

soil content in the garden under the cultivation contributes to the formation of high-quality fruits, under a black fallow - improves their storability. The use of a controlled gas environment, which contains CO₂ –5%, O₂–3%, N₂– 92%, allows to mitigate the consequences of adverse weather conditions' effects, various agricultural backgrounds, to extend the storage period for apple fruits and minimize their overall losses.

Key words: *Golden Delicious varieties; storability; storage mode; rootstock; moisture provision; soil content*

УДК 631.528.632:634.25

DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.07

РАДИАЦИОННЫЙ МУТАГЕНЕЗ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЕРСИКА

Анатолий Владимирович Смыков

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52

E-mail: selectfruit@yandex.ru

Изложены результаты действия гамма-радиации на персик. Показано влияние различных доз, сроков облучения на выживаемость, частоту и спектр изменчивости персика по морфологическим, биологическим и биохимическим признакам. Выделены мутантные формы с хозяйственно-ценными признаками.

Ключевые слова: *персик; гамма-облучение; дозы радиации; морфобиологическая изменчивость; мутантные формы*

Введение

Экспериментальный мутагенез является важным направлением в выведении новых форм и сортов плодовых культур [1, 2, 3, 4, 7]. Он повышает частоту изменчивости признаков растений и расширяет возможности селекционера для отбора хозяйственно-ценных форм. Мутанты могут индуцироваться физическими и химическими мутагенами. Использование гамма-радиации на персике показало свою эффективность [6, 8, 9]. Перспективно также облучение пыльцы для включения в гибридизацию [6]. Обработка мутагенами соматических клеток вызывает изменение отдельных признаков сорта при сохранении его основных достоинств и является перспективной для совершенствования сортимента. При этом важное значение имеет подбор сроков и доз облучения вегетативных почек гамма радиацией. Необходимо изучить морфо-биологические, анатомические, адаптивные особенности мутантных форм и выделить лучшие из них.

Целью исследований являлось изучение изменчивости персика в результате воздействия гамма-радиации с последующим отбором и комплексным изучением мутантных форм для промышленного садоводства.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись мутантные формы персика, полученные в результате облучения гамма-радиацией на гамма-установке ЛМБ-γ1М мощностью 12,3 МА/кг вегетативных почек и пыльцы. Изучение растений после воздействия радиации проводили по опубликованным методикам [5, 7]. Исследования были начаты на персике с 1983г. на селекционном участке площадью 6 га по схеме посадки 4х2 м. Радиомутантные формы (MV 1), выделенные по хозяйственно ценным признакам, проверяли на стабильность методом расхищивания, проводя последовательные окулировки (до MV 10). Стабильность признаков показали 40 форм, которые были высажены в коллекцию с целью дальнейшего изучения и отбора для передачи в госсортоиспытание.

Результаты и обсуждение

Изучение генофонда облученного персика позволило выявить некоторые особенности действия радиации на его жизнеспособность и генотип. Общим критерием

оценки чувствительности растений к лучевому поражению является процент их гибели, который отражает процессы повреждения и восстановления жизнедеятельности клеток. Повреждения почек радиацией проявляются не сразу, что связано с явлением продленного мутагенеза. Их приживаемость через 2 месяца после облучения практически такая же, как в контроле (вариант без облучения) и только через 8 – 9 месяцев часть их погибает. Чувствительность почек зависит от этапов органогенеза – чем больше степень дифференциации, тем выше радиочувствительность. В связи с этим при облучении почек на втором этапе органогенеза – в период формирования у них 7 – 10 зачаточных листьев и вторичных бугорков их чувствительность была выше, чем при формировании 4 – 6 зачаточных листьев и вторичных бугорков. Дозы облучения 10 Гр были стимулирующими, до 30 Гр – умеренными, до 70 Гр – критическими, до 90 Гр – летальными.

