



РНФ
Российский
научный фонд



Генетические ресурсы растений и освоение Арктики (продовольственная безопасность, здоровье, новые ресурсы)



Заварзин Алексей Алексеевич

07.06.2023 г.

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов растений
им. Н.И. Вавилова

1. Биологическое разнообразие, генетика, генетические ресурсы

2. Генетические ресурсы растений в арктической зоне и для арктической зоны

3. Возможности и перспективы



Биологическое разнообразие

Генетическое разнообразие - внутривидовое разнообразие - изменчивость особей. Связано с тем, что особи обладают незначительно отличающимися генами – участками хромосом, которые кодируют определенные белки.

Видовое разнообразие - разнообразие живых организмов (растений, животных, грибов и микроорганизмов).

Разнообразие экосистем охватывает различия между типами экосистем, разнообразием сред обитания и экологических процессов.



Генетическое разнообразие



Gallus gallus L.

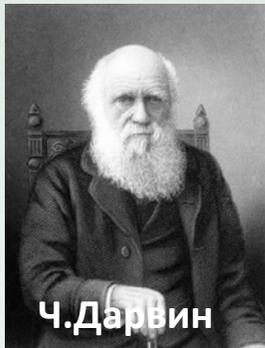


Solanum lycopersicum L. →

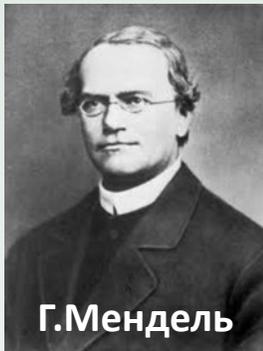


← *Cucurbita pepo* L.

Генетика – наука XX, XXI, XXII и далее веков



Ч. Дарвин



Г. Мендель



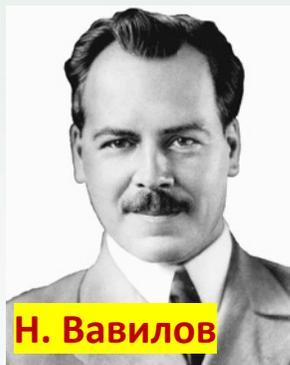
Г. де Фриз



У. Бэтсон



Т. Морган



Н. Вавилов



И. Раппопорт



Ф. Крик
Д. Уотсон



Д. Дудна Э. Шарпан'тье

1842 – Чарльз Дарвин - «Происхождение видов»

