УДК 631.527:634.1+633.8

DOI: 10.36305/2712-7788-2020-2-155-112-129

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Анатолий Владимирович Смыков

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

298648, Республика Крым, г. Ялта, Никитский спуск, 52

E-mail: selectfruit@yandex.ru

Цели и задачи: повысить эффективность селекции с существенным увеличением параметров сортов по адаптивности, продуктивности и товарному качеству плодов за счет включения в селекционный процесс генетических методов оценки генофонда и воздействия на генотип исходных сортов. **Методы.** Оценка генофонда осуществляли по «Программе и методике сортоизучения плодовых, орехоплодных и ягодных культур» (Мичуринск, 1993; Орел, 1995). Селекционные исследования – по «Программе и методике селекции плодовых, орехоплодных и ягодных культур (Мичуринск, 1980; Орел, 1999). Статистическую обработку данных выполняли по Доспехову Б.П. (1985) с использованием пакета программ «Excel 7», «Statistica 10». Проведен анализ научной литературы по вопросам геномной селекции. **Результаты.** Проведена фенотипическая оценка генофонда плодовых культур, полученного в результате отдаленной гибридизации, экспериментального мутагенеза. Построены уравнения множественной регрессии, выявлены корреляционные взаимосвязи между урожайностью и биологическими, биотическими и абиотическими факторами. Определены критерии модели «идеального» сорта и проведена сравнительная оценка лучших сортов с ней. Генотипическая оценка генофонда выполнена с использованием методов гибридологического анализа, дифференциальной окраски и ПЦР-анализа хромосом. Рассмотрены перспективные направления геномной селекции плодовых культур. **Выводы.** В результате совместной работы селекционеров с генетиками на основе геномной селекции плодовых культур, проводимой по двум взаимосвязанным направлениям с использованием: генетических методов оценки селекционного материала и генетических методов воздействия на генотип исходных сортов будет повышена эффективность селекции и получены новые сорта, которые по комплексу биологически-ценных признаков будут существенно превосходить лучшие стандартные сорта.

Ключевые слова: плодовые культуры; селекция; фенотип, геном; генетические методы.

Введение

Селекционная работа ведется на базе генофонда, который представлен более 6 тыс. сортов и форм косточковых, семечковых, орехоплодных, субтропических и ягодных культур. Основными задачами селекции плодовых культур в Никитском ботаническом саду являются: создание сортов с высокими товарными качествами плодов универсального назначения, хорошей транспортабельностью, с повышенной устойчивостью к морозам, заморозкам, засухе, грибным патогенам и с высокой урожайностью.

Основными методами классической селекции плодовых культур являются внутривидовая и отдаленная гибридизация, которые позволяют в результате рекомбинации генов получить новые генотипы в генеративном потомстве, а также экспериментальный мутагенез для индуцирования скачкообразных мутационных изменений.

В коллекции имеются отдаленные гибриды селекции д.б.н. Шоферистова Е.П. (Шоферистов, Цюпка, 2019; Шоферистов и др. 2019) – персика и нектарина обыкновенного с персиком мира, персиком Давида, с миндалем, с алычой, со сливой альпийской, среди них есть формы перспективные в качестве подвоев, а также –

источники повышенной устойчивости к грибным заболеваниям. Среди гибридов абрикоса со сливой альпийской селекционера д.с.-х.н. Гориной В.М. (Горина, Лукичева, 2017; Лукичева, Горина, 2018) выделено девять перспективных форм F1 (рис. 1), которые отличаются высокой морозостойкостью генеративных почек и удовлетворительным качеством плодов, а также форма F2 Фрегат, не уступающая по качеству плодов сортам абрикоса).

F1 7699

F1 8112

F1 8099

F2 Фрегат

Рис. 1 Перспективные гибриды F₁ и F₂ *P. brigantia* Vill. x *A. vulgaris* Lam.

Fig. 1 Promising hybrids F₁ and F₂ *P. brigantia* Vill. x *A. vulgaris* Lam.

Среди гибридов алычи со сливой альпийской отобрано 8 морозостойких гибридов (рис. 2), в том числе форма 93-74 с плодами по качеству сопоставимыми с сортовой алычой.

93-74

Рис. 2 Перспективный гибрид 93-74 F₁ *P. brigantia* Vill. x *P. cerasifera* Ehrh.

Fig. 2 Promising hybrid 93-74 F₁ *P. brigantia* Vill. x *P. cerasifera* Ehrh.

Экспериментальный мутагенез с использованием гамма-радиации проводили на алыче и персике, а также с применением химических мутагенов (НММ, НЭМ, ЭИ) в сочетании с гамма-радиацией и ростовыми веществам (фумаром и индолмасляной кислотой) на персике (Смыков, 2009). Было выделено 49 перспективных радиоформ у персика и 3 – у алычи. Радиомутантная форма персика 4016, как сорт Меркурий, была включена в Реестр сортов РФ (рис. 3).

Рис. 3 Плоды радиомутанта персика сорта Меркурий
Fig. 3 Fruits of a radiomutant peach of Mercury cultivar

Большинство промышленных сортов плодовых культур было получено в результате межсортовой гибридизации (Плугатарь, и др., 2017). В 2019 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию и рекомендованных для выращивания в Республике Крым, внесено 153 сорта селекции НБС (рис. 4).

Рис. 4 Сорта плодовых культур, включенные в Реестр сортов РФ, 2019 г.
Fig. 4 Cultivars of fruit crops included in the Register of Varieties of the Russian Federation, 2019

Среди них сорта персика – Демерджинский, Стрелец, Южная Гармония, Пивдена Фантазия, Крымская Осень; нектарина – Никитский 85, Крымчанин, Рубиновый 8, Рубиновый 9; абрикоса – Альтаир, Альянс, Искорка Тавриды, Магистр, Южанин; алычи – Оленька, Десертная Ранняя, Андормеда, Обильная, Румяная Зорька и сливы – Викторина; черешни – Услада, Карадаг, Призерка, Чернокрымка, Заря Востока; яблони – Малиновый Делишес, Алые Паруса, Салгирское, Киммерия; груши – Надежда Степи, Мария, Новосадовская, Гвардейская Зимняя; айвы – Крымская Ароматная, Октябрина, Съедобная, Сказочная; миндаля – Милас, Боспор, Александр, Прибрежный; ореха грецкого – Пурпуровый, Альминский, Аркад, Конкурсный; хурмы – Звездочка, Золотистая, Мечта, Никитская Бордовая; зизифуса – Коктебель, Цукерковый, Синит, Метеор; граната – Никитский Ранний, Нютинский, Черноморский; фейхоа – Никитская

Ароматная, Ароматная Фантазия; маслины – Никитская Крупноплодная, Крымская Превосходная; киви – Никитская Юбилейная.

