

УДК 631.523:551.345

## СОХРАНЕНИЕ ГЕНОФОНДА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ: СОСТОЯНИЕ, ПРЕИМУЩЕСТВА, ПЕРСПЕКТИВЫ

© 2012 г. **Б. М. Кершенгольц<sup>1</sup>, И. Ф. Жимулев<sup>2</sup>, Н. П. Гончаров<sup>3</sup>, Р. В. Чжан<sup>4</sup>,  
Г. В. Филиппова<sup>1</sup>, А. А. Шеин<sup>1</sup>, И. А. Прокопьев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия, e-mail: kerschen@mail.ru;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН, Новосибирск, Россия;

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия;

<sup>4</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

Поступила в редакцию 28 февраля 2012 г. Принята к публикации 20 апреля 2012 г.

Исследовано влияние долговременного хранения семян трех видов зернобобовых культур (*Pisum sativum*, *Lens culinaris*, *Cicer arietinum*) на физиологические (всхожесть) и цитологические характеристики (митотический индекс) семян и полученных из них проростков. Установлено, что после почти 35-летнего хранения в условиях толщи многолетнемерзлых грунтов (температуры  $-5,5 \div -6,0$  °C) без пересевов всхожесть семян сортов изученных видов сохранялась или же незначительно снижалась относительно образцов сравнения (семена тех же сортов 2007–2009 гг. репродукции), при этом интенсивность роста корешков достоверно не отличалась от контроля. Наблюдаемое число хромосомных aberrаций в клетках корневой меристемы не повысилось, кроме растений *P. sativum* сорта Latores и сорта к-2330 *L. culinaris*, причем и в этих случаях ни лабораторная всхожесть семян, ни интенсивность ростовых процессов не снизились. Показано, что долговременное хранение семян в условиях многолетнемерзлых грунтов способствует сохранению их жизнеспособности (всхожести) и может быть предложено как перспективный способ хранения семенного материала.

**Ключевые слова:** семена растений, длительное хранение, жизнеспособность семян, многолетнемерзлые грунты, генетические коллекции.

В настоящее время долговременное хранение растительного материала в виде семян – один из самых распространенных и эффективных способов сохранения большинства видов растений. Создание банков семян имеет значительные преимущества по сравнению с другими методами сохранения растений *ex situ*: простота хранения большого количества образцов, экономия места и сравнительно низкая трудоемкость (Мокроносов и др., 1994; Филиппенко, 2007).

Одним из первых в 1920–1930-е годы начал сбор и изучение генетического многообразия культурных растений академик Н.И. Вавилов (1987). Создание этого направления имело

огромное значение для мировой селекции. Оно позволило использовать биологические ресурсы растений планеты в качестве источников и доноров генов, контролируемых хозяйственно важные признаки, для получения материала для целенаправленной селекции.

Задача сохранения коллекций не только возделываемых растений и их сородичей, но и созданных в НИУ региона генетических и рабочих коллекций селекционеров, наиболее просто решается целенаправленным сбором и их инвентаризацией перед последующим сохранением в генбанках, т. е. созданием потенциальной возможности включения пула их генов в генофонд

культивируемых видов. Создание «запаса» генов, в том числе контролирующих хозяйственно важные признаки, такие, как устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам, а также нехарактерные для возделываемых видов морфологические признаки, но потенциально значимые при изменении направлений селекции, – наиболее рациональный путь сохранения их биоразнообразия с утилитарными целями (Гончаров, Шумный, 2008). В противном случае титанический труд поколений исследователей пропадет безвозвратно.

Известно, что длительность хранения и связанное с ним старение семян растений зависят от температуры, влажности, парциального давления кислорода, микробиологической чистоты хранилища и часто сопровождаются частичной или полной потерей их жизнеспособности (Робертс, 1978; Reed, 2005). Этот процесс необратимый, его нельзя предотвратить, но можно существенно замедлить, создав необходимые условия хранения. В этой связи решающее значение имеют разработка и использование методов долговременного хранения семян (McDonald, 1999).

