопленный фактический материал необходимо проанализировать и трансформировать в практические предложения, технический регламент для реализации планов по сохранению и воспроизводству генетических ресурсов полезных растений страны.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)», номер АААА-А18-118032890141 – 4.

Список литературы

1. Артюшенко З.Т. 1990. Атлас по описательной морфологии высших растений. Семя. Л., Наука, 204 с.
2. Артюшенко З.Т., Федоров А.А. 1986. Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод. Л., Наука, 392.
3. Броувер В., Штелин А. 2010. Справочник по семеноведению сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур с ключом для определения важнейших семян. Москва, Товарищество научных изданий КМК, 694 с.
4. Войтенко В.Ф. 1993. Гетерокарпия как комплексная научная проблема и перспективные направления ее исследования. В кн.: Проблемы репродуктивной биологии семенных растений. СПб: 36–45.
5. Войтенко В.Ф., Опарина С.Н. 1985. Гетерокарпия в семействе Boraginaceae. *Ботанический журнал*, 70 (7): 865–875.
6. Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е., Баталов К.С., Ткаченко К.Г. 2017. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества семян. *Плодоводство и виноградарство юга России*, 48 (6): 46–55.
7. Гуревич А.С. 2002. Преадаптация растений. *Известия КГТУ*, 2: 177–186.
8. Гуревич А.С. 2012. Преадаптация и морфофизиологические процессы растений. Saarbrücken, Lambert Academic Publishing, 409 с.
9. Демидов А.С., Потапова С.А. 2008. Вопросы теории и методы интродукции растений, разработанные в Главном Ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН. В кн.: *Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Материалы всесоюзной конференции*. Ч. 6. Петрозаводск: 222–224.
10. Демьянова Е.И. 2010. Антэкология. Пермь, Пермский гос. ун-т, 116 с.
11. Ишмуратова М.М., Ткаченко К.Г. 2009. Семена травянистых растений: особенности латентного периода, использование в интродукции и размножении *in vitro*. Уфа, Гилем, 116 с.

12. Кривошеев М.М., Ишмурадова М.М., Суюндуков И.В. 2014. Показатели семенной продуктивности некоторых видов орхидей (Orchidaceae Juss.) Южного Урала, рассчитанные с применением программы ImageJ. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*, 3 (3): 49–57.
13. Левина Р.Е. 1981. Репродуктивная биология семенных растений. М., Наука, 96 с.
14. Левина Р.Е. 1987. Морфология и экология плодов. Ленинград, Наука, 260 с.
15. Макрушин Н. М. 1989. Основы гетеросперматологии. М., Агропромиздат, 288 с.
16. Меликян А.П., Девятов А.Г. 2001. Основные карпологические термины. Справочник. М., КМК, 47 с.
17. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. 1985. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Ленинград, Наука, 348 с.
18. Пересторонина О.Н., Савиных Н.П. 2008. Научные основы охраны редких и исчезающих видов флоры Кировской области. В кн.: *Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Материалы всесоюзной конференции*. Ч. 3. Петрозаводск: 374–376.
19. Печеницын В.П., Абдуллаев Д.А., Ахмеджанов И.Г. 2019. Внутрипопуляционная разнокачественность семян видов рода *Eremurus* (Xanthorrhoeaceae) флоры Узбекистана. *Растительные ресурсы*, 55 (4): 1–11. DOI: 10.1134/S0033994619040083.
20. Соболев А.М. 1989. Разнокачественность плодов и семян в связи с их положением на растении. *Известия АН ТаджССР. Отделение биологических наук*, 2: 34–42.
21. Ткаченко К.Г. 1989. Особенности цветения и семенная продуктивность некоторых видов *Heracleum* L., выращенных в Ленинградской области. *Растительные ресурсы*, 25 (1): 52–61.
22. Ткаченко К.Г. 2005. Особенности биологии семян и ее влияние на введение вида в первичную культуру. В кн.: *Современные направления деятельности ботанических садов и держателей ботанических коллекций по сохранению биоразнообразия растительного мира. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.В. Смольского (г. Минск, 27–29 сентября 2005 г.)*. Минск: 148–151.