Для персика характерен довольно широкий спектр изменчивости признаков. В первый год развития у некоторых растений наблюдаются слаборослость, рассеченность, двухвершинность побегов, деформации, двухвершинность, уколистность, хлорофилльность листовой пластинки (рис. 1, 2). В вариантах с облучением частота изменчивости этих признаков возрастает. Некоторые из них, особенно рассеченность побегов и листьев, являются модификациями и исчезают в последующие годы развития и при размножении. В результате облучения снижаются темпы роста растений, задерживается время вступления в плодоношение. Продуктивность под действием критических доз облучения снижается. У этих растений меняется реакция на неблагоприятные факторы среды.

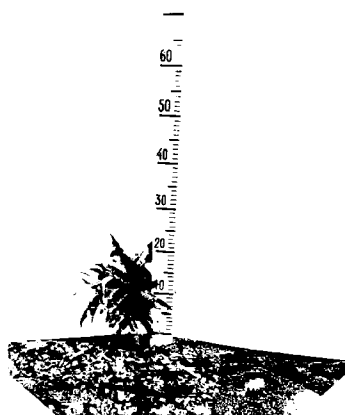


Рис. 1 Слаборослая форма сорта Кудесник в питомнике, облучение в дозе 50 Гр



Рис. 2 Хлорофильные мутации листьев у сорта Советский: 1 – контроль; 2 – в вариантах с облучением

В результате искусственного промораживания и естественных морозов из 49 мутантов было выделено 16 радиоформ с повышенной морозостойкостью цветковых почек. Из них 7 мутантов в дозе облучения 20 Гр и 6 – 50 Гр. Стабильную морозостойкость показали 3 формы: 377, 379 в дозе облучения 20 Гр, и особенно 403 в дозе 50 Гр.

Сравнительную засухоустойчивость 29 радиомутантных форм персика изучали на основе анализа водоудерживающих свойств листового аппарата, тургесцентности тканей и флуориметрии пигментов.

По водоудерживающей способности были выделены наиболее стабильные формы 36-227 и 40-16, испаряющие влагу в пределах 15 – 35%, и формы 34-224, 37-12, 39-146, которые проявили повышенную (11 – 45%) устойчивость к водоотдаче. Зафиксировано незначительное подавление показателя варибельной флуорисценции у

10-ти форм: 40-3, 40-10, 40-16, 63-8, 64-164, 37-6, 63-87, 38-176, 38-172, 40-15, которые обладают стабильной водоудерживающей способностью или поддерживают относительно высокую тургесцентность тканей. Полученные данные позволили ранжировать по засухоустойчивости 5 форм, которые по комплексу физиологических показателей превышают контрольный сорт Советский.

Облучение вызывает у персика изменение размера, формы, окраски цветков (рис. 3). У некоторых макромутантов (слаборослых, узколистных) наблюдаются мелкие цветки, поздний срок цветения, стерильность генеративных органов. Это связано с тем, что как правило, любое мутационное изменение, существенно затрагивая один признак, меняет в определенной степени комплекс других вследствие плейотропного влияния гена.

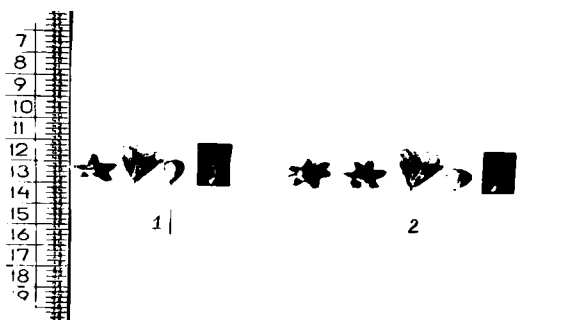


Рис. 3. Морфологические изменения цветков у сорта Рот-Фронт:
1 – контроль; 2 – в вариантах с облучением

У одного процента облученных растений на 7 – 5 дней меняются сроки цветения. Радиация вызывает уменьшение массы и размера плодов, массы и размера косточек (рис. 4, 5). По качественным признакам наиболее часто изменяется покровная окраска плодов, цвет и форма косточки. От 0,3 до 20,4% косточек, взятых от слаборослых мутантных форм после самоопыления, имеют недоразвитые семена, 0,7 – 88,7% – пустые и 0,4 – 10% – по два семени, в контроле соответственно 2,6; 0,3 и 2,9%.