В 1992 г. в Риме была создана экспертная консультативная группа по стандартам банков генов. Результатом ее работы явилась разработка международных стандартов для генных банков семенного материала в направлении минимизации потерь генетической целостности коллекций при их хранении и пополнении (Genebank Standards, 1994). Согласно международным нормам, для обеспечения более длительного регенерационного интервала перед закладкой на хранение семена подвергаются высушиванию до определенной влажности с последующим их хранением при относительной влажности 3–7 % (в зависимости от вида растения) при температуре ниже 0 °С. Предпочтительные условия хранения: –18 °С при относительной влажности 5 %. Однако применение данных температур целесообразно для небольшого числа культур (Хорошайлов, 1978) и недостаточно экспериментально обосновано. Температурные условия могут варьироваться в зависимости от сохраняемых видов растений и благодаря взаимосвязи между жизнеспособностью, температурой хранения семян и содержанием влажности одинаковая продолжительность жизни может быть достигнута различными комбинациями

температуры и влажности. Следует отметить, что зависимость между температурой и продолжительностью хранения семян нелинейна. Например, продолжительность эффективного хранения увеличивается в 3 раза при уменьшении температуры хранения от +20 до +10 °С; в 2,4 раза – от +10 до 0 °С; в 1,9 раз – от 0 до –10 °С и лишь в 1,5 раза – от –10 до –20 °С. Таким образом, экономическая выгода от снижения температуры (по крайней мере в пределах изученных температур от 0 до –20 °С) становится меньше в результате дальнейшего снижения температуры хранения.

Несмотря на различные подходы к хранению семян, применяемые в крупнейших хранилищах и зависящие, главным образом, от видового состава сохраняемых семян растений, существует главное требование стандарта, которому они должны соответствовать. Действующие коллекции должны храниться в условиях, гарантирующих, что жизнеспособность (всхожесть) семян составит не менее 65 % после 10–20 лет хранения (Genebank Standards, 1994).

Для обеспечения условий, необходимых для долговременного сохранения жизнеспособности семян (стабильно низкая температура), в ряде стран (США, Япония, Норвегия, Индия, Россия и др.) сооружены хранилища генетических ресурсов растений, являющихся, по сути, большими холодильными установками (Хорошайлов, 1978; Брушков, 2008). Их содержание очень дорогостоящее из-за затрат на электроэнергию, обслуживание; необходимости регулярного пересева и тестирования на всхожесть, силу роста и способность к возобновлению. Средняя стоимость сохранения и поддержания одного образца в *ex situ* коллекциях в настоящее время достаточно высока. Она колеблется в зависимости от условий хранения. Относительно дешевым хранением 1 образца стоимостью 10–40 долларов/год считается содержание образца в холодильной камере семенного банка при температуре до –18 °С. В полевом генбанке стоимость поддержания коллекционного образца в живом виде уже составляет от 25 до 260 долларов/год, а наиболее дорогостоящим методом, который используется очень ограниченным числом генных банков, главным образом в Международных центрах консультативной группы по международным сельско-

хозяйственным исследованиям и в нескольких развитых странах, является сохранение *in vitro* и криоконсервация – от 100 до 700 долларов/год на образец (Virchow, 2003). Несмотря на то что сейсмостойкость здания хранилища семян в США составляет до 6–7 магнитуд, существует реальная угроза потери всего (или значительной части) материала банков семян при воздействии внешних факторов, как, например, отключение электроэнергии, социальные, техногенные и природные катастрофы.

В феврале 2008 г. в поселке Лонгйирбюен (близ г. Свальбард, Норвегия) в подземном бункере на отдаленном острове Шпицберген запущено Всемирное хранилище семян (Global Seed Vault) максимальной вместительностью до 4,5 млн образцов. В марте 2010 г. было зарегистрировано 500 тыс. образцов и их количество постоянно увеличивается, достигнув в марте 2012 г. 740 тыс. видов сельскохозяйственных культур. Банк семян создается Норвегией на собственные средства в сотрудничестве с другими странами под эгидой ООН. «Цель Всемирного семеноводческого хранилища – обеспечить максимально длительное и надежное хранение семян продовольственных культур», – говорится в сообщении министерства сельского хозяйства Норвегии. Хранилище имеет в своем распоряжении три отдельных подземных зала, каждый из которых рассчитан на 1,5 млн упаковок с образцами семян, в общей сложности 2,25 млрд семян. Автономная система жизнеобеспечения поддерживает там постоянную температуру  $-18^{\circ}\text{C}$ . Страны-доноры отдают норвежцам на безвозмездное хранение семена из собственных банков семян.

