

MPНТИ 674.031.186; 631.53.026; 57.086.13

<https://doi.org/10.26577/eb.2023.v95.i2.07>

Т.Т. Турдиев<sup>1\*</sup>, Б.Ж. Кабылбекова<sup>2</sup>, И.Ю. Ковальчук<sup>1,2</sup>,  
З.Р. Мухитдинова<sup>1</sup>, С.Н. Фролов<sup>1</sup>, И.Р. Рахимбаев<sup>1</sup>, Н.П. Огарь<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии и биотехнологии растений», Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства, Казахстан г. Алматы

<sup>3</sup>Caspian University, Международный Фонд сохранения яблони Сиверса, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: turdievtt@mail.ru

## СОХРАНЕНИЕ ГЕРМОПЛАЗМЫ ДИКОРАСТУЩИХ ФОРМ ГРУШИ МЕТОДОМ КРИОКОНСЕРВАЦИИ

Одним из перспективных путей решения проблемы сокращения площадей, снижения продуктивности насаждений и рентабельности выращивания груши, является широкое вовлечение в селекционный процесс новых доноров ценных хозяйственно-биологических признаков и адаптационных свойств, которыми обладает дикорастущий эндемичный вид груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder), произрастающий в Туркестанской области и находящийся под угрозой исчезновения и подвид груши обыкновенной (лесной) (*Pyrus pyraster* L.), растущей на юге и юго-востоке. Целью исследований являлось выявить ареалы распространения диких популяции груши и сохранить их в генбанке. Для надёжного сохранения видов – уточнены, выявлены, нанесены на карты современные ареалы произрастания популяций груши, применён эффективный метод сохранения семян – криоконсервация в жидком азоте при сверхнизкой температуре. В результате мониторинга выявлено 6 популяций, зафиксированы координаты произрастания деревьев на 16-ти участках груши Регеля и 2 популяции груши обыкновенной. Для создания криобанка – в местах естественного произрастания проведен сбор плодов в период биологического созревания. Разработан эффективный протокол криосохранения семян в жидком азоте, показано стимулирующее влияние сверхнизкой температуры на всхожесть семян. Определена продолжительность стратификации семян для получения всходов.

**Ключевые слова:** груша, семена, популяции, криоконсервация, жидкий азот, генетические ресурсы.

T.T. Turdiev<sup>1\*</sup>, B.Zh. Kabyzbekova<sup>2</sup>, I.Yu. Kovalchuk<sup>1,2</sup>,  
Z.R. Mukhitdinova<sup>1</sup>, S.N. Frolov<sup>1</sup>, I.R. Rakhimbaev<sup>1</sup>, N.P. Ogar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Kazakh Research Institute of Horticulture, Kazakhstan, Almaty

<sup>3</sup>Caspian University, Sievers International Foundation for the Preservation of the Apple Tree, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: turdievtt@mail.ru

## Preservation of the germoplasm of wild pear forms by the cryopreservation

One of the promising ways to solve the problem of reducing areas, reducing the productivity of plantations and the profitability of pear cultivation is the widespread involvement in the breeding process of new donors of valuable economic and biological traits and adaptive properties that the wild endemic species of Regel's pear (*Pyrus regelii* Rehder), which grows in Turkestan region and endangered and subspecies of the common (forest) pear (*Pyrus pyraster* L.), growing in the south and southeast of Kazakhstan. The aim of the research was to identify the distribution areas of wild pear populations and save them in the Genebank. For the reliable conservation of species, modern areas of growth of pear populations have been clarified, identified, mapped, and an effective method of preserving seeds has been applied – cryopreservation in liquid nitrogen at ultra-low temperature. As a result of monitoring, 6 populations were identified, the coordinates of tree growth were recorded in 16 areas of the Regel pear and 2 populations of the common pear. To create a Cryobank – in places of natural growth, fruits were collected during the period of biological maturation. An effective protocol for cryopreservation of seeds in liquid nitrogen has been developed, and the stimulating effect of ultralow temperature on seed germination has been shown. The duration of seed stratification for seedlings was determined.

**Key words:** pear, seeds, populations, cryopreservation, liquid nitrogen, genetic resources.

Т.Т. Турдиев<sup>1\*</sup>, Б.Ж. Кабылбекова<sup>2</sup>, И.Ю. Ковальчук<sup>1,2</sup>,  
З.Р. Мухитдинова<sup>1</sup>, С.Н. Фролов<sup>1</sup>, И.Р. Рахимбаев<sup>1</sup>, Н.П. Огарь<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>3</sup>Caspian University, Сиверс алма ағаштарын сақтау халықаралық қоры, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: turdievtt@mail.ru