Большинство сортов созданы методами классической селекции, но они не позволяют целенаправленно менять в нужном направлении заданные признаки. Поэтому селекционный процесс является длительным по времени и необходимый признак закрепляется в генеративном потомстве путем проведения многочисленных скрещиваний.

Для того, чтобы добиться существенного улучшения хозяйственно ценных признаков необходимо вовлечь в селекционный процесс **генетические методы оценки** исходных родительских сортов, генеративного потомства и ценных форм с использованием: молекулярного ПЦР-анализа ДНК, цитогенетической дифференциальной окраски хромосом, а также **генетические методы воздействия** на исходные сорта: модифицирование генома, геномное редактирование, применение химических и физических мутагенов в культуре "in vitro, управление взаимодействием "генотип-среда" на базе фитотрона.

Известно, что прорывные знания и технологии возможны, прежде всего, на стыке наук, когда исследования проводятся совместно со специалистами смежных дисциплин. Поэтому, эти исследования селекционеры проводят комплексно с генетиками и биотехнологами отдела биологии развития растений, биотехнологии и биобезопасности (зав. отделом, чл.-корр. РАН, д.б.н. Митрофанова И.В. (Лесникова-Седошенко, Митрофанова, Смыков, 2007; Митрофанова, 2017, 2018; Mitrofanova et al., 2019; Mitrofanova et al., 2009), отдела биоинженерии и функциональной геномики растений (зав. отделом, д.б.н. Долгов С.В. (Мирошниченко и др., 2009; Sidorova, Pushin, Dolgov, 2009; Dolgov et al., 2010; Максименкои др., 2011; Сидорова, Долгов, 2016) а также – лаборатории генетики и микробиологии ФГБНУ "Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия" (зав. лабораторией, к.б.н. Супрун И.И. (Степнов и др., 2018; Степнов и др., 2019). **Целью** исследований является повышение эффективности селекции с существенным увеличением параметров сортов по адаптивности, продуктивности и товарному качеству плодов за счет включения в селекционный процесс генетических методов оценки генофонда и воздействия на генотип исходных сортов.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являются коллекционно-селекционные насаждения плодовых культур Никитского ботанического сада. Оценку генофонда осуществляли по «Программе и методике сортоизучения плодовых, орехоплодных и ягодных культур» (Мичуринск, 1973; Орел, 1995). Селекционные исследования проводили по «Программе и методике селекции плодовых, орехоплодных и ягодных культур» (Мичуринск, 1980; Орел, 1999) и в соответствии с методиками, разработанными в НБС, «Интенсификация селекции плодовых культур» (Ялта, 1999). Статистическую обработку данных выполняли по Доспехову Б.А. (1985) с использованием пакета программ «Excel 7», «Statistica 10».

Результаты и обсуждение

Для достижения поставленной цели необходимо усовершенствовать структуру селекционного процесса (рис. 5) и решить следующие задачи:

Рис. 5 Схема геномной селекции

Fig. 5 Genomic selection scheme

1. Провести генотипирование (ПЦР-анализ ДНК) сортов плодовых культур из признаковых коллекций для паспортизации, идентификации и определения блоков генов, определяющих хозяйственно ценные признаки.

2. Выявить корреляционные взаимосвязи между SSR-маркерами и ценными морфо-биологическими признаками сортов для подбора родительских пар и проведения скрещиваний.

3. Провести дифференциальную окраску хромосом и дать сравнительную оценку исходных сортов-источников ценных признаков по наличию гетеро и эухроматиновых блоков хромосом.

4. Выявить корреляционные связи между активными участками эу- и гетерохроматина хромосом, и морфо-биологическими признаками исходных сортов.

5. Создать модель корреляции генотип-фенотип исходных сортов.

6. По результатам генетического анализа отобрать исходные **сорта-доноры** ценных признаков и включить их в гибридизацию.

7. Провести гибринологический анализ селекционного материала с изучением наследования количественных и качественных признаков в гибридном потомстве сортов -доноров.

8. Изучить гибридные формы методами ПЦР-анализа ДНК и дифференциальной окраски хромосом.

9. Оценить адаптивные свойства и продуктивность гибридных форм при заданных параметрах климата в **фитотроне** на основе взаимодействия генотип – среда.

10. Включить в повторную гибридизацию выделенные элитные формы, содержащие идентифицированные гены ценных признаков, для их закрепления в генеративном потомстве.

11. Внедрить в геном исходных сортов акцепторные гены для модифицирования генотипа по важным биологически ценным признакам: устойчивости к грибным болезням, к вирусам, изменению вкусовых качеств, степени окраски плодов и т.д.

12. Провести редактирование генома исходных сортов методами TALEN и CRISPR/CAS 9 – технологий для усиления генов адаптивных признаков: устойчивости к болезням, морозоустойчивости, засухоустойчивости, а также изменения химического состава плодов.

13. Воздействовать на клеточные структуры растений в культуре "in vitro" химическими (ЭИ, НЭМ, НММ, колхицин и др.) и физическими мутагенами (гамма-радиация, рентген, лазер) для индуцирования мутантных клеток на генном и геномном уровне, регенерации целых растений и выделения лучших форм.

14. На основе измененного и идентифицированного генофонда плодовых культур выделить сорта, которые по адаптивности, урожайности и качеству плодов будут существенно превосходить лучшие мировые стандарты.

В соответствии с предлагаемой схемой начаты и планируется продолжить исследования по двум направлениям в несколько этапов.

Первое направление – фенотипические и генетические методы оценки исходного селекционного материала:

1 этап. Из генофонда плодовых культур выделяется признаковая коллекция сортов-источников биологически ценных свойств. В зависимости от задач селекции лучшие сорта используются, как исходные родительские растения для гибридизации. Так, сформированная по фенотипу признаковая коллекция персика в НБС составляет 140 сортов, нектарина – 19, абрикоса – 148, черешни – 80, зизифуса – 39, хурмы восточной – 33, инжира – 52, маслины – 38, фейхоа – 16, ореха грецкого – 17, яблони – 73, груши – 85, айвы – 63, земляники – 7, малины – 5.