Принципиальное отличие от американского хранилища NSSL заключается в том, что в случае его выхода из строя благодаря естественным условиям и теплоизолирующим панелям необходимая для эффективного сохранения температура будет держаться около года, но в любом случае не повысится выше  $-3,5^{\circ}\text{C}$  в связи с арктическими климатическими условиями и благодаря расположению хранилища протяженностью 120 м в толще песчаной скалы (Алексанян, 2007).

В настоящее время альтернативным решением проблемы сохранения генофонда мировых коллекций семян травянистых растений (редких, исчезающих, эндемичных, лекарственных), дре-

весных видов и сельскохозяйственных культур является низкотемпературное сохранение семян в толще многолетнемерзлых грунтов с использованием естественного холода, в шахтах на глубине более 9–10 м (Кершенгольц и др., 2008). В этих условиях сохраняется жизнеспособность (всхожесть) семян на протяжении десятков лет (без необходимости посева семян), при этом относительная автономия хранилища и независимость от перебоев в энергоснабжении позволят сохранить генофонд даже в условиях глобальных изменений климата, природных и техногенных катастроф. Доказательством этого является недавнее сенсационное открытие российских ученых из Института биофизики клетки и Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино), показавших, что даже после более 30 тыс. лет хранения в условиях вечной мерзлоты при температуре  $-7^{\circ}\text{C}$  удалось культивировать из обнаруженных жизнеспособных клеток тканей ископаемой смолевки узколистной *Silene stenophylla* Ledeb. взрослое фертильное растение, что характеризует многолетнемерзлые грунты как своеобразную лабораторию для криосохранения биологического материала (Yashina *et al.*, 2012).

В 1964–1967 гг. на базе Института мерзлотоведения СО АН СССР (ныне – Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова (ИМЗ) СО РАН) на глубине 12 м была построена подземная лаборатория, где в 1977–1978 гг. впервые в мире сотрудниками Якутского института биологии СО АН СССР (ныне – Институт биологических проблем криолитозоны (ИБПК) СО РАН) был заложен эксперимент по длительному хранению более 10 тыс. образцов семян бобовых культур в толще многолетнемерзлых грунтов. Образцы были получены из коллекции отдела зернобобовых культур ВИР (г. Санкт-Петербург), специально подобранной профессором Н.Г. Хорошайловым, и были заложены практически одновременно с первыми партиями, закладываемыми в только что построенное Национальное хранилище на Кубани (Хорошайлов, 1978).

Все это время в ИБПК СО РАН продолжают исследования по изучению влияния долговременного хранения семян в условиях подземной лаборатории ИМЗ СО РАН при постоянной температуре  $-5,5^{\circ}\text{C}$ – $-6,0^{\circ}\text{C}$  на физиоло-

гические и цитологические характеристики их проростков (Данилова, 1984; Данилова, Жукова, 1986; Сторожева, 2006).

В 2011 г. проведено исследование влияния длительного хранения семян трех видов зернобобовых культур (*Pisum sativum* L., *Lens culinaris* Medic. (= syn. *L. esculenta* Monch), *Cicer arietinum* L.), каждый из которых в эксперименте был представлен двумя сортами. В качестве образцов сравнения (контроль) использовались семена тех же сортов 2007–2009 гг. репродукции из коллекции ВНИИР и их проростки. При этом оценка проростков осуществлялась по общепринятой характеристике контроля за жизнеспособностью длительно хранимых семян (Жукова, 1978). Установлено, что после 34 лет хранения семян двух изученных сортов

*P. sativum* в толще многолетнемерзлых грунтов физиологические (лабораторная всхожесть, длина корешка) характеристики и митотический индекс (МИ) клеток корневой меристемы их проростков не отличались от образцов сравнения (табл.), что свидетельствовало о сохранении жизнеспособности семян.

