

## **ОПЫТ СОХРАНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ГЕРМАНИИ: РОЛЬ НИКОЛАЯ ИВАНОВИЧА ВАВИЛОВА\***

**А. БЁРНЕР**

В статье, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова, отражено его сотрудничество с немецкими учеными в начале XX века по сохранению генофонда культурных растений и их диких родичей. С этой целью в Германии после основания Института исследований культурных растений (Institute of Crop Plant Research, в настоящее время Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research) в апреле 1943 года был создан генбанк, в фондах которого сейчас насчитывается около 150 000 образцов. Обсуждается процедура описания и оценки поступающего материала, его поддержание и репродукция, представлены итоги некоторых наиболее важных исследований, выполненных с использованием сохраняемых образцов. Основные усилия ученых сосредоточены, в частности, на изучении генетической целостности образцов, подлежащих долгосрочному хранению, генетического разнообразия, поддерживаемого *in situ* в течение времени, и генетических аспектов обеспечения длительной жизнеспособности семян.

**Ключевые слова:** описание и оценка, *ex situ* коллекция гермплазмы, генетическая целостность, генетическое разнообразие, долгосрочное сохранение жизнеспособных семян.

**Keywords:** characterisation and evaluation, *ex situ* germplasm collections, genetic integrity, genetic diversity, seed longevity.

Сотрудничество Н.И. Вавилова с немецкими учеными. Середина XIX века ознаменовалась внедрением достижений науки и техники в сельское хозяйство в целом и в селекцию сельскохозяйственных культур в частности. В результате местные сорта, использовавшиеся в течение многих столетий, постепенно замещались более продуктивными и генетически более гомогенными формами. На ранних этапах такой интенсификации новые варианты были просто чистыми линиями, отобранными из гетерогенных популяций местных сортов, однако повторное открытие законов Менделя создало возможность для селекции, основанной на контролируемых скрещиваниях. К началу XX века многие генетики и селекционеры осознали: местные сорта представляют собой столь ценные источники генетического разнообразия, что незамедлительно следует начать систематический сбор и сохранение этих быстро исчезающих популяций (1). Выдающийся немецкий генетик Эрвин Баур (Erwin Baur) уже в 1914 году заявил: «Мы должны собрать и сохранить наши старые местные сорта и диких родичей сельскохозяйственных культур» (2).

Именно Н.И. Вавилов и его коллеги были теми, кто в 1916 году организовал первую официальную экспедицию с целью сбора гермплазмы (на Памир и в Иран). Самые ранние контакты между Н.И. Вавиловым и немецкими учеными состоялись в декабре 1921 года во время его стажировки в США и Западной Европе, организованной советским правительством и санкционированной непосредственно В.И. Лениным. В течение примерно двух месяцев Н.И. Вавилов находился в Германии, и в это время он встречался с Бауром и известным немецким селекционером Теодором Ремером (Theodor Roemer). После возвращения в СССР Вавилов составил отчет о текущем состоянии исследований по генетике и селекции в Германии и отправил в Саратов копии последних публикаций Баура. Он также рекомендовал, чтобы сообщение о результатах работы Г. Мейстера, профессора из Саратова, по получению гибридов между рожью и пшеницей было направлено Бауру (3).

\* Оригинальная версия статьи (на англ. яз.) размещена на сайте журнала [www.agrobiology.ru](http://www.agrobiology.ru).

Вавилов возвратился в Германию в сентябре 1927 года, чтобы принять участие в 5-м Международном генетическом конгрессе в Берлине, где представил свою теорию о географических центрах происхождения культурных растений. Ганс Штуббе (Hans Stubbe), который в 1943 году стал первым директором Института исследований культурных растений (Institute of Crop Plant Research, в настоящее время Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research — IPK) в Германии, также присутствовал на конгрессе и оказался под сильным впечатлением от выступления Вавилова. Примерно полтора года спустя Штуббе еще раз встречался с Вавиловым, когда тот приезжал к Бауру, и воспользовался этой возможностью для обсуждения работы по мутагенезу у *Antirrhinum*. Немецкими участниками 1-го Всесоюзного конгресса по генетике, селекции растений, животных и селеноводству в СССР, который состоялся в Ленинграде в январе 1929 года, были Э. Баур и Р. Гольдшмидт (R. Goldschmidt). В августе того же года Штуббе пригласили в Ленинград и Москву с докладом о результатах его исследований. Н.И. Вавилов в тот период отсутствовал, находясь в экспедиции по сбору образцов, однако был осведомлен о приезде Штуббе. Последняя встреча Вавилова с немецкими коллегами произошла в 1933 году в Галле, и сделанный здесь доклад стал последним публичным выступлением Н.И. Вавилова за пределами СССР (3, 4).



Рис. 1. Юрий Вавилов (слева) и Ганс Штуббе (справа) во время симпозиума, посвященного 100-летию со дня рождения Н.И. Вавилова (Гатерслебен, Германия, 8–10 декабря 1987 года).

симпозиум, посвященный 100-летию со дня рождения Н.И. Вавилова, одним из участников которого был его сын — д-р Юрий Николаевич Вавилов. На архивных фотографиях запечатлена встреча Юрия Вавилова с Гансом Штуббе (рис. 1).

