

УДК 5811.11: 633

**ПРОБЛЕМА ПОЛУЧЕНИЯ
ЭКОЛОГО БЕЗОПАСНОЙ
ПЛОДОВОЙ ПРОДУКЦИИ
И СОВРЕМЕННАЯ
МЕТОДОЛОГИЯ
ЕЁ СОХРАНЕНИЯ**

Гончарова Эльза Андреевна
д-р биол. наук, профессор
e-mail: e.goncharova@vir.nw.ru

*Федеральный исследовательский
центр Всероссийский институт
генетических ресурсов растений
имени Н.И.Вавилова,
Санкт-Петербург, Россия*

В статье обобщены результаты многолетних многоплановых фундаментальных исследований проводимых под руководством профессора Г.В. Удовенко с использованием более семи тысяч сортов разных сельскохозяйственных культур, изученных по единой программе соле-, засухо-, морозо- и холодостойкости. На основании анализа эколого-физиологических механизмов устойчивости и адаптации культивируемых сочноплодных растений (плодовые, ягодные, цитрусовые, овощные) к экстремальным воздействиям среды и влияния различных эндогенных факторов на уровень устойчивости показаны параметры, наиболее связанные с уровнем устойчивости растений. Обозначены две категории различий реакции растений на разные типы стрессов: количественную и качественную. Анализ данных указывает на единый качественный характер изменения многих параметров у растений под влиянием разнотипных стрессов. Идентичность качественной стороны свидетельствует о неспецифической адаптации растений к стрессам. Количественные различия отражают реально существующий фазный уровень устойчивости у растений. Установлено, что образование плодовых органов существенно повышает функциональную

UDC 5811.11: 633

**THE PROBLEM OF OBTAINING
OF ECOLOGICALLY SAFE
FRUIT PRODUCTION
AND THE CONTEMPORARY
METHODOLOGY
OF ITS CONSERVATION**

Goncharova Elza
Dr. Biol. Agr., Professor
e-mail: e.goncharova@vir.nw.ru

*Federal State Budgetary Scientific
Institution "Federal Research Center
the N.I.Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources"
St.Petersburg, Russia*

The article summarizes the results of long-term multi-aspect basic research supervised by Prof. G.V. Udovenko using more than 7000 varieties of different crops studied within a single programme of salt, drought, frost and cold resistance. We show the parameters that are most closely connected with the level of resistance of the plants on the basis of the analysis of ecological and physiological mechanisms of resistance and adaptation of the cultivated plants with juicy fruit (fruit, berry, citrus and vegetable plants) to the extreme influence of the environment and to the impact of various endogenous factors on the level of resistance. We point out two categories of differences in the reactions of plants to various types of stresses: quantitative and qualitative. The data analysis indicates that many parameters of plants have a common qualitative character of change under the influence of heterogeneous stresses. The identity of the qualitative aspect testifies to the non-specific adaptation of the plants to the stresses. The qualitative differences reflect the actually existing phase level of resistance of the plants. It has been established that the formation of fruit organs substantially increases

активность вегетативных органов и заметно увеличивает общую устойчивость растения к экстремальным воздействиям. При адаптации к стрессам проявляется саморегулируемое снижение изменений плодонагрузки для стабилизации устойчивости растения к экстремальным воздействиям. Предложены методические подходы и приемы, базирующиеся на оценке физиолого-генетических изменений для использования в растениеводстве и селекции. Разработанная методология изучения и сохранения плодово-ягодных ресурсов позволяет выделять ценные генотипы с целью их длительного хранения.

Ключевые слова: ГЕНОФОНД ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, МЕТОДОЛОГИЯ СОХРАНЕНИЯ, ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, СПЕЦИФИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ

the functional activity of the vegetative organs and significantly raises the general resistance of the plant to extreme effects. During adaptation to stresses a self-adjusting decrease in the changes of fruit load manifests itself to stabilize the resistance of the plant to extreme effects. We suggest methodological approaches and techniques based on the assessment of physiological and genetic changes to be used in plant cultivation and breeding. The devised methodology of researching and preserving fruit and berry resources enables singling out the valuable genotypes for long-term storage.