Считается, что увеличение числа патологических митозов в клетках проростков может свидетельствовать о начале процессов старения длительно хранившихся семян растений (Villiers, 1974; Робертс, 1978). Число патологических митозов в клетках проростков сорта Rosol не превышало аналогичных показателей в образцах сравнения (семена репродукции 2009 г.). Отмечено, что длительное, 33-летнее, хранение семян сорта Latores *P. sativum* и семян сорта

Таблица

Физиологические и цитологические характеристики проростков семян гороха, чечевицы и нута, хранящихся в разных температурных условиях

Вариант опыта/Вид	Образец сравнения	Хранение*	Образец сравнения	Хранение*
<i>Pisum sativum</i>				
Сорт (происхождение)	<i>Rosol</i> (Болгария)		<i>Latores</i> (Болгария)	
Всхожесть семян, %	91,0 ± 3,5	96,5 ± 3,5	95,0 ± 3,0	99,0 ± 1,0
Длина корешка, см	4,6 ± 0,4	5,6 ± 0,5	9,5 ± 0,7	8,3 ± 0,5
МИ, %	13,3 ± 1,2	11,1 ± 1,1	12,7 ± 0,9	12,0 ± 1,2
Количество ана-телофаз митоза с нарушениями, %	1,3 ± 0,2	1,0 ± 0,1	1,2 ± 0,1	2,1 ± 0,2**
<i>Lens culinaris</i>				
Сорт (происхождение)	к-2327 (Аргентина)		к-2330 (Грузия)	
Всхожесть семян, %	85,0 ± 5,3	67,0 ± 7,6**	99,0 ± 1,0	94,0 ± 3,8
Длина корешка, см	3,5 ± 0,2	2,7 ± 0,5	6,0 ± 0,4	5,6 ± 0,4
МИ, %	12,0 ± 0,5	13,4 ± 0,4	13,2 ± 0,3	12,8 ± 0,5
Количество ана-телофаз митоза с нарушениями, %	1,1 ± 0,2	0,6 ± 0,1**	0,4 ± 0,1	1,5 ± 0,2*
<i>Cicer arietinum</i>				
Сорт (происхождение)	Кугартский (Киргизия)		Скороспелка (Россия)	
Всхожесть семян, %	74,0 ± 0,4	68,0 ± 8,3	61,0 ± 4,6	46,0 ± 5,7**
Длина корешка, см	3,0 ± 0,5	2,2 ± 0,3	3,9 ± 0,6	3,0 ± 0,4
МИ, %	8,4 ± 0,6	6,1 ± 0,3**	7,4 ± 0,2	6,3 ± 0,5
Количество ана-телофаз митоза с нарушениями, %	10,0 ± 1,0	5,2 ± 0,5**	3,2 ± 0,3	2,6 ± 0,3

\* Срок хранения – 33–34 года при постоянной температуре –5,5––6,0 °С; \*\* различия статистически значимы по сравнению с контролем  $p < 0,05$  ( $U$ -критерий); к – каталожный номер сорта в ВИР. МИ – митотический индекс.