23. Ткаченко К.Г. 2006. Гетеродиаспория как стратегия жизни и ритмов развития нового поколения. В кн.: *IX Всероссийский популяционный семинар «Особь и популяция – стратегия жизни» (г. Уфа, 2–6 октября 2006 г.)*. Ч. 1. Уфа: 237–242.
24. Ткаченко К.Г. 2020. Разнокачественность плодов и семян, определяющая ритмы развития особей нового поколения. *Hortus botanicus*, 15: 226–253. DOI: 10.15393/j4.art.2020.7425.
25. Ткаченко К.Г., Комжа А.Л., Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е. 2016. Влияние сроков хранения на всхожесть и контроль качества семян и плодов некоторых видов травянистых растений. *Известия Горского государственного аграрного университета*, 53 (3): 153–164.
26. Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. 2018. Рентгенографическое изучение качества плодов и семян. *Hortus botanicus*, 13: 4–19. DOI: 10.15393/j4.art.2018.5022.
27. Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Варфоломеева Е.А., Капелян А.И., Грязнов А.Ю. 2019. Рентгенографический метод контроля качества орешков видов рода *Rosa* L. интродуцированных в Ботаническом саду Петра Великого. *Бюллетень Ботанического сада ДВО РАН*, 21: 39–57. DOI: 10.17581/bbgi2104.
28. Ткаченко К.Г., Тимченко Н.А., Щербакова О.Н., Бобенко В.Ф., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю., Холопова Е.Д. 2020. Качество семян *Maackia amurensis* Rupr. (Leguminosae) и условия предпосевной подготовки. *Сибирский лесной журнал*, 1: 47–57. DOI: 10.15372/SJFS20200105
29. Тюрина Е.В. 1979. Семенная продуктивность зонтичных (Umbelliferae) в условиях высокогорий Юго-Восточного Алтая. *Экология и биология высокогорных растений: Проблемы ботаники*, 14 (2): 74–79.
30. Фирсова М.К. 1969. Семенной контроль. М., Колос, 295 с.
31. Ходачек Е.А. 1978. Семенная продуктивность арктических растений Западного Таймыра. В кн.: *Структура и функции биогеоценозов Таймырской тундры*. Л., Наука: 166–197.
32. Ходачек Е.А. 2000. Популяционные и ценотические аспекты изучения репродукции растений в условиях Арктики. В кн.: *Эмбриология цветковых растений (терминология и концепции)*. Т. III. СПб., Изд-во «Мир и Семья»: 432–439.
33. Чернявских В.И., Думачева Е.В., Дегтярь О.В., Дегтярь А.В., Бородаева Ж.А. 2019. Анализ потенциальной продуктивности травянистой растительности обрабно-балочных комплексов Белгородской области. *Полевой журнал биолога*, 1 (1): 55–63. DOI: 10.18413/2658-3453-2019-1-1-55-63.

34. Чернявских В.И. 2019. Биологические ресурсы *Urtica dioica* L.: направления исследований и перспективы использования. *Полевой журнал биолога*, 1 (3): 131–149. DOI 10.18413/2658-3453-2019-1-3-131-149.
35. Чернявских В.И., Глубшева Т.Н. 2020. О некоторых особенностях обилия цветущих особей *Crocus reticulatus* в различных элементах мезорельефа балок юга Среднерусской возвышенности. *Полевой журнал биолога*, 2 (2): 147–163. DOI 10.18413/2658-3453-2020-2-2-147-163.
36. Chen P., Sun Z. 1991. A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agriculture product. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 49: 85–98.
37. Cherniavskih V.I., Sidelnikov N.I., Dumacheva E.V., Borodaeva Z.A., Glubsheva T.N., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Korolkova S. 2019a. Biological resources of natural forage grassland of the Cretaceous South of the European Russia. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13 (2): 845–849.