**Генбанк Германии.** Идея основания в Германии Института исследований сельскохозяйственных растений (Institute for Crop Plant Research) с полномочиями учреждения по сохранению гермплазмы возникла в 1930-е годы. Деятельность по сбору образцов осуществлялась Э. Бауром и Р. Шиком (R. Schick) в Южной Америке (1930–1931 годы), А. Шайбе (A. Scheibe) в Гиндукуше (1935–1936), С. Троллом (C. Troll) и Р. Шоттенлохером (R. Schottenloher) в Эфиопии и Эритрее (1937–1938), Э. Шёффером (E. Schäfer) на Тибете (1938–1939 годы). Из-за Второй мировой войны организация института была отложена, и только 1 апреля 1943 года президент Берлинского общества кайзера Вильгельма назначил Ганса Штуббе первым директором этого института. Ссылаясь на более благоприятный климат, Fritz von Wettstein (Фриц вон Веттштейн), директор Института биологии кайзера Вильгельма (Kaiser Wilhelm Institute of Biology) предложил разместить институт в окрестностях Вены, для чего в Туттенхофе, расположенному севернее Вены, был выделен участок площадью 50 га. Од-

нако начавшиеся с 26 июня 1944 года интенсивные бомбардировки вскоре вынудили эвакуировать часть института в деревню Стекленберг (Stecklenberg), которая находилась на восточных склонах гор Гарц. Остальные сотрудники переехали туда в апреле 1945 года, а к концу того же года был организован институт в Гатерслебене (5).

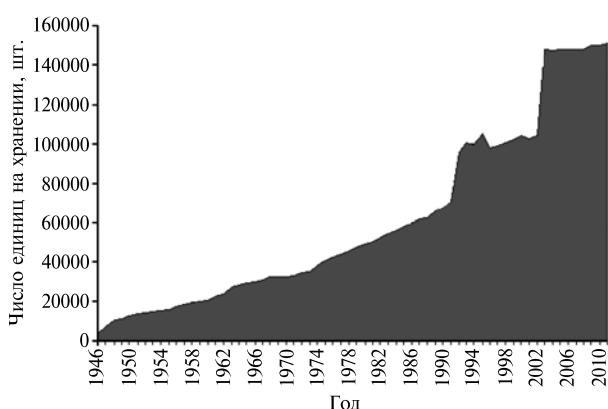


Рис. 2. Рост поступлений в фонды генбанка культурных растений и их диких родичей (Гатерслебен, Германия).

коллекция должна пополняться за счет сбора новых образцов и обмена материалом. Ее роль заключалась в обеспечении базы для всеобъемлющих программ по изучению разнообразия сельскохозяйственных культур и прикладных исследований по селекции (Г. Штуббе, 1982). Общее число образцов в генбанке возросло с 3500 в 1945 году до более 150 000 к 2011 году (рис. 2). В 1970-е годы коллекция начала превышать допустимые размеры: до этого времени материал хранили при комнатной температуре с обязательной репродукцией один раз в 2-3 года, что требовало ежегодно высевать 10 000 образцов. Дальнейшее расширение стало возможно благодаря строительству специального низкотемпературного хранилища в 1976 году. Наиболее заметное увеличение фондов произошло в 1992 году, когда несколько разрозненных коллекций бывших государственных селекционных станций вошли в генбанк IPK, а затем в 2003 году после передачи 45 000 образцов, курируемых генбанком Западной Германии в Брауншвайге (Braunschweig). С этого времени размер коллекции увеличивался незначительно (см. рис. 2). В настоящее время в коллекции представлены 3212 видов, относящихся к 776 родам. Современный реестр генбанка Германии по полевым и садовым культурам *ex situ* приведен в таблице (6).

#### Объемы хранения и поставок образцов из генбанка сельскохозяйственных культур и их диких родичей (Гатерслебен, Германия, 2011 год; цит. по ссылке 6)

Ассортимент	Число	
	образцов	поставок
Злаки и злаковые травы	65 448	70 36
В том числе:		
пшеница	28 111	2932
ячмень	23 245	1031
овес	4835	119
ржь	2411	273
<i>Triticale</i>	1581	26
<i>Aegilops</i>	1531	1549
просо	845	474
кукуруза	1550	245
травы	1339	387

С момента основания генбанка в Гатерслебене формирование базовых философских принципов этого научного учреждения находилось под сильным влиянием идей и работ Н.И. Вавилова и его коллег. В задачи генбанка входила организация и сохранение мировой коллекции сортов и местных форм сельскохозяйственных культур, а также некоторых представителей их диких родичей. Предполагалось, что

коллекция должна пополняться за счет сбора новых образцов и обмена материалом. Ее роль заключалась в обеспечении базы для всеобъемлющих программ по изучению разнообразия сельскохозяйственных культур и прикладных исследований по селекции (Г. Штуббе, 1982). Общее число образцов в генбанке возросло с 3500 в 1945 году до более 150 000 к 2011 году (рис. 2). В 1970-е годы коллекция начала превышать допустимые размеры: до этого времени материал хранили при комнатной температуре с обязательной репродукцией один раз в 2-3 года, что требовало ежегодно высевать 10 000 образцов. Дальнейшее расширение стало возможно благодаря строительству специального низкотемпературного хранилища в 1976 году. Наиболее заметное увеличение фондов произошло в 1992 году, когда несколько разрозненных коллекций бывших государственных селекционных станций вошли в генбанк IPK, а затем в 2003 году после передачи 45 000 образцов, курируемых генбанком Западной Германии в Брауншвайге (Braunschweig). С этого времени размер коллекции увеличивался незначительно (см. рис. 2). В настоящее время в коллекции представлены 3212 видов, относящихся к 776 родам. Современный реестр генбанка Германии по полевым и садовым культурам *ex situ* приведен в таблице (6).