Рис. 4 Морфологические изменения плодов у сорта Советский: 1 – контроль; 2 – облучение в дозе 10 Гр; 3 – 20 Гр; 4 – 30 Гр; 5 – 50 Гр



Рис. 5 Развитие семян у сорта Советский:
1 – контроль; 2 – в вариантах с облучением

У растений облучение вызывает физиологические и биохимические мутации. Листья слаборослых форм характеризуются пониженной активностью фотосинтетического аппарата и меньшим поглощением углекислоты в сравнении с листьями необлученных растений. Побеги слаборослых форм персика растут медленнее и имеют повышенное содержание суммы фенольных соединений, являющихся ингибиторами роста. У 20 раносозревающих форм сорта Советский, полученных после гамма-облучения в дозах 20, 30 и 50 Гр, было выделено 7 форм с

повышенным в 1,5 – 1,9 раза содержанием в плодах Р-активных веществ – лейкоантоцианов, которые обладают антирадикальным и противорадиационным действием. Из 26 форм, выделенных по другим хозяйственно-ценным признакам, у 7-ми форм также наблюдалось заметное повышение в плодах лейкоантоцианов. Так, у формы 4053 в дозе облучения 50 Гр их количество составило 1040, у формы 4015 – 1200 мг/100 г, которое приближается к видовому пределу персика обыкновенного и превышает контроль (685 мг/100 г) в 1,5 – 1,8 раза.

У семи мутантов в дозе облучения 50 Гр и с повторным облучением 50+20 Гр отмечали значительное (в 1,6 – 3,3 раза) повышение содержания аскорбиновой кислоты в плодах по сравнению с контролем.

Повышение содержания пектинов в плодах на 29 – 41% наблюдалось у трех форм в дозах облучения 20, 50, 30+20 Гр. Некоторые формы характеризовались комплексным повышением содержания биологически-активных веществ в плодах.

В большинстве вариантов опыта проявилась тенденция к повышению содержания в плодах сухих веществ и титруемой кислотности. Тенденцию увеличения содержания в плодах некоторых компонентов их биохимического состава, а также существенное их накопление у некоторых форм после гамма-облучения можно связать с явлением гомеостаза растений, так как эти вещества обладают защитно-восстановительными свойствами к мутагенным и другим стрессовым воздействиям.

Гамма-облучение, особенно в дозе 50 Гр, вызвало существенные изменения анатомического строения листьев персика и усиление признаков ксероморфности: уменьшение толщины листа, слоев палисадной и губчатой паренхимы, изменение формы клеток, которые могут быть использованы при диагностировании мутантных форм.

Спектр изменчивости естественных и искусственных мутаций персика сходен. Среди растений без облучения иногда встречаются формы слаборослые, с измененными сроками цветения и созревания плодов. Наибольшей мутабельностью характеризуются гетерозиготные сорта, так как мутационный процесс, как правило, идет от доминантности к рецессивности. Поэтому наибольшее количество мутаций было обнаружено у сорта Советский, который произошел в результате гибридизации сортов американской и армянской эколого-географических групп (рис. 6). У других растений (гибридов американских сортов) частота мутаций была меньше.



Рис. 6 Слаборослая восьмилетняя форма сорта Советский, облучение в дозе 20 Гр

В результате генетической репарации повреждений с течением времени последствие радиации на персик постепенно снижается. В связи с этим при повторном размножении растений через 9 – 15 лет после облучения выживаемость почек была почти такой же, как в контроле (без облучения).