Продуктивность сортов является одним из важнейших хозяйственно ценных признаков, в связи с этим были построены онтогенетические модели продуктивности сортов плодовых культур на основе уравнения множественной регрессии и определены коэффициенты корреляции, которые позволили выявить взаимосвязь урожайности с биотическими и абиотическими лимитирующими факторами в условиях Южного берега Крыма (Смыков, Федорова, 2019). Так, у персика на примере сорта Юннат показана существенная корреляционная отрицательная зависимость (табл. 2) урожайности от поражения листьев курчавостью ($r = -0,60$) и минимальной температурой ($t^{\circ}\text{C}$) воздуха в июле ($r = -0,41$), а также от суммы осадков в июне ($r = -0,38$). Выявлена положительная корреляция с закладкой цветковых почек ($r = 0,49$) и средней температурой почвы на глубине 10 см в июне ($r = 0,38$).

Таблица 1

Корреляционный анализ парных взаимных связей анализируемых показателей, влияющих на урожайность персика сорта Юннат (n = 27)

Table 1

Correlation analysis of paired mutual relations of the analyzed indicators affecting the productivity of the peach of Yunnat cultivar (n = 27)

Показатели / Parametrs	Урожайность, кг Yield, kg
1	2
Сумма осадков в период цветения (мм) Precipitation during flowering period (mm)	-0,30
Относительная влажность в период цветения (%) Relative humidity during flowering (%)	-0,25
Поражение мучнистой росой (балл) Powdery Mildew Defeat (score)	-0,28
Поражение курчавостью листьев (балл) Damage to curly leaves (score)	-0,60*
Поражение клястероспориозом (балл) The defeat of kleasterosporiosis (score)	0,16
Закладка цветковых почек (балл) Bookmark flower buds (score)	0,49*

Продолжение таблицы 1 / Continuation of the Table 1

1	2
Дата массового цветения (фенология)	-0,19
Mass flowering date (phenology)	
Среднесуточная $t^{\circ}\text{C}$ воздуха в мае	0,29
The average daily air temperature in May	
Среднесуточная $t^{\circ}\text{C}$ воздуха в июне	0,20
The average daily $t^{\circ}\text{C}$ of air in June	
Среднесуточная $t^{\circ}\text{C}$ воздуха в августе	0,27
The average daily $t^{\circ}\text{C}$ of air in August	
Среднесуточная $t^{\circ}\text{C}$ воздуха в июле (предшествующего года)	0,29
The average daily $t^{\circ}\text{C}$ of air in July (the previous year)	
Максимальная $t^{\circ}\text{C}$ воздуха в августе	0,24
Maximum air temperature in August	
Минимальная $t^{\circ}\text{C}$ воздуха в июле	-0,41*
Minimum $t^{\circ}\text{C}$ of air in July	
Минимальная $t^{\circ}\text{C}$ воздуха в августе	0,16
Minimum $t^{\circ}\text{C}$ of air in August	
Сумма осадков в июне месяце, мм	-0,38*
The amount of precipitation in the month of June, mm	
Средняя температура почвы на глубине 10 см (январь), $^{\circ}\text{C}$	-0,36
Average soil temperature at a depth of 10 cm (January), $^{\circ}\text{C}$	
Средняя температура $t^{\circ}\text{C}$ почвы на глубине 10 см (апрель), $^{\circ}\text{C}$	0,21
Average soil temperature at a depth of 10 cm (April), $^{\circ}\text{C}$	
Средняя температура $t^{\circ}\text{C}$ почвы на глубине 10 см (май), $^{\circ}\text{C}$	0,26
Average soil temperature at a depth of 10 cm (May), $^{\circ}\text{C}$	
Средняя температура почвы на глубине 10 см (июнь), $^{\circ}\text{C}$	0,38*
Average soil temperature at a depth of 10 cm (June), $^{\circ}\text{C}$	

*Существенные различия с контролем при $P = 0,95$ * Significant differences with control at $P = 0.95$

Уравнение множественной регрессии урожайности и 24-х показателей у сорта Юннат представлено в следующем виде: $Y = -416,41 - 2,49X_1 - 50,42X_2 - 25,21X_3 - 35,52X_4 + 1,127X_5 - 1,97X_6 - 20,01X_7 - 23,69X_8 + 19,46X_9 - 5,411X_{10} + 3,23X_{11} - 28,81X_{12} - 52,64X_{13} - 46,40X_{14} - 16,96X_{15} - 1,79X_{16} - 10,61X_{17} - 20,03X_{18} - 31,79X_{19} - 9,18X_{20} - 28,70X_{21} - 25,40X_{22} + 0,28X_{23} - 0,45X_{24}$, где X_1 – средняя, среднесуточная температура воздуха за период цветения, X_2 – максимальная температура воздуха за период цветения, X_3 – минимальная температура воздуха за период цветения, X_4 – сумма осадков за период цветения, X_5 – относительная влажность воздуха за период цветения, X_6 – поражение мучнистой росой, X_7 – поражение курчавостью листьев, X_8 – поражение клястероспориозом, X_9 – закладка цветковых почек, X_{10} – дата массового цветения, X_{11} – среднесуточная температура воздуха за май, X_{12} – среднесуточная температура воздуха за июнь, X_{13} – среднесуточная температура воздуха за июль, X_{14} – среднесуточная температура воздуха за июль предшествующего года, X_{15} – среднесуточная температура воздуха за август предшествующего года, X_{16} – максимальная температура воздуха за май, X_{17} – максимальная температура воздуха за июнь, X_{18} – максимальная температура воздуха за июль, X_{19} – минимальная температура воздуха за май, X_{20} – минимальная температура воздуха за июнь, X_{21} – минимальная температура воздуха за июль, X_{22} – осадки, мм в мае, X_{23} – осадки, мм в июне, X_{24} – осадки, мм в июле.

Наиболее высокие коэффициенты регрессии (b) наблюдали у признаков: X_{11} – среднесуточная температура воздуха за май (-52,6), X_2 – максимальная температура

воздуха за период цветения (50,4), X_{14} – среднесуточная температура воздуха за июль предшествующего года (-46,4), X_4 – сумма осадков за период цветения (-35,5), X_{19} – минимальная температура воздуха за май (31,7), X_{12} – среднесуточная температура воздуха за июнь (-28,8), X_{21} – минимальная температура воздуха за июль (28,7). Коэффициент множественной регрессии составил $R = 0,98$, а коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,96$.