#### Объемы хранения и поставок образцов из генбанка сельскохозяйственных культур и их диких родичей (Гатерслебен, Германия, 2011 год; цит. по ссылке 6)

Ассортимент	Число	
	образцов	поставок
Злаки и злаковые травы	65 448	70 36
В том числе:		
пшеница	28 111	2932
ячмень	23 245	1031
овес	4835	119
ржь	2411	273
<i>Triticale</i>	1581	26
<i>Aegilops</i>	1531	1549
просо	845	474
кукуруза	1550	245
травы	1339	387

*Продолжение таблицы*

Бобовые	28 066	3163
В том числе:		
<i>Phaseolus</i>	9146	776
кормовые бобы	3283	344
соя	1514	70
другие бобы	624	312
горох	5295	119
нут	531	799
чина	524	64
вика	1878	383
люпин	2769	75
чечевица	475	101
клевер	1739	81
другие	288	39
<i>Cucurbitaceae</i>	2671	1311
В том числе:		
тыква	1081	597
дыня	726	196
огурец	709	459
другие	155	59
Овощные культуры	18 794	10 838
В том числе:		
томат	3544	2969
перец	1532	407
баклажаны	112	70
<i>Beta</i>	2320	100
<i>Raphanus</i>	750	89
морковь	500	2804
цикорий	690	164
<i>Allium</i>	3319	470
<i>Brassica</i>	2184	262
лук-латук	1130	399
шпинат	214	91
сельдерей	252	508
<i>Quinoa</i>	957	1237
другие	1290	1268
Масличные, волокнистые растения, источники красителей	5526	1844
В том числе:		
лен	2324	92
подсолнечник	691	256
источники красителей	481	291
волокнистые растения	187	185
масличные растения	557	488
другие	1286	532
Лекарственные и пряные растения	8344	5273
В том числе:		
мак	1149	239
табак	590	145
другие	6605	4889
Мутантные формы	1771	108
В том числе:		
томат	744	79
соя	567	9
<i>Antirrhinum</i>	460	20
Картофель	6124	1965
Масличные и фуражные культуры	14 258	2340
В том числе:		
рапс и кормовая капуста	2472	1847
травы	10 441	446
красный клевер и люцерна	1345	47
Всего	151 002	33 878

Здание, где располагается генбанк IPK, носит название «Дом Вавилова». Здесь образцы размещаются в больших помещениях, в которых поддерживается температура –18 °С. Активная часть коллекции содержится в стеклянных банках. Сверху над семенами образцов в стеклянных банках находятся мешочки с силикагелем. Подгруппы основной коллекции хранятся в IPK в алюминиевых вакуумных упаковках и для дополнительной сохранности дублируются в Глобальном хранилище семян (Global Seed Vault) на Шпицбергене в Норвегии. Несмотря на то, что при низкой

температура семена десятилетиями могут оставаться жизнеспособными, необходимо их воспроизводство. С этой целью ежегодно 8-10 % образцов извлекают из хранилища и высевают в поле или в защищенный грунт. Такая репродукция необходима не только тогда, когда жизнеспособность образцов падает ниже установленного уровня, но и при уменьшении количества семян в образце из-за повышенного спроса на них. Новые поступления обычно размножают перед включением в коллекцию, следовательно, некоторые характеристики образцов могут быть получены уже на этом этапе.

Тот способ, который используется для репродукции, требует особой тщательности при поддержании генетической целостности образцов. Перекрестно опыляющиеся растения выращивают в небольших теплицах или на хорошо изолированных делянках в полевых условиях. Идентичность каждого поступления отслеживается с использованием коллекции эталонных образцов, фотографий и данных о характеристических параметрах растений. В распоряжении сотрудников имеется примерно 420 000 гербарных листов и 154 000 эталонов колосьев зерновых, семян и плодов. Каждый год генбанк распространяет в разные страны 20 000-30 000 семян, передавая их в научно-исследовательские институты, селекционные компании, другие генбанки, ботанические сады, общественные организации. Число таких поставок с 1953 года в целом превысило 840 000.

**Описание и оценка образцов.** Поддержание образцов генбанка обеспечивается обширной программой их описания и оценки. Важность такого подхода стала ясна уже вскоре после возвращения первых экспедиций по сбору коллекций. Систематический скрининг зерновых культур на источники устойчивости к болезням был начат еще в 1933 году в Институте фитопатологии сельскохозяйственного факультета университета Мартина Лютера в Галле-Виттенберге (Phytopathological Institute of the Faculty of Agriculture at the Martin Luther University Halle-Wittenberg), когда были предприняты попытки провести тесты на проростках с выявлением устойчивости к двум возбудителям ржавчины — *Puccinia recondite* и *P. striiformis*. К 1939 году эти тесты стали проводить на взрослых растениях, дополнительно оценивая устойчивость к мучнистой росе (*Blumeria graminis*). Когда в 1970-е годы возросло значение болезней колоса и стебля, перечень тестов расширился и стал включать выявление устойчивости к возбудителю септориоза колосковой чешуи пшеницы (*Septoria nodorum*), церкоспореллеза злаков (*Pseudocercospora herpotrichoides*) и фузариоза колоса (*Fusarium culmorum*). Общее число протестированных за 60 лет проростков и взрослых растений составило почти 150 000, включая > 10 000 образцов *Triticum* spp. и около 500 образцов *Aegilops* spp. (7). По данным скрининга, резистентность к основным болезням обнаруживается достаточно часто, причем доля образцов, проявляющих устойчивость на стадии взрослых растений, постоянно выше доли тех, у которых устойчивы проростки.