Большинство мутаций, которые вызывает радиация, являются вредными или бесполезными для растений. Макромутации (слаборослость, деформация листьев,

плодов, цветков, низкая продуктивность) чаще всего бывают вредными, но встречаются значительно реже, чем мало заметные микромутации (изменение формы основания, вогнутости края и зазубренности листьев, диаметра венчика, длины, ширины, количества лепестков, высоты чашечки, длины чашелистиков, опушенности завязи плодов и других признаков). Микромутации чаще всего не оказывают отрицательного влияния на жизнеспособность организма, но могут накапливаться в популяции, создавая большой резерв наследственной изменчивости.

Малые дозы радиации не только не угнетают, но и могут оказывать стимулирующее влияние на жизнеспособность растений персика. Дозы до 10 Гр являются стимулирующими для выживаемости вегетативных почек и роста растений, до 20 Гр – стимулируют интенсивность фотосинтеза.

В результате облучения сформированной пыльцы у 23-х сортов персика в дозах 50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400 Гр было выявлено, что по жизнеспособности пыльцы дозы 150 – 200 Гр были критическими, в дозе 600 Гр проявился стимулирующий эффект, дозы 800 – 1400 Гр являлись умеренными. Длина пыльцевых трубок менялась в зависимости от дозы облучения аналогично ее жизнеспособности.

По фертильности пыльцы доза 50 Гр была умеренной, 100 Гр – стимулирующей, дозы облучения 200, 250, 300, 400 Гр являлись критическими, 600 и 700 Гр – сублетальными, 900 и 1000 Гр – летальными. Выявлено, что в дозах облучения 1000 – 1400 Гр пыльца сохраняет способность к прорастанию, но фактически является стерильной. В связи с этим, для селекционных целей в гибридизации целесообразно использовать пыльцу, облученную в дозах от 200 до 500 Гр. Определение жизнеспособности пыльцы и завязываемости плодов у слаборослых растений персика, полученных после гамма-облучения в дозах 20 и 50 Гр показало, что радиация снизила жизнеспособность пыльцы, но не оказала заметного отрицательного воздействия на количество образовавшихся завязей и сформированных плодов. Поэтому эти формы можно использовать в селекционном процессе для получения генеративного потомства.

Для получения мутаций семена персика облучали гамма-радиацией в умеренной дозе 7,5 Гр и выдерживали в водных растворах физиологически активных веществ – «Фумара» (в концентрации 0,16 мг/л) и индолилмасляной кислоты (ИМК) (50 мг/л) в течение 18 часов. У большинства сортов в вариантах с обработкой наблюдали увеличение выживаемости растений, особенно у сорта Восток 3 (на 31,6% больше, чем в контроле). По комплексу биологически ценных признаков отобрано 14 перспективных форм после облучения семян.

По комплексу хозяйственно ценных признаков и их стабильности было выделено 40 радиомутантных форм. В настоящее время 13 из них находятся в коллекции Центра НБС-ННЦ (табл.) и 7 форм – в коллекции отделения ФГБУН "Крымская опытная станция садоводства". Так, форма 34-207 характеризуется, по сравнению с исходным сортом Советский, ранним сроком созревания плодов и повышенной засухоустойчивостью; форма 3712 – крупноплодностью, поздним цветением, морозостойкостью цветковых почек, засухоустойчивостью, повышенным содержанием пектинов; 3720 – ранним сроком созревания, устойчивостью к курчавости листьев, морозостойкостью цветковых почек; 3743 – более привлекательным внешним видом плодов; 3810 – крупноплодностью; 38176 – ранним сроком созревания, крупноплодностью, 3926 – крупноплодностью, повышенной устойчивостью к мучнистой росе; 4016 – ранним сроком созревания, засухоустойчивостью, повышенным содержанием аскорбиновой кислоты в плодах; 40-27 – крупноплодностью, устойчивостью к мучнистой росе; 6312 – морозостойкостью цветковых почек, повышенной устойчивостью к курчавости листьев, 63-87 – крупноплодностью, засухоустойчивостью, повышенным содержанием лейкоантоцианов в плодах; 4014 – компактной кроной, крупноплодностью, поздним сроком цветения, повышенной устойчивостью к курчавости листьев, повышенным содержанием аскорбиновой кислоты в плодах.