Аналогичные уравнения множественной регрессии были построены для сортов абрикоса, нектарина, алычи, черешни, хеномелеса, ореха грецкого, хурмы, маслины, зизифуса, граната, инжира и фейхоа.

Для повышения эффективности селекции важно определить критерии модели «идеального» сорта по каждой культуре и сравнить существующий сортимент с ней (Смыков, 2015). В исследованиях по персику учитывали, предложенные нами критерии модели сорта по 35 признакам. Для того, чтобы сравнить 25 лучших сортов персика, выделенных в коллекции, с моделью сорта по комплексу основных показателей был предложен кластерный метод анализа. Этим методом выявлена степень сходства между этими сортами и моделью сорта на основе евклидова расстояния. Все объекты объединены в дерево классификации, которое отражено в дендрограмме (рис. 6).

Рис. 6 Кластерный анализ сходства сортов персика с моделью сорта:

1. Модель сорта, 2. Гагаринский, 3. Гартвис-72, 4. Герман Титов, 5. Горный Цветок, 6. Дружба Народов, 7. Кодру, 8. Краса Кавказа, 9. Кремлевский, 10. Лебедев, 11. Муза, 12. Память Симиренко, 13. Тюльпан, 14. Baby Gold-6, 15. Conharmony, 16. Early Coronet, 17. Earlyred, 18. Elvira, 19. Golden, 20. Harbell, 21. Harken, 22. Monroe, 23. Redcap, 24. Redhaven, 25. Rihven, 26. Sun Beam

Fig. 6 Cluster analysis of the similarity of peach cultivars with the varietal model:

1. Variety model, 2. Gagarinsky, 3. Gartvis-72, 4. German Titov, 5. Gorny Tsvetok, 6. Druzhba Narodov, 7. Codru, 8. Krasa Kavkaza, 9. Kremlyovsky, 10. Lebedev, 11. Muza, 12. Pamyat Simirenko, 13. Tyulpan, 14. Baby Gold-6, 15. Conharmony, 16. Early Coronet, 17. Earlyred, 18. Elvira, 19. Golden, 20. Harbell, 21. Harken, 22. Monroe, 23. Redcap, 24. Redhaven, 25. Rihven, 26. Sun Beam

По схожести признаков и их величине близкими являются сорта, объединенные в шесть кластеров: 1. Гартвис 72 и Герман Титов; 2. Лебедев, Baby Gold-6, Redhaven, Harbell; 3. Память Симиренко, Тюльпан; 4. Кодру, Early Coronet, Redcap, Elvira; 5. Golden, Sun Beam; 6. Conharmony, Harken, Monroe.

По комплексу признаков наиболее близкими к модели сорта (62 ед. эвклидова расстояния) были отмечены восемь сортов: Гагаринский (51 ед.), Дружба Народов (42 ед.), Муза (39 ед.), Кремлевский (37 ед.), Краса Кавказа (35 ед.), Earlyred (30 ед.), Harbell (28 ед.), Redhaven (27 ед.).

Аналогичные исследования по определению критериев модели сорта и кластерному анализу сравнения сортов с моделью были проведены у нектарина, абрикоса, хеномелеса, черешни, ореха грецкого, хурмы, зизифуса, инжира, маслины и фейхоа.

2 этап. Для определения генотипа сортов необходимо провести их молекулярно-генетическую оценку методом ПЦР-анализа ДНК и выделить доноры биологически ценных признаков для передачи их генеративному потомству. В результате совместной работы с лабораторией генетики и микробиологии ФГБНУ "Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия" (руководитель Супрун И.И.) имеется научный задел в этом направлении по персику, яблоне, груше и ореху грецкому (Супрун и др., 2015; Супрун, Смыков, Токмаков, 2017; Плугатарь и др., 2017; Khokhlov et al., 2019).

Так, у персика проведен анализ полиморфизма 18 микросателлитных маркеров у 19 сортов, включающих несколько групп, близких по происхождению. Маркеры показали уровень полиморфизма от 2 (маркеры BPPCT028 и UDP98-409) до 7 аллелей (маркер EMPaS01) на локус. Результаты кластерного анализа выявили закономерности при распределении по кластерам, согласующиеся с происхождением сортов (рис. 7).

Рис. 7 Кластеризация сортов персика методом UPGMA
Fig. 7 Clustering peach cultivars using UPGMA method

Выделились две крупные группы сортов, связанных генеалогическим родством: первую группу образуют сорт Ветеран и его потомки, вторую группу представляет сорт Фаворита Мореттини совместно со своими потомками.

У груши для анализа генетического полиморфизма в изучаемой группе 16 сортов использовали семь микросателлитных ДНК-маркеров. SSR-маркеры значительно различались по уровню полиморфизма: было выявлено от трех (маркер CH04e03) до 11 (EMPc115) аллелей на локус. Анализ полученной в результате кластеризации

дендрограммы (рис. 8) позволил выделить в выборке сортов два основных кластера. В первый вошли сорта Изюминка Крыма и Гвардейская Зимняя, которые имеют в качестве материнского компонента формы, полученные из США. Второй кластер включает 12 сортов, в создании которых участвовали сорта из Западной Европы.

Рис. 8 Кластеризация сортов группы методом UPGMA
Fig. 8 Clustering pear cultivars using UPGMA method

У яблони было использовано семь SSR-маркеров для генотипирования сортов (Hi02C07, GD147, CH02c11, CH04c07, CH01d03, CH-Vf, CH02c02a). Анализ распределения аллелей среди сортов показал некоторые аллели, специфичные для группы Синапов, что показывает генетическую отдаленность крымских староместных сортов группы Синапов от сортов мировой селекции. Проведена также молекулярно-генетическая идентификация генов устойчивости у 24 сортов яблони к парше Vf и Vm, и мучнистой росе P11 и P12, а также изучен аллельный полиморфизм двух генов яблони, влияющих на плотность и текстуру мякоти плодов – *Md-EXP7* и *Md-PG1*. В результате электрофоретического анализа (рис. 9) ген устойчивости к парше выявлен у сортов Фаворит и Макфри.

Рис. 9 Результаты электрофоретического анализа продуктов амплификации маркеров ДНК – VfCI – ген устойчивости яблони к парше Vf
M – маркер молекулярной массы ДНК ("шаг" маркера 100 п.н.)