Key words: GENE POOL OF FRUIT AND BERRY CROPS, ENVIRONMENTAL SAFETY, CONSERVATION METHODOLOGY, EXTREME EFFECTS, SPECIFIC REACTION

Введение. Мир растений на планете велик и разнообразен. В этом растительном мире человек рождается и проживает всю свою жизнь в полной зависимости от него. От местоположения на Земле и климатических условий жизнь человека и всего животного мира повседневно и ежечасно связана с биологическим разнообразием растений, которые являются источником их существования. Растительный мир отличается удивительным богатством, включающим около 350 тысяч видов цветковых растений. Растения, способные образовывать органическое вещество в процессе фотосинтеза, создали необходимые условия для проявления и существования на Земле человека. «От зелёного листа берут начало все проявления жизни на Земле» – указывал К.А. Тимирязев.

Значение растений в жизни человека. К главенствующим факторам следует отнести основные: роль растений в создании биосферы Земли; значение в стабилизации климата, охране водного режима, повышении плодородия почв; растения – как источники пищевых, кормовых и про-

мышленных продуктов; значение лекарственных растений и их санитарно-гигиеническая роль, а также эстетическая функция растений.

Растения и среда обитания. Физико-химические и физиолого-биохимические механизмы взаимодействия растений со средой обитания: реакции на температуру, влажность, освещённость, разнообразие почв и корневого питания, а также на антропогенные факторы.

Изменение окружающей среды (экология) и деятельность человека: загрязнение атмосферы, воды, почв; влияние сельскохозяйственной деятельности; роль урбанизации и туризма; состояние лесов и последствия их истребления; антропогенное влияние на степные, пустынные и тундровые растительные сообщества.

Биология и продовольственные ресурсы. Продовольственная безопасность России в значительной степени зависит от успехов сельскохозяйственной науки и практики. В связи с этим изучение физиологических основ селекционно-значимых признаков растений (аттрактивность, продуктивность, устойчивость к лимитирующим факторам среды), их регуляция, прогнозирование весьма ценны и актуальны [1, 2]. Несомненным и огромным вкладом в эти процессы является и водный статус сельскохозяйственных растений и эффективные методы его диагностики [3].

Физиологическая активность, биологическая и семенная продуктивность растений определяется надежностью биологической системы, её способностью реагировать и устанавливать в процессе экологического приспособления на новом уровне нарушенное при изменении обстановки равновесие между внутренней организацией и средой. Прогнозирование, регуляция и управление этой проблемой принадлежит сельскохозяйственной науке. Эксперименты, проведенные в регулируемых условиях (современные фитотроны, вегетационные сооружения разного типа), а также на базе генетических коллекций растительных ресурсов опытных станций ВИР (Крымская, Майкопская, Сухумская, Павловская, Кубанская и др.),

расположенных в разных погодно-климатических регионах), позволили экспериментально разработать, апробировать и предложить ряд эффективных подходов и методов диагностики (как индивидуальной, так и сортовой) различных физиолого-генетических параметров [7, 8].

Объекты и методы исследований. Теоретической базой проведенных нами фундаментальных исследований послужили многочисленные и многоплановые эксперименты профессора Г.В.Удовенко (1977-1999гг.) с использованием более 7000 сортов разных сельскохозяйственных культур различных семейств из мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова, изученных по единой программе соле-, засухо-, морозо- и холодостойкости растений [1, 2, 7].

Обсуждение результатов. Анализ полученных результатов, подтверждаемых и литературными данными, указывает на единый качественный характер изменения многих параметров у растений под влиянием разнотипных стрессов. Это дало основание прийти к выводу о неспецифическом характере адаптации растений к различным экстремальным воздействиям [1, 7]. Схематично это представлено на рис. 1 и 2.

