

СЕЛЕКЦИОННАЯ РАБОТА ПО ЯБЛОНЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Л.А. Котов , к.с.-х.н.

ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, 620142, Россия, г. Екатеринбург, Белинского, 112-а, sadovodnauka@mail.ru

Аннотация

Свердловская селекционная станция садоводства – структурное подразделение ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН расположена на восточном склоне Уральского горного хребта, где сочетаются такие неблагоприятные для растениеводства вообще почвенно-климатические условия: длинная морозная зима (с абсолютным минимумом температуры в саду зимой 1968/1969 г. до -47°C и продолжительностью среднего 30-градусного мороза в течение месяца); короткое лето и поздние весенние заморозки – до начала-середины июня; летом темные тучи с морозящими холодными дождями вызывают нехватку солнечного света и ослабление фотосинтеза в листовом аппарате; вдоль уральского горного хребта со стороны Ледовитого океана нередко проходят прохладные воздушные потоки; отсутствие естественных ареалов диких видов лесной яблони (*Malus silvestris*) и лесной груши (*Pyrus communis*) не позволило зародиться здесь старинным сортам народной селекции (Кухарь, 1968; Богданова, 2015). На этой территории со столь фантастическим сочетанием неблагоприятных погодных условий неожиданно, казалось «природе вопреки» селекционеры стали выделять из своих гибридов удивительные генотипы с крупными десертными плодами разных сроков созревания, включая иммунные к основной болезни яблони – парше, не имеющие аналогов среди домашней яблони по зимостойкости, с высокой товарностью плодов, с повышенной витаминностью, выдерживающие конкуренцию с сортами не только средней полосы РФ, но и с импортными плодами. Сорта яблони Свердловской селекционной станции садоводства получают высокую оценку в средней полосе России, и даже в благодатных условиях Крыма, во всей северной зоне и в Сибири.

Ключевые слова: Средний Урал; неблагоприятные погодные условия; яблоня; груша; сорт; высокие вкусовые качества

APPLE BREEDING IN THE MIDDLE URALS

L.A. Kotov , cand. agr. sci.

FSBSI UrFASRC, UrB RAS, 620142, Russia, Ekaterinburg, Belinsky, 112-a, sadovodnauka@mail.ru

Abstract

Sverdlovsk breeding station of horticulture is a structural unit of the FSBSI UrFASRC, UrB RAS and is located on the Eastern slope of the Ural mountain range, where a combination of such unfavorable soil and climatic conditions for crop production are combined: long frosty winter (with an absolute minimum of temperature in the garden in the winter of 1968/1969 up to -47°C and the

duration of the average 30-degree frost during the month); short summer and late spring frosts – until early-mid-June; dark clouds with drizzling cold rains in summer cause a lack of sunlight and a weakening of photosynthesis in the leaf apparatus; along the Ural mountain range from the Arctic ocean, cool air currents often pass; the lack of natural habitats of wild apple species (*Malus silvestis*) and wild pear (*Pyrus communis*) did not allow for old varieties of folk selection to blossom here (Kukhar, 1968; Bogdanova, 2015). In this area with such a fantastic combination of adverse weather conditions, breeders suddenly began to distinguish from their hybrids amazing genotypes with large dessert fruits of different maturation periods, including scab immunegenotypes, which among domestic apple trees have no analogues in winter hardiness, with high marketability of fruits, with increased vitamin content that can compete with varieties not only of the middle zone of the Russian Federation, but also with imported fruits. Apple varieties of the Sverdlovsk breeding station of horticulture are highly appreciated in Central Russia, and even in the fertile conditions of the Crimea, in the entire Northern zone and in Siberia.

Key words: Middle Ural; adverse weather conditions; apple, pear; variety; high taste

Введение

Высокие вкусовые и товарные качества новых уральских (свердловских) сортов яблони подтверждаются на дегустациях во многих местах РФ в государственных и любительских садах, как и высокая их зимостойкость среди крупноплодных сортов яблони домашней всего мира.