1865 – Грегор Мендель - Опыты с горохом

1900 – переоткрытие законов Менделя – **рождение Генетики**

1905 – Уильям Бэтсон - **термин «Генетика»**

1907 – Томас Морган - **теория гена**

1920 – Николай Вавилов - **закон гомологических рядов**

1925-27 – открыт радиационный **мутагенез**

1935 – экспериментально определен размера гена

1943 – открыт химический мутагенез

1953 – расшифрована **структура молекулы ДНК**

1961 – расшифрован **генетический код**

1962 - первое клонирование лягушки

1969 – проведен химический синтез первого гена

1972 – **рождение генной инженерии**

1977 – расшифрован **первый ген человека**

1980 – получена **первая трансгенная мышь**

1997 – **клонирована овца**

1999 – клонированы мышь и корова

2000 – **прочитан геном человека**

2005 – клонирована собака

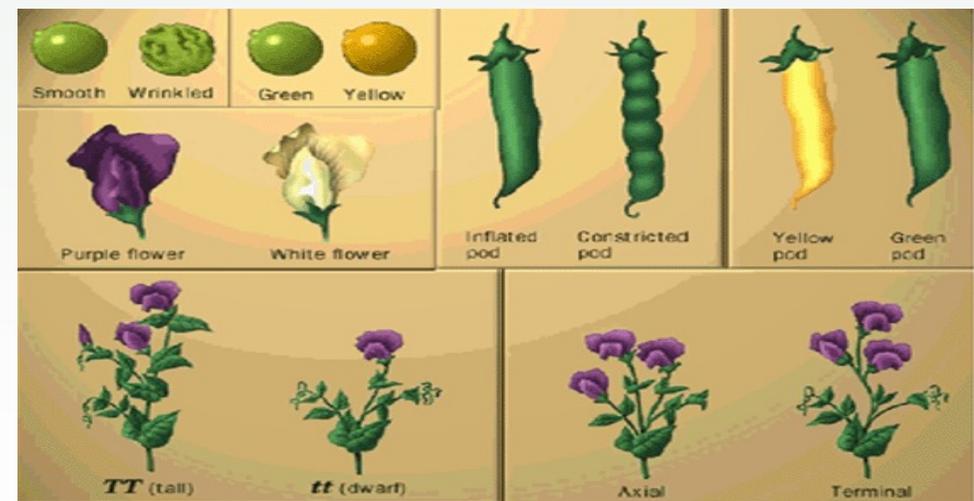
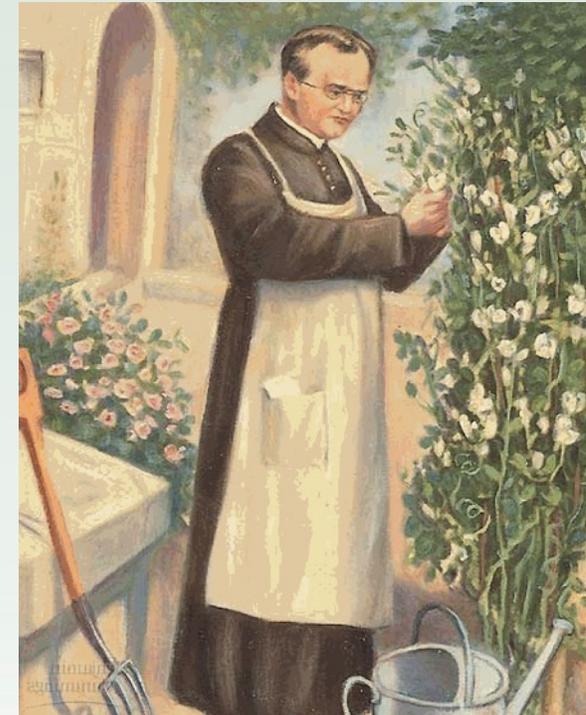
2012 – открыт **CRISPR/Cas направленный мутагенез**

2020 – прочитан **геном пшеницы**

202.. –

Наследственность

Наследственность – свойство организма сохранять и передавать какой-либо признак от родителей потомку.