1 – Фаворит; 11 – Макфри

Fig. 9 Results of electrophoretic analysis of amplification products of DNA markers - VfCI - gene of resistance of apple to scab Vf
M - marker of molecular weight of DNA ("step" of the marker 100 bp)
1 - Favorit; 11 - McFree

У ореха грецкого были изучены 15 сортов с использованием 7 маркеров (рис. 10). Всего было изучено 57 аллелей. Число изучаемых аллелей (N_a) на локус варьировало от 5 у WGA069 до 13 у WGA276. Проведенный кластерный анализ показал высокую гетерогенность изученного набора сортов, при этом сорта Булганак, Малосадовый, Бельбекский Ранний и Подарок Валентины сформировали отдельный кластер, и оказались генетически отдаленными от других групп.

Рис. 10 Кластеризация сортов ореха грецкого методом UPGMA
Fig. 10 Clustering walnut cultivars using UPGMA method

В рамках гранта РНФ "Фундаментальные основы создания толерантных к основным вирусным патогенам сортов персика и абрикоса с применением современных методов селекции, биотехнологии, геномики и криотерапии" (научный руководитель д.б.н. Митрофанова И.В.) совместно с д.б.н. Чирковым С.Н. (МГУ) проводятся исследования по идентификации основных вирусов косточковых культур методом ПЦР-анализа ДНК.

3 этап. Проведение цитогенетических исследований хромосом плодовых культур методом дифференциальной окраски позволит определить количество хромосом в геноме, а главное, определить активные участки гетерохроматина и взаимосвязь степени его окрашивания с морфо-биологическими признаками сортов.

Так, у персика изучали особенности дифференциальной окраски хромосом у гамма-облученных форм сорта Советский (Шкуратова, Смыков, 1988; Гостева, Смыков, 2010) (рис. 11). Выявлено, что в результате воздействия гамма-радиации на вегетативные почки, особенно в дозе 50 Гр, у растений произошли цитогенетические нарушения: различия по соотношению гетеро и эухроматиновых блоков, изменение площади, суммарной оптической плотности клеточного ядра, появление клеток с микроядрами, мостами, полиплоидным набором хромосом, которые обусловили возрастание спектра изменчивости и частоты появления мутантных форм (табл. 2).

5 этап. Полученные гибридные сеянцы необходимо исследовать на адаптивность к экстремальным факторам среды (морозам, засухе, жаре) и по продуктивности в регулируемых условиях климата в фитотроне.

6 этап. Выделенные элитные формы переводятся на подвой, высаживаются в коллекцию и изучаются по комплексу хозяйственно ценных признаков лабораторными методами (ПЦР-анализа ДНК, дифференциальная окраска хромосом, ступенчатое промораживание в морозильной камере, определение интенсивности фотосинтеза, состава хлорофилла, водоудерживающей способности тканей листьев, химического

состава плодов по биологически-активным веществам и микроэлементам) и полевыми методами (морозостойкость, засухоустойчивость, поражаемость болезнями, урожайность, товарные качества плодов).

7 этап. Лучшие по комплексу биологически ценных признаков сорта передаются в госсортоиспытание и включаются в Реестр селекционных достижений России.

Рис. 11 Классификация типов хромосом персика на стадии деления клетки профазы-прометафазы

Fig. 11 Classification of peach chromosomes types at the stage of cell division prophase-prometaphase

Таблица 2

Нарушения в митотическом делении соматических клеток у облученного персика

Table 2

Disorders in mitotic division of somatic cells in irradiated peach

Сорт Cultivar	Вариант облучения, Гр Variant of exposure, Gy	Количество изученных клеток The number of cells studied	Площадь ядра Area of the core		Суммарная оптическая плотность ядра Total optical core density		Количество микро-ядер Amount mikro-cores	Количество клеток с мостами Amount cells with bridges	Количество полиплоидных клеток The number of polyploid cells
			Pixel ²	V, %	Sumgrey	V, %			
Бархатистый (контроль) Barkhtisty (control)	0	100	2515,9	20,4	10,7	18,4	0	2	1
Бархатистый Barkhtisty	50	96	2402,8	22,2	9,5	19,7	4	7	2
Советский (контроль) Sovetskiy (control)	0	100	3342,9	28,0	12,3	23,3	1	0	0
Советский Sovetskiy	50	100	2827,7*	38,9	10,9*	39,4	0	5	0
Кудесник (контроль) Kudesnik (control)	0	100	7565,9	26,6	23,4	14,6	1	2	0
Кудесник Kudesnik	50	112	5262,7*	32,5	26,8*	19,0	6	7	4

* Существенные различия с контролем при P = 0,95 по площади ядра и суммарной оптической плотности

* Significant differences with control at P = 0.95 in terms of core area and total optical density

4 этап. В результате генетического анализа необходимо отобрать исходные сорта-доноры ценных признаков и включить их в гибридизацию. Затем изучить их наследование в генеративном потомстве путем проведения гибридологического анализа для подтверждения донорских свойств.

Второе направление – генетические методы воздействия на генотип исходных сортов (рис. 6):

1 этап. Модифицирование генома исходных сортов путем внедрения в ДНК чужеродного гена, несущего ценный селекционный признак. Такие исследования на сельскохозяйственных растениях, в том числе на плодовых культурах, ведутся коллективом ученых под руководством д.б.н. Долгова С.В.

2 этап. Редактирование генома исходных сортов методами TALEN и CRISPR/Cas9 технологий (природоподобные технологии) для усиления генов адаптивных признаков: устойчивости к болезням морозоустойчивости, засухоустойчивости, а также изменения химического состава плодов. Эти исследования проводятся в Новосибирском институте цитологии и генетики СО РАН (Немудрый и др., 2014).

3 этап. Для индуцирования генных и геномных мутаций, изменения или появления новых признаков целесообразно проводить обработку химическими и физическими мутагенами пыльцы, почек, семян, которые обрабатываются у растений в открытом грунте и затем переводятся в культуру *in vitro*. Для модифицирования мутагенного эффекта мутагены эффективно сочетать со стимуляторами роста растений. Растения могут обрабатываться мутагенами непосредственно в культуре *in vitro*, что позволяет воздействовать непосредственно на их органы, ткани и клетки. Исследования по воздействию гамма-радиации на растения в культуре *in vitro* проводились в НБС (Митрофанова и др., 1999; Лесникова, Митрофанова, Смыков, 2007; Митрофанова, 2010, 2017) и их необходимо продолжить.

4 этап. Новые формы плодовых культур с генетически модифицированным и отредактированным геномом, а также мутантные растения, полученные в культуре *in vitro*, адаптируются в теплице и открытом грунте, затем изучаются в селекционном саду и лучшие из них высаживаются в коллекцию.