Материалы и методика исследований

Материалом являются селекционные сорта яблони Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Методы и элементы изучения – обследование и сбор сведений о проведении этих сортов в производственных насаждениях и приусадебных садах, выявление связи их качества с особенностями природных условий места происхождения. Селекционная работа проводилась согласно «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орёл, 1995).

Исследования проводились по направлению 150 Программы ФНИ Государственных академий наук на 2013...2020 гг.: «Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно-ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам».

Беглая и весьма точная оценка климатической разницы по одной параллели, на которой расположен г. Екатеринбург, родина исследуемых сортов плодовых культур, выглядит следующим образом.

В большинстве годов, если в середине июня поездом ехать из Екатеринбурга в Москву, то в начале пути из окна видно, что небо затянуто плотными тучами, моросит мелкий дождь, сыро, холодно. В придорожной полосе сквозь мокрую глину начинают пробиваться всходы пырея и картофеля. С приближением к городу Красноуфимску уже появляются кучевые облака, сквозь которые просматриваются голубое небо и солнечный свет. При подъезде к г. Сарapultу раскрываются пышным цветением кусты картофеля, а за обочиной

дороги идет сенокос! Жарко. На небе – ни облачка. И так до самой Москвы, где стоит 30-градусная жара. А к Мичуринску – еще теплее.

И на восток от Екатеринбурга по железной дороге, уже не доезжая до г. Камышлова на 50...200 км (от Екатеринбурга) давно не было дождя, стоит безоблачная сухая жаркая погода. Так до Восточной Сибири и далее – холодная зима сменяется жарким солнечным летом.

Результаты и их обсуждение

Когда было образовано Отделение ВАСХНИЛ по Нечерноземной полосе с центром в г. Пушкин (под Ленинградом), заместитель его президента академик И.И. Летунов предложил другим академикам Отделения заложить на своих приусадебных участках географический опыт по сортоиспытанию яблони. Были высажены саженцы новых сортов созданных в НИУ трех пунктов: на Ленинградской плодовоовощной станции, в Подмосковье, на далекой Свердловской селекционной станции садоводства.

Когда эти деревья вступили в плодоношение, сортоиспытатели выявили резкое преимущество качества плодов у свердловских сортов (и, соответственно, зимостойкости и продуктивности). Об этом доложил в УралНИИСХ И.И. Летунов, приехавший в Екатеринбург.

Несколько позднее В.В. Малыченко – профессор Волгоградского госуниверситета, д.б.н., знакомясь с успехами селекции в саду Свердловской селекционной станции садоводства выразил приятное удивление урожайности и качеству новых сортов яблони и заявил: «А я, чудак, думал, что на Урале растут только мелкоплодные ранетки». И недоуменно добавил: «Зачем вам изучать в трудоемкой стланцевой форме иностранные сорта, когда свои ваши сорта урожайнее, крупнее и вкуснее?»

В декабре 2013 г. участник Международной конференции, проходившей в Уральском ГАУ в г. Екатеринбурге известный в стране старейший профессор Пермской ГСХА А.Н. Папанов, участвующий вместе с авторитетными плодоводами в дегустации уральских сортов яблони, обратился к Свердловской селекционной станции садоводства. С недоумением он спрашивал: «Почему Вы мало рекламируете свои сорта? Они же по всем показателям – величине, великолепной окраске, качеству мякоти, десертному вкусу, прекрасной лежкости, не говоря уже о невидимых на глаз повышенном содержании биологически активных веществ и устойчивости к заболеваниям – значительно превосходят те импортные сорта, которыми завалены наши магазины. Вы обязаны, наполнив ящики плодами, прямо сейчас проехать по соседним областям, чтобы там провести публичные дегустации, чтобы народ воочию понял, какие сорта надо разводить для вкусного и полезного потребления».