В последнее время особое внимание уделяется культурам, имеющим значение в качестве источников лекарственного сырья, например опийному маку (*Papaver somniferum*) и петрушке (*Petroselinum crispum*). Морфологические особенности у 300 образцов опийного мака разного географического происхождения были описаны при выращивании в полевых условиях в Гатерслебене в течение трех разных по условиям лет с одновременной генетической оценкой профилей ДНК на основе полиморфизма длин амплифицированных фрагментов (amplified fragment length polymorphisms — AFLP). Кроме того, было измерено содержание пяти основных опийных алкалоидов (морфин, кодеин, тебаин, папаверин и носка-

пин) с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (high-performance liquid chromatography — HPLC) (рис. 3), подтвердившей, насколько этот признак варьирует у разных видов (8). С целью описания морфологических свойств 220 образцов петрушки из немецкой коллекции гермплазмы их выращивали на двух участках с контрастными условиями.

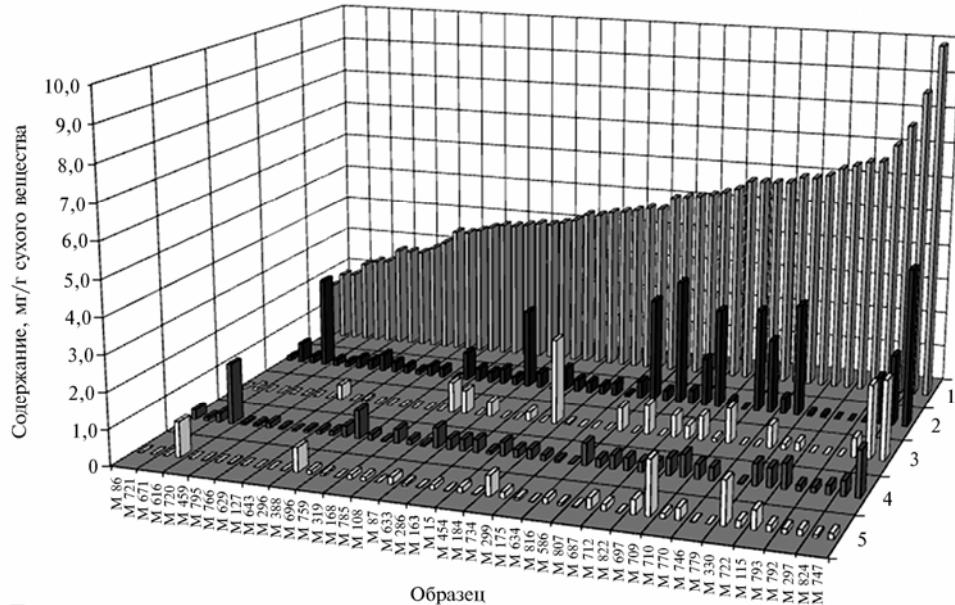


Рис. 3. Содержание опиевых алкалоидов морфина (1), носкаина (2), папаверина (3), кодеина (4) и тебаина (5) у 50 образцов опиевого мака *Papaver somniferum* из генбанка сельскохозяйственных культур и их диких родичей (Гатерслебен, Германия).

Была представлена листовая петрушка двух типов (кудрявая и гладколистная) и 25 образцов корневой петрушки. Некоторые формы проявляли гетерогенность по этому признаку. Когда для выяснения генетической структуры коллекции были использованы молекулярные маркеры, оказалось, что корневая петрушка формирует общий кластер с некоторыми гладколистными образцами, тогда как остальные из них объединяются в один кластер, включающий только формы с гладкими листьями. Определение содержания основных масел и летучих компонентов показало, что относительное содержание мирцена и  $\beta$ -фелландрена позволяет различать корневые и листовые формы петрушки. На основании данных о содержании летучих соединений были выявлены две группы, совпадающие с полученными при маркерном генотипировании (9).

Наши партнеры принимают участие в скрининговых исследованиях представителей родов *Aegilops*, *Agrostemma*, *Allium*, *Amaranthus*, *Anethum*, *Apium*, *Avena*, *Barabarea*, *Beta*, *Brassica*, *Camelina*, *Carum*, *Coriandrum*, *Cucumis*, *Eruca*, *Foeniculum*, *Helianthus*, *Hordeum*, *Hypericum*, *Lactuca*, *Lathyrus*, *Lepidium*, *Linum*, *Lupinus*, *Lycopersicon*, *Matthiola*, *Ocimum*, *Papaver*, *Petroselinum*, *Phaseolus*, *Pisum*, *Secale*, *Spinacea*, *Syssimbrium*, *Raphanus*, *Triticum*, *Triticale*, *Vicia* и *Zea*. Все эти данные доступны в Интернете на сайте <http://www.ipk-gatersleben.de>.