### Криоконсервация әдісімен жабайы алмұрт формаларының гермоплазмасын сақтау

Алмұрттардың алқаптарының қысқаруы, егістіктердің өнімділігінің және алмұрт өсірудің рентабельділігінің төмендеуі мәселелерін шешудің перспективті жолдарының бірі селекциялық процеске құнды шаруашылық-биологиялық белгілер мен бейімделу қасиеттеріне ие жаңа донорлар ретінде Түркістан облысында өсетін, құрып кету қаупі төнген жабайы өсетін Регель алмұртының (*Pyrus regelii* Rehder) эндемик түрі және республиканың оңтүстігі және оңтүстік-шығысында өсетін кәдімгі алмұрт түр тармағы (орман) (*Pyrus pyraster* L.) кеңінен енгізу болып табылады. Зерттеу жұмыстарының мақсаты – жабайы алмұрт түрлерінің таралу ареалын анықтау және оларды генбанкте сақтау. Түрлерді сенімді сақтау үшін – алмұрт популяциясы өсуінің қазіргі заманғы ареалдары нақтыланды, анықталды, карталарға түсірілді, тұқымдарды сақтаудың тиімді әдісі белгіленді – ультра төмен температурада сұйық азотта криоконсервациялау. Мониторинг нәтижесінде 6 популяция анықталды, Регель алмұртының 16 учаскесінде және қарапайым алмұрттың 2 популяциясында ағаштардың өсу координаттары тіркелді. Криобанк құру үшін табиғи өсу орындарында биологиялық пісіп жетілу кезеңінде жемістер жиналды. Сұйық азотта тұқымдарды криосақтаудың тиімді хаттамасы әзірленді, аса төмен температураның тұқымның өнуіне ынталандырушы әсері көрсетілді. Көшеттер алу үшін тұқымдарды стратификациялау ұзақтығы анықталды.

**Түйін сөздер:** алмұрт, тұқымдар, популяциялар, криоконсервация, сұйық азот, генетикалық ресурстар.

### Введение

Груша – одна из самых популярных плодовых культур. По распространению на территории Казахстана она занимает второе место после яблони [1, 2].

В южных и юго-восточных регионах Казахстана имеются исключительно благоприятные условия для выращивания груши. Тем не менее, в последние годы площади, занимаемые грушей, постепенно сокращаются. Одной из основных причин сокращения площадей является массовая гибель саженцев груши из-за поражения болезнями, наиболее опасной из которых является «бактериальный ожог» вызываемый *Erwinia amylovora* (Burrill 1882). Меры по подавлению болезни малоэффективны, поэтому сильно заражённые сады погибают, а производство саженцев сведено к минимуму. Изменение климата и недостаток поливной воды также сказывается на долговечности посадок. Для преодоления вышеуказанных сложностей, ограничивающих повышение продуктивности насаждений груши и рентабельности её выращивания в Казахстане, необходимо создать новые устойчивые сорта этой культуры. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является широ-

кое вовлечение в селекционный процесс новых доноров ценных хозяйственно-биологических признаков. Перспективными донорами являются произрастающие в Казахстане дикорастущие виды груши, несущие гены высокой адаптивности к экстремальным факторам и болезням.

На территории Казахстана произрастает два вида груши – груша обыкновенная (*Pyrus pyraster* L.) и груша Регеля *Pyrus regelii* Rehder. Дикие сородичи культурных растений содержат большее разнообразие ценных генов, чем сорта или даже гибриды дикорастущих лесов. Однако существует опасность утраты гермоплазмы уникальных дикорастущих форм. Экспедиции, проведенные Казахским Научно-Исследовательским институтом плодоводства и виноградарства установили, что в Заилийском и Джунгарском Алатау имеются дикие плодовые леса площадью около 11 тыс. га, с численностью деревьев более миллиона, которые находятся в очень неблагоприятных условиях, практически не охраняются, часто вырубаются на дрова, а молодые деревья поедает скот.

В Туркестанской и Жамбылской области выделяются лесосеменные участки груши Регеля [3], который является редким видом в Казахстане и встречается единично. Эндемик Тянь-Шаня

и Памиро-Алтая, реликт среднеазиатских субтропических саванн эпохи палеогена. Особенно важно, что юго-восточные районы Казахстана являются самой северной границей произрастания этого вида, в геноме которого могут быть заложены уникальные адаптационные свойства. Она очень засухоустойчива, устойчива к болезням, зимостойка, нетребовательна к почве. Достигает в высоту 1,5-2,0 м, поэтому может являться хорошим подвоем, передавая свойства низкорослости и позднего цветения (июнь). Это важно для избегания влияния поздневесенних заморозков. Также подходят для озеленения благодаря красивым совершенно разным листьям на одном дереве (перистые, лопастные и цельные длинные). Занесена в Красную книгу Южно-Казахстанской области, статус 1(Е), редкий вид – находящиеся под угрозой исчезновения. Дальнейшее существование вида невозможно без осуществления специальных мер охраны [4]. Груша лесная *Pyrus pyrastrer* L.–подвид груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.). Деревья долговечны (около 100 лет), высотой до 20 м. Цветёт с апреля по май, является перспективным подвоем, совместимым с большинством сортов. Встречаются отдельные деревья и небольшие рощи в предгорной зоне Заилийского и Джунгарского Алатау.