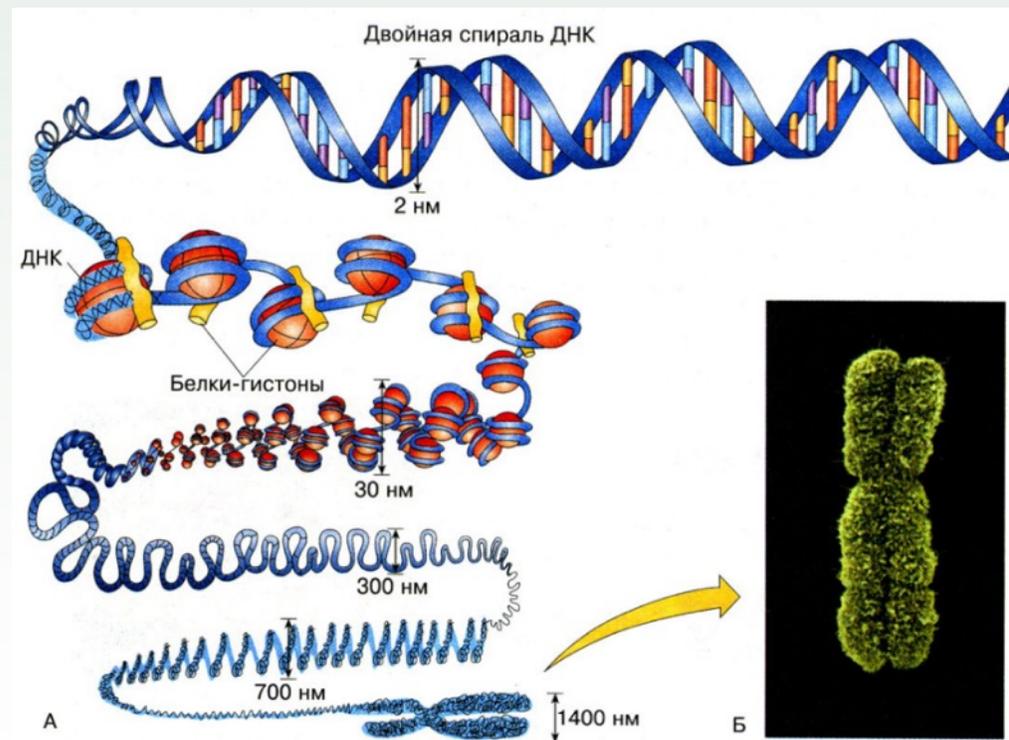
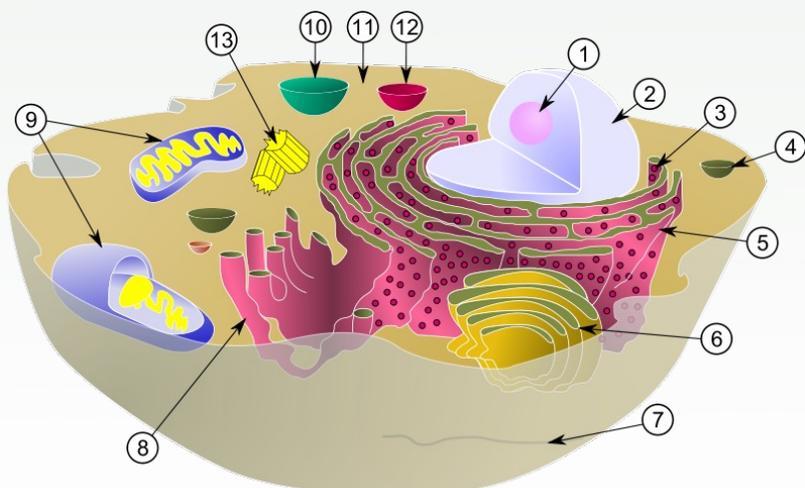
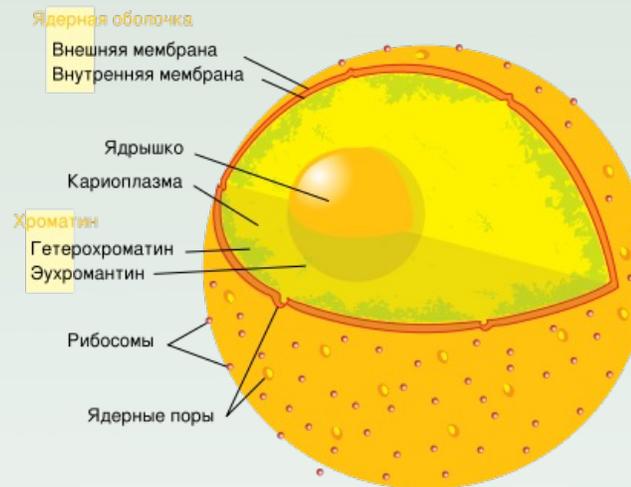
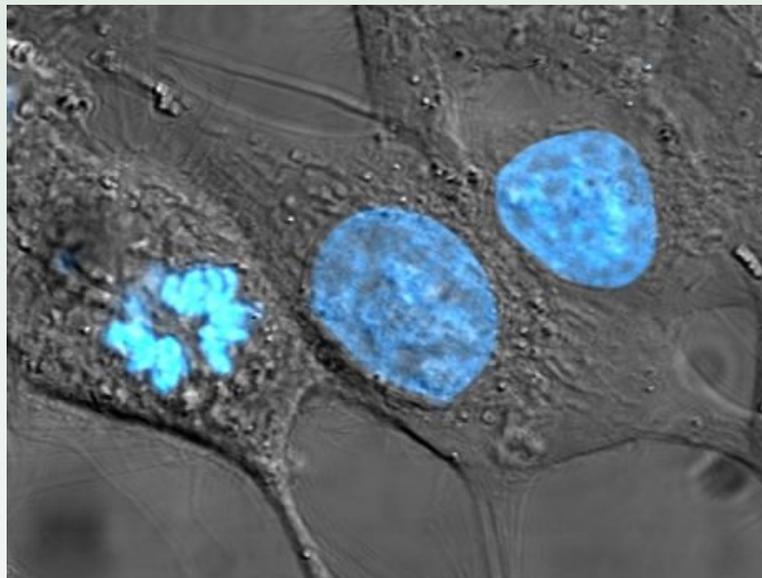
Изменчивость