**Исследовательская деятельность генбанка. Изучение генетической целостности образцов.** В ИПК для сравнения собранных семян последних генераций и контрольных гербарных образцов, полученных при первичном размножении, используются молекулярные маркеры (микросателлиты). Подобная процедура применяется для оценки образцов пшени-

цы, которые репродуцировали более 24 раз за 50 лет. Тот факт, что до сих пор не удалось выявить достаточных подтверждений как несанкционированного опыления, так и ненадлежащего выращивания, свидетельствует о тщательности, с которой генетическая целостность образцов поддерживается в течение длительного времени, и эффективности применяемых в генбанке технологий (10). Анализ профилей запасных белков эндосперма у того же материала, выполненный во Всероссийском НИИ растениеводства (ВИР) (11), подтвердил выводы, полученные с использованием микросателлитного генотипирования.

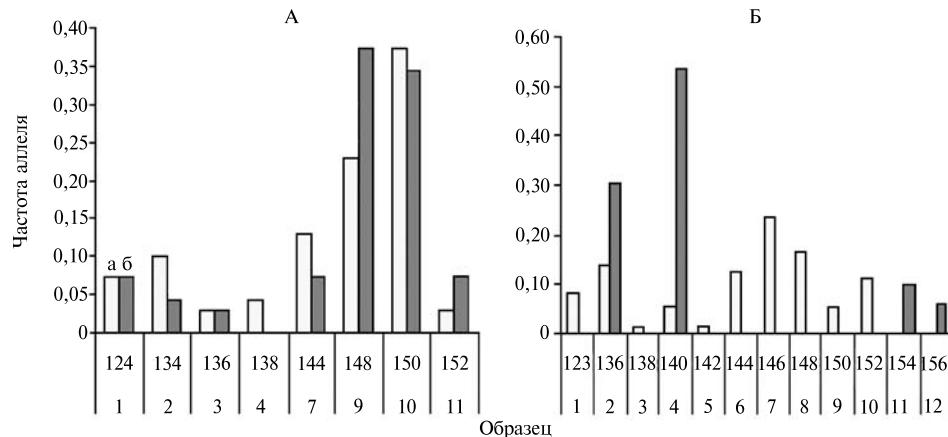


Рис. 4. Частота аллелей микросателлитного маркера RMS18 у образцов зерновой ржи R784 (А, 2 цикла репродукции) и R78 (Б, 12 циклов репродукции) из генбанка культурных растений и их диких родичей: а и б — соответственно наиболее ранний и последний цикл репродукции; приведены трехзначные номера образцов и одно-двухзначные номера электрофоретических повторностей (Гаттерслебен, Германия).

В то же время у такого перекрестного опылителя, как рожь, выявлены иные особенности. Так, у образцов, которые размножали до 13 раз, отмечались значительные сдвиги в частоте аллелей. В то время как в некоторых локусах наблюдалось ее снижение (вплоть до полного исчезновения аллелей), в других обнаруживались новые аллели, что, по-видимому, связано с опылением пыльцой растений из неродственных популяций (12). Степень изменений может зависеть от числа циклов репродукции (рис. 4).

Следовательно, схема воспроизводства в коллекциях *ex situ* для перекрестно опыляемых видов должна быть пересмотрена, в частности в отношении минимального размера популяции и расстояния между соседними делянками, на которых осуществляется выращивание.

**Сохранность генетического разнообразия.** Повторный сбор образцов герпазмы из регионов первичного отбора позволяет попытаться количественно оценить сохранность их генетической целостности за прошедшие 40-

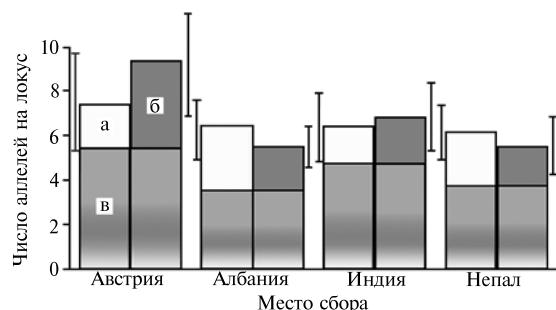
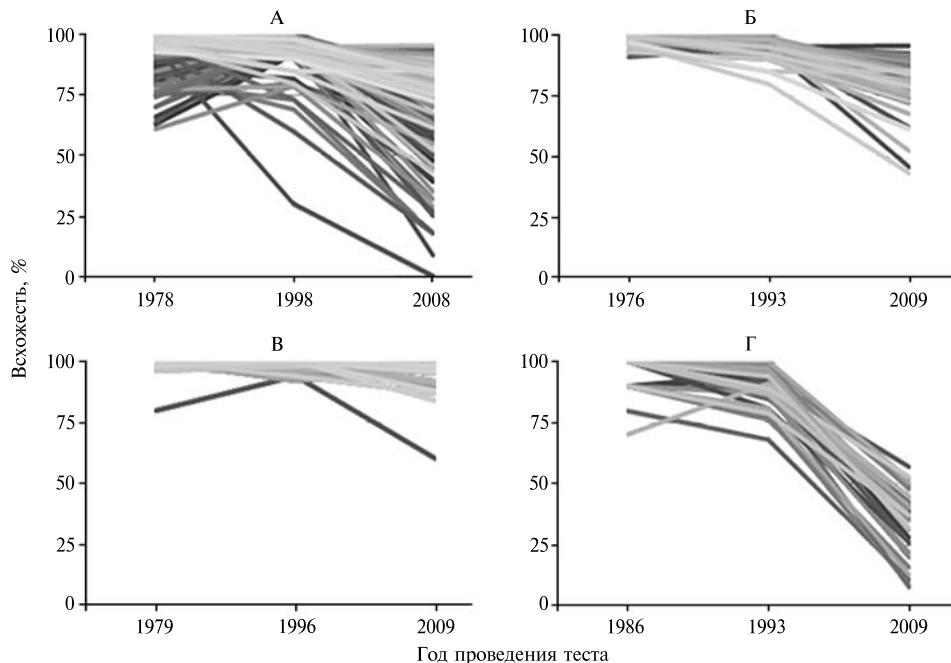