38. Cherniavskih V.I., Dumacheva E.V., Borodaeva Z.A., Gorbacheva A.A., Horolskaya E.N., Kotsareva N.V., Korolkova S.V., Gagieva L.C. 2019b. Features of intra population variability of *Medicago varia* Mart. with the expressed mf-mutation on a complex qualitative characteristics. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13 (2): 733–737.
39. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I., Tokhtar V.K., Tokhtar L.A., Pogrebnyak T.A., Horolskaya E.N., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Glubsheva T.N., Markova E.I., Filatov S.V. 2017. Biological resources of the *Hyssopus* L. on the south of European Russia and prospects of its introduction. *International Journal of Green Pharmacy*, 11 (3): 476–480.
40. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Borodaeva Z.A., Elena Bepalova N., Ermakova L.R. 2018 a. Biological resources of the Fabaceae family in the cretaceous south of Russia as a source of starting material for drought-resistance selection. *International Journal of Green Pharmacy*, 12 (2): 354–358.
41. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I., Vorobyova O.V., Gorbacheva A.A., Glubsheva T.N., Grigorenko S.E. 2018 b. Studies of biological resources of *Urtica dioica* L. as initial material for breeding. *Journal of International Pharmaceutical Research*, 45: 473–476.
42. Flores P.C., Poggi D., García S.M., Gariglio N.F., 2011. Topographic tetrazolium testing of Black Walnut (*Juglans nigra* L.). *Seed Sci. Tech.*, 39: 230–235. DOI: 10.15258/sst.2011.39.1.23.
43. Gentil, D.F. de O., Ferreira S.A. do N., Rebouças E. R. 2018. Germination of *Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg) Nied. seeds under different temperature and storage conditions. *Journal of Seed Science*, 40 (3): 246–252. DOI: 10.1590/2317-1545v40n3179617.
44. Gao H., Zhu F., Cai J. 2010. A review of non-destructive detection for fruit quality. Conference: Computer and Computing Technologies in Agriculture III, Third IFIP TC 12 International Conference, CCTA 2009, Beijing, China, October 14–17, 2009, Revised Selected Papers, 317: 133–140. DOI: 10.1007/978-3-642-12220-0_21.
45. Li Sx., Mao Y., Jiang Y.Y. 2012 a. Detection method of seed germination percentage of *Fraxinus chinensis*. *Journal of Northeast Forestry University*, 40: 1–4.
46. Li Sx., Gu Hb., Mao Y., Yin T.M., Gao H.D. 2012 b. Effects of tallow tree seed coat on seed germination. *Journal of Forestry Research*, 23: 229–233. DOI: 10.1007/s11676-011-0217-1.
47. Liu Y., van der Bulg W. I., Aartse J. W., van Zn'ol R. A., Lalink H., Bino R.L. 1993. X-ray studies on changes in embryo and end sperm morphology during priming and imbibition of tomato seeds. *Seed Science Research*, 3: 171–178.
48. Ma Q.Y., Chen L., Hou J., Liu H.L., Li S.X. 2016. Seed viability tests for *Acer pictum* and *A. rubrum*. *European Journal of Horticultural Science*, 81 (1): 44–48. DOI: 10.17660/eJHS.2016/81.1.6.
49. Mitcham B., Cantwell M., Kader A. 1996. Methods for Determining Quality of Fresh Commodities. *Perishables Handling Quarterly*, 85: 1–5.
50. O'Brien S.D., Johnston M.E. 2004. Seed viability and dormancy mechanisms of *Leucopogon melaleucoides* Cunn. ex DC. (Epacridaceae). *Seed Science and Technology*, 32: 5–10. DOI: 10.15258/sst.2004.32.1.02.
51. Ranganna S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2nd ed., Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi, India, 1112 p.
52. Simak M. 1991. Testing of Forest tree and shrub seeds by X-radiography. In: A.G. Gordon, P. Gosling, B.S.P. Wang, (eds.). Tree and shrub seed handbook. Zurich, International Seed Testing Association: 14-1–14-28.