Таблица

Краткая характеристика радиомутантных форм персика сорта Советский, 2014-2018 гг.

№	Сорт, форма	Доза, Гр	Плод				Срок созревания	Измененные хозяйственно ценные признаки	
			масса, г	внешн. вид, балл	основ. окраска кож.	покровн. окраска кож.			процент покров. окраски
1	Советский (контр.)	0	120	4,4	Желт.	Красн.	25-50	4,4	-
2	Советский 34-207	20	125	4,6	Желт.	Борд.	25-70	4,4	Ранний срок созревания, засухоустойчивость
3	Советский 37-12	20	175	4,4	Желт.	Красн.	25	4,5	Крупноплодность, позд. цветение, морозост. шв.почек, засухоустойчивость, повыш. сод. пектинов
4	Советский 37-20	20	130	4,2	Желт.	Темно-красн.	25-50	4,2	Ранний срок созревания, уст. к курчавости листьев, морозост. шв.почек
5	Советский 37-43	50	130	4,5	Ярко-желт.	Кармин.	25	4,0	Привлекательный внешний вид плодов
6	Советский 38-10	20	170	4,3	Желт.	Красн.	25	4,0	Крупноплодность
7	Советский 38-176	30	145	4,3	Желт.	Малин.-красн.	50	4,1	Ранний срок созревания, крупноплодность
8	Советский 39-26	50	150	4,5	Желт.	Малин.-красн.	25	4,5	Крупноплодность, уст. к муч. росе
9	Советский 40-16	50	115	4,1	Желт.	Малин.-красн.	25	4,3	Ранний срок созревания, засухоустойчивость, повыш. сод. аскорб. к-ты
10	Советский 40-27	50	180	4,5	Ярко-желт.	Кармин.	25	4,0	Крупноплодность, засухоустойчивость
11	Советский 63-12	50	115	4,0	Зел.-желт.	Кармин.	25-50	4,0	Морозостойкость шв. почк, уст. к курчавости листьев
12	Советский 63-87	50	148	4,5	Ярко-желт.	Кармин.	25-50	4,5	Крупноплодность, засухоуст., повыш. сод. лейкоантоцианов
13	Советский 4014	50	150	4,6	Желт.	Ярко-кармин.	25-50	4,5	Компактная крона, крупноплодность, позд. цветение, уст. к курчавости листьев, повыш. сод. аскорб. к-ты

В 2015 г. сорт Меркурий (форма 4014), выделенный по комплексу хозяйственно ценных признаков, был районирован в Российской Федерации по Республике Крым (рис. 7).



Рис. 7 Плоды персика сорта Меркурий

Выводы

1. Индуцированный мутагенез является эффективным направлением в селекции персика для выведения новых сортов при правильном подборе объектов исследований, условий, средств воздействия и зависит от следующих факторов: 1) генотипа исходного сорта; 2) его происхождения; 3) мутабельности; 4) вида мутагена; 5) дозы обработки; 6) этапов органогенеза; 7) модифицирования мутагенного эффекта.

2. В результате радиационного мутагенеза выделено более 40 мутантов с различными хозяйственно-ценными признаками: сдержанным ростом, с поздними сроками цветения, ранними сроками созревания плодов, крупными плодами, с высоким содержанием в них биологически активных веществ, с повышенной засухоустойчивостью и морозостойкостью. В 2015 г. сорт Меркурий (форма 4014), выделенный по комплексу хозяйственно ценных признаков, был районирован в Российской Федерации по Республике Крым.