Рис. 5. Среднее число аллелей на локус у образцов мягкой пшеницы из генбанка культурных растений и их диких родичей в зависимости от года сбора в одинаковых географических точках в Австрии (1922-1932 и 1982 годы), Албании (1941 и 1994 годы), Индии (1937 и 1976 годы) и Непале (1937 и 1971 годы): а и б — уникальные аллели соответственно в образцах, собранных в ранних и последних экспедициях; в — общие аллели (Гаттерслебен, Германия).

50 лет. В частности, одна из таких работ выполнена Е.К. Хлесткиной с соавт. (13). Генетическое разнообразие у образцов одного вида, взятых из одних и тех же географических точек в разное время, охарактеризовали на основании среднего числа аллелей для набора микросателлитных локусов, распределенных по геному случайным образом. Были получены воспроизводимые результаты, которые свидетельствовали, что степень генетического разнообразия популяций в местах сбора образцов (австрийские Альпы, Непал, Индия и Албания) поразительно стабильна в течение длительного времени. В то же время имелись убедительные доказательства некоторых качественных изменений: около трети из изученных аллелей, как оказалось, уникальны для каждого периода сбора образцов (рис. 5). Эти результаты демонстрируют, что переход от традиционных к более интенсивным системам земледелия сопровождался качественными изменениями (перенос аллелей), в то время как количественные показатели генетического разнообразия оставались достаточно стабильными.

В сравнительных исследованиях образцов ячменя из Австрии, Албании и Индии (14) отмечали отсутствие изменений общего числа аллелей на локус в материале как из Австрии, так и из Индии, тогда как у растений из Албании этот показатель немного снижался. Что касается пшеницы, то частота аллелей, специфичных для места и времени сбора образцов, указывала на значительную интенсивность переноса генов в течение времени наблюдения. В целом можно сделать вывод, что в коллекциях *ex situ* отражена и сохраняется только та степень разнообразия, которая присутствовала в популяции на момент сбора образцов, тогда как в естественных условиях она динамично изменяется в зависимости от внешних условий и агротехнологий возделывания растений.

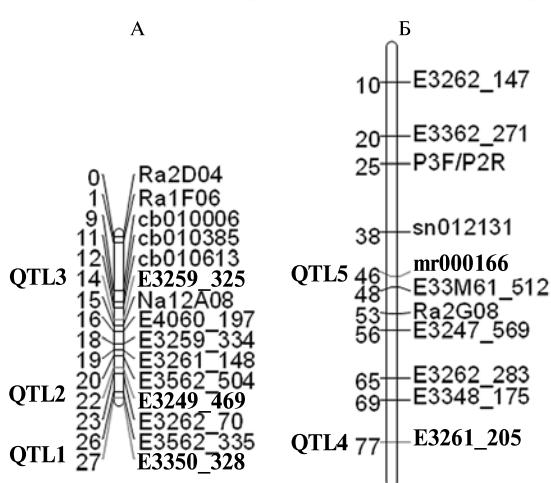


**Рис. 6.** Средняя всхожесть семян, оцененная в тестах на прорастание в разные годы, при длительном низкотемпературном хранении образцов пшеницы (*Triticum L.*, А), ячменя (*Hordeum L.*, Б), льна (*Linum L.*, В) и ржи (*Secale L.*, Г). Полученные данные отражают внутривидовую вариабельность по анализируемому признаку (генбанк культурных растений и их диких родичей; Гатерслебен, Германия).

*Продолжительность сохранения жизнеспособности у семян. По-*

скольку большинство образцов заложены в генбанк в виде семенного материала, время, в течение которого семена могут оставаться жизнеспособными, — исключительно важный показатель, которому уделяется пристальное внимание. Исследования этого признака проведены в IPK для большого набора видов, представленных в генбанке. Высокая степень межвидовой вариабельности выявляется в условиях хранения при  $\sim 20$  °C и относительной влажности 50 % (15). Из 18 изученных видов самое продолжительное сохранение жизнеспособности семян (29 лет) наблюдали у гороха (*Pisum sativum*), тогда как у чеснока (*Allium schoenoprasum*) этот период был наименьшим (5 лет). Внутривидовая вариабельность проявляется у семян в период между 26-м и 33-м годом хранения при температуре 0 °C (16). Всходость была наибольшей при хранении до 5 лет, однако с увеличением срока до 20 лет расхождения в показателях жизнеспособности семян между сортами становились более значительными (рис. 6). У пшеницы после 34 лет хранения всходость варьировала от 0 до 87 %, тогда как