Существуют две базовые стратегии для сохранения генетического разнообразия: *in situ* – в естественных местообитаниях, и *ex situ* – в коллекциях [5]. Стратегия сохранения *in situ* – поддержание компонентов биологического разнообразия на особо охраняемых природных территориях (заповедниках и т.п.), а также в условиях фермерских хозяйств и на приусадебных участках [6]. Особое значение имеет сохранение *in situ* дикорастущих сородичей культурных растений, в качестве генетического резервуара для дальнейшей селекции [7]. Сохранение *ex-situ* – сохранение компонентов биологического разнообразия вне их естественных мест обитания. Наиболее эффективны технологии, сочетающие элементы сохранения *in situ* и *ex situ* [8].

Развивается новая междисциплинарная наука – биотехнология сохранения растений, основной задачей которой является дополнение существующих методов сохранения биоразнообразия с современными биотехнологическими инструментами, обеспечивающими возможность устойчивого управления генетическими ресурсами.

Эффективность сохранения генофонда растений *ex situ* может быть повышена путём создания генетических банков растений. Различают следующие виды генетических банков: генные банки семян [9], полевые генные банки [10], хранение растительного материала *in vitro* [11]. Долговременное хранение растительного материала в виде семян является одним из самых распространенных и эффективных методов сохранения генофонда растений благодаря возможности размещения большого количества образцов в ограниченном объеме и сравнительно низкой трудоемкости [12]. С 2008 г. на архипелаге Шпицберген действует рассчитанное на 4.5 млн образцов международное хранилище семян культурных видов растений в многолетнемерзлых горных породах. Хранилище оборудовано рефрижераторами, обеспечивающими температуру хранения  $-18^{\circ}\text{C}$ . В 2018 г. количество хранящихся в нем образцов превысило 1 млн. [13]. Образцы, полученные со всего мира, включают семена таких растений, как пшеница, рис, ячмень, сорго, кукуруза, бобовые и кормовые культуры, а также овощи. Образцы представляют собой дубликаты (резервные копии) семян, хранящиеся в национальных, региональных и международных генных банках. Депонирование может быть осуществлено только по соглашению с депонентом, и образцы семян в хранилище остаются собственностью депонирующего генного банка [14]. Предполагается, что температура  $-18^{\circ}\text{C}$  позволит сохранить качество семян до 30-40 лет. Однако ряд исследователей считает, что для длительного хранения семян требуются более низкие температуры [15]. Наиболее эффективным способом сохранения жизнеспособности семенного материала растений является криоконсервация – хранение при сверхнизких температурах в жидком азоте или его парах. Этот способ приводит к полной остановке жизнедеятельности, что позволяет сохранять семена очень длительное время без снижения всхожести [16].

Для сохранения генофонда дикорастущих форм растений в основном используют гермоплазму в виде семян [17]. Понижение температуры в помещениях и использование герметично закрывающихся контейнеров способствуют продлить жизнеспособность семян до 10-ти и более лет, а температура жидкого азота ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) дает возможность хранить семена, сохраняя способность к прорастанию практически неограниченное время.

Установлено, что сверхнизкие температуры не оказывают отрицательного влияния на всхожесть семян *in vitro*. Также отмечается стимуляция прорастания семян после криоконсервации [18].

Изучено влияние различных способов замораживания при криохранении и оттаивания на жизнеспособность семян дикорастущих деревьев и кустарников семейств *Rosaceae* и *Grossulariaceae* из коллекции ВИР [19].

Способы замораживания в жидком азоте и оттаивания как свежесобранных, так и криоконсервированных семян яблони не повлияли на их жизнеспособность [20].

Криоконсервированные семена абрикоса после быстрого замораживания в жидком азоте показали жизнеспособность от 82,5 до 100% и эмбриональные оси от 98,5 до 100% [21, 22].

Для надёжного сохранения дикорастущих видов груши *P. Regelii* и *P. pyraster* – уточнены, выявлены, нанесены на карты современные ареалы произрастания популяций, применён эффективный метод сохранения семян – криоконсервация в жидком азоте при сверхнизкой температуре.

### Материалы и методы

Объектами исследования являлись дикорастущие формы груши – *Pyrus regelii* Rehder и *Pyrus pyraster* L.

С целью уточнения современных ареалов произрастания и создания карты-схемы дикорастущих популяций груши Регеля (*P. regelii*) проведен мониторинг в Южно-Казахстанской области (РГУ «Каратауский государственный природный заповедник» и «Сайрам-Угамский Государственный Национальный природный парк»), груши лесной (*P. pyraster*) – на юге «Сайрам-Угамский Государственный Национальный природный парк» и юго-востоке Казахстана – Заилийский Алатау (ущ. Иссык).