Видный энтузиаст уральского пловодства, создавший один из передовых Трест челябинского садоводства с сетью крупных плодосовхозов, ежегодно с агрономами этих совхозов приезжал на Свердловскую селекционную станцию садоводства, где они знакомились с новыми сортами, давали им высокую оценку и брали материал для закладки маточников и для прививки в питомниках. Сотрудники нашей станции сначала по собственной инициативе, а затем по договорам выезжали в эти хозяйства для консультаций и знакомства с производственным, весьма прибыльным возделыванием свердловских сортов.

Когда в г. Карталы в совхозе «Мичуринский» в новых посадках заплодоносил самый скороплодный летний сорт яблони Серебряное копытце, и был собран его урожай, директор Ершов объявил выходной, собрал все население поселка и устроил торжественный праздник поедания очень вкусных и красивых плодов. А праздники здесь

справлять умели весело – с музыкой, с новыми песнями, шутками. Позднее здесь же, на ГСУ два наших недостаточно оцененных нами сорта – Степная (Обильное Уктуса) и Рубин – в лучших условиях (сумма активных 10° температур выше на 200...400 $^{\circ}$ C) (рисунок 1) и на черноземных почвах оказались с удивительно сильным ароматом и прекрасным десертным кисло-сладким вкусом.

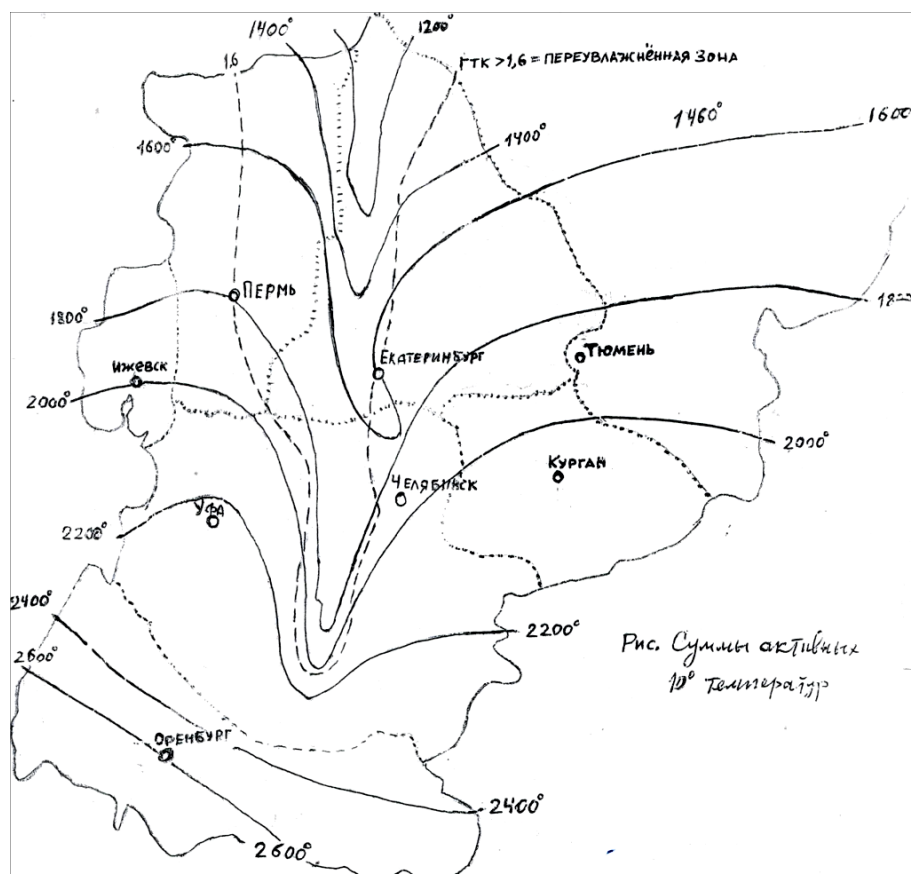


Рисунок 1 – Сумма активных температур

Вообще свердловские сорта яблони за свою крупноплодность и хороший вкус торговая сеть принимала по цене привозных с юга плодов, что обеспечивало высокую экономическую эффективность.