53. Yahaya O.K.M., MatJafri M.Z., Aziz A.A., Omar A.F. 2014. Non-destructive quality evaluation of fruit by color based on RGB LEDs system. 2nd International Conference on Electronic Design (ICED). DOI: 10.1109/iced.2014.7015804.

References

1. Artyushenko Z.T. 1990. Atlas of Descriptive Morphology of Higher Plants: Seed. Leningrad, Nauka, 204 p. (in Russian)
2. Artyushenko Z.T., Fedorov A.A. 1986. Atlas of Descriptive Morphology of Higher Plants: Fetus. Leningrad, Nauka, 392 p. (in Russian)
3. Brouver V., Shtelin A. 2010. Handbook of seed science for agricultural, forestry and ornamental crops with a key to identify the most important seeds. Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 694 p. (in Russian)
4. Voytenko V.F. 1993. Heterocarp as a complex scientific problem and promising directions of its research. *In: Issues of reproductive biology of seed plants. Saint-Petersburg: 36–45. (in Russian)*
5. Voytenko V.F., Oparina S.N. 1985. Geterokarpiya v semeistve Boraginaceae. [Heterocarp in the Boraginaceae family]. *Botanicheskii Zhurnal*, 70 (7): 865–875.
6. Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E., Batalov K.S., Tkachenko K.G. 2017. Primenenie metoda mikrofokusnoi rentgenografii dlya kontrolya kachestva semyan. [Application of microfocus X-ray method to control the quality of seeds]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo yuga Rossii*, 48 (6): 46–55.
7. Gurevich A.S. 2002. Predadaptatsiya rastenii. [Pre-adaptation of plants]. *Izvestiya KGTU*, 2: 177–186.
8. Gurevich A.S. 2012. Preadaptatsiya i morfofiziologicheskie protsessy rastenii. [Pre-adaptation and morphophysiological processes of plants]. Saarbrücken, Lambert Academic Publishing, 409 p.
9. Demidov A.S., Potapova S.A. 2008. Voprosy teorii i metody introduktsii rastenii, razrabotannye v Glavnom Botanicheskom sadu im. N.V. Tsitsina RAN. [Questions of theory and methods of plant introduction, developed in the Main Botanical Garden. N.V. Tsitsina RAS]. *In: Fundamental'nye i prikladnye problemy botaniki v nachale XXI veka. [Fundamental and applied problems of botany at the beginning of the XXI century]. Materials of the all-union conference. Pt. 6. Petrozavodsk: 222–224.*
10. Dem'yanova E.I. 2010. Antekologiya. [Antecology]. Perm, Perm State University, 116 p.
11. Ishmuratova M.M., Tkachenko K.G. 2009. Semena travyanistykh rastenii: osobennosti latentnogo perioda, ispol'zovanie v introduktsii i razmnozhenii in vitro. [Seeds of herbaceous plants: features of the latency period, use in introduction and propagation in vitro]. Ufa, Publ. Gilem, 116 p.
12. Krivosheev M.M., Ishmuratova M.M., Suyundukov I.V. 2014. Pokazateli semennoi produktivnosti nekotorykh vidov orkhidei (Orchidaceae Juss.) Yuzhnogo Urala, rasschitannye s primeneniem programmy ImageJ. [Seed productivity indicators of certain orchid species (Orchidaceae Juss.) in South Urals calculated by using the ImageJ program]. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*, 3 (3): 49–57.
13. Levina R.E. 1981. Reproduktivnaya biologiya semennykh rastenii. [Reproductive biology of seed plants]. Moscow, Publ. Nauka, 96 p.
