

ОТ СОХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ К СОЗДАНИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДОВ РАСТЕНИЙ В ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ

Н.П. Гончаров, В.К. Шумный

Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск, e-mail: gonch@bionet.nsc.ru

Научно-исследовательские учреждения страны обладают репрезентативными коллекциями возделываемых растений, в том числе генколлекциями и рабочими коллекциями селекционеров. Эти коллекции, созданные в течение многих десятилетий упорного труда исследователей, имеют огромный потенциал как для фундаментальных, так и для прикладных исследований. В качестве примера рассматриваются коллекции, созданные и собранные в ИЦиГ СО РАН (г. Новосибирск). Заведенный в РФ порядок и используемая в исследовательских учреждениях страны методика и практика хранения этого уникального материала находятся на ненадлежащем уровне, не выработана стратегия долгосрочной сохранности коллекций. Экспериментальный материал, сборы экспедиций институтов и ботанических садов размещаются только на краткосрочное хранение, не способное обеспечить их жизнеспособность и сохранность для будущих поколений. В то же время в Сибири имеется опыт НИУ СО РАН по долгосрочному хранению семян в шахтах в вечной мерзлоте. Рассматриваются посылки, позволяющие надеяться на благоприятный исход проекта по созданию национальной системы хранения генофондов возделываемых растений в вечной мерзлоте.

Ключевые слова: генетические коллекции, генофонд растений, криохранение.

Эрозия генофонда возделываемых видов растений привела к тому, что в начале–середине XX столетия в большинстве стран с высоким уровнем развития сельскохозяйственного производства от сбора и сохранения зародышевой плазмы перешли к ее целенаправленному широкому вовлечению в селекционный процесс (Брежнев, 1978). При этом была поставлена основная задача – сделать доступным для селекционеров «...весь видовой, популяционный и сортовой генофонд необходимых возделываемых растений, созданный за 8–10 тысячелетий природой и человечеством на пяти континентах» (Жуковский, 1956а. С. 9). Следующей серьезной проблемой при селекции большинства сельскохозяйственных культур является их крайне узкое генетическое разнообразие. Ее решение связывают с вовлечением генетического материала диких сородичей и родственных видов, т. е. преодоление эрозии первичного генофонда за счет включения в него вторичного генофонда (рис. 1, а). Однако резкое

сокращение естественных ареалов таких потенциальных видов-доноров, а также сужение их полиморфизма вследствие поддержания в генбанках ограниченными, малыми по объему, популяциями не только приводит к эрозии уже их генофонда, но и уменьшает потенциальную возможность расширения биоразнообразия возделываемых видов. Задача – не потерять этот пул генов. Для его эффективного сохранения после интрогрессии из вторичного и/или третичного генофондов очень важны не только разработка методов репродукции и поддержания, но и выработка стратегии сохранения такого гибридного материала, часто цитогенетически нестабильного на первых этапах его получения и репродукции. Как ни странно, число интрогрессий невелико: за последние 20 лет только 9 признаков были перенесены в мягкую пшеницу из родственных видов (Hajar, Hodgkin, 2007). Кроме того, такие формы не имеют официального ботанического статуса и вследствие этого в любой момент

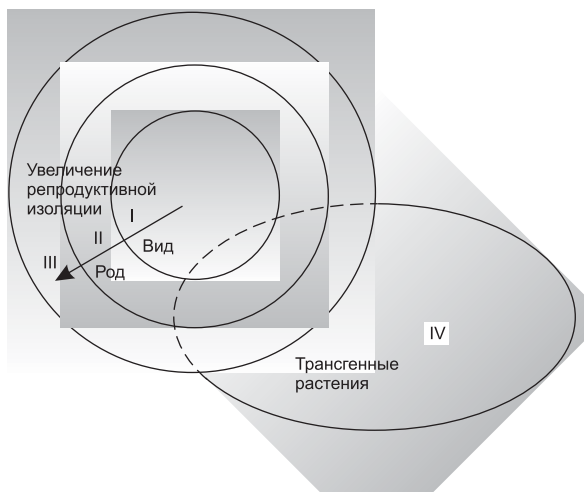


Рис. 1, а. Генные пулы (I–IV) возделываемых растений (из Harlan, De Wet, 1971 с изменениями по Gept, 2006 <http://www.plantsciences.ucdavis.edu>).

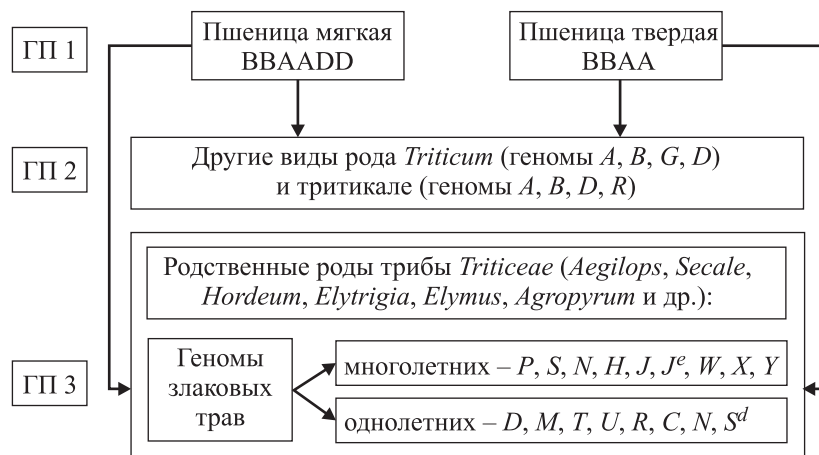
могут быть утеряны, а поэтому требуется создание механизма их регистрации, сохранения и поддержания.

Для уменьшения эрозии генофонда большинства сельскохозяйственно важных культур необходима разработка методов сбора и эффективного сохранения уже экспериментально созданного генетического и селекционного материала, который по тем или иным причинам не стал сортами, но был подвержен длительной селекционной проработке (экотипы, клоны, образцы и пр. из 1-го контрольного питомника) либо был создан экспериментально (мутанты, полиплоиды, трансгенные формы и т. д.). Кроме того, это позволит в случае изменения парадигм в аграрном секторе начинать селекцию в изме-

нившихся условиях или по новым параметрам «не с нуля». В этой связи важны осознание стратегии такой работы по сохранению пула генов (рис. 1, б), постановка теоретических и прикладных задач, решение которых будет способствовать расширению биоразнообразия возделываемых видов и как следствие прогрессу селекции будущего. Такое повышение агрономического и хозяйственного потенциала сельскохозяйственных культур возможно за счет привнесения дополнительной изменчивости, расширяющей генофонд селективируемых культур, получения цитогенетически стабильных форм, за счет мутантов, после интрогрессии чужеродного материала и т. д. Например, проблема сохранения уникальных по многим признакам так называемых «местных сортов» так и не была решена, хотя впервые и была поставлена на повестку дня еще в 1890 г. на конференции по гибридизации (von Proskowetz, 1890). Последний видел ценность этих сортов прежде всего в их относительном иммунитете к грибным заболеваниям и насекомым и указал на опасность их исчезновения. Пока думали, как их сохранять – они практически исчезли с лица земли (Удачин, Шахмедов, 1984), и только некоторые генбанки, такие, как ВИР (г. С.-Петербург), имеют в своих коллекциях сборы образцов, проведенные многочисленными экспедициями во всех странах света в 1920–1930-е гг., т. е. до появления и использования интенсивных систем возделывания в сельском хозяйстве этих стран (Пшеницы мира, 1976).