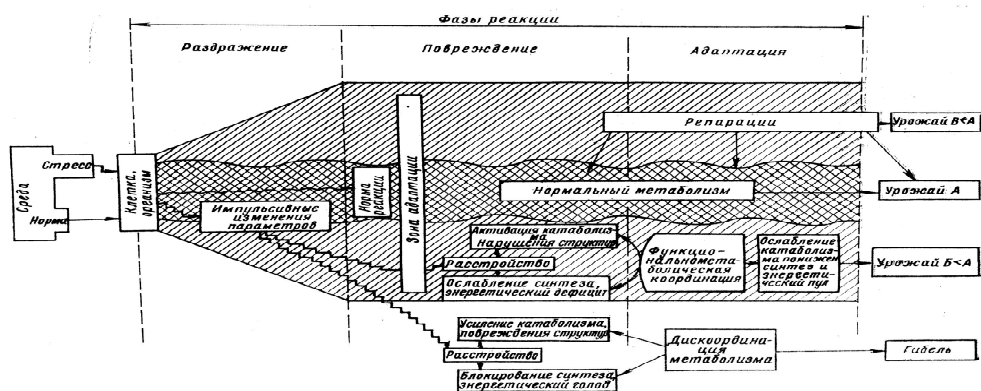


Рис. 1 Общая схема изменений метаболизма растений в условиях стресса

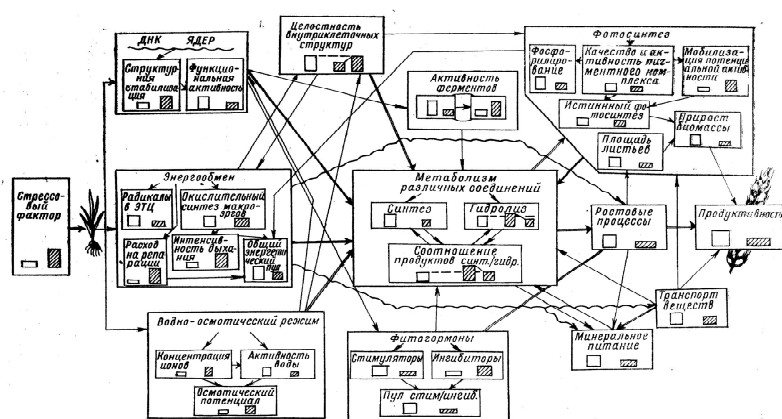


Рис. 2 Схема физиологических взаимосвязей у растений при стрессах

→ направление стрессового влияния на функции организма
 □ количественное соотношение параметров в норме
 ■ количественное соотношение параметров при стрессе

Говоря о характере реакции растений (специфическом или неспецифическом) на разные типы стрессов, необходимо четко разграничивать две категории различий этой реакции – количественную и качественную [8].

Разные сорта и виды растений в ответ на одинаковое стрессовое воздействие в разной степени (количественно) изменяют свои физиологические функции, хотя качественно эти изменения сохраняют аналогичный характер; то же самое имеет место и при реакции одних и тех же видов растений на разные типы стрессов. Идентичность качественной стороны физиологических изменений и говорит о неспецифической адаптации. А количественные различия отражают реально существующий разный уровень устойчивости (то есть меру) у растений.

Об этом свидетельствуют результаты изменения физиологических параметров у растений в условиях разных стрессов, которые представлены в табл. 1. Во всех регионах Российской Федерации растения чаще попадают в экстремальные, чем в благоприятные природные условия произрастания. Отклонение условий среды от оптимальных для жизнедеятельности растений приводит к снижению урожая и даже полной его гибели. Другими словами, в зависимости от условий среды потенциальная продуктив-

ность растений или урожайность сорта может реализоваться от ... 0... до ... 100 % [1].

Таблица 1 – Изменение физиологических параметров у растений в условиях стрессов (по Г.В. Удовенко, 1979)