Однажды в отпуске на Кавказе, я поехал на Кабардино-Балкарскую опытную станцию садоводства (теперь это НИИ горного садоводства), чтобы встретиться с Донских и познакомиться с его новой Веерно-канальной системой формирования плодового дерева. В это время он показывал целой делегации крымских плодоводов отлично ухоженные посадки южных сортов яблони (по 30 деревьев каждого). Увидев крупные сплошь багряные созревшие плоды сорта Батская красавица и отведав их, крымчаки, к моему удивлению, стали громко восхищаться их качеством и необходимостью посадки в Крыму вблизи санаториев. Я с разных сторон пяти деревьев пробовал плоды, все они были одинаково посредственного вкуса. У меня в Екатеринбурге есть гибрид с такими же красочными плодами и названием Багряное, но мы его не размножаем по причине столь же посредственного вкуса.

В советское время – в 70-е годы, мечтая насладиться изумительным вкусом плодов субтропической зоны, я приехал в Ялту, рынки которой были завалены яблоками. Но все дегустируемые там плоды не обладали хорошим вкусом.

Вскоре после этого заплодоносили наши сорта у крымского садовода-любителя Г.Н. Баженовой. Восторженные ее соседи не могли поверить, что это сорта с Урала. Ей пришлось выращивать саженцы этих ценных сортов для своих крымских друзей.

На Крымской опытной станции садоводства (в Симферополе) по оценке А.А. Ляпиховой сорт яблони Краса Свердловска по вкусу не уступал сорту Голден Делишес. В Крыму же в конце 80-х г. на грандиозной Всесоюзной конференции с дегустацией плодов яблони мировой коллекции ВИР авторитетная помологическая комиссия присудила первое место свердловским сортам, опередившим лучший американский сорт Голден Делишес. При этом наши сорта были выращены в значительно более прохладных условиях города Екатеринбурга.

Уже в наше время, 29 сентября 2017 г. на Международной конференции по садоводству «Пути повышения эффективности садоводства» в Никитском ботаническом саду на дегустации плодов самую высокую оценку получили сорта яблони Свердловской селекционной станции садоводства. Конференция единогласно проголосовала за производственное испытание наших сортов в Республике Крым и в других южных областях РФ. Там мы охотно раздавали прививочные черенки яблони и груши для испытания в других садовых научных учреждениях страны.

Весьма похвальные дегустации плодов яблони и груши нашей станции садоводства с успехом проходили в Челябинске – в НПО «Сады России», на любительских выставках и совхозных собраниях, в Москве на выставке в МСХ России, во ВСТИСП, ТСХА, на выставках в городах Мичуринск, Курган, Владимир, Пермь, Воронеж, Благовещенск, Владивосток, в городах Свердловской и соседних областей, Омской, Ленинградской, Кировской, Нижегородской, Белгородской, Курской, в Кемерове, Поволжье, Хакасии, Хабаровском крае. Ну и, наконец, в Крыму.

Дагестанский горный ботанический сад Российской Академии наук разыскал самую северную (значит имеющую значительный запас зимостойкости в своих гибридах) селекционную станцию садоводства, у которой есть свои крупноплодные сорта и, говорят, с прекрасным вкусом – для испытания в жестких горных условиях.

Высоко в горах, до 1750 м над уровнем моря, где яблоня домашняя (*Malus domestica*) не растет из-за холодов, Ботаническим садом на его территории совместно со Свердловской селекционной станцией садоводства был заложен опытный сад из 45 генотипов яблони (и 14-и груши). Сотрудники Ботанического сада обеспечили прививку, пересадку, уход и сортоизучение. За прошедшие два десятка лет эти посадки выглядят прекрасно, урожайны, ведут себя отлично, и что особо отмечают горцы – полностью сохранили десертный вкус плодов, перспективны для возделывания даже в высокогорье (Котов, 2017).