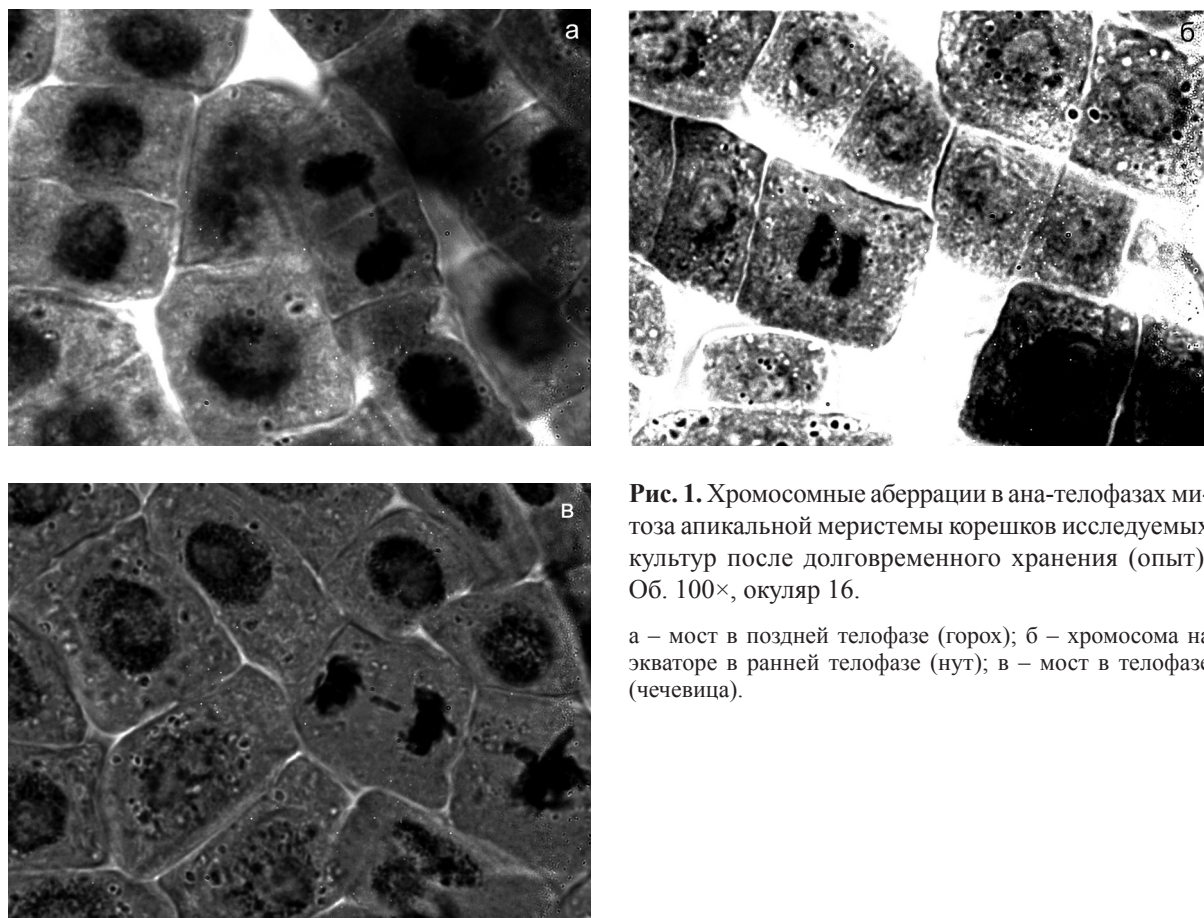
к-2330 *L. culinaris* в условиях толщи многолетнемерзлых грунтов в подземной лаборатории ИМЗ СО РАН привело к увеличению только на 0,9–1,1 % числа ана- телофаз митоза с нарушениями в меристематических клетках их проростков по сравнению с образцами сравнения (см. табл.). Так, были обнаружены клетки со следующими типами хромосомных aberrаций: отстающие хромосомы, хромосомные мосты (рис. 1), но это не привело к достоверному снижению всхожести. Известно, что в процессе старения семян имеется прямая связь между всхожестью и количеством патологических митозов (Робертс, 1978). Поэтому отсутствие достоверных отличий лабораторной всхожести семян от образцов сравнения свидетельствует о том, что увеличение числа ана- телофаз митоза с нарушениями в клетках корневой меристемы проростков не превышало критического уровня.

Показано, что длительное хранение семян образца к-2327 *L. culinaris* аргентинского происхождения в условиях толщи многолетнемерз-

лых грунтов привело к снижению показателя всхожести с 85 до 67,0 %, что допускается при длительном хранении коллекций семян без дополнительных пересевов. Проростки, полученные из семян данного сорта, не отличались от контрольных образцов по показателю длины корешка, при этом в клетках корневой меристемы проростков зафиксировано снижение до 0,6 % количества ана-телофаз митоза с нарушениями при сопоставлении с образцами сравнения (1,1 %).

Установлено, что длительное хранение семян сорта Скороспелка *C. arietinum* в условиях толщи многолетнемерзлых грунтов вызвало снижение показателя всхожести семян на 15 % по сравнению с семенами репродукции 2009 г., которые обладали исходно невысокой всхожестью – 61,0 %.

В апикальной меристеме корешков проростков из семян сорта Кугартский *C. arietinum*, длительно хранившихся в условиях подземной лаборатории ИМЗ СО РАН, отмечено неболь-



**Рис. 1.** Хромосомные aberrации в ана-телофазах митоза апикальной меристемы корешков исследуемых культур после длительного хранения (опыт), Об. 100×, окуляр 16.

а – мост в поздней телофазе (горох); б – хромосома на экваторе в ранней телофазе (нут); в – мост в телофазе (чечевица).

шое снижение МИ (на 2,3 %) и количества анателофаз митоза с нарушениями (на 4,8 %) без достоверного снижения всхожести при сопоставлении с образцами сравнения.