Параметры	Характер изменения параметров в условиях			
	засухи	засоления	высокой температуры	низкой температуры
Концентрация ионов в тканях	растет	растет	растет	растет
Активность воды в клетке	падает	падает	падает	падает
Осмотический потенциал клеток	растет	растет	растет	растет
Водоудерживающая способность	»	»	»	-
Водный дефицит	»	»	»	-
Проницаемость протоплазмы	»	»	»	-
Интенсивность транспирации	падает	падает	»	падает
Эффективность транспирации	»	»	падает	»
Энергоэффект дыхания	»	»	»	-
Интенсивность дыхания	растет	растет	растет	-
Фотофосфорилирование	снижается	снижается	-	снижается
Стабилизация ядерной ДНК	растет	растет	-	растет
Функциональная активность ДНК	снижается	снижается	снижается	снижается
Концентрация пролина	растет	растет	растет	-
Содержание водорастворимых белков	»	»	»	растет
Синтетические реакции	подавлены	подавлены	подавлены	подавлены
Поглощение ионов корнями	подавлено	подавлено	подавлено	подавлено
Транспорт веществ	подавлен	подавлен	подавлен	подавлен
Концентрация пигментов	падает	падает	падает	падает
Деление клеток	тормозится	тормозится	-	-
Растяжение клеток	подавлено	подавлено	-	-
Число плодозэлементов	снижено	снижено	снижено	снижено
Старение органов	ускорено	ускорено	ускорено	-
Биологический урожай	понижен	понижен	понижен	понижен

По нашим данным, рост, развитие и накопление биомассы генеративных органов – цветков, семян, плодов или органов отложения запасных веществ (корнеплодов, клубней, луковиц и т.д.) – под влиянием экстре-

мальных факторов также снижаются, но между степенью депрессии их биомассы и силой стресса наблюдается часто иная сопряженность, чем для вегетативных органов. В то же время у ряда овощных и плодовых культур практическую ценность (урожай) чаще всего представляют генеративные органы или органы отложения в запас. Поэтому, говоря о влиянии экстремальных воздействий на ростовые процессы и продуктивность растений, нельзя отождествлять эти понятия [2, 3].

Характеризуя различные сельскохозяйственные культуры и их разные сорта как высоко- или низкоурожайные, необходимо отчетливо представлять, что уровень продуктивности сорта – наследуемый, генетически закрепленный признак. Однако этот признак говорит лишь о потенциальной возможности сорта к образованию той или иной величины урожая, но каким будет реальный урожай зависит от тех погодно-климатических условий, в которых растения вегетируют [1, 7, 8].

Многочисленными экспериментами, в том числе и нашим (табл. 2), установлено, что экстремальные условия в разной степени подавляют ростовые процессы и снижают урожай, воздействуя на растения в разные фазы онтогенеза.

Свои особенности имеют и сами плоды в период их роста и развития. Так, в табл. 3 приведены данные экспериментов по транспорту воды внутри плодов кабачка разного возраста [2, 9].

Далее установлено, что влияние неблагоприятных экологических факторов наиболее обнаруживается в депрессии ростовых процессов вегетативных органов, то есть тех процессов, которые служат интегральным выражением всех повреждаемых синтетических реакций в метаболизме растений: в этом наблюдается значительная коррелятивная связь между напряженностью и длительностью стресса, с одной стороны, и степенью депрессии роста и продуктивности, с другой [2, 7, 8].

Таблица 2 – Влияние периодов воздействия экстремальных условий
на структуру урожая томата
(сорт Карлик 1195)

Тип стресса	Период действия стресса	Кисть (снизу)	Количество, шт.			Масса плода, г	Урожай плодов, г
			цветков	завязей	плодов		
Контроль		1-я	7,0	2,6	2,4	34,2	82,0
		2-я	6,2	2,0	1,7	31,8	54,1
		3-я	6,6	1,7	1,3	18,9	24,6
		В сумме	19,8	6,3	5,4	-	160,7
Засуха*	Цветение	1-я	6,2	2,0	1,8	35,4	63,8
		2-я	6,0	1,2	1,2	25,4	30,5
		3-я	4,6	1,0	0,6	25,8	15,5
		В сумме	16,8	4,2	3,6	-	109,8
	Плодо-образование	1-я	7,2	1,3	1,3	42,6	55,4
		2-я	5,5	1,5	1,5	32,7	49,1
		3-я	5,0	1,8	0,8	22,8	18,2
		В сумме	17,7	4,6	3,6	-	122,7
	Рост плодов	1-я	6,5	2,3	2,3	18,6	42,8
		2-я	6,2	2,2	1,5	22,0	33,0
		3-я	6,3	1,6	1,2	14,7	17,7
		В сумме	19,0	6,1	5,0	-	93,5
	Цветение	1-я	6,2	2,0	1,8	9,7	17,4
		2-я	6,8	3,8	3,8	9,7	37,0
		3-я	6,4	5,0	5,0	8,3	41,5
		В сумме	19,4	10,8	10,6	-	95,9
	Плодо-образование	1-я	6,7	2,7	2,0	20,9	41,8
		2-я	8,7	2,0	1,7	24,5	41,6
		3-я	6,7	3,0	2,0	12,2	24,3
		В сумме	22,1	7,7	5,7	-	107,7
	Рост плодов	1-я	7,7	2,8	2,4	20,9	43,8
		2-я	7,7	2,6	2,0	21,8	43,7
		3-я	7,7	1,4	1,2	18,1	21,7
		В сумме	21,0	6,8	5,3	-	109,2
		НСР₀₅	0,3	0,1	0,2	2,1	10,3
Примечание * 10 сут. Влажность почвы 30 % ПВ, ** 10 сут. Температура воздуха 40 °С днем (16 ч) и 22 °С ночью (8 ч), при влажности почвы 60 % ПВ.							