у ячменя после 35 лет — в пределах 43–95 %. Если принять во внимание, что условия репродукции и обработки собранных семян из проанализированных партий материала были одинаковыми, напрашивается очевидный вывод о генетической природе подобных различий. В связи с этим в IPK инициированы исследования по генетическому анализу жизнеспособности семян с использованием теста ускоренного старения в соответствии с протоколом Международной ассоциации по тестированию семян (International Seed Testing Association — ISTA) (17). У ячменя



**Рис. 7. Результаты картирования QTL продолжительности сохранения жизнеспособности семян при искусственном старении на 6-й (А) и 7-й (Б) хромосомах у *Brassica napus* (образцы из генбанка культурных растений и их диких родичей; Гатерслебен, Германия).**

на, рапса и пшеницы проведено QTL- и ассоциативное картирование (18–20), примеры результатов которого, полученные на рапсе, представлены на рисунке 7.

Итак, в Германии после основания в апреле 1943 года Института исследований культурных растений (Institute of Crop Plant Research — IPK) в Гатерслебене был создан генбанк, в фондах которого насчитывается уже около 150 000 образцов. Этот материал поддерживается, изучается и передается в научные и селекционные институты и центры, общественные организации разных стран. Новые поступления и длительно сохраняемые в фондах образцы исследуются с использованием современных методов (биохимические тесты, микросателлитный анализ, ассоциативное картирование) с целью оценки стабильности и варьирования у генотипов в процессе воспроизводства (при поддержании заложенных образцов), а также изменений генетической структуры популяций в местах сбора образцов с течением времени. Начало проводимых в Германии работ по сохранению генофонда культурных растений и их диких родичей связано с сотрудничеством между Н.И. Вавиловым и немецкими учеными в первые десятилетия XX века, а принципы, на которых основана деятельность генбанка в

Гатерслебене, с момента его основания формировались под влиянием идей и исследований Н.И. Вавилова и его коллег.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Lehmann Chr.O. Genetic Resources. Die Kulturpflanze, 1988, 36: 71-83.
2. Bauer E. Die Bedeutung der primitiven Kulturrassen und der wilden Verwandten unserer Kulturpflanzen für die Pflanzenzüchtung. Jb. Deut. Landw.-Ges., 1914, 29: 104-109.
3. Esakov V.D. On the scientific relations of N.I. Vavilov to German geneticists and breeders. Die Kulturpflanze, 1988, 36: 61-69.
4. Käding E. Engagement und Verantwortung — Hans Stubbe, Genetiker und Züchtungsforcher. Zentrum für Agrarlandschafts und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., 2001, Nr. 36.
5. Stubbe H. Geschichte des Instituts für Kulturpflanzenforschung Gatersleben der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1943-1968). Studien zur Geschichte der Akademie der Wissenschaften der DDR, 1982, 10.
6. Anonymous. Scientific report 2010/2011. Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK).
7. Börner A., Freytag U., Sperling U. Analysis of wheat disease resistance data originating from screenings of Gatersleben genebank accessions during 1933 and 1992. Genetic Resources and Crop Evolution, 2006, 53: 453-465.
8. Dittbrenner A., Lohwasser U., Mock H.-P., Börner A. Molecular and phytochemical studies of *Papaver somniferum* in the context of intraspecific classification. Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium on the Taxonomy of Cultivated Plants, 15-19 October 2007, Wageningen, The Netherlands. Acta Horticulturae, 2008, 799: 81-88.
9. Lohwasser U., Struckmeyer T., Budahn H., Krüger H., Ulrich D., Declercq M., Börner A., Marthe F. The German parsley germplasm collection — interaction of morphological, molecular and phytochemical characters. Acta Horticulturae, 2010, 860: 235-240.
10. Börner A., Chebotar S., Korzun V. Molecular characterization of the genetic integrity of wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm after long-term maintenance. Theor. Appl. Genet., 2000, 100: 494-497.
11. Konarev A., Gubareva N., Kornuchin D., Börner A. Gliadin electrophoretic analysis of the genetic integrity of wheat (*Triticum aestivum* L.) accessions after frequent seed reproductions. Genetic Resources and Crop Evolution, 2005, 52: 519-523.
12. Chebotar S., Röder M.S., Korzun V., Saal B., Weber W.E., Börner A. Molecular studies on genetic integrity of open pollinating species rye (*Secale cereale* L.) after long term genebank maintenance. Theor. Appl. Genet., 2003, 107: 1469-1476.
13. Khlestkina E.K., Huang X.Q., Quenum F.J.-B., Chebotar S., Röder M.S., Börner A. Genetic diversity in cultivated plants — loss or stability? Theor. Appl. Genet., 2004, 108: 1466-1472.
14. Khlestkina E.K., Varshney R.K., Röder M.S., Graner A., Börner A. A comparative assessment of genetic diversity in cultivated barley collected in different decades of the last century in Austria, Albania and India by using genomic and genic SSR markers. Plant Genet. Res., 2006, 4: 125-133.
15. Nagel M., Börner A. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. Seed Sci. Res., 2010, 2: 1-20.
16. Nagel M., Rehman-Arif M.A., Rosenthaler M., Börner A. Longevity of seeds — intraspecific differences in the Gatersleben genebank collections. Tagungsband 60. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, Gumpenstein, Österreich, 24-26 November 2009, 2010, 179-181.
17. ISTA International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, 2008.
18. Nagel M., Vogel H., Landjeva S., Buck-Sorlin G., Lohwasser U., Scholz U., Börner A. Seed conservation in ex situ genebanks — genetic studies on longevity in barley. Euphytica, 2009, 170: 5-14.
19. Nagel M., Rosenthaler M., Willner E., Snowdon R.J., Friedt W., Börner A. Seed longevity in oilseed rape (*Brassica napus* L.) — genetic variation and QTL mapping. Characterisation and Utilisation. Plant Genet. Res., 2011, 9: 260-263.
20. Rehman-Arif M.A., Nagel M., Neumann K., Kobiljski B., Lohwasser U., Börner A. Genetic studies of seed longevity in hexaploid wheat using segregation and association mapping approaches. Euphytica, 2012, online, DOI 10.1007/s10681-011-0471-5.