В настоящее время та же проблема возникла с генетическими коллекциями, хотя еще в 1958 г. на первом международном симпозиуме по ге-

Рис. 1, б. Пул генов пшениц включает разнообразие образцов-источников ценных для селекции признаков (схема любезно предоставлена А.Ф. Мережко).



нетике пшениц А.Т. Pugsley (1958) поставил вопрос о необходимости сохранения генетических коллекций. С тех пор уже 50 лет очевидно, что выделение и сбор фенетической (признаковой) коллекции возделываемых и диких видов, создание линий с известным генетическим контролем признаков, а также интрогрессивных линий являются гарантией сохранения их специфического пула генов для последующего использования в фундаментальных и прикладных целях (в аграрных технологиях будущего). Кроме того, они могут использоваться в качестве модельных объектов для самых различных экспериментов (Мережко и др., 1996; Смирнов, 2005).

Биоразнообразие и его доступность. Существовавшие много тысяч лет сельскохозяйственные цивилизации развивались обособленно, не имея товарного обмена между собой. Поэтому населяющие их народы могли использовать только аборигенные виды растений, не помышляя о широкой интродукции. Затем наступило время широкого обмена¹, в результате которого сложилась новая география возделываемых растений, карта сельскохозяйственных районов всех континентов резко изменилась, в результате чего возникли вторичные генетические центры возделываемых растений (Жуковский, 1970). «Искать в природе и в растениеводстве исходный материал в разных странах и у разных народов, собирать его, открывать новые и новые ресурсы, новые признаки, свойства и закономерности, мастерски и творчески использовать их в селекции – великая, прогрессивная и благородная задача» (Жуковский, 1956б. С. 161).

Однако возникла другая проблема – межгосударственные договоры и законодательства стран, на территориях которых сосредоточено произрастание доноров гермиплазмы для возделываемых растений, так называемых видов-сородичей, или родственных видов. Цель принятой ООН конвенции «О биологическом разнообразии» – «охранение биологического разнообразия, устойчивое использование его компонентов и совместное получение на справедливой и равной основе выгод, связанных с использованием генетических ресурсов, в том числе путем предоставления необходимого до-

ступа к генетическим ресурсам и путем надлежащей передачи соответствующих технологий с учетом всех прав на такие ресурсы и технологии, а также путем должного финансирования» Конвенция..., 1992. Статья 1). Однако за время, прошедшее с момента принятия в 1992 г. «Конвенции...», ни ООН, ни его подразделение ФАО уже не в состоянии обеспечивать свободный доступ всех государств ни к биоресурсам планеты, ни даже ко всему хранящемуся в международных генбанках биоразнообразию. Из представленных в табл. 1 результатов видно, что почти 10 % гермиплазмы, собранной в основных международных генбанках мира, уже не находится под юрисдикцией ФАО. Доступ к генофондам, хранящимся в национальных генбанках, ограничен – они стали «суверенной собственностью» этих стран (Конвенция..., 1992, статья 3). В ряде мест уже невозможно даже пройти по следам экспедиций Н.И. Вавилова или других «охотников за растениями» для сбора растительных ресурсов, так как их сбор и вывоз с территорий этих стран законодательно запрещен. В настоящее время в более или менее свободном доступе остались только генетические коллекции². Следовательно, стоит не менее благородная задача – сохранить весь материал, созданный в исследовательских лабораториях генетических институтов и селекционных центров. Это так называемые селекционные рабочие и генетические коллекции. Обсуждению вопросов их создания и использования были посвящены три сборника статей, изданные в ИЦиГ СО РАН (Генетические коллекции..., 1993–1995), и два сборника ВИНТИ (Общие проблемы..., 1982, 1983).

Признаковые (фенотипические) коллекции обычно формируются с использованием фенотипически различающихся форм. Они создаются на основе видовых и сортовых коллекций, как правило, хранящихся в генбанках или исследовательских учреждениях. Основой таких коллекций может стать набор сортов с четко выраженными, интересующими исследователя, признаками. В начале XX в. в ВИР выделялись «типовые коллекции» (Кузнецова, 1929; Пальмова, 1935), в последнее время их

¹ В 1495 г. до н. э. египетская царица Хатшепсут снарядила экспедицию в страну Пунт за благовонными деревьями, которые были высажены в саду Дейр-эль-Бахри.

² Под генетическими коллекциями обычно понимают материал с идентифицированным контролем тех или иных признаков (Смирнов, Соснихина, 1983).

Таблица 1

Число образцов важнейших сельскохозяйственных растений, хранящихся по состоянию на 2002 г. в различных генбанках мира (из: Алексанян, 2003)

Генбанк	Год организации	Основные сохраняемые культуры	Число образцов в коллекции	
			общее	под юрисдикцией ФАО
CIAT	1967	Фасоль, маниок, бобы, кормовые травы	60000	55584
SIMMYT	1966	Пшеница, кукуруза, тритикале	117000	115524
CIP	1971	Картофель, батат	13000	12582
ICARDA	1976	Пшеница, ячмень, бобовые, кормовые	115000	105086
ICRAF	1977	Сесбания	25	25
ICRISAT	1972	Сорго, просо, нут, каянус, арахис	114000	110096
ИТА	1967	Бобовые, кормовые	37000	25609
ILCA/ILTI	1974	Кормовые	13000	11537
INIBAR	1984	Бананы	1500	931
IRRI	1960	Рис	85000	80617
WARDA	1971	Рис	16000	14917
Всего образцов			585025	532508

стали называть «стержневые» (Фунтов, 1984), используя перевод термина О.Н. Frankel (1984) «core-collection» на русский язык.

Основные принципы создания и поддержания признаковых и генетических коллекций растений неоднократно рассматривались ранее (Смирнов, Соснихина, 1983; Гончаров, 1993; Коваль, 1993 и др.), поэтому ниже на них останавливаться не будем. В то же время нет общего взгляда на способы хранения исследовательских, признаковых, генколлекций и рабочих коллекций селекционеров, равно как нет и единого мнения, что является генетическими коллекциями (Смирнов, Соснихина, 1983). Тем не менее их желательно классифицировать (Гончаров, 2002), условно выделив интересующие нас следующие типы коллекций.