Обобщенные литературные сведения и результаты собственных исследований физиологии донорно-акцепторных взаимодействий генеративных и вегетативных органов в период плодоношения сельскохозяйственных растений в оптимальных и экстремальных условиях среды позволили нам сформулировать ряд положений, имеющих теоретическое и практическое значение [2, 3].

Таблица 3 – Поступление меченой воды (ТНО) в основные элементы плодов кабачка разного возраста

Элементы плода	Радиоактивность (имп./мин на 1г внутритканевой воды) после введения метки ТНО в плодонос через различные интервалы времени			
	40-42-дневный возраст		82-85-дневный возраст	
	24 ч	54 ч	23 ч	51 ч
Жилки кожицы	5120±210	7714±439	5864±412	8050±610
Кожица	4706±314	6123±222	4610±373	6408±522
Мезокарпий	1362±93	321±84	1450±118	3623±302
Плацента	1724±142	3688±237	1624±211	2618±491
Семена	2204±218	4834±406	1873±106	3892±322
Транспират	2163±269	4112±323	-	2810±220

Образование плодовых органов, обладающих высокой аттрагирующей способностью, существенно повышает функциональную активность вегетативных органов и заметно увеличивает общую устойчивость растения к экстремальным воздействиям; причем излишняя перегрузка плодами элементами снижает эту устойчивость, вследствие чего при адаптации к стрессам проявляется саморегулируемое снижение степени плодонагрузки растений (рис. 3).

Указанная зависимость представляет собой проявление эндогенной регуляции растениями своего плодоношения в разных сочетаниях «гено-тип-среда».

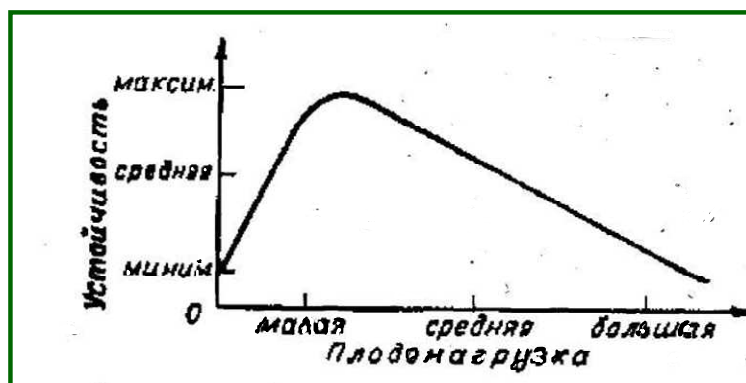


Рис. 3. Зависимость устойчивости растений к стрессам от плодонагрузки

Инновационные подходы в методологии сохранения плодово-ягодных ресурсов (криоконсервация). Применяемый в ВИРе классический метод сохранения генофонда растений состоит в поддержании генетических коллекционных насаждений на опытно-селекционных станциях (Крымская, Майкопская, Павловская и др.).

Альтернативное и практическое решение проблемы сохранения растительного материала предлагается в организации длительного хранения, в том числе и в контролируемых условиях «низких» и «сверхнизких температур», а также в создании, через культуру *in vitro*, оздоровленных генетических коллекций. «Сверхнизкие температуры» (или криоконсервация), применяемые в условиях генбанка ВИР, открывают принципиально новые возможности, в том числе и сохранение генофонда культурных и дикорастущих видов, что является одной из основных задач отечественного растениеводства [10, 11].