Россия нуждается в замечательных людях – энтузиастах плодоводства. Вот сейчас в европейской части страны начало развиваться фермерское садоводство. Начинает оно возрождаться и на Урале. На стыке Свердловской и Челябинской областей, например, энтузиастами плодоводства закладывается по интенсивной технологии яблоневый сад для выращивания экологически чистых плодов. С появлением увлеченных любителей начал восстанавливаться Ирбитский плодпитомник. Но все еще из остальных областных государственных питомников Свердловской области шесть полностью разрушены.

Влюбленные в свое дело садоводы и питомниководы крупного хозяйства НПО «Сады России» в Челябинской области представляют одно из лучших предприятий РФ.

Другим передовым, образцовым хозяйством является в Свердловской области ИП Миролеева А.Н. «Сады Урала». Эти два образования выращивают для населения миллионы саженцев. В Пермском крае очень добросовестно и умело выращивают саженцы в двух небольших собственных питомниках М.Г. Оринина и Т.Ю. Озорнина,

одновременно пропагандируя замечательные уральские сорта яблони.

Сама Свердловская селекционная станция садоводства готова заключить с достойными садоводами договоры о творческом и научном сотрудничестве по сортоиспытанию ее сортов в различных климатических регионах.

Теперь нам хорошо известны преимущества уральских (свердловских) сортов яблони перед зарубежными сортами:

1. Крупноплодность одинакова (от обычных 100-граммовых до очень крупных (180...300 г);
2. Зимостойкость непревзойденная;
3. Иммунность к парше по гену V_f одинакова;
4. Уральские сорта не накапливают тяжелых металлов и нитратов;
5. Практически не опрыскиваются пестицидами, то есть экологически чистые;
6. Высокая витаминность (лечебного и профилактического достоинства (по Л.И. Вигорову содержат витаминов С и Р в 5...10 раз больше);
7. Выдающийся десертный вкус (Котов, 2016);
8. Многие сорта естественно формируют удобную для работы крону;
9. Отобраны специальные группы сортов для производства натуральных соков;
10. Могут выращиваться в высокогорье, где не может развиваться яблоня домашняя (*Malus domestica*);
11. И, наконец, первые в России особо красивые декоративные сорта.

Исключительно трудной стала работа селекционеров даже в вопросах внедрения в производство уже готовых достижений. Если в передовых капиталистических странах селекционный творческий труд всячески поощряется, и, например, в Англии на создание сорта затрачивается всего 12 лет (по В.В. Кичина), то по советским технологиям – около 40 лет (Е.Н. Седов). После распада совхозов положение значительно ухудшилось. Не стало совхозов – не стало и находившихся на их территориях участков Государственного сортоиспытания плодовых и ягодных культур. Этот вопрос – сортоиспытания новых ценных элит – кандидатов в сорта необходимо срочно привести в порядок – в смысле ускорения и надежности испытания, привлечения к этой ответственной работе надежных кадров с надежной оплатой труда.

В частности в Москве в Тимирязевской сельскохозяйственной Академии имеется Мичуринский сад, где под руководством В.И. Сузова проведена серьезная работа по сортоизучению плодовых культур, в т.ч. высококачественных сортов яблони Свердловской селекционной станции садоводства и других НИУ средней полосы России. Госкомиссия РФ часть из них внесла в Госреестр нашей страны. Но после этого накопились в испытании новые замечательные генотипы с новыми положительными учетными данными, взывающими к срочному включению в Госреестр селекционных достижений и допуску к использованию.

Эдуард Эдгардович Россель, высоко ценивший Свердловскую станцию садоводства в годы своего губернаторства в Екатеринбурге, уже, будучи членом Совета Федерации, Федерального Собрания в 2014 г. писал нам: «Своим талантом и трудом Вам удалось прославить нашу Свердловскую область на всю Россию, как регион с высокой культурой ведения садоводства! Более 700 тысяч уральских семей обеспечивают свой рацион питания крайне необходимой для нашего региона плодовой продукцией, создаваемой на основе Вашего селекционного труда! Добра Вам и крепкого здоровья на многие лета, земной поклон за красоту и истинное наслаждение от вкуса Уральских плодов!».