Коллекции видов чаще всего выступают как инструмент при обучении, как основа для формирования признаковых коллекций и как основа при таксономических и филогенетических исследованиях. При этом, например, ряд разновидностей *Triticum spelta* L. в настоящее время не сохранились в живом виде (Каталог..., 2004) даже в крупнейших генбанках мира, так как не было цели их специально поддерживать. Это связано не в последнюю очередь с тем, что таксономией возделываемых растений занимаются

в основном не в ботанических учреждениях.

Учебные коллекции используются, как правило, в высших учебных заведениях (Уколов и др., 2006), что вообще не предполагает их сохранения после окончания педагогического процесса тем или иным педагогом.

Исследовательские коллекции являются инструментом для генетических исследований. К ним можно отнести, например, реконструкцию происхождения *T. spelta* L. Такие коллекции имеют ограниченные сроки жизни, рассчитанные на завершение той или иной тематики или решение проблемы (рис. 2). Данный амфилоид в живом виде (*in vivo*) не сохранился ни в университете Миссури, где он был создан, ни в других учреждениях США.

В то же время, например, у полиплоидных видов исследовательскими коллекциями являются не только генетические и признаковые, но и коллекции линий-абберрантов, маркированных отсутствием целой хромосомы (нулли- и моносомии) или ее плеча (монотело- и дителосомии), присутствием хромосом в экстрадозах (три- и тетрасомии) и т. д. Создание моносомных линий мягкой пшеницы в бывшем СССР осуществлялось в основном в институтах прикладного характера: селекционно-генетическом институте (г. Одесса), НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов),



Рис. 2. Ресинтез *T. spelta* L. (MacFadden, Sears, 1946).

Амфилоид KU 222 (б), сорт Vernal *T. dicoccum* (а), *Ae. squarrosa* (в).

КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко (г. Краснодар), СибНИИСХ (г. Омск), КазНИИ земледелия им. В.Р. Вильямса (ныне НПЦ растениеводства и селекции, Алма-Атинская обл.) и др.

Коллекции аберрантов. В настоящее время коллекции анеуплоидов (рис. 3) в Западной Сибири поддерживаются в лабораториях хромосомной инженерии злаков (Ефремова и др., 2008), молекулярной генетики и цитогенетики растений, геномной инженерии и секторе генетики пшениц ИЦиГ СО РАН (г. Новосибирск); в лаборатории генетики СибНИИРС (Новосибирская обл.); кафедре генетики и селекции НГАУ (г. Новосибирск); лаборатории генетики СибНИИСХ (г. Омск). Всего в бывшем СССР было создано 14 моносомных серий (Гончаров, 1992). Они создавались для получения линий с межсортовым замещением хромосом для селекционных целей (Майстренко, 1972), так как считалось, что это быстрый и эффективный путь улучшения существующих сортов. Он получил название «селекция с ограниченной рекомбинацией». У тетраплоидных пшениц создание моносомных серий оказалось невозможным, и уже в ранних работах было показано, что моно- и нуллисом-

ные растения у тетраплоидных видов практически нежизнеспособны (Tsunewaki, 1964) либо обладают ограниченной жизнеспособностью и фертильностью (Motchizuki, 1968). В связи с этим были созданы наборы линий трисомиков (Simeone *et al.*, 1983), двойных дителосомиков (К. Nishikawa, личное сообщение) и геномнозамещенных линий с замещением индивидуальных линий с замещением индивидуальных хромосом А и В геномов таковыми D генома (Jorra, Williams, 1988). Для пшениц, генетика которых с 1950-х гг. развивалась исключительно с использованием методов анеуплоидного генетического анализа, в настоящее время в связи с переходом к молекулярно-генетическим исследованиям большое значение имеет наличие значительных по объему фен- и генколлекций.

Коллекция геномнозамещенных линий (рис. 4) поддерживается в Западной Сибири уже только в двух подразделениях ИЦиГ СО РАН: в лаборатории молекулярной генетики и цитогенетики растений и секторе генетики пшениц. Коллекция амфилоидов (рис. 5, 6) – уже только в одном. Из всех рукотворных амфилоидов исключение составляет только \times *Triticale* Müntzing (\times *Secalotriticum* Wittmack), возделываемая в настоящее время на значительных площадях и представленная в коллекциях многих генбанков мира.

По мнению ряда авторов, при «создании» мягкой пшеницы «природа использовала генетический потенциал родов *Triticum* L. и *Aegilops* L., не заботясь о подборе качественных исходных форм» (Мигушова, 1975. С. 3). Исследователи в состоянии попытаться исправить эту «ошибку природы». Поэтому изначально искусственные амфилоиды были созданы для того, чтобы получить генотипы растений с новыми комбинациями хозяйственно важных признаков (von Tschermak, Bleier, 1926; von Tschermak, 1930; Жуковский, 1944). Д. Костов (1940) предложил использовать искусственные амфилоиды для интрогрессии генов из диплоидных видов пшениц в гексаплоидные. Искусственные амфилоиды являются доступными источниками генов устойчивости к болезням (Зарубайло, Таврин, 1972; Лайкова и др., 2004) и других хозяйственно важных признаков (Lage *et al.*, 2005). Большинство амфилоидов из созданных Е. von Tschermak (von Tschermak, Bleier, 1926), О.Н. Сорокиной (1937а, б), А.Р. Жебраком (1957) и рядом других исследователей