Сохранение биологического разнообразия растений от исчезновения возможно двумя путями: 1 – сохранение *in situ* (в естественных условиях – полях, массивах садовых и ягодных насаждений) и 2 – сохранение *ex situ* (в образованных заповедниках, коллекционных садах и питомниках).

Хранящийся при «низких температурах» материал остается генетически стабильным, что позволяет избежать различных изменений, присущих организмам при развитии в обычных температурных условиях. Разработанная в ВИРе методология криосохранения вегетативных и генеративных органов (побегов, почек, пыльцы и т.д.), имеет ряд преимуществ перед другими способами хранения [2].

Выводы. В системе современного растениеводства важное значение приобретают сорта, обладающие повышенной устойчивостью к экстремальным условиям среды. Поэтому не вызывает сомнения необходимость разработки и использования эффективных комплексных физиологических методов с целью выделения генетических доноров и источников высокой устойчивости для использования их в селекции, растениеводстве, плодоводстве, овощеводстве и интродукции.

В связи с этим нами разработаны и уже предложены к использованию различные (морфо-биологические, физиолого-биохимические, биофизические и др.) методы для оценки адаптивного потенциала и иных важных свойств генотипов ряда сельскохозяйственных культур. Разработаны диагностические приемы и критерии оценки с целью выявления ценных генотипов (сортот) для целенаправленной интродукции и селекции растений по заданным признакам [4, 5].

Рекомендованные и апробированные наиболее эффективные методологические и агрономические приемы позволяют значительно расширить зону возделывания ценных культурных растений с целью обеспечения их стабильной продуктивности и адаптации к погоднo-климатическим зонам рискованного растениеводства (см. карту). Последнее является посильным вкладом в экологическую безопасность ценных сельскохозяйственных культур и в проблему увеличения продовольственных ресурсов Российской Федерации.



Карта развития научных связей по исследованию стрессоустойчивости
и адаптации культурных растений

Литература

1. Удовенко, Г.В. Влияние экстремальных условий среды на структуру урожая сельскохозяйственных растений: монография / Г.В.Удовенко, Э.А. Гончарова.– Л.: Гидрометеиздат, 1982, 137с.
2. Гончарова, Э.А. Изучение устойчивости и адаптации культурных растений к абиотическим стрессам на базе мировой коллекции генетических ресурсов / Э.А. Гончарова // Научное наследие проф. Г.В.Удовенко: монография.– СПб, ВИР, 2011.– 317 с.
3. Гончарова, Э.А. Водный статус культурных растений и его диагностика: монография / Э.А. Гончарова.– СПб, ВИР, 2005.– 112 с.
4. Gogate S.S., Krishnamoorthy T.M., Soman S.D. Effect of watering on the uptake of tritium in plants. – Indian J. Exp. Biol., 1977, v. 15 N 5, p. 404.
5. Goncharova E.A., Khodorenko A.V., Dragavtsev V.A. Genetically conditioned water-exchange of seeds and their morphophysiological features at germination // Seed Development, Metabolism and Biotechnology (8th International Symposium on Plant Seeds). Germany, Gatersleben, 2000.
6. Farris F., Strain B.R. The effect of water-stress on leaf H₂O enrichment // Radiat. a. Environ. Biophys. 1978. V. 15, N 2.
7. Удовенко, Г.В. Устойчивость растений к абиотическим стрессам / Г.В. Удовенко // Физиологические основы селекции растений.– СПб, ВИР, 1995.– С. 293-346.
8. Удовенко, Г.В. Принципы и приемы диагностики устойчивости растений к экстремальным условиям среды / Г.В.Удовенко, Э.А. Гончарова // Сельскохозяйственная биология.– М., 1989.– № 1.– С. 18-24.

9. Удовенко, Г.В. Передвижение ^{14}C -ассимилятов в листья и плоды при засухе и засолении / Г.В. Удовенко, Э.А. Гончарова. // Физиол. растений, 1977.– Т. 24.– №5.– С. 901-907.