5 этап. Элитные формы изучаются по комплексу биологически ценных признаков в лабораторных условиях и в саду. Наиболее выдающиеся из них, как новые сорта, передаются в госсортоиспытание и включаются в Реестр селекционных достижений России.

Выводы

Таким образом, в результате совместной работы селекционеров с генетиками на основе геномной селекции плодовых культур, проводимой по двум взаимосвязанным направлениям с использованием: генетических методов оценки исходного селекционного материала и генетических методов воздействия на генотип исходных сортов, в перспективе могут быть получены следующие результаты:

Паспортизированы, идентифицированы и определены методом ПЦР-анализа ДНК блоки генов сортов плодовых культур, отвечающие за определенные биологически ценные признаки.

Проведено генотипирование и выявлены корреляционные взаимосвязи между SSR-маркерами, гетерохроматиновыми блоками хромосом и ценными морфо-биологическими признаками сортов.

Создана модель корреляции генотип-фенотип исходных сортов.

Отобраны **сорта-доноры** ценных признаков в качестве родительских пар для проведения скрещиваний.

Выявлены адаптивные свойства и продуктивность гибридных форм при заданных параметрах климата в **фитотроне** на основе взаимодействия генотип – среда.

Получены новые формы плодовых культур с генетически модифицированным и отредактированным геномом, как доноры адаптивных и качественных признаков.

Получены в культуре *in vitro* новые мутантные формы с усиленными или новыми биологически ценными признаками.

Сокращен срок селекции (на 10 лет) новых сортов плодовых культур.

Выделены и переданы в госсортоиспытание, и в Реестр РФ сорта, которые по адаптивности, урожайности и качеству плодов будут существенно превосходить лучшие стандартные сорта.

Предложена новая методология геномной селекции плодовых культур.

Литература / References

Горина В.М., Лукичева Л.А. Потенциал генофонда Никитского ботанического сада и его использование в селекции абрикоса // Сб. Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений, сохранение биоразнообразия и рационального использования биоресурсов в аридных условиях / Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию Мангалышского экспериментального ботанического сада. 2017. С. 42-47.

[Gorina V.M., Lukicheva L.A. The potential of the gene pool of the Nikitsky Botanical Gardens and its use in apricot breeding // Collection of Theoretical and applied aspects of plant introduction, conservation of biodiversity and rational use of biological resources in arid conditions / Materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 45th anniversary of the Mangalysh experimental botanical garden. 2017. P. 42-47.]

Гостева Е.В., Смыков А.В. Особенности дифференциальной окраски хромосом радиомутантных форм персика // Сб. трудов Никит. ботан. сада. 2010. Т. 132. С. 56-62.

[Gosteva E.V., Smykov A.V. Features of differential staining of chromosomes of radiomutant forms of peach // Coll. Proceedings of Nikita. herbd. the garden. 2010. Vol. 132. P. 56-62.]

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва. 1985. с.352.

[Dospikhov B.A. Methodology of field experience. Moscow. 1985. p. 352].

Интенсификация селекции плодовых культур / научн. ред. Смыков В.К., Лищук А.И. Ялта. 1999. Т. 118. с. 216.

[Intensification of selection of fruit crops / scientific. ed. Smykov V.K., Lischuk A.I. Yalta. 1999. Vol. 118. p. 216.]

Лесникова-Седошенко Н.П., Митрофанова О.В., Смыков А.В. Биотехнологические приемы в селекции персика и абрикоса // Збірник наукових праць «Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології». К., 2007. Т. 2. С. 521-524.

[Lesnikova-Sedoshenko N.P., Mitrofanova O.V., Smykov A.V. Biotechnological techniques in the selection of peach and apricot // Zbirnik naukovih prats "Achievement and problems of genetics, selection and biotechnology". K., 2007. Vol. 2. P. 521-524.]

Лукичева Л.А., Горина В.М., Соколовская Ж.С. Генофондовая коллекция алычи в Никитском ботаническом саду и перспективы ее использования // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 54. С. 165-172.

[Lukicheva L.A., Gorina V.M., Sokolovskaya Zh.S. The gene pool collection of cherry plum in the Nikitsky Botanical Gardens and the prospects for its use // Fruit growing and berry growing in Russia. 2018. Vol. 54. P. 165-172.]

Максименко О.Г., Долгова А.С., Бончук А.Н., Тизонов М.В., Гасанов Н.Б., Зарайский Е.И., Долгов С.В., Георгиев П.Г. Способ создания трансгенных растений с

высоким уровнем экспрессии трансгенного белка. – патент на изобретение RUS 2507736 11.01.2011.

[*Maksimenko O.G., Dolgova A.S., Bonchuk A.N., Tizonov M.V., Gasanov N.B., Zaraysky E.I., Dolgov S.V., Georgiev P.G.* A method of creating transgenic plants with a high level of transgenic protein expression. - patent for invention RUS 2507736 01/11/2011.]

Митрофанова И.В. Развитие биотехнологических исследований в Никитском ботаническом саду // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2010. С. 91-102.

[*Mitrofanova I.V.* The development of biotechnological research in the Nikitsky Botanical Gardens // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2010. P. 91-102].

Митрофанова И.В. Биотехнологические системы размножения и сохранения растений // Сб. Актуальные проблемы ботаники и охраны природы. Под редакцией С.Ф. Котова. 2017. С. 14-22.

[*Mitrofanova I.V.* Biotechnological systems of plant propagation and conservation // Sat. Actual problems of botany and nature conservation. Edited by S.F. Kotov. 2017. P. 14-22.]

Митрофанова И.В. Развитие биотехнологических исследований в Никитском ботаническом саду / Методология биотехнологических исследований цветочно-декоративных культур. Симферополь. 2018. С.11-42.

[*Mitrofanova I.V.* Development of biotechnological research in the Nikitsky Botanical Gardens / Methodology of biotechnological research of flower and decorative crops. Simferopol. 2018. P. 11-42.]

Митрофанова О.В. Митрофанова И.В. Лесникова Н.П., Смыков А.В. Методы биотехнологии в селекции и размножении косточковых и субтропических культур // Сб. научных трудов «Интенсификация селекции плодовых культур». Ялта, 1999, Т. 118. С. 189-199.

[*Mitrofanova O.V. Mitrofanova I.V. Lesnikova N.P. Smykov A.V.* Methods of biotechnology in breeding and reproduction of stone fruit and subtropical crops // Sat. scientific works "Intensification of selection of fruit crops". Yalta, 1999. Vol. 118. P. 189-199.]