14. Levina R. E. 1987. Morfologiya i ekologiya plodov. [Morphology and ecology of fruit. Leningrad], Publ. Nauka, 260 p.
15. Makrushin N.M. 1989. Osnovy geterospermatologii. [Basics of Heterospermatology]. Moscow, Agropromizdat, 288 p.
16. Melikyan A.P., Devyatov A.G. 2001. Basic carpological terms. Directory. Moscow, Publ. KMK, 47 p.
17. Nikolaeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N. 1985. A guide to germinating dormant seeds. Leningrad, Publ. Nauka, 348 p. (in Russian)
18. Perestoronina O.N., Savinykh N.P. 2008. Nauchnye osnovy okhrany redkikh i ischezayushchikh vidov flory Kirovskoi oblasti. [Scientific basis for the protection of rare and endangered species of flora of the Kirov region]. *In: Fundamental'nye i prikladnye problemy botaniki v nachale XXI veka. [Fundamental and applied problems of botany at the beginning of the XXI century]. Materials of the all-union conference. Pt. 3. Petrozavodsk: 374–376.*
19. Pechenitsyn V.P., Abdullaev D.A., Akhmedzhanov I.G. 2019. Vnutripopulyatsionnaya raznokachestvennost' semyan vidov roda *Eremurus* (Xanthorrhoeaceae) flory Uzbekistana. [Intrapopulation seed heterogeneity of *Eremurus* (Xanthorrhoeaceae) species from Uzbekistan]. *Rastitelnye resursy*, 55 (4): 1–11. DOI: 10.1134/S0033994619040083.
20. Sobolev A.M. 1989. Raznokachestvennost' plodov i semyan v svyazi s ikh polozheniem na rastenii. *Izvestiya AN TadzhSSR. [Diversity of fruits and seeds due to their position on the plant]. Izvestiya AN TadzhSSR. Otdeleniye biologicheskikh nauk*, 2: 34–42.

21. Tkachenko K.G. 1989. Osobennosti tsveteniya i semennaya produktivnost' nekotorykh vidov *Heracleum L.*, vyrashchennykh v Leningradskoi oblasti. [Features of flowering and seed productivity of some species of *Heracleum L.* grown in the Leningrad region]. *Rastitelnye resursy*, 25 (1): 52–61.
22. Tkachenko K.G. 2005. Osobennosti biologii semyan i ee vliyanie na vvedenie vida v pervichnyuyu kul'turu. [Features of seed biology and its influence on the introduction of a species into primary culture]. In: *Sovremennye napravleniya deyatel'nosti botanicheskikh sadov i derzhatelei botanicheskikh kollektzii po sokhraneniyu bioraznoobraziya rastitel'nogo mira*. [Modern directions of activity of botanical gardens and holders of botanical collections for the preservation of the biodiversity of the plant world]. Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Academician N.V. Smolsky (Minsk, September 27–29, 2005). Minsk: 148–151.
23. Tkachenko K.G. 2006. Geterodiasporiya kak strategiya zhizni i ritmov razvitiya novogo pokoleniya. [Heterodiasporia as a strategy for the life and rhythms of development of a new generation]. In: *IX All-Russian Population Seminar "Individuals and Population – Life Strategy"* (Ufa, October 2–6, 2006). Part 1. Ufa: 237–242.
24. Tkachenko K.G. 2020. Raznokachestvennost' plodov i semyan, opredelyayushchaya ritmy razvitiya osobei novogo pokoleniya. [Diversity of fruits and seeds, which determines the rhythms of new generation individual development]. *Hortus botanicus*, 15: 226–253. DOI: 10.15393/j4.art.2020.7425.
25. Tkachenko K.G., Komzha A.L., Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E. 2016. Vliyanie srokov khraneniya na vskhozhest' i kontrol' kachestva semyan i plodov nekotorykh vidov travyanistykh rastenii. [Effect of storage life on germinative and control quality of seeds and fruit of some herbaceous plants]. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*, 53 (3): 153–164.
26. Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu. 2018. Rentgenograficheskoe izuchenie kachestva plodov i semyan. [X-ray quality control of fruits and seeds]. *Hortus botanicus*, 13: 4–19. DOI: 10.15393/j4.art.2018.5022.