Ведь по данным Всемирной организации здравоохранения, годовая потребность в плодах и ягодах на душу населения составляет 80...100 кг, а потребляется в РФ всего 20...25 кг.

Многие фермерские и крестьянские хозяйства Урала, Сибири и даже Европейской части страны размножают наши сорта яблони и груши. Наши коллеги и плодороды – гости из южных областей России и из-за рубежа высказывают восхищение нашими уральскими сортами яблони и груши.

И еще два замечания:

1. В Свердловской области сорта яблони Свердловской селекционной станции составляют 90% площадей, занятых яблоней. Но эти проценты значительно сокращаются из-за спекулятивного завоза незимостойких саженцев перекупщиками из южных областей. Это настоящая диверсия против северного садоводства по всей стране. Чиновники не принимают участия в восстановлении порядка.

2. Правительства США и многих других стран объявили санкции России на завоз фруктов, тем самым неосознанно освобождая наш рынок от продуктов, выращиваемых с применением большого количества пестицидов. И этим подталкивая нас к закладке отечественных садов для производства экологически чистых плодов.

Изложенные выше и подобные им наблюдения приводили к неожиданным результатам – в худших природных условиях выводили более качественные сорта яблони. Существует единственная в мире почвенно-климатическая северная «лаборатория», насыщенная вышеперечисленным комплексом неблагоприятных природных факторов, влияющих на формирование селекционных сеянцев.

А в особо благоприятных природных условиях Западной Европы или Закавказья вся популяция селекционных сеянцев растет, как правило, в южном тепле, без опасных неожиданных морозов, без короткого лета, при достатке или даже избытке солнечного света, обеспечивающего обильный фотосинтез, без дефицита летнего тепла. При этом довольно равномерном развитии слабо проявляющиеся дефекты малозаметны, а также тонкой разницы в качестве плодов почти не видно – оценка в 4 балла близка к оценке в 5 баллов. В отборные могут попадать генотипы с оценкой качества плодов от 3 до 5 баллов.

А в северной «лаборатории» при дефиците летнего тепла природа сама позволяет лишь единицам выйти в «отличники» («четверочки» получают оценку 3 и остаются среди «троечников»). Селекционеру надо лишь их отобрать, ни одного «четверочника» не пройдет. И куда бы ни попал наш «пятерочник» – в Среднюю полосу России или на Юг – везде он будет «пятерочником».

Иного объяснения отличного качества вкуса свердловских сортов яблони пока не просматривается.

Поэтому свердловские сорта яблони, прошедшие через названную здесь «лабораторию», могут смело конкурировать с лучшими мировыми и отечественными сортами. А Свердловская селекционная станция садоводства, наряду с таким замечательным институтом, как Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур (ВНИИСПК) и др. получить одобрение за достигнутые селекционные результаты и максимальную поддержку в творчестве.

В настоящее время в мире созданы сорта-лидеры мирового сортимента яблони – Гала, Джонаголд, Элстар и Голден Делишес, от которого они произошли (в ареале их возделывания имеют на уровне лучших стандартов все основные приоритетные признаки (продуктивность, качество плодов, зимостойкость, иммунитет, габитус кроны (Кичина, 2011)). Мир упорно стремится создать подобные сорта яблони, содержащие 24 признака, с обязательным включением в них этих пяти приоритетных.

Особая, единственная в мире, природно-климатическая, в условиях целого комплекса неблагоприятных условий, естественная «лаборатория» вызвала в массе гибридных сеянцев ослабление действия положительных генов. Лишь единичные экземпляры с

крепкими генами выбились в «отличники». Природа сама произвела отбор. Селекционеру лишь необходимо выявить и не утратить этого «отличника».