Мирошниченко Д.Н., Шульга О.А., Тимербаев В.Р., Долгов С.В. Достижения, проблемы и перспективы получения нетрадиционных растений с отредактированным геномом // Биотехнология. 2009. Т. 35. № 1. С. 3-26.

[*Miroshnichenko D.N., Shulga O.A., Timerbaev V.R., Dolgov S.V.* Achievements, problems and prospects of obtaining unconventional plants with the edited genome // Biotechnology. 2009. Vol. 35. № 1. P. 3-26.]

Немудрый А.А., Валетдинова К.Р., Медведев С.П., Закьян С.М. Системы редактирования геномов TALEN и CRISPR/Cas9 – инструменты открытий // Acta Naturae/ 2014. Т. 6. № 3. (22). С. 20-43.

[*Nemudry A.A., Valetdinova K.R., Medvedev S.P., Zakiyan S.M.* TALEN and CRISPR / Cas9 Genome Editing Systems - Discovery Tools // Acta Naturae / 2014. Vol. 6. № 3. (22) . P. 20-43.]

Плугатарь Ю.В., Бабина Р.Д., Супрун И.И., Науменко Т.С., Алексеев Я.И. Оценка сортов груши, выделенных из генофондовой коллекции Никитского ботанического сада по комплексу хозяйственно ценных признаков с помощью микросателлитных маркеров // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 1. С. 60-68.

[*Plugatar Yu.V., Babina R.D. Suprun I.I., Naumenko T.S., Alekseev Y.I.* Assessment of pear varieties isolated from the gene pool of the Nikitsky Botanical Gardens by a set of economically valuable traits using microsatellite markers // Vavilovsky Journal of Genetics and Selection. 2018. Vol. 22. № 1. P. 60-68.]

Плугатарь Ю.В., Смыков А.В., Опанасенко Н.Е., Сотник А.И., Бабина Р.Д. и др. К созданию промышленных садов плодовых культур в Крыму / Научно-практическое издание. Симферополь. 2017. с. 210.

[Plugatar Yu.V., Smykov A.V., Opanasenko N.E., Sotnik A.I., Babina R.D. and others. To the creation of industrial orchards of fruit crops in the Crimea / Scientific-practical publication. Simferopol. 2017. P. 210].

Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под. Ред. Е.Н. Седова. - Орел, 1995. 503 с.

[The program and method of selection of fruit, berry and nut crops / under. Ed. E.N. Sedov. - Eagle, 1995. 503 p.]

Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / научн. ред. Г. А. Лобанов. - Мичуринск, 1980. 529 с.

[The program and method of selection of fruit, berry and nut-bearing crops / scientific. ed. G.A. Lobanov. - Michurinsk, 1980. 529 p.]

Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под. Ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. - Орел, 1999. 608 с.

[The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops / under. Ed. E.N. Sedov and T.P. Ogoltsova. - Eagle, 1999. 608 p.]

Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под. Ред. Г.А. Лобанова. - Мичуринск, 1973. 494 с.

[The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops / under. Ed. G.A. Lobanov. - Michurinsk, 1973. 494 p.]

Сидорова Т.Н., Долгов С.В. Разработка метода генетической трансформации клонового подвоя сливы (*Prunus domestica* L.) для получения растений устойчивых к вирусу шарки // Сб. Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты). Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада. 2016. С. 186-187.

[Sidorova T.N., Dolgov S.V. Development of a method for the genetic transformation of a clonal rootstock of a plum tree (*Prunus domestica* L.) for obtaining plants resistant to sharki virus // Sat. Biotechnology as a tool for preserving the biodiversity of the plant world (physiological, biochemical, embryological, genetic and legal aspects). Materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 30th anniversary of the Department of Plant Biotechnology at Nikitsky Botanical Gardens. 2016. P. 186-187.]

Смыков А.В. Экспериментальный мутагенез в селекции персика // Сб. тр. Никит. ботан. сада. 2009. Т. 131. С. 81-90.

[Smykov A.V. Experimental mutagenesis in peach breeding // Coll. Of works Nikita. Bot. Gardens. 2009. Vol. 131. P. 81-90.]

Смыков А.В. Сравнительная оценка сортов и взаимосвязь признаков у персика / Матер. межд. научн. конф., посвящ. 160-летию со дня рождения И.В. Мичурина. - Мичуринск: ФГБОУ ВО. Мичуринский ГАУ. 2015. С. 44-50.

[Smykov A.V. Comparative evaluation of cultivars and the relationship of characters in peach / Mater. Int. scientific Conf. 160th birthday of I.V. Michurina. - Michurinsk: FSBEI of HE. Michurinsky GAU. 2015. P. 44-50.]

Смыков А.В., Федорова О.С. Зависимость продуктивности персика от биологических особенностей сортов и погодно-климатических условий на Южном берегу Крыма // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2019. № 1. (150). С. 67-76.

[*Smykov A.V., Fedorova O.S.* The dependence of peach productivity on the biological characteristics of cultivars and weather and climate conditions on the Southern Coast of the Crimea // *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation.* 2019. № 1. (150). P. 67-76.]

Степнов И.В., Супрун И.И., Токмаков С.В., Лободина У.В. Поиск эффективных IRAP и ISSR маркеров для генетического анализа подвоев яблони // *Плодоводство и виноградарство юга России.* 2019. № 60 (6). С. 11-20.

[*Stepnov I.V., Suprun I.I., Tokmakov S.V., Lobodina U.V.* Search for effective IRAP and ISSR markers for the genetic analysis of apple stocks // *Fruit growing and viticulture in southern Russia.* 2019. № 60 (6). P. 11-20.]

Степнов И.В., Трифонова А.А., Кудрявцев А.М., Супрун И.И. Разработка S-SAP маркеров и оценка их потенциала в генетических исследованиях представителей рода *Prunus L.* // *Генетика.* 2018. Т. 54. С. 1145-1154.

[*Stepnov I.V., Trifonova A.A., Kudryavtsev A.M., Suprun I.I.* Development of S-SAP markers and assessment of their potential in genetic studies of representatives of the genus *Prunus L.* // *Genetics.* 2018. Vol. 54. P. 1145-1154.]

Супрун И.И., Смыков А.В., Токмаков С.В. SSR-фингерпринтинг и оценка генетических взаимосвязей сортов персика современной селекции Никитского ботанического сада // *Садоводство и виноградарство,* 2017. № 5. С. 23-27.