10. Дзюбенко, Н.И. Вавиловская стратегия пополнения, сохранения и рационального использования генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей / Н.И. Дзюбенко // Тр. по прикл. бот., генет. и селек.. СПб., 2012.– Т. 169.– С. 4-40.

11. Вержук, В.Г. Крриоконсервация – эффективный метод сохранения генетических ресурсов плодовых и ягодных культур / В.Г. Вержук, Г.И. Филипенко, Г.Ф. Сафина [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.– СПб.. 2013.– Т. 169.– С. 270-279.

12. Вержук, В.Г. Жизнеспособность пыльцы плодовых культур после низкотемпературного хранения и криоконсервации / В.Г. Вержук, Н.Г. Тихонова, А.С. Жестков // Проблемы криобиологии.– Харьков, 2005.– Т. 15.– №3.–С. 302-305.

References

1. Udovenko, G.V. Vlijanie jekstremal'nyh uslovij sredy na strukturu urozhaja sel'skohozjajstvennyh rastenij: monografija / G.V.Udovenko, Je.A. Goncharova.– L.: Gidrometeoizdat, 1982, 137s.

2. Goncharova, Je.A. Izuchenie ustojchivosti i adaptacii kul'turnyh rastenij k abioticheskim stressam na baze mirovoj kollekcii geneticheskikh resursov / Je.A. Goncharova // Nauchnoe nasledie prof. G.V.Udvenko: monografija.– SPb, VIR, 2011.– 317 s.

3. Goncharova, Je.A. Vodnyj status kul'turnyh rastenij i ego diagnostika: monografija / Je.A. Goncharova.– SPb, VIR, 2005.– 112 s.

4. Gogate S.S., Krishnamoorthy T.M., Soman S.D. Effect of watering on the uptake of tritium in plants. – Indian J. Exp. Biol., 1977, v. 15 N 5, p. 404.

5. Goncharova E.A., Khodorenko A.V., Dragavtsev V.A. Genetically conditioned water-exchange of seeds and their morphophysiological features at germination // Seed Development, Metabolism and Biotechnology (8th International Symposium on Plant Seeds). Germany, Gatersleben, 2000.

6. Farris F., Strain B.R. The effect of water-stress on leaf H₂O enrichment // Radiat. a. Environ. Biophys. 1978. V. 15, N 2.

7. Udovenko, G.V. Ustojchivost' rastenij k abioticheskim stressam / G.V. Udovenko // Fiziologicheskie osnovy selekcii rastenij.– SPb, VIR, 1995.– S. 293-346.

8. Udovenko, G.V. Principy i priemy diagnostiki ustojchivosti rastenij k jekstremal'nym uslovijam sredy / G.V.Udovenko, Je.A. Goncharova // Sel'hozjajstvennaja biologija.– M., 1989.– № 1.– S. 18-24.

9. Udovenko, G.V. Peredvizhenie ^{14}S -assimiljatov v list'ja i plody pri zasuhe i zasolenii / G.V. Udovenko, Je.A. Goncharova // Fiziol. rastenij, 1977.– Т. 24.– №5.– S. 901-907.

10. Dzjubenko, N.I. Vavilovskaja strategija popolnenija, sohraneniya i racional'nogo ispol'zovaniya geneticheskikh resursov kul'turnyh rastenij i ih dikih rodichej / N.I. Dzjubenko // Tr. po prikl. bot., genet. i selek.. SPb., 2012.– Т. 169.– S. 4-40.

11. Verzhuk, V.G. Kriokonservacija – jeffektivnyj metod sohraneniya geneticheskikh resursov plodovyh i jagodnyh kul'tur / V.G. Verzhuk, G.I. Filipenko, G.F. Safina [i dr.] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii.– SPb.. 2013.– Т. 169.– S. 270-279.

12. Verzhuk, V.G. Zhiznesposobnost' pyl'cy plodovyh kul'tur posle nizkotemperaturnogo hraneniya i kriokonservacii / V.G. Verzhuk, N.G. Tihonova, A.S. Zhestkov // Problemy kriobiologii.– Har'kov, 2005.– Т. 15.– №3.–S. 302-305.