Для получения семян плоды груши собирали в местах естественного произрастания в период созревания. Для проведения экспериментов по криоконсервации было использовано 200 г. семян груши. Влажность семян определяли высушиванием в 3-х кратной повторности при температуре 103°C с помощью влагомера (KERN-MLB 50-3). Замораживали в жидком азоте в 5 мл полипропиленовых криопробирках с влажностью 10-11%, 7-8% и 5-6%. Размораживание семян проводили при +4°C в течение 12 часов. Для успешного прорастания, дополнительно

выдерживали при +4°C в течение 4, 8 или 12 недель в полипропиленовых пластиковых контейнерах с влажным перлитом [23]. Всхожесть после криоконсервации в жидком азоте определяли проращиванием, для этого контейнеры с семенами переносили в светокультуральную комнату (температура 24°C, фотопериод 16/8). Всхожесть семян рассчитывали как отношение числа проросших семян к числу первоначально заложенных, в процентном выражении.

### Результаты и обсуждение

Определение ареалов произрастания и места сбора семян груши – *Pyrus regelii* Rehder и *Pyrus pyraster* L.

Полевые исследования по уточнению современных ареалов произрастания популяций груши Регеля показали, что небольшие массивы груши приурочены к долинам горных рек, где она произрастает на надпойменных террасах. Единичные деревья или их группы встречаются также в нижней части южных склонов гор. Распространение груши Регеля отмечено на юго-западном макросклоне гор Каратау. В Западном Тянь-Шане они встречаются в горах Каракус, Алатау и на участке в каньоне р. Аксу по южным склонам, на высотах от 700 до 1400 м н.у.м. В ущелье Жусалы (правый приток р. Аксу) груша Регеля обнаружена на южной террасе склона на высоте порядка 2600 м н.у.м., что объясняется специфическим микроклиматом этого ущелья. Ареалы выявлены методом классификации космического снимка Landsat 8, разрешение 15 метров. Более точный ареал произрастания груши Регеля может быть получен при классификации космического снимка с использованием спектральной подписи данного растения.

В процессе камеральной обработки данных полевых исследований, с использованием специализированной программы ArcGIS 10.2. выявлены и нанесены на электронные топографические карты М 1:700 000 ареалы произрастания груши Регеля в Казахстане в целом: хребтов Боролдаятау, Кыргызский, западный Каратау, восточный Каратау и горы Каракус, Алатау, Кульжабасы. Прибором GPS фиксировались координаты произрастания груши Регеля на 16-ти участках и выявлено 6 популяций, а груши лесной на 4-х участках и выявлено 2 популяции. В таблице и на рисунке 1 представлен перечень точек с координатами, в которых достоверно была обнаружена груша Регеля. На западных и восточных

хребтах Каратау зафиксированы две популяции груши Регеля, а также зафиксирована одна популяция груши по южным и северным склонам хр. Боролдайтау. Она встречается по относительно крутым склонам ущелий на высотах от 500 до 1500 м н.у.м. На Киргизском хребте груша Рее-

ля отмечена только в западной части, одиночными деревьями. Здесь она находится практически у восточной границы своего ареала. В таблице также представлен перечень точек с координатами, в которых достоверно была обнаружена груша лесная.

Таблица 1 – Ареалы произрастания и места сбора семян груши – *Pyrus regelii* Rehder и *Pyrus pyraaster* L.

Популяция	Номер точки сбора	Координаты по GPS	Высота н.у.м. м.	Участок
Вид груши: <i>Pyrus regelii</i> Rehder				
1	1	N 44° 01' 08.1» E 68° 03' 51.6»	1412	Западный хр. Каратау
	2	N 44° 00' 58.7» E 68° 05' 44.3»	895	Западный хр. Каратау
	3	N 43° 47' 805» E 68° 06' 510»	500	Западный хр. Каратау
	4	N 43° 45' 22.8» E 68° 31' 56.6»	1246	Западный хр. Каратау
	5	N 43° 45' 02.3» E 68° 32' 07.2»	1062	Западный хр. Каратау
2	6	N 42° 52' 55.68» E 69° 53' 16.26»	716	Хр. Боролдайтау
	7	N 42° 43' 51.1» E 70° 17' 30.9»	950	Хр. Боролдайтау
	8	N 42° 40' 37.4» E 70° 16' 30»	1142	Хр. Боролдайтау
3	9	N 42° 29' 42.4» E 70° 05' 40.6»	954	горы Каракус
	10	N 42° 25' 33.8» E 70° 20' 22.2»	1380	горы Каракус
	11	N 42° 20' 33.744» E 70° 33' 04.180»	2600	горы Каракус
4	12	42° 25' 11.215» 70° 13' 15.115»	1000	горы Алатау
5	13	N 42° 52' 35.1» E 70° 40' 57.3»	1500	Восточный хребет Каратау
	14	N 42° 53' 13.32» E 70° 42' 44.58»	790	Восточный хребет Каратау
	15	N 42° 52' 30.0» E 70° 43' 51.2»	759	Восточный хребет Каратау
6	16	N 42° 51' 25.914» E 72° 05' 20.940»	1040	Кыргызский хребет
Вид груши: <i>Pyrus pyraaster</i> L				
1	17	N 42° 10' 817» E 070° 20' 071»	1564	Хребет Тогем
	18	N 42° 10' 817» E 070° 20' 071»	1564	Хребет Тогем
2	19	N 43° 16' 083» E 077° 30' 863»	1637	Заилийский Алатау (ущ. Иссык)
	20	N 43° 16' 290» E 077° 30' 613»	1506	Заилийский Алатау (ущ. Иссык)