27. Tkachenko K.G., Staroverov N.E., Varfolomeeva E.A., Kapelyan A.I., Gryaznov A.Yu. 2019. Rentgenograficheskii metod kontrolya kachestva oreshkov vidov roda *Rosa L.* introdutsirovannykh v Botanicheskom sadu Petra Velikogo. [X-ray investigation of quality control of seeds of some species of the genus *Rosa L.* introduced in the Peter the Great Botanical Garden]. *Byulleten' Botanicheskogo sada DVO RAN*, 21: 39–57. DOI: 10.17581/bbgi2104.
28. Tkachenko K.G., Timchenko N.A., Shcherbakova O.N., Bobenko V.F., Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu., Kholopova E.D. 2020. Kachestvo semyan *Maackia amurensis* Rupr. (Leguminosae) i usloviya predposevnoi podgotovki. [Quality of *Maackia amurensis* Rupr. (Leguminosae) seeds and conditions of presowing preparation]. *Siberian Journal of Forest Science*, 1: 47–57. DOI: 10.15372/SJFS20200105.
29. Tyurina E.V. 1979. Seed productivity of umbelliferae (Umbelliferae) in the highlands of Southeastern Altai. *Ekologiya i biologiya vysokogornykh rasteniy: Problemy botaniki*, 14 (2): 74–79. (in Russian)
30. Firsova M.K. 1969. Seed control. Moscow, Publ. Kolos, 295 p. (in Russian)
31. Khodachek E.A. 1978. Seed productivity of arctic plants of Western Taimyr. In: *The structure and functions of biogeocenoses of the Taimyr tundra*. Leningrad, Publ. Nauka, 166–197. (in Russian)
32. Khodachek E.A. 2000. Population and coenotic aspects of the study of plant reproduction in the Arctic. In: *Embryology of flowering plants (terminology and concepts)*. Vol. III. Saint-Petersburg, Publ. «Mir i Sem'ya»: 432–439. (in Russian)
33. Cherniavskih V.I., Dumacheva E.V., Degtyar O.V., Degtyar A.V., Borodaeva Z.A. 2019. Analiz potentsial'noi produktivnosti travyanistoi rastitel'nosti ovrazhno-balochnykh kompleksov Belgorodskoi oblasti. [Analysis of the economic value of vegetation ravine-girder complexes of the Belgorod Region]. *Field Biologist Journal*, 1 (1): 55–63. DOI: 10.18413/2658-3453-2019-1-1-55-63.
34. Cherniavskih V.I. 2019. Biologicheskie resursy *Urtica dioica L.*: napravleniya issledovaniya i perspektivy ispol'zovaniya. [Biological resources of *Urtica dioica L.*: areas of study and prospects of use]. *Field Biologist Journal*, 1 (3): 131–149. DOI: 10.18413/2658-3453-2019-1-3-131-149.
35. Cherniavskih V.I., Glubsheva T.N. 2020. About Some Features of the Ability of Flowering Specials *Crocus reticulatus* in Various Elements of the Mesorelief of Beams in the Southern of the Middle Russian Hill. *Field Biologist Journal*, 2 (2): 147–163. DOI: 10.18413/2658-3453-2020-2-2-147-163. (in Russian)
36. Chen P., Sun Z. 1991. A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agriculture product. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 49: 85–98.
37. Cherniavskih V.I., Sidelnikov N.I., Dumacheva E.V., Borodaeva Z.A., Glubsheva T.N., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Korolkova S. 2019a. Biological resources of natural forage grassland of the Cretaceous South of the European Russia. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13 (2): 845–849.

38. Cherniavskih V.I., Dumacheva E.V., Borodaeva Z.A., Gorbacheva A.A., Horolskaya E.N., Kotsareva N.V., Korolkova S.V., Gagieva L.C. 2019b. Features of intra population variability of *Medicago varia* Mart. with the expressed mf-mutation on a complex qualitative characteristics. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13 (2): 733–737.
39. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I., Tokhtar V.K., Tokhtar L.A., Pogrebnyak T.A., Horolskaya E.N., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Glubsheva T.N., Markova E.I., Filatov S.V. 2017. Biological resources of the *Hyssopus* L. on the south of European Russia and prospects of its introduction. *International Journal of Green Pharmacy*, 11 (3): 476–480.
40. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I., Gorbacheva A.A., Vorobyova O.V., Borodaeva Z.A., Elena Bespalova N., Ermakova L.R. 2018 a. Biological resources of the Fabaceae family in the cretaceous south of Russia as a source of starting material for drought-resistance selection. *International Journal of Green Pharmacy*, 12 (2): 354–358.
41. Dumacheva E.V., Cherniavskih V.I., Vorobyova O.V., Gorbacheva A.A., Glubsheva T.N., Grigorenko S.E. 2018 b. Studies of biological resources of *Urtica dioica* L. as initial material for breeding. *Journal of International Pharmaceutical Research*, 45: 473–476.
42. Flores P.C., Poggi D., Garcia S.M., Gariglio N.F., 2011. Topographic tetrazolium testing of Black Walnut (*Juglans nigra* L.). *Seed Sci. Tech.*, 39: 230–235. DOI: 10.15258/sst.2011.39.1.23.
43. Gentil, D.F. de O., Ferreira S.A. do N., Rebouças E. R. 2018. Germination of *Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg) Nied. seeds under different temperature and storage conditions. *Journal of Seed Science*, 40 (3): 246–252. DOI: 10.1590/2317-1545v40n3179617.
44. Gao H., Zhu F., Cai J. 2010. A review of non-destructive detection for fruit quality. Conference: Computer and Computing Technologies in Agriculture III, Third IFIP TC 12 International Conference, CCTA 2009, Beijing, China, October 14–17, 2009, Revised Selected Papers, 317: 133–140. DOI: 10.1007/978-3-642-12220-0_21.
45. Li Sx., Mao Y., Jiang Y.Y. 2012 a. Detection method of seed germination percentage of *Fraxinus chinensis*. *Journal of Northeast Forestry University*, 40: 1–4.
46. Li Sx., Gu Hb., Mao Y., Yin T.M., Gao H.D. 2012 b. Effects of tallow tree seed coat on seed germination. *Journal of Forestry Research*, 23: 229–233. DOI: 10.1007/s11676-011-0217-1.
47. Liu Y., van der Bulg W. I., Aartse J. W., van Zn'ol R. A., Lalink H., Bino R.L. 1993. X-ray studies on changes in embryo and end sperm morphology during priming and imbibition of tomato seeds. *Seed Science Research*, 3: 171–178.
48. Ma Q.Y., Chen L., Hou J., Liu H.L., Li S.X. 2016. Seed viability tests for *Acer pictum* and *A. rubrum*. *European Journal of Horticultural Science*, 81 (1): 44–48. DOI: 10.17660/eJHS.2016/81.1.6.
49. Mitcham B., Cantwell M., Kader A. 1996. Methods for Determining Quality of Fresh Commodities. *Perishables Handling Quarterly*, 85: 1–5.
50. O'Brien S.D., Johnston M.E. 2004. Seed viability and dormancy mechanisms of *Leucopogon melaleucoides* Cunn. ex DC. (Epacridaceae). *Seed Science and Technology*, 32: 5–10. DOI: 10.15258/sst.2004.32.1.02.
51. Ranganna S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2nd ed., Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi, India, 1112 p.
52. Simak M. 1991. Testing of Forest tree and shrub seeds by X-radiography. In: A.G. Gordon, P. Gosling, B.S.P. Wang. (eds.). Tree and shrub seed handbook. Zurich, International Seed Testing Association: 14-1–14-28.
53. Yahaya O.K.M., MatJafri M.Z., Aziz A.A., Omar A.F. 2014. Non-destructive quality evaluation of fruit by color based on RGB LEDs system. 2nd International Conference on Electronic Design (ICED). DOI: 10.1109/iced.2014.7015804.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ткаченко Кирилл Гаврилович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Tkachenko Kirill G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Senior Researcher of V.L. Komarov Botanical Institute of RAS, St. Petersburg, Russia