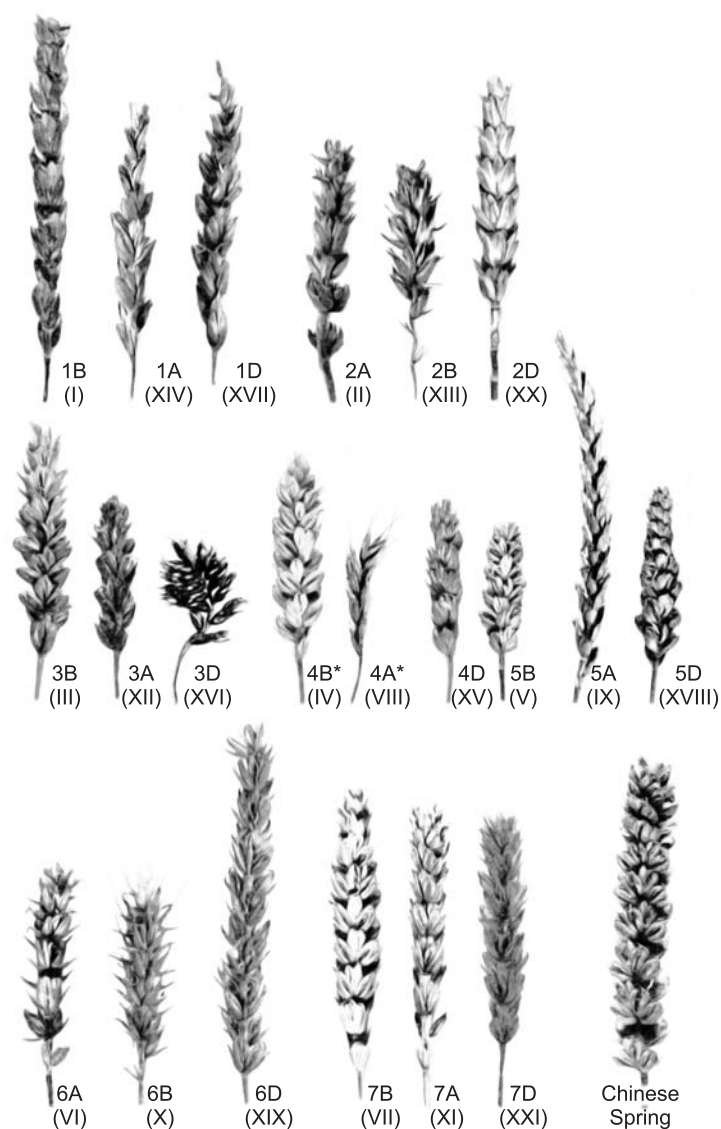


Рис. 3. Колосья моносомных растений самой широко используемой исследователями моносомной серии, созданной на основе сорта Chinese Spring (из: Sears, 1954).

утеряны. Часто их создание – долгосрочный проект. Описан случай, когда понадобилось более 15 поколений, чтобы стабилизировать мейоз у такого амфиплоида (Такака, 1980). Сохранение рукотворных амфиплоидов как уникального генофонда безотносительно предполагаемых задач их дальнейшего использования в настоящее время является неотложной задачей, так как официально они выделены в отдельный раздел только в единственном в мире генбанке – в Университете г. Киото (Catalogue..., 1997/1998). Первый шаг в их сохранении – ботаническая «легализация», т. е. включение их в отдельную

секцию *Compositum* N. Gontsch. рода *Triticum* L. (Гончаров, 2002). Второй – внесение их в каталоги основных генбанков мира. Третий, наиболее простой, путь – заложить их на длительное хранение, пока решается второй вопрос. Правда, для этого необходимо создать структуру, отвечающую за долгосрочное хранение генетических коллекций.

Коллекции мутантов. Наиболее значимые коллекции мутантов получены на томатах (Жученко, 1973; Бочарникова, 2008). У пшениц наиболее значимая коллекция мутантов была создана на диплоидном виде *Triticum monococcum* L.

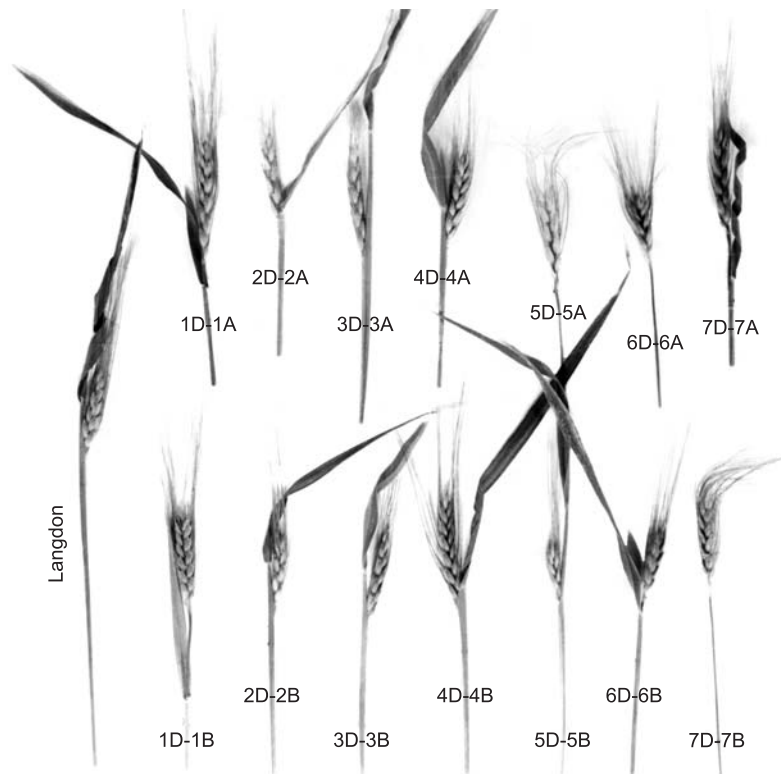


Рис. 4. Колосья геномзамещенных линий Langdon/Chinese Spring (из: Гончаров, 2002).



Рис. 5. Колосья рукотворных аллотетраплоидов.
а – *T. erebuni* Gandil. (геном DDA^aA^a). б – *T. boeoticotaushicum* Gandil. (геном A^bA^bDD), в – *T. palmovae* G. Ivanov (геном DDA^bA^b).

Рис. 6. Вид-диссидент *Triticum soveticum* Zhebrak, сохранившийся только в генетическом банке г. Киото.
а – KU 234 (автор – Т. Кавахара); б – KU 227 (автор – А.Р. Жебрак).

(Smith *et al.*, 1948). С ее использованием были определены все 7 групп сцепления у данной культуры (рис. 7). К сожалению, к настоящему времени сохранился из коллекции только один, самый скороспелый, мутант KU-104-1 в

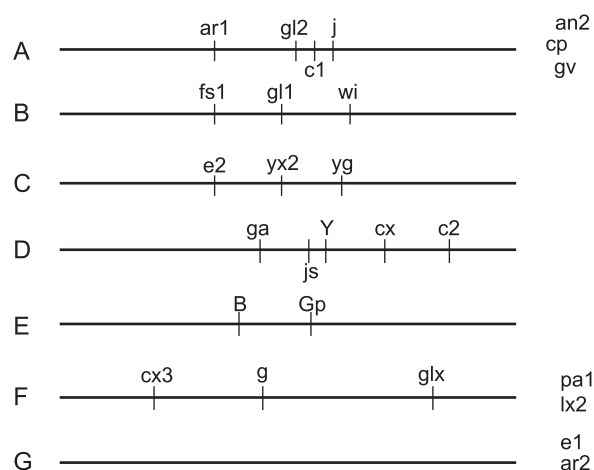


Рис. 7. Группы сцепления *T. monosocum* L. (из: Smith *et al.*, 1948).

коллекциях в Японии, и только потому, что на его основе К. Yamashita создал свою коллекцию мутантов. О существовании первой напоминает только генкарта (см. рис. 7).

Генетические коллекции ИЦиГ СО РАН. Генколлекция ячменя в ИЦиГ СО РАН поддерживается только в секторе генетических основ стрессоустойчивости растений, т. е. в одном из трех первоначально работавших с ней подразделений Института. Создана коллекция самофертильных гомостильных форм гречи (табл. 2). Более полная генколлекция этой культуры имеется только в МГУ. Генколлекция кукурузы в ИЦиГ СО РАН уже не поддерживается и в настоящее время имеется только в ВИР. Собирается коллекция модельного растения арабидопсиса. Еще одна коллекция этой культуры используется в учебных целях на кафедре генетики Биологического института Томского государственного университета. В табл. 2 представлен список материала, поддерживаемого и хранящегося в лабораториях ИЦиГ СО РАН.