Оптимизация протоколов криосохранения семян

Для оптимизации протоколов криосохранения семян груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder) и груши лесной (*Pyrus pyraster* L.) произведён сбор плодов в местах естественного произрастания в период созревания. Собрано 4,8 кг плодов груши *Pyrus regelii* Rehder и 8,0 кг плодов *Pyrus pyraster*

L. Собранные плоды в течение 15-20 дней дозревали в лабораторных условиях в светокультуральной комнате при +24°C. Затем семена изолировали из плодов. Размеры семян груши Регеля: длина 12,5±0,5 мм., ширина 7,8±0,2 мм., масса 1 000 шт. семян 152,28 г. Размеры семян груши лесной: длина 7,2±0,3 мм., ширина 3,7±0,2 мм., масса 1 000 шт. семян 28,29 г. (рисунок 2).



а

б

а – семена груши лесной (*Pyrus pyraster* L.), б – семена груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder)

**Рисунок 2** – Семена дикорастущих видов груши

Жизнеспособности семян груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder) и груши лесной (*Pyrus pyraster* L.) при криозамораживании зависела от исходной влажности замораживаемых объектов. Оптимальная всхожесть у обоих видов отмечена при влажности 7-8%, в то время как при большей влажности 40,4-37,8% всходы у семян отсутствовали, а при низкой влажности 4-5% составила 38,6-43,2% (рисунок 3).

Жизнеспособность семян также зависела от дозаривания семян после замораживания. Для получения всходов семян груши Регеля прохождение дозаривания при низкой температуре (+4°C) обязательно, оптимальным сроком является 4 недели. Всхожесть семян было дружной. Оптимальная всхожесть составила у

контрольных семян 78,0%, а после криосохранения 90,2%. Результаты экспериментов также показали, что сверхнизкая температура жидкого азота (-196°C) способствует повышению всхожести семян груши до 10-12%. Семена груши лесной (*Pyrus pyraster* L.) после дозаривания в течение 4-х и 8-ми недель не прорастали. Первые всходы семян в контрольном и опытном вариантах появились после 12 недель дозаривания, при температуре +4°C. Оптимальная всхожесть семян в контрольном варианте составила в среднем 40,0%, а после замораживания в жидком азоте – в среднем 66,7%. Следовательно, сверхнизкая температура оказала положительное влияние на жизнеспособность семян (рисунок 4).

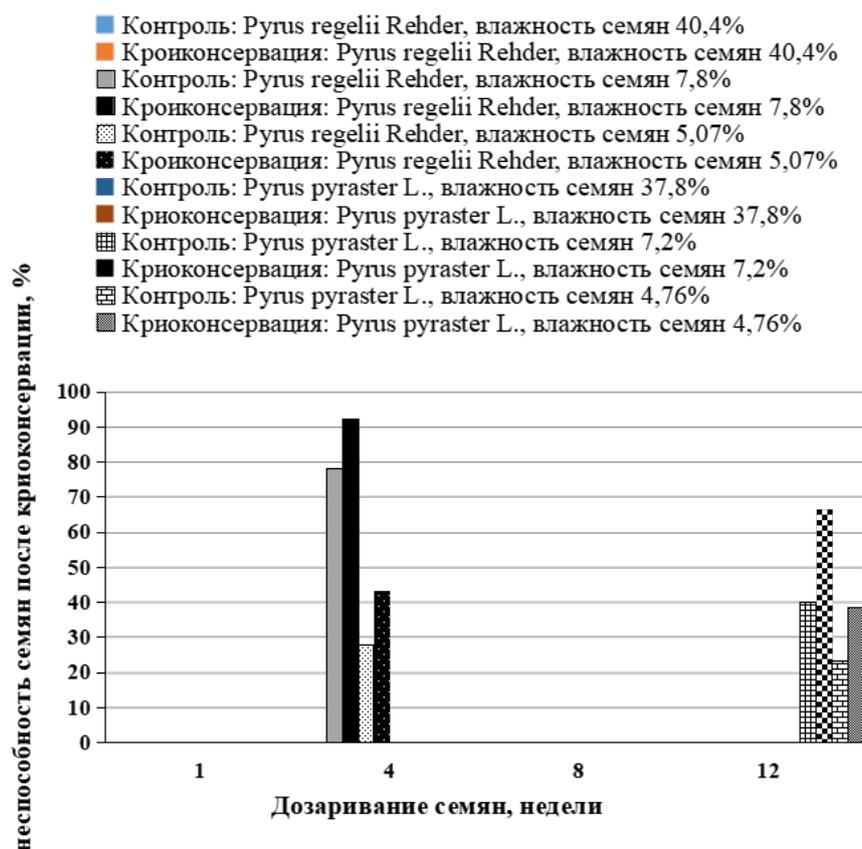


Рисунок 3 – Влияние влажности и длительности дозаривания семян груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder) и груши лесной (*Pyrus pyraaster* L.) на жизнеспособность при криоконсервации в жидком азоте