Изменчивость – свойство организма приобретать какие-либо новые признаки, отличные от родительских

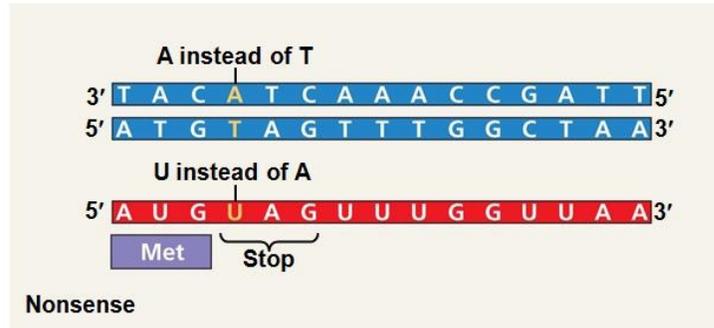
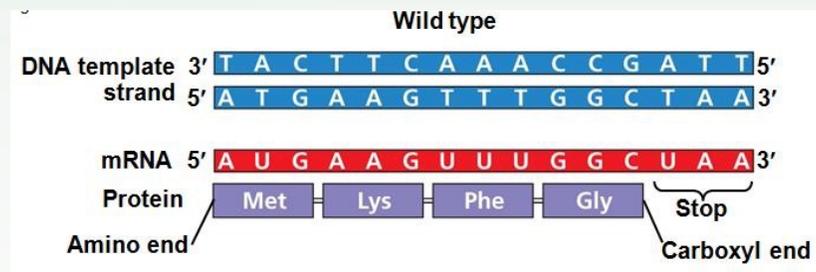
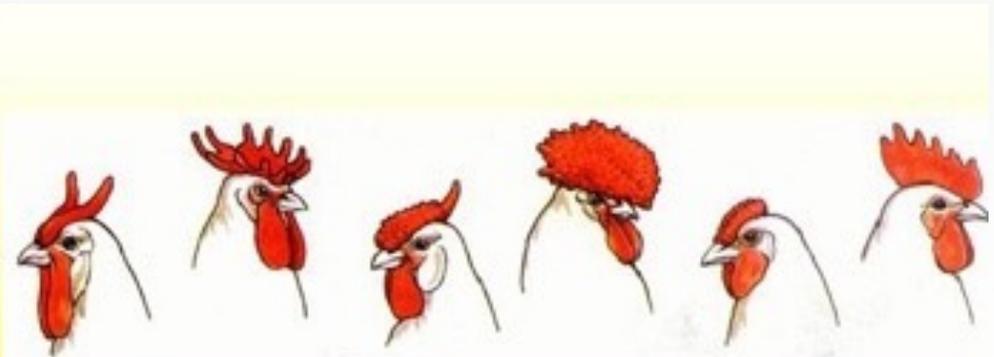