Таблица 2

Фен- и генколлекции ИЦиГ СО РАН

Культура	Вид материала	Число образцов	Автор (держатель)	Примечание
Мягкая пшеница	Линии-абберранты сортов Саратовская 29 и Diamant II	200	О.И. Майстренко с сотр.	Лаб. хромосомной инженерии злаков
- « -	Линии-абберранты сорта Chinese Spring	Более 100	- « -	- « -
- « -	Замещенные линии	Более 50	- « -	- « -
- « -	Аллоплазматические рекомбинантные линии (<i>Hordeum vulgare</i> – <i>T. aestivum</i>)	20	Л.А. Першина	- « -
- « -	Аллоплазматические замещенные и дополненные линии (<i>Hordeum marinum</i> – <i>T. aestivum</i>)	15	- « -	- « -
- « -	Дополненные линии	Более 60	Е.А. Салина	Лаб. молекулярной генетики и цитогенетики злаков
- « -	Замещенные линии	12	- « -	- « -
- « -	Нулли-тетрасомные линии сорта Chinese Spring	42	- « -	- « -
- « -	Интрогрессивные линии от скрещивания <i>T. aestivum</i> × <i>T. timopheevii</i> , генотипированные SSR-маркерами	22	- « -	- « -
- « -	Интрогрессивные линии от скрещивания <i>T. aestivum</i> × <i>T. timopheevii</i> ¹	Около 40	Е.Б. Будашкина	- « -

Продолжение таблицы 2

Культура	Вид материала	Число образцов	Автор (держатель)	Примечание
Мягкая пшеница	Межродовые замещения пшеница-рожь	12	А.И. Щапова	Лаб. молекулярной генетики и цитогенетики злаков
- « -	Дополненные линии	7	А.В. Вершинин	Лаб. эпигенетики развития
- « -	Изогенные линии	Более 50	С.Ф. Коваль	Сектор генетических основ стрессоустойчивости растений
- « -	- « -	16	В.С. Арбузова	Лаб. хромосомной инженерии злаков
- « -	Изогенные иммунные линии	11	Л.И. Лайкова	- « -
- « -	Линии-абберранты	90	Н.П. Гончаров	Сектор генетики пшениц
- « -	Коллекция профенотипированных образцов	500	- « -	- « -
- « -	Коллекция амфиплоидов	53	- « -	- « -
- « -	Линии с делециями	105	- « -	- « -
Твердая пшеница	Геномзамещенные линии Langdon/Chinese Spring	14	- « -	- « -
- « -	Изогенные линии	10	- « -	- « -
- « -	Генколлекция	300	- « -	- « -
Полба	Изогенные линии	2	- « -	- « -
<i>T. monosocum</i>	Коллекция профенотипированных образцов	284	Е.Я. Кондратенко	- « -
<i>T. urartu</i>	- « -	267	- « -	- « -
<i>T. boeoticum</i>	- « -	47	- « -	- « -
Гречиха	Самофертильные гомостильные формы	240	В.И. Коваленко	Лаборатория генофондов и генетики систем размножения растений
Люцерна	Самофертильные клоны	140	В.И. Коваленко	- « -
- « -	Самоопыленные линии 54-х поколений	Более 3000	Е.В. Квасова	Лаборатория биоинженерии растений
Арабидопсис	Генколлекции	50–100	В.С. Коваль	Сектор генетических основ стрессоустойчивости растений
Ячмень	- « -	~ 500	- « -	- « -
<i>Ae. speltoides</i>	Маркированные линии	39	Е.А. Салина	Лаб. молекулярной генетики и цитогенетики злаков
Картофель	Линии с 3 конструкциями	10	А.В. Кочетов	Лаб. геномной инженерии
Табак	Линии с различными генетическими конструкциями	40	- « -	- « -
- « -	Трансгенные линии	146	Е.В. Дейнеко	Лаборатория биоинженерии растений
- « -	Полиплоиды	4	- « -	- « -

Окончание таблицы 2

Культура	Вид материала	Число образцов	Автор (держатель)	Примечание
Кукуруза	Мейотические мутанты	20	Н.В. Шамина	Лаборатория биоинженерии растений
- « -	Гибриды кукурузы с трипсакум (гамаграссом) $2n = 56$ (20 Zm+36Td), $2n = 38$ (20 Zm + 8Td), $2n = 39$ (30 Zm + 9 Td)	20	В.А. Соколов	Лаб. цитологии и апомиксиса растений
Горох	Мутанты	Более 1000	К.К. Сидорова	Сектор генетики мутаций и мутационного процесса
- « -	Мейотические мутанты	8	Н.В. Шамина	Лаборатория биоинженерии растений
- « -	Изогенные линии	20	О.Э. Костерин	Сектор экспериментального моделирования эволюционных процессов
- « -	Трисомные линии	4	- « -	- « -
- « -	Лабораторные линии	Около 40	- « -	- « -
- « -	Рекомбинантные инбредные линии	89	- « -	- « -
- « -	Коллекция профенотипированных образцов	870	- « -	- « -
Чина	Изогенные линии	2	- « -	- « -
Чечевица	- « -	2	- « -	- « -
Кормовые травы ²	Фенколлекция	2482	А.В. Железнов	Лаборатория генофондов и генетики систем размножения растений

Примечание. ¹ имеется патент на способ получения (Патент, 1998), ² видовое разнообразие см. А.А. Железнов и др. (2008).

Состав генколлекций. Из представленных в табл. 2 данных видим, что в Институте собраны и созданы фен- (признаковые) и генетические коллекции по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам на самых разных культурах (в том числе линии-аналоги и изогенные линии, созданные на основе одного сорта). Имеется значительное число линий с генами, интрогрессированными из родственных видов. В настоящее время из всех имеющихся в Институте генколлекций видов возделываемых растений в мировую коллекцию ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (г. С-Петербург) переданы и включены в основной каталог только 40 изогенных линий мягкой пшеницы сорта Новосибирская 67 (Коваль, 1997).