# NICKOLAI IVANOVICH VAVILOV AND HIS FOOTPRINT ON PLANT GENETIC RESOURCES CONSERVATION IN GERMANY

A. Börner

## S u m m a r y

This article is dedicated to the 125<sup>th</sup> birthday of N.I. Vavilov, with a special emphasis on his interaction during the early years of the 20<sup>th</sup> century with German scientists concerned with the conservation of cultivated plants and their wild relatives. The German genebank was established with the foundation of the Institute of Crop Plant Research (at present time the Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research — IPK) in April 1943, and today, this genebank maintains about 150,000 accessions. Here, we present a review of its characterization and evaluation activity, as well as a description of some research highlights based on the genebank's holdings. The research element focuses particularly on the genetic integrity of genebank accessions subjected to long term storage, the genetic diversity retained in situ over time, and the genetics of seed longevity.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

1. В журнале «Сельскохозяйственная биология» публикуются обзорные, проблемные, оригинальные экспериментальные и методические работы по генетике и селекции сельскохозяйственных растений и животных, защите их от вредителей и болезней, молекулярной биологии, физиологии, биохимии, биофизике, радиобиологии, иммунитету, представляющие интерес для сельского хозяйства. Не публикуются статьи серийные и статьи, излагающие отдельные этапы исследований, которые не позволяют прийти к определенным выводам.
2. Статьи представляются тщательно отредактированными, в 2 экземплярах, напечатанных на одной стороне листа через два интервала (шрифт 14 Times New Roman) на бумаге стандартного формата, с приложенным диском (дискетой) с файлом статьи в программе Word for Windows. Рукопись должна быть подписана авторами и иметь заверенное печатью направление (на публикацию в журнале и в сети Интернет) от учреждения, в котором выполнена работа, подтверждающее, что материалы публикуются впервые.
3. При оформлении статей, содержащих экспериментальные данные, необходимо придерживаться следующей схемы: обзор литературы, цель исследования, методика, результаты и выводы. Объем обзорных и проблемных статей, включая список литературы, не должен превышать 18-22 стр., экспериментальных — 10-12 стр., кратких сообщений — 5 стр. К статье необходимо приложить реферат и краткое резюме для перевода на иностранный язык.
4. Иллюстрации и подрисуточные подписи представляются в 2 экземплярах. Рисунки снабжаются всеми необходимыми цифровыми или буквенными обозначениями с их пояснениями в подписи к рисунку. Таблицы приводятся в тексте. Максимальное число таблиц — 3, рисунков — 3; в кратких сообщениях — или 1 таблица, или 1 рисунок.
5. Формулы следует вписывать разборчиво. Во избежание ошибок в формулах необходимо размечать прописные (заглавные) и строчные буквы, а также верхние и нижние индексы. Сокращаемые слова (названия препаратов, химических соединений, методов, учреждений, латинские названия видов и др.) при первом упоминании приводятся полностью (иностранные — также с русским переводом). При упоминании вида микроорганизмов следует руководствоваться правилами по номенклатуре микроорганизмов («Международный Кодекс номенклатуры бактерий». М., 1978). Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81).
6. Список литературы должен содержать лишь те источники, на которые имеется ссылка в статье. Составляется список в порядке очередности упоминания этих источников в тексте. Для цитируемых книг и сборников приводятся: фамилии и инициалы всех авторов, название, место издания (город, для иностранных источников — город и страна) и год издания; для материалов научных собраний следует указать название, время и место проведения научного мероприятия, название конференции, симпозиума и т.д., при наличии редакторов сборника или книги — указать их фамилии и инициалы; при наличии тома, выпуска указываются их номера, приводятся номера цитируемых страниц «от-до»; для журнальных статей указываются фамилии и инициалы всех авторов, название статьи, полное название журнала, год издания, том, номер (выпуск), страницы «от-до».
7. Необходимо указать фамилию, имя и отчество всех авторов рукописи полностью, место работы, адрес и телефоны (служебный, домашний, мобильный), а также адрес электронной почты (e-mail) для согласования авторского экземпляра статьи.
8. При несоблюдении этих требований статья к рассмотрению не принимается. При отправке на доработку датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта статьи.
9. Аспиранты публикации не оплачивают. Копии отрицательных рецензий направляются авторам, положительных — предлагаются по запросу.
10. Экземпляр журнала с опубликованной статьей авторам не высылается. Журнал распространяется только по подписке. Гонорар не выплачивается. Рукописи не возвращаются.