а – Груша лесная (*Pyrus pyraaster* L.), б – Груша Регеля (*Pyrus regelii* Rehder)

Рисунок 4 – Прорастание семян дикорастущих видов груши после криоконсервации в жидком азоте

Полученные результаты соответствуют литературным данным. Успех криосохранения определяется их влажностью, скоростью охлаждения и отогревания [24]. Отмечено стимулирующее влияние криоконсервации на семена яблони, где лучшие результаты получены, когда семена после криосохранения прошли 8 недель стратификации [23] и установлено, увеличение всхожести семян 4-х видов гвоздик после замораживания [25]. Повышение всхожести семян после криоконсервации некоторые исследователи объясняют тем, что при замораживании и последующем оттаивании разрушается семенная оболочка, которая при обычных условиях задерживает прорастание [26]. Однако наиболее вероятным механизмом считают активацию ферментного комплекса после криосохранения [18]. Следовательно, сверхнизкая температура оказывает положительное влияние на жизнеспособность семян.

### Заключение

Таким образом, сопоставив полученные данные с более ранним картированием мест произрастания груши Регеля, можно говорить о значительном уменьшении популяций. В настоящее время груша представлена лишь отдельными деревьями, небольшие рощи этого вида, описанные в экспедиционных наблюдениях 50-60х годов прошлого столетия – отсутству-

ют. Для получения всходов семян груши Регеля обязательна дозаривание при температуре +4°C в течение 4 недель. Всхожесть составила 78,0%, а энергия прорастания 80,0%. Сверхнизкая температура повышает всхожесть семян груши до 10-12%, а энергию прорастания на 28-30%.

### Благодарность, конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Авторы статьи выражают благодарность Гульжахан Сакауовой и сотрудникам РГУ «Каратауский государственный природный заповедник» и «Сайрам-Угамский Государственный Национальный природный парк» за сотрудничество в изучении и сборе биоматериала объекта исследования (*Pyrus regelii* Rehder).

### Источник финансирования

Работа выполнена при поддержке Национальной программы грантов Казахстана на 2015-2017 годы. Финансирование предоставлено Министерством образования и науки Республики Казахстан в рамках бюджетной программы 055 «Научная и/или техническая деятельность» и подпрограммы 101 «Грантовое финансирование научных исследований», договор № 17 от 12.02.2015 года.

### Литература

1. Верхотуров, Данила Геннадьевич, and Галина Николаевна Байкова. «Минеральный и витаминный состав плодов груши в разных зонах Красноярского края.» Вестник Алтайского государственного аграрного университета 3 (2009): 22-27.
2. Бандурко И.А. Груша. Генофонд и его использование в селекции. – Майкоп. – 2007.
3. Алимгазинова, Б. Ш., and М. А. Есимбекова. «Генетические ресурсы растений Казахстана: состояние и перспективы.» Вавиловский журнал генетики и селекции 16.3 (2014): 648-654.
4. Государственный кадастр растений Южно-казахстанской области. Красная книга: Дикорастущие редкие и исчезающие виды растений. Книга вторая. Алматы, 2002.
5. Thomas, Georgia, et al. «Ex situ species conservation: Predicting plant survival in botanic gardens based on climatic provenance.» Biological Conservation 265 (2022): 109410.
6. Maxted, Nigel, et al. «Toward the systematic conservation of global crop wild relative diversity.» Crop Science 52.2 (2012): 774-785.
7. Vincent, Holly, David Hole, and Nigel Maxted. «Congruence between global crop wild relative hotspots and biodiversity hotspots.» Biological Conservation 265 (2022): 109432.
8. Volis, Sergei, and Michael Blecher. «Quasi in situ: a bridge between ex situ and in situ conservation of plants.» Biodiversity and conservation 19.9 (2010): 2441-2454.
9. Peres, Sara. «Saving the gene pool for the future: Seed banks as archives.» Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences 55 (2016): 96-104.
10. De, Mitu. «Field Gene Banks: The Living Repositories of Plant Genetic Resources.» Harvest 2 (2017): 21.
11. Молканова, Ольга Ивановна, et al. «Генетические банки растений: проблемы формирования, сохранения и использования.» Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле» 3 (2010): 33-39.