Рабочие коллекции селекционеров и селекционных НИУ. В ИЦиГ СО РАН, а также

в селекционных учреждениях сибирского региона накоплен созданный поколениями селекционеров богатейший исходный материал. Одна его самая малая часть находится в постоянной проработке, другая долгие годы хранится, нередко оставаясь за пределами внимания следующего поколения селекционеров, теряет всхожесть и обезличивается, третья передается в другие учреждения. Однако четкой системы нет: каждый селекционер создает материал и использует его по своему усмотрению. Районированные и переданные в государственное сортоиспытание сорта с конца 1920-х гг. поступают в обязательном порядке в коллекции профильных отделов ВИР. Другие же («почти сорта»), и их гораздо больше, остаются только достоянием их авторов. Поэтому вопрос о порядке сбора, сохранения, регистрации и

последующем распространении этого материала требует широкого публичного обсуждения. Вероятно, такому материалу необходимо придать статус рабочих селекционных коллекций, сохранив за ним авторское право учреждения и каждого исследователя, создавшего такой материал. При этом сохраняемые коллекции селекционеров, так же с соблюдением авторского права, должны быть внесены в общедоступные базы данных, равно как получаемые сведения, которые нередко остаются в полевых журналах, часто даже недостаточно проанализированные. Собираемые из года в год материал и семена накапливаются в лабораториях и на складах, при этом немалая часть этого богатства со временем теряет всхожесть, другая – обезличивается после достаточно жесткой с точки зрения практической селекции выбраковки. При этом все это достояние, представляющее собой неоценимый фонд, в который вложен труд поколений селекционеров и над которым немало потрудились природа, теряется. В то же время даже разные экотипы одного и того же вида – не меньшая ценность, чем сорта, получившие путевку в производство через Госсортосеть. В ИЦиГ СО РАН В.М. Чекуров с сотрудниками с использованием гибридов мягкой пшеницы с ППГ (пшенично-пырейными гибридами) создал ряд морозостойких сортов, из которых Багратионовка в настоящее время является стандартом данного признака (Чекуров, Сергеева, 1976). Ни эти гибриды, ни коллекция самофертильных форм пырея *Agropyron glaucum* (Desf.) Roem. et Schults. А.М. Орловой (1997) в ИЦиГ не сохранились, и Е.П. Размахнин создает коллекцию заново. Утеряно также значительное число амфиплоидов пшениц (Шкутина, Хвостова, 1971), тетраплоиды кукурузы (Шумный, 1964), смородинокрыжовниковые гибриды (Щапов, Привалов, 1974) и др.

Сравнение отечественных яровых сортов мягкой пшеницы двух периодов селекции – до и после 1960 г. – позволило выявить изменения в генетическом разнообразии как количественного (снижение индекса генетического разнообразия и числа микросателлитных аллелей у современных сортов по сравнению со стародавними), так и качественного (примерно одна треть аллелей стародавних сортов замещаются новыми аллелями в более позднем сорimente) характера

(Хлесткина и др., 2004). Высокая встречаемость микросателлитных аллелей сорта Саратовская 29 в генофонде сортов периода селекции после 1960 г. указывает на то, что интенсивное использование данного сорта в скрещиваниях при получении новых сортов могло явиться одной из основных причин наблюдаемого снижения уровня генетического разнообразия современных сортов бывшего СССР.

Таким образом, если задача сохранения генколлекций наиболее просто решается целенаправленным сбором, инвентаризацией и их последующим сохранением в генбанках, то создание потенциальной возможности включения их пула генов в генофонд возделываемых видов полностью зависит от вышеперечисленных мероприятий. Создание такого «запаса» генов, в том числе контролирующих хозяйственно важные признаки – устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам, адаптивность и пр., а также и другие, нехарактерные для возделываемых видов, но потенциально значимые при изменении направлений селекции морфологические признаки – наиболее рациональный путь сохранения их биоразнообразия с утилитарными целями. Такие цели и должны быть поставлены. В противном случае титанический труд поколений исследователей пропадет безвозвратно.

Проведение дальнейших исследований по созданию, каталогизации и сохранению генетических коллекций позволит:

- 1) каталогизировать фен- и генколлекции в базе данных, которая будет доступна через Интернет;
- 2) выработать стратегию сохранения и использования пула генов диких сороричей в виде гибридогенного генофонда;
- 3) разработать методические основы для поддержания признаковых и генетических коллекций, в том числе и в виде изогенных линий;
- 4) усовершенствовать способы получения новых форм, которые могут быть использованы в программах по сохранению биоразнообразия соответствующих видов;
- 5) создать банк(и) образцов с идентифицированными генами.

В настоящее время никто не сможет повторить классические эксперименты Ю.А. Филипченко (1979), так как в ВИР чистые линии, на которых они были выполнены, не сохранились. Бо-

лее того, коллекции чистых линий ни в одном банке мира не поддерживаются, хотя Р.Э. Регель (1915) считал их совершенно уникальным инструментом для многих растениеводческих исследований.

Где хранить и как хранить гермиплазму?

Частично ответ на этот вопрос дают представленные в данном выпуске «Информационного вестника ВОГиС» статьи Б.М. Кершенгольца с соавт. (2008), А.В. Брушкова (2008) и Г.Ф. Сафиной (2008). Природа частично решила проблему длительного хранения растений, «включив» в их онтогенез элемент консервации – покоящиеся семена. В идеальном случае включение образца в любую коллекцию должно сопровождаться закладкой его на долгосрочное (в идеале «вечное») хранение в качестве эталона (Коваль, 1993). Даже потеряв всхожесть, такой эталон может использоваться через много лет для анализа и сравнения с его потомством. Уже в настоящее время методы выделения и анализа ДНК позволяют это делать.

В странах единой Европы создано криохранилище гермиплазмы на о. Шпицберген (Норвегия). Однако Россия не имеет легитимного доступа к собранным в нем генофондам. В РФ также требуется создание специально оборудованных хранилищ подобного типа для длительного хранения гермиплазмы растений. Наиболее подходящими для их создания являются подземные шахты в вечной мерзлоте в г. Ямбурге (Тюмень) и г. Якутске (Республика Саха). При этом желательно коренным образом реорганизовать и инфраструктуру хранения не только генетических и рабочих коллекций, но и генофонда возделываемых растений в РФ, реализовав на базе институтов СО РАН и СО РАСХН проект «Создание национальной системы долгосрочного хранения в вечной мерзлоте генофонда возделываемых растений, их сородичей, генетических коллекций и селекционного материала».

Цель данного проекта – обеспечение будущих поколений разнокачественной гермиплазмой возделываемых растений для аграрных технологий будущего. К первоочередным вопросам относятся:

1) организация системы инвентаризации и паспортизации фен- и генколлекций, созданных и/или хранящихся в НИУ РФ;

2) создание компьютерной базы данных, обеспечивающей эффективное описание коллекций и

публичный доступ к данной информации;

3) создание и поддержание инфраструктуры для эффективного хранения генетических коллекций и генофонда возделываемых растений и их сородичей;

4) разработка методов оптимального длительного хранения генресурсов на базе Института мерзлотоведения СО РАН и Якутского НИИСХ СО РАСХН и Института криосферы Земли СО РАН.

Таким образом, остро стоящая в настоящее время в связи с энергетическими проблемами и возможностью голода на значительных территориях проблема эффективного долгосрочного сохранения всего биоразнообразия возделываемых растений, их сородичей, генетических коллекций и перспективного селекционного материала для обеспечения будущих поколений россиян надежным разнокачественным генофондом возделываемых растений для аграрных технологий будущего и фундаментальных исследований может быть успешно решена.