Промежуточные результаты эксперимента показали, что после 33–34-летнего хранения в условиях толщ многолетнемерзлых грунтов всхожесть семян зернобобовых культур сохраняется или же незначительно снижается относительно образцов сравнения (семена репродукции 2007–2009 гг.), при этом интенсивность роста корешков не отличалась от контроля. В ряде случаев число хромосомных aberrаций в анателофазных клетках корневой меристемы проростков повышалось, но, по-видимому, не превышало критических значений, поскольку это не отразилось ни на лабораторной всхожести семян, ни на интенсивности ростовых процессов.

Наши предварительные эксперименты показали, что в герметической упаковке первичная микробиота существенно не изменяется и не влияет на посевные качества семян (Гончаров и др., 2010). При хранении открытым способом семена сильно заражаются плесневыми грибами, что ведет к потере всхожести.

В целом показано, что долговременное хранение семян в условиях многолетнемерзлых грунтов на глубине не менее 9–10 м в условиях Центральной Якутии при круглогодично стабильных температурах около  $-5,5 \div -6,0$  °C, создаваемых только за счет естественного холода многолетнемерзлотных слоев земли, способствует сохранению их жизнеспособности и может быть предложено как перспективный,

экономически высокорентабельный способ хранения семенного материала различных культур, обеспечивающий сохранность коллекций даже в условиях природных и техногенных катастроф.

В 2011–2012 гг. за счет средств бюджета Республики Саха (Якутия) и инвестиционного проекта СО РАН проведена реконструкция шахты № 2 ИМЗ СО РАН (рис. 2). В подземной выработке такого типа за счет рационального использования естественного холода реализована эффективная технология управления температурно-влажностным режимом, что позволяет поддерживать температуру в оптимальном для длительного хранения семян диапазоне.

В настоящее время планируются перенос уже имеющейся в подземной лаборатории ИМЗ СО РАН коллекции семян сельскохозяйственно важных, орнаментальных, лекарственных, лесных пород (более 11 тыс. образцов хранения) и прочих растений и ее дальнейшее пополнение. В ней планируется разместить первую очередь Федерального криохранилища семян травянистых (редких, исчезающих, эндемичных, лекарственных) и древесных видов растений, а также сельскохозяйственных культур объемом более 100 тыс. сортообразцов. Эту подземную выработку в дальнейшем предполагается расширить с доведением объема сохраняемой семенной коллекции до 1 млн образцов.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана Междисциплинарными интеграционными проектами (МИП) СО РАН:



**Рис. 2.** Общий вид шахты № 2 ИМЗ СО РАН, реконструированной для размещения первой очереди Федерального криохранилища семян растений.

блок 3.1. «Использование естественного холода многолетней мерзлоты для длительного хранения семян растений» МИП № 122 «Криосфера как среда жизнеобеспечения и сохранения биоразнообразия» (2009–2011 гг.) и МИП № 7 «Разработка научных основ технологии длительного хранения семян сельскохозяйственных, редких, исчезающих, древесных и других хозяйственно ценных и перспективных видов растений в толще многолетнемерзлых пород» (2012–2014 гг.).