[*Suprun I.I., Smykov A.V., Tokmakov S.V.* SSR fingerprinting and assessment of the genetic relationships of peach cultivars of the modern selection of the Nikitsky Botanical Gardens // *Horticulture and Viticulture,* 2017. № 5. P. 23-27.]

Супрун И.И., Володин В.А., Токмаков С.В., Щербатко В.Д. Анализ аллельного полиморфизма генов MD-EXP7 и MD-PG1, детерминирующих признаки качества плодов, у современных и автохтонных сортов яблони Крыма. *Плодоводство и виноградарство Юга России.* 2015. № 33 (3). С. 1-11.

[*Suprun I.I., Volodin V.A., Tokmakov S.V., Scherbatko V.D.* Analysis of allelic polymorphism of the MD-EXP7 and MD-PG1 genes that determine the signs of fruit quality in modern and autochthonous cultivars of the apple tree of the Crimea. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia.* 2015. № 33 (3). P. 1-11.]

Токмаков С.В., Супрун И.И., Степанов И.В., Лободина Е.В., Алехина Е.М. Влияние коротких периодов стратификации на развитие изолированных незрелых эмбрионов черешни в культуре *in vitro* // *Плодоводство и виноградарство юга России.* 2019. № 60 (6). С. 91-101.

[*Tokmakov S.V., Suprun I.I., Stepanov I.V., Lobodina E.V., Alekhina E.M.* The influence of short periods of stratification on the development of isolated immature sweet cherry embryos in an *in vitro* culture // *Fruit growing and viticulture in southern Russia.* 2019. № 60 (6). P. 91-101.]

Шкуратова Н.Н., Смыков А.В. Изучение мутантных форм персика методом дифференциальной окраски хромосом // *Бюл. ГНБС.* 1988. Вып. 66. С. 119-123.

[*Shkuratova N.N., Smykov A.V.* The study of mutant forms of peach by differential staining of chromosomes // *Bull. GNSS.* 1988. Issue. 66. P. 119-123.]

Шоферистов Е.П., Горина В.М., Цюпка С.Ю., Корзин В.В. Семенные и клоновые подвои абрикоса, сливы и алычи // *Биология растений и садоводство: теория, инновации.* 2019. № 4 (153). С. 83-92.

[*Shoferistov E.P., Gorina V.M., Tsyupka S.Yu., Korzin V.V.* Seed and clone stocks of apricot, plum and cherry plum // *Plant Biology and Gardening: theory, innovation.* 2019. № 4 (153). P. 83-92.]

Шоферистов Е.П., Цюпка С.Ю. Генетические ресурсы гибридов нектарина с миндалем обыкновенным в Крыму // *Сб. Роль сорта в современном садоводстве / Материалы международной научно-методической дистанционной конференции,*

посвященной 70-летию со дня рождения академика РАН, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Н.И. Савельева. Мичуринск. 2019. С. 318-324. [Shoferistov E.P., Tsyupka S.Yu. Genetic resources of nectarine hybrids with almonds in the Crimea // Sat. The role of the variety in modern gardening / Materials of the international scientific and methodological distance conference dedicated to the 70th anniversary of the academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of agricultural sciences, professor N.I. Savelyeva. Michurinsk. 2019. P. 318-324.]

Dolgov S.V., Mikhaylov R.V., Serova T.A., Shulga O.A., Firsov A.P. Pathogen-derived methods for improving resistance of transgenic plums (*Prunus domestica* L.) for Plum pox virus infection. *Julius-Kuhn-Archiv*, 2010. Vol. 427. P. 133-140.

Khokhlov S.Ya., Panyushkina E.S., Balaponov I.M., Suprun I.I., Tokmakov S.V. The identification of walnut cultivars from Nikita botanical gardens by SSR-markers // *Acta Horticulturae*. 2019. Vol. 1242. P. 515-520.

Mitrofanova I.V., Smykov A.V., Mitrofanova O.V., Lesnikova-Sedoshenko N.P., Chirkov S.N. Using of embryoculture for in vitro obtaining new freedding forms of peach / 4th Balkan Symposium on Fruit Growing Book of Abstract Symposium Programmt. 2019. P. 40.

Mitrofanova O.V., Mitrofanova I.V., Kuzmina T.N., Lesnikova-Sedoshenko N.P., Dolgov S.V. In vitro adventitious shoot regeneration from leaf explants of some apricot cultivars // *Ciencia e Agrotecnologia*. 2019. Vol. 43. P. e001319.

Sidorova T.N., Pushin A.S., Dolgov S.V. Genetic engineering of PPV resistance in plum rootstock "Elita": an initial study // *Acta Horticulturae*. 2009. Vol. 1242. P. 527-532.

Статья поступила в редакцию 27.04.2020

Smykov A.V. Prospects for selection-genetic studies of fruit crops // *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2020. № 2(155). P. 112-129

Aim and task: to increase the efficiency of selection with a significant increase in the parameters of varieties in terms of adaptability, productivity and commercial quality of fruits by including in the breeding process genetic methods for assessing the gene pool and the impact on it. **Methods.** Assessment of the genefund was carried out according to the "Program and Methods for Variety Studies of Fruit, Nut and Berry Crops" (Michurinsk, 1993; Orel, 1995). Breeding studies were carried out according to the "Program and methodology for selection of fruit, nut and berry crops (Michurinsk, 1980; Orel, 1999). Statistical data processing was performed according to B.P. (1985) using the software package "Excel 7", "Statistica 10". An analysis of the scientific literature on genomic selection. **Results.** A phenotypic assessment of the gene pool of fruit crops obtained as a result of distant hybridization and experimental mutagenesis was carried out. The equations of multiple regression are constructed, correlation interconnections between productivity and biological, biotic and abiotic factors are revealed. The criteria of the model of the "ideal" cultivar are determined and a comparative assessment of the best cultivars with it is carried out. Genotypic assessment of the gene pool was performed using methods of hybridological analysis, differential staining and PCR analysis of chromosomes. Promising areas of genomic selection of fruit crops are considered. **Main conclusions.** As a result of joint work between breeders and geneticists on the basis of genomic selection of fruit crops, carried out in two interrelated directions using: genetic methods for evaluating breeding material and genetic methods for influencing the genotype of the original cultivars, the selection efficiency will be increased and new cultivars will be obtained that are complex biologically valuable traits will significantly exceed the best standard cultivars.

Keywords: fruit crops; selection; phenotype; genome; genetic methods.