Список литературы

1. *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: Ариал, 2017. – 212 с.
2. *Равкин А.С.* Действие ионизирующих излучений и химических мутантов на вегетативно размножаемые растения. – М.: Наука, 1981. – 191 с.
3. *Равкин А.С.* Индуцированный мутагенез в селекции плодовых и ягодных растений // Радиационный мутагенез и его роль в эволюции и селекции: сб. научн. работ. – М.: Наука, 1987. – С. 205–219.
4. *Семакин В.П.* Селекция сортов плодовых культур на основе искусственного мутагенеза: обзорная информация. – М., 1982. – 47 с.
5. *Семакин В.П., Равкин А.С.* Методика экспериментального мутагенеза и полиплоидии в селекции плодовых и ягодных растений // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Мичуринск, 1980. – С. 377–414.
6. *Смыков А. В.* Жизнеспособность и фертильность пыльцы у персика после

гамма-облучения // Труды Никит. ботан. сада. – 2008. – Т. 130. – С. 193–199.

7. *Смыков А.В.* Методические рекомендации по использованию гамма-излучения в клоновой селекции персика. – М., 1991. – 26 с.

8. *Смыков А.В.* Мутагенез // Труды Никит. ботан. сада. – 1999. – Т. 118. – С. 39–41.

9. *Смыков А.В., Федорова О.С., Шишова Т.В., Иващенко Ю.В.* Селекция персика и ее результаты в Никитском ботаническом саду // Сб. научн. трудов ГНБС. – 2015. – Т. 140. – С. 24–33.

Статья поступила в редакцию 19.07.2019 г.

Smykov A.V. Radiation mutagenesis and peach variability // Bull. of the State Nikit. Botan. Gard. - 2019. - № 132 – P. 60-67.

The results of gamma radiation effect on peach are presented. The effect of various doses, timing of exposure on the survival rate, frequency and spectrum of peach variability according to morphological, biological and biochemical characteristics are shown. Mutant forms with economically valuable traits were selected.

Key words: *peach; gamma irradiation; radiation doses; morphobiological variability; mutant forms*

УДК 634.21:551.58.(477.75)

DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.08

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ АЛЫЧИ (*PRUNUS CERASIFERA* ENRH.) К ВОЗДЕЙСТВИЮ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА

Валентина Милентьевна Горина, Любовь Алексеевна Лукичева

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: valgorina@yandex.ru

В связи с изменяющимся климатом все более актуальным является повышение зимостойкости и морозостойкости растений алычи. В районах с неустойчивой зимой цветковые почки растений алычи страдают от возвратных заморозков, что ведет к потере урожая и гибели деревьев. Целью явилась оценка 283 гибридов алычи к воздействию отрицательных температур в условиях степного Крыма и отбор перспективных генотипов. В исследованиях руководствовались известными методами. Выделен 31 гибрид, проявивший наибольшую устойчивость к действию отрицательных температур в неблагоприятные годы. Отобраны морозостойкие гибриды с плодами десертного вкуса – 5, с отделяющейся косточкой – 9, с поздними сроками цветения – 16. Наибольшее количество перспективных гибридов получено в комбинациях с исходными сортами из алычи гибридной с алычой таврической, алычи типичной между собой и алычи гибридной с алычой типичной.

Ключевые слова: *алыча; селекция; гибриды; морозостойкость*

Введение

Алыча ценная плодовая культура, получившая широкую популярность в последние годы. Она входит в состав рода слива (*Prunus* L.), подсемейства сливовые (Prunoideae Focke), семейства розовые (Rosaceae Juss.). Этот вид легко скрещивается с другими видами слив и с видами других родов косточковых растений [5].

В настоящее время в южных районах стала распространяться алыча гибридная, созданная в результате гибридизации алычи со сливой китайской и некоторыми другими видами слив. Еремин Г.В. объединил алычу гибридную в группу, которую назвал сливой русской (*Prunus rossica* Erem.). Несмотря на гибридное происхождение ее сорта генетически стабильны. Слива *P. rossica* обладает специфическими