12. Timple, Stephen E., and Fiona R. Hay. "High-temperature drying of seeds of wild *Oryza* species intended for long-term storage." *Seed Science and Technology* 46.1 (2018): 107-112.
13. Yndgaard, Flemming. "8 The Story Behind the First Safety Backup of Seeds in Permafrost at Svalbard." *40 Years of Nordic Collaboration in Plant Genetic Resources* (2019): 82.
14. Brodal, G., and Å. Asdal. "The Svalbard Global Seed Vault and the ongoing 100 years seed storage experiment." VII International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops-SEST2016 1204. 2016.
15. Орехова, Т. П. "Создание долговременного банка семян древесных видов–реальный способ сохранения их генофонда." *Хвойные бореальной зоны* 27.1-2 (2010): 25-31.
16. Ku, Ja Jung, and Sim Hee Han. "Extended low temperature and cryostorage longevity of *Salix* seeds with desiccation control." *Open life sciences* 14.1 (2019): 1-11.
17. Сафина, Г. Ф. «Влияние низких и сверхнизких температур на жизнеспособность семян плодовых и ягодных растений.» *Информационный вестник ВОГиС* 12.4 (2008): 541-547.
18. Стрибуль, Т. Ф. Действие низких температур на интенсивность начального роста и продуктивные свойства семян кукурузы и овощных культур. Diss. ТФ Стрибуль, 1993.
19. Вержук, В. Г., et al. «Криоконсервация–эффективный метод сохранения генетических ресурсов плодовых и ягодных культур.» *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* 169 (2012): 270-279.
20. Сафина, Г. Ф., and М. Н. Петрова. «Жизнеспособность и динамика всхожести семян яблони при криоконсервации.» *Сельскохозяйственная биология* 43.5 (2008): 78-81.
21. Malik, S. K., and R. Chaudhury. "Cryopreservation of seeds and embryonic axes of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.)." *Seed Science and Technology* 38.1 (2010): 231-235.
22. Kovalchuk, Irina, et al. "Cryopreservation of Native Kazakhstan Apricot (*Prunus Armeniaca* L) Seeds and Embryonic Axes." *CryoLetters* 35.2 (2014): 83-89.
23. Ковальчук И.Ю., Кушнарченко С.В., Турдиев Т.Т., Мухитдинова З.Р., Фролов С.Н., Ромаданова Н.В., Рид Б.М. Создание криобанка гермоплазмы плодово-ягодных культур. Методические рекомендации. Алматы: 2011.
24. Воронкова, Н. М., А. Б. Холина, and В. В. Якубов. «Влияние глубокого замораживания на прорастание семян некоторых видов флоры дальнего востока России.» *Растительные ресурсы* 39.4 (2003): 76-86.
25. Chetverikova, E. P., E. V. Shabaeva, and S. G. Yashina. «The effect of seed freezing on morphological characteristics of four pink species.» *Biophysics* 51.1 (2006): 109-114.
26. Shibata, Toshiro, Eiji Sakai, and Koichiro Shimomura. "Effect of rapid freezing and thawing on hard-seed breaking in *As-tragalus mongholicus* Bunge (Leguminosae)." *Journal of plant physiology* 147.1 (1995): 127-131.

## References

1. Verhoturov, Danila Gennad'evich, and Galina Nikolaevna Bajkova. «Mineral'nyj i vitaminnyj sostav plodov grushi v raznyh zonah Krasnojarskogo kraja. [Mineral and vitamin composition of pear fruits in different zones of the Krasnoyarsk Territory]» *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 3 (2009): 22-27. (In Russian)
2. Bandurko I.A. Grusha. Genofond i ego ispol'zovanie v selekcii [Pear. The gene pool and its use in breeding]. – Majkop. – 2007. (In Russian)
3. Alimgazina, B. Sh., and M. A. Esimbekova. "Geneticheskie resursy rastenij Kazahstana: sostojanie i perspektivy. [Plant Genetic Resources of Kazakhstan: Status and Prospects]" *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii* 16.3 (2014): 648-654. (In Russian)
4. Gosudarstvennyj kadastr rastenij Juzhno-kazahstanskoj oblasti. Krasnaja kniga: Dikorastushhie redkie i ischezajushhie vidy rastenij [State cadastre of plants of the South Kazakhstan region. Red Book: Wild rare and endangered plant species. Book two.]. *Kniga vtoraja*. Almaty, 2002. (In Russian)
5. Thomas, Georgia, et al. "Ex situ species conservation: Predicting plant survival in botanic gardens based on climatic provenance." *Biological Conservation* 265 (2022): 109410.
6. Maxted, Nigel, et al. "Toward the systematic conservation of global crop wild relative diversity." *Crop Science* 52.2 (2012): 774-785.
7. Vincent, Holly, David Hole, and Nigel Maxted. "Congruence between global crop wild relative hotspots and biodiversity hotspots." *Biological Conservation* 265 (2022): 109432.
8. Volis, Sergei, and Michael Blecher. "Quasi in situ: a bridge between ex situ and in situ conservation of plants." *Biodiversity and conservation* 19.9 (2010): 2441-2454.
9. Peres, Sara. "Saving the gene pool for the future: Seed banks as archives." *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 55 (2016): 96-104.
10. De, Mitu. "Field Gene Banks: The Living Repositories of Plant Genetic Resources." *Harvest* 2 (2017): 21.
11. Molkanova, Ol'ga Ivanovna, et al. "Geneticheskie banki rastenij: problemy formirovanija, sohraneniija i ispol'zovanija [Plant Genetic Banks: Problems of Formation, Preservation and Use]" *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija «Biologija. Nauki o Zemle»* 3 (2010): 33-39. (In Russian)
12. Timple, Stephen E., and Fiona R. Hay. "High-temperature drying of seeds of wild *Oryza* species intended for long-term storage." *Seed Science and Technology* 46.1 (2018): 107-112.
13. Yndgaard, Flemming. "8 The Story Behind the First Safety Backup of Seeds in Permafrost at Svalbard." *40 Years of Nordic Collaboration in Plant Genetic Resources* (2019): 82.