Выводы

1. Уральские (свердловские) новые сорта яблони могут на равных конкурировать не только со среднерусскими сортами, но и с западноевропейскими сортами. Сорта-лидеры мирового сортимента яблони Гала, Джонаголд, Элстар нами не изучены. Но судя по Голден Делишесу, от которого они произошли, они могут быть равны по вкусовым качествам плодов с уральскими, а по зимостойкости, как и Голден Делишес, резко отставать от них.

2. Так как у яблони имеется много тысяч генов (Седов, 2016), а известно и опубликовано только 45, из которых многие для растений бесполезны или даже вредны. В этих тысячах полигенах и олигогенах видимо есть разгадка в возникновении положительных признаков уральских сортов яблони.

3. Мы считаем, что необходимо в северной и средней полосе, и даже в южных областях ускоренно организовать государственное и производственное испытание лучших сортов яблони (и груши) Свердловской селекционной станции садоводства.

4. Необходимо также улучшить экономическую поддержку самой Свердловской селекционной станции садоводства.

Литература

1. Богданова И.И. ФГБНУ Свердловская селекционная станция садоводства ВСТИСП. Екатеринбург: ФГБНУ Свердловская ССС ВСТИСП, 2015. С.3.
2. Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений. Москва, 2011. – 208 с.
3. Котов Л.А., Газиев М.А., Асадулаев З.М., Магомедмирзаев М.М. Уральские сорта яблони в высокогорье Дагестана // Сборник научных трудов ГНБС. 2017. Т.144, Ч.1. С. 191-193.
4. Котов Л.А. Инновации в селекции плодовых семечковых культур на Среднем Урале // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2016. Т.3. С. 75-77.
5. Кухарь П.Г., Степанов Н.Д. и др. Краткая характеристика природных и экономических условий Урала // Система ведения сельского хозяйства зоны Урала. Свердловск, 1968. С.7.
6. Седов Е.Н., Калинина И.П., Смыков В.К. Селекция яблони. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1995. С. 159-200.
7. Седов Е.Н. Селекция и сортимент яблони для центральных регионов России. Орел: ВНИИСПК, 2005. 310 с.
8. Седов Е.Н. Комплексные программы исследований по селекции плодовых и ягодных культур и их эффективность // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2016. Т.3. С. 126-129.

References

1. Bogdanova, I.I. (2015). FSBSI Sverdlovsk breeding station of horticulture of ARHIBAN. Ekaterinburg: FSBSI Sverdlovsk breeding station of horticulture of ARHIBAN. (In Russian).
2. Kichina, V.V. (2011). *Principles of orchard plant improvement*. Moscow: VSTISP. (In Russian).
3. Kotov, L.A., Gaziev, M.A., Asadulaev, Z.M., & Magomeddadaev, M.M. (2017). Ural apple varieties in the highlands of Dagestan stan. *Works of the State Nikita Botanical Garden*, 144(1), 191-193. (In Russian, English abstract).

4. Kotov L.A. (2016). Innovation in the selection of pome fruit crops in the Middle Urals. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 3, 75-77. (In Russian, English abstract).
5. Kukhar, P.G., & Stepanov, N.D. at al. (1968). Brief description of natural and economic conditions of the Urals. In *System of agriculture of the Ural zone*. Sverdlovsk. (In Russian).
6. Sedov, E.N., Kalinina, I.P. & Smykov, V.K. (1995). Apple breeding. In E.N. Sedov (Ed.), *Program and methods fruit, berry and nut crop breeding* (pp. 159-200). Orel: VNIISPK. (In Russian).
7. Sedov, E.N. (2005). *Apple breeding and assortment for central regions of Russia*. Orel: VNIISPK. (In Russian).
8. Sedov, E.N. (2016). Integrated research programs for selection fruit and berry crops and their effectiveness. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 3, 126-129. (In Russian, English abstract).