Благодарности

Работа частично финансировалась по программам Президиума РАН № 25 подпрограммы II «Проблемы эволюции биосферы» и № 11.9 «Биоразнообразие и динамика генофондов». Авторы считают своим долгом поблагодарить к.б.н. Л.И. Лайкову, О.Г. Силкову и С.Э. Смоленскую за полезное и конструктивное обсуждение.

Литература

- Алексян С.М. Государство и биоресурсы. СПб.: ВИР, 2003. 180 с.
- Бочарникова Н.И. Мутантный генофонд томата и его использование в селекционно-генетических исследованиях // Информ. вестник ВОГиС. 2008. Т. 12. № 4. С. 644–653.
- Брежнев Д.Д. Национальный генофонд растений СССР для селекции // ИНТ ВИНТИ АН СССР. Сер. Общая генетика. 1978. Т. 1. Генетика и селекция сельскохозяйственных растений. С. 5–87.
- Брушков А.В. Подземные хранилища в вечной мерзлоте: современное состояние // Информ. вестник ВОГиС. 2008. Т. 12. № 4. С. 535–540.
- Генетические коллекции растений. Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1993. Вып. 1. 187 с.
- Генетические коллекции растений. Новосибирск:

- ИЦиГ СО РАН, 1994. Вып. 2. 210 с.
- Генетические коллекции растений. Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1995. Вып. 3. 250 с.
- Гончаров Н.П. Локализация генов у мягкой пшеницы. Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1992. 150 с.
- Гончаров Н.П. Генетические коллекции пшеницы: длина вегетационного периода // Генетические коллекции растений. Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1993. Вып. 1. С. 54–81.
- Гончаров Н.П. Сравнительная генетика пшениц и их сородичей. Новосибирск: Сиб. универ. изд-во, 2002. 252 с.
- Ефремова Т.Т., Лайкова Л.И., Арбузова В.С., Попова О.М. Сохранение генетического разнообразия анеуплоидных и замещенных линий и их использование в исследованиях мягкой пшеницы // Информ. вестник ВОГиС. 2008. Т. 12. № 4. С. 622–671.
- Жебрак А.Р. Полиплоидные виды пшениц. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 125 с.
- Железнов А.А. Создание, сохранение, изучение и использование генофонда кормовых и лекарственных растений в ИЦиГ СО РАН // Информ. вестник ВОГиС. 2008. Т. 12. № 4. С. 580–589.
- Жуковский П.М. Этюды в области гибридизации, имунитета и трансплантации растений // Тр. МСХА им. К.А. Тимирязева. 1944. Т. 6. С. 3–48.
- Жуковский П.М. Введение (об отечественных и пришлых зарубежных культурных растениях в СССР // Материалы по истории земледелия СССР. М.; Л.: Наука, 1956а. С. 5–15.
- Жуковский П.М. Значение мировых коллекций Всесоюзного института растениеводства в общих и частных проблемах селекции // Ботан. журнал. 1956б. Т. 41. № 2. С. 161–171.
- Жуковский П.М. Мировой генофонд растений для селекции (мегагенцентры и эндемичные микрогенцентры). Л.: Наука, 1970. 88 с.
- Жученко А.А. Генетика томатов. Кишинев: Штиинца, 1973. 664 с.
- Зарубайло Т.Я., Таврин Э.В. Новые аллогексаплоиды пшеницы, их плодовитость и устойчивость к болезням // Науч.-техн. бюл. ВНИИ растениеводства. 1972. Вып. 24. С. 30–34.
- Каталог мировой коллекции ВИР. Редкие виды пшеницы. Генетическое разнообразие коллекции пшеницы спельты (*Triticum spelta* L.). СПб.: ВИР, 2004. Вып. 752. 78 с.
- 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.
- Коваль С.Ф. Некоторые проблемы генетических коллекций растений // Генетические коллекции растений. Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1993. Вып. 1. С. 6–38.
- Коваль С. Ф. Каталог изогенных линий сорта мягкой пшеницы Новосибирская 67 и принципы их использования в эксперименте // Генетика. 1997. Т. 33. С. 1168–1173.
- Конвенция о биологическом разнообразии. Рио-де-Жанейро, 1992. <http://www.un.org/russian/document/convents/biodiv.htm>
- Костов Д. Происхождение и селекция пшениц с цитогенетической точки зрения // Изв. АН СССР. Отд. биол. наук. 1940. № 1. С. 56–94.
- Кузнецова Е.С. Географическая изменчивость вегетационного периода культурных растений // Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции. 1929. Т. 21. Вып. 1. С. 321–446.
- Лайкова Л.И., Арбузова В.С., Ефремова Т.Т., Попова О.М. Создание иммунных линий сорта Саратовская 29 с комплексной устойчивостью к грибам бурой ржавчины и мучнистой росы // Генетика. 2004. Т. 40. № 5. С. 631–635.
- Майстренко О.И. Перспективы использования анеуплоидии в генетике и селекции пшеницы // Селекция и семеноводство. 1972. № 3. С. 15–19.
- Мережко А.Ф., Митрофанова О.П., Зуев Е.В. О создании генетической коллекции пшеницы // Селекция и семеноводство. 1996. № 3/4. С. 2–9.
- Мигушова Э.Ф. К вопросу о происхождении геномов пшеницы // Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции. 1975. Т. 55. Вып. 3. С. 3–26.
- Общие проблемы биологии. Методы и объекты биологических исследований (Генетические коллекции микроорганизмов). М.: ВИНТИ, 1982. Т. 1.
- Общие проблемы биологии. Методы и объекты биологических исследований (Генетические коллекции растений). М.: ВИНТИ, 1983. Т. 2. 177 с.
- Орлова А.М. К вопросу о получении самофертильных форм от самостерильных растений (на примере пырея сизого) // С.-х. биология. 1997. № 1. С. 101–103.
- Пальмова Е.Ф. Введение в экологию пшениц. М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. 75 с.
- Патент на изобретение № 2138155 от 19.03.1998. Способ создания интрогрессивных линий мягкой пшеницы, устойчивых к болезням / Будашкина Е.Б., Калинина Н.П.
- Пшеницы мира / Под ред. Д.Д. Брежнева. Л.: Колос, 1976. 487 с.
- Регель Р.Э. Организация и деятельность Бюро по прикл. ботанике за первое двадцатилетие его существования (27 окт. 1894 – 27 окт. 1915) // Тр. Бюро по прикл. ботанике. 1915. Т. 8. № 4/5. С. 327–723. № 12. С. 1465–1637.
- Сафина Г.Ф. Влияние низких и сверхнизких температур на жизнеспособность семян плодовых и

- ягодных растений // Информ. вестник ВОГиС. 2008. Т. 12. № 4. С. 541–547.
- Смирнов В.Г., Соснихина С.П. Генетические коллекции растений и их использование // ИНТ ВИНТИ СССР. Сер. Общие проблемы биологии. М., 1983. Модели и объекты биологических исследований (Генетические коллекции растений). Т. 2. С. 3–27.
- Смирнов В.Г. Значение генетических коллекций для фундаментальных исследований // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб.: ВИР, 2005. С. 783–806.
- Сорокина О.Н. Новые эгилопно-пшеничные амфидиплоиды // Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции. 1937а. Сер. II. № 7. С. 161–173.
- Сорокина О.Н. Плодовитый и константный 42-хромосомный гибрид *Ae. ventricosa* Tausch × *T. durum* Desf. // Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции. 1937б. Сер. II. № 7. С. 5–12.
- Удачин Р.А., Шахмедов И.Ш. Пшеница в Средней Азии. Ташкент: ФАН, 1984. 136 с.
- Уколов А.А., Хуапария Т.И., Рубец В.С., Соловьев А.А. Определитель зерновых, зернобобовых культур и кормовых трав. (Метод. пособие). М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2006. 44 с.
- Филипченко Ю.А. Генетика мягких пшениц. 2-е изд. М.: Наука, 1979. 311 с.
- Фунтов К.А. Эффективность некоторых методов формирования стержневых коллекций на примере пшеницы – полбы // Науч.-техн. бюл. ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 1998. Вып. 236. С. 40–44.
- Хлесткина Е.К., Салина Е.А., Шумный В.К. Генотипирование отечественных сортов мягкой пшеницы с использованием микросателлитных (SSR) маркеров // С.-х. биология. 2004. № 5. С. 44–52.
- Чекуров В.М., Сергеева С.И. Значение родительских компонентов в скрещивании мягкой пшеницы с клонами пырея сизого *Agropyron glaucum* (Desf.) // Генетика. 1976. Т. 12. № 3. С. 153–155.
- Шкутина Ф.М., Хвостова В.В. Цитогенетический анализ амфидиплоидов, полученных от скрещивания *Triticum timopheevi* с другими видами // Генетика. 1971. Т. 7. № 1. С. 5–15.
- Шумный В.К. Экспериментально полученные тетраплоиды кукурузы // Докл. АН СССР. 1964. Т. 154. № 2. С. 445–448.
- Щапов Н.С., Привалов Г.Ф. Восстановление фертильности у стерильного смородино-крыжовникового гибрида в результате предмейотической обработки генеративных почек колхицином // Генетика. 1974. Т. 10. № 10. С. 27–32.
- Catalogue of *Aegilops-Triticum* germ-plasm preserved in Kyoto University. Kyoto: Plant Germ-Plasm Institute, 1997/1998. № 2. 309 p. (with Supplement. 41 p.).
- Frankel O.H. Genetic perspective of germplasm conservation // Genetic manipulation: Impact on Man and Society / Eds W.K. Arber, K. Llimensee, W.J. Peacock, P. Starlinger. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1984. P. 161–170.
- Joppa L.R., Williams N.D. Longdon durum disomic substitution lines and aneuploid analysis in tetraploid wheat // Genome. 1988. V. 30. P. 222–228.
- Hajar R., Hodgkin T. The use of wild relatives in crop improvement: a survey of development over the last 20 years // Euphytica. 2007. V. 156. P. 1–13.
- McFadden E.S., Sears E.R. The origin of *Triticum spelta* and its free threshing hexaploid relatives // J. Hered. 1946. V. 37. P. 107–116.
- Mochizuki A. The monosomics of durum wheat // Proc. 3rd Intern. Wheat Genet. Symp. / Eds K.W. Findlay, K.W. Shepherd. Austr. Acad. Sci. Canberra, 1968. P. 310–315.
- Proskowetz E. von. Welches Werthverhältniss besteht zwischen den Landrassen landwirthschaftlicher Culturpflanzen und den sogenannten Züchtungsrasen? // Intern. land- und forstwirthschaftlicher Congress zu Wien 1890. Section I. Landwirthschaft. Subsection: Pflanzenbau. 1890. Frage 5. Heft 13. S. 3–18.
- Pugsley A.T. The preservation of world genetic stocks // Proc. of the 1st Intern. Wheat Genet. Symp. Winnipeg, Canada. 1958. P. 140–142.
- Sears E.R. The aneuploids of common wheat // Mo Agric. Exptl. Sta. Res. Bull. 1954. № 572. P. 1–58.
- Simeone R., Blanco A., Giorgi B. The primary trisomics of durum wheat (*Triticum durum*) Desf. // Proc. 6th Intern. Wheat Genet. Symp. Kyoto, 1983. P. 1103–1107.
- Smith L., Moseman A.H., Payne K.T., Weibel D.E. Linkage studies in einkorn // J. Amer. Soc. Agron. 1948. V. 40. № 10. P. 862–873.
- Tanaka M. Genome analysis // Plant genetics. I. Cell division and cytogenetics / Ed. K. Yamashita. 1980. P. 229–261. (In Japanese).
- Tschermak E. von. Neue Beobachtungen am fertilen Artbastard *Triticum turgidovillosum* // Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. 1930. Bd. 48. № 9. S. 400–402.
- Tschermak E. von, Bleier H. Über fruchtbare *Aegilops*-Weizenbastarde (Beispiele für die Entstehung neuer Arten durch Bastardierung) // Berichte der Deutsch. Botan. Gesellschaft. 1926. Bd. 44. H. 2. S. 110–132.
- Tsunewaki K. Transmission of monosomes and trisomes in an Emmer wheat, *T. dicoccum* // Wheat Inform. Serv. 1964. № 17/18. P. 34–35.
- Weissmann S., Feldman M., Gressel J. Sequence evidence for sporadic intergeneric DNA introgression from wheat into a wild *Aegilops* species // Mol. Biol. Evol. 2005. V. 22 (10). P. 2055–2062.

**FROM PRESERVATION OF GENETIC COLLECTIONS TO ORGANIZATION
OF NATIONAL PROJECT OF PLANT GENE POOLS' CONSERVATION
IN PERMAFROST**

N.P. Goncharov, V.K. Shumny

Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: gonch@bionet.nsc.ru

Summary

Russian Research Institutes have got representative collections of cultivated plants including genetic and breeding collections which are the results of research works of decades. Collections made in the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk are viewed as an example. Course of dealing in Russia and methodology and practice of preservation of this unique material used in Russian research institutes has not been brought up to standard yet. The strategy of their long-term conservation is not worked out. Experimental material, collection picked by expeditions of institutes and botanical gardens are placed only for short-term preservation. This way it is impossible to provide their vitality and keep them for future generations. Also there are underground mines in permafrost in Siberia and Research Institutes of SB RAS have the experience of long-term conservation of seeds there. The reasons which promise favourable outcome of the project of organization of National system of gene pools' conservation are viewed.