### ЛИТЕРАТУРА

- Алексян С.М. Стратегия взаимодействия генбанков мира в условиях глобализации // *Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции*. 2007. Т. 164. С. 11–33.
- Брушков А.В. Подземные хранилища в вечной мерзлоте: современное состояние // *Информ. вестник ВОГиС*. 2008. Т. 12. № 4. С. 534–540.
- Вавилов Н.И. Организация сельскохозяйственной науки в СССР. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
- Гончаров Н.П., Иванов Б.И., Кершенгольц Б.М. и др. Сохранение гермиплазмы возделываемых растений и их диких сородичей в вечной мерзлоте // *Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии. Матер. Всерос. науч. конф. (Иркутск, 15–19 сент. 2010)*. Иркутск. 2010. С. 575–578.
- Гончаров Н.П., Шумный В.К. От сохранения генетических коллекций к созданию национальной системы хранения генофондов растений в вечной мерзлоте // *Информ. вестник ВОГиС*. 2008. Т. 12. № 4. С. 509–523.
- Данилова М.С. Использование условий вечной мерзлоты для хранения семян сельскохозяйственных растений: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1984. 17 с.
- Данилова М.С., Жукова М.В. Некоторые особенности хранения семян в условиях многолетней мерзлоты // *Физиологические особенности сельскохозяйственных культур в Восточной Сибири*. Якутск, 1986. С. 3–7.
- Жукова Н.В. Оценка проростков как элемент контроля за жизнеспособностью длительно хранимых семян // *Бюл. ВИР*. 1978. Вып. 77. С. 45–49.
- Кершенгольц Б.М., Иванов Б.И., Десяткин Р.В. и др. Использование естественного холода многолетнемерзлых пород для длительного хранения генетических ресурсов // *Информ. вестник ВОГиС*. 2008. Т. 12. № 4. С. 524–533.
- Мокронос А.Т., Купцова Е.С., Попов А.С., Кузнецов В.В. Генетическая коллекция как способ сохранения биоресурсов планеты // *Вестн. РАН*. 1994. Т. 64. № 11. С. 991–1001.
- Робертс Е.Х. Жизнеспособность семян. М.: Колос, 1978. 415 с.
- Сторожева Н.Н. Влияние длительного хранения семян сельскохозяйственных культур в условиях толщи многолетнемерзлых грунтов на жизнеспособность и фенотипическую изменчивость растений: Дис. ... канд. с.-х. наук. Якутск, 2006. 137 с.
- Филипенко Г.И. Развитие системы низкотемпературного хранения и криоконсервации генофонда растений в ВИР им. Н.И. Вавилова // *Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции*. 2007. Т. 164. С. 263–272.
- Хорошайлов Н.Г. Национальное хранение семян мировых растительных ресурсов на Кубани // *Бюл. ВИР*. 1978. Вып. 77. С. 3–9.
- Хорошайлов Н.Г., Жукова Н.В. Длительное хранение семян мировой коллекции ВИР // *Бюл. ВИР*. 1978. Вып. 77. С. 9–19.
- Genebank Standards. Rome: Agriculture Organization of the United Nations, International Plant Genetic Resources Institute. 1994. 13 p.
- McDonald M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment // *Seed Sci. Technol.* 1999. V. 27. P. 177–237.
- Reed S.M. Effect of storage temperature and seed moisture on germination of stored flowering dogwood seed // *J. Environ. Hort.* 2005. V. 23. No. 1. P. 29–32.
- Villiers T.A. Seed aging: Chromosome stability and extended viability of seeds stored fully imbibed // *Plant Physiol.* 1974. V. 53. P. 875–878.
- Virchow D. Efficient Conservation of Crop Genetic Diversity. Theoretical Approaches and Empirical Studies. Springer. 2003. 247 p.
- Yashina S., Gubin S., Maksimovich S. *et al.* Regeneration of whole fertile plants from 30,000-y-old fruit tissue buried in Siberian permafrost // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 2012. doi: 10.1073/pnas.1118386109.

## PRESERVATION OF THE GENE POOL OF PLANTS UNDER PERMAFROST CONDITIONS: STATE, ADVANTAGES, AND PROSPECTS

B.M. Kershengolts<sup>1</sup>, I.F. Zhimulev<sup>2</sup>, N.P. Goncharov<sup>3</sup>, R.V. Chzhan<sup>4</sup>, G.V. Filippova<sup>1</sup>,  
A.A. Shein<sup>1</sup>, I.A. Prokopiev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia,  
e-mail: kerschen@mail.ru;

<sup>2</sup> Institute of Molecular and Cell Biology SB RAS, Novosibirsk, Russia;

<sup>3</sup> Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia;

<sup>4</sup> Institute of Permafrost SB RAS, Yakutsk, Russia

### Summary

The effect of long-term storage of seeds of three leguminous species (*Pisum sativum*, *Lens culinaris*, and *Cicer arietinum*) on physiological (germination) and cytological (mitotic index) parameters of seeds and seedlings derived from them was studied. It was found that after nearly 35 years of storage in permafrost (temperature from  $-5,5$  to  $-6,0$  °C), without seeding, the germination of seeds of varieties of the species studied maintained at the same or slightly lower level than in reference samples (seeds of the same cultivars harvested in 2007–2009), and no significant difference in the growth rate of roots was recorded. The observed number of chromosomal aberrations in root meristem cells did not increase, except *P. sativum* cv. Latores and *L. Culinaris* cv. k-2330, and in these cases neither the laboratory germination nor the rates of growth processes decreased. Thus, long-term storage of seeds under permafrost conditions favored the preservation of their viability (germination) and can be offered as a promising method of seed storage.

**Key words:** plant seeds, long-term storage, seed viability, permafrost, genetic collections.