14. Brodal, G., and Å. Asdal. "The Svalbard Global Seed Vault and the ongoing 100 years seed storage experiment." VII International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops-SEST2016 1204. 2016.
15. Orehova, T. P. "Sozdanie dolgovremennogo banka semjan drevesnyh vidov–real'nyj sposob sohraneniya ih genofonda [Creating a long-term tree seed bank is a real way to preserve their gene pool]." *Hvojnye boreal'noj zony* 27.1-2 (2010): 25-31. (In Russian)
16. Ku, Ja Jung, and Sim Hee Han. "Extended low temperature and cryostorage longevity of Salix seeds with desiccation control." *Open life sciences* 14.1 (2019): 1-11.
17. Safina, G. F. «Vlijanie nizkih i sverhnizkih temperatur na zhiznesposobnost' semjan plodovyh i jagodnyh rastenij [Effect of low and ultra-low temperatures on the viability of seeds of fruit and berry plants].» *Informacionnyj vestnik VOGiS* 12.4 (2008): 541-547. (In Russian)
18. Stribul', T. F. Dejstvie nizkih temperatur na intensivnost' nachal'nogo rosta i produktivnye svojstva semjan kukuruzy i ovoshhnyh kul'tur [The effect of low temperatures on the intensity of initial growth and the productive properties of seeds of corn and vegetable crops.]. Diss. TF Stribul', 1993. (In Russian)
19. Verzhuk, V. G., et al. "Kriokonservacija-jeffektivnyj metod sohraneniya geneticheskikh resursov plodovyh i jagodnyh kul'tur [Cryopreservation is an effective method for preserving the genetic resources of fruit and berry crops]." *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii* 169 (2012): 270-279. (In Russian)
20. Safina, G. F., and M. N. Petrova. "Zhiznesposobnost' i dinamika vshozhesti semjan jabloni pri kriokonservacii [Viability and dynamics of germination of apple seeds during cryopreservation]." *Sel'skohozjajstvennaja biologija* 43.5 (2008): 78-81. (In Russian)
21. Malik, S. K., and R. Chaudhury. "Cryopreservation of seeds and embryonic axes of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.)." *Seed Science and Technology* 38.1 (2010): 231-235.
22. Kovalchuk, Irina, et al. "Cryopreservation of Native Kazakhstan Apricot (*Prunus Armeniaca* L) Seeds and Embryonic Axes." *CryoLetters* 35.2 (2014): 83-89.
23. Koval'chuk I.Ju., Kushnarenko S.V., Turdiev T.T., Muhitdinova Z.R., Frolov S.N., Romadanova N.V., Rid B.M. Sozdanie kriobanka germoplazmy plodovo-jagodnyh kul'tur [Creation of a cryobank of germplasm of fruit and berry crops.]. *Metodicheskie rekomendacii*. Almaty: 2011. (In Russian)
24. Voronkova, H. M., A. B. Holina, and V. V. Jakubov. "Vlijanie glubokogo zamorazhivaniya na prorastanie semjan nekotoryh vidov flory\dal'nego vostoka Rossii [Influence of deep freezing on seed germination of some species of flora/Far East of Russia]." *Rastitel'nye resursy* 39.4 (2003): 76-86. (In Russian)
25. Chetverikova, E. P., E. V. Shabaeva, and S. G. Yashina. "The effect of seed freezing on morphological characteristics of four pink species." *Biophysics* 51.1 (2006): 109-114.
26. Shibata, Toshiro, Eiji Sakai, and Koichiro Shimomura. "Effect of rapid freezing and thawing on hard-seed breaking in *As-tragalus mongholicus* Bunge (Leguminosae)." *Journal of plant physiology* 147.1 (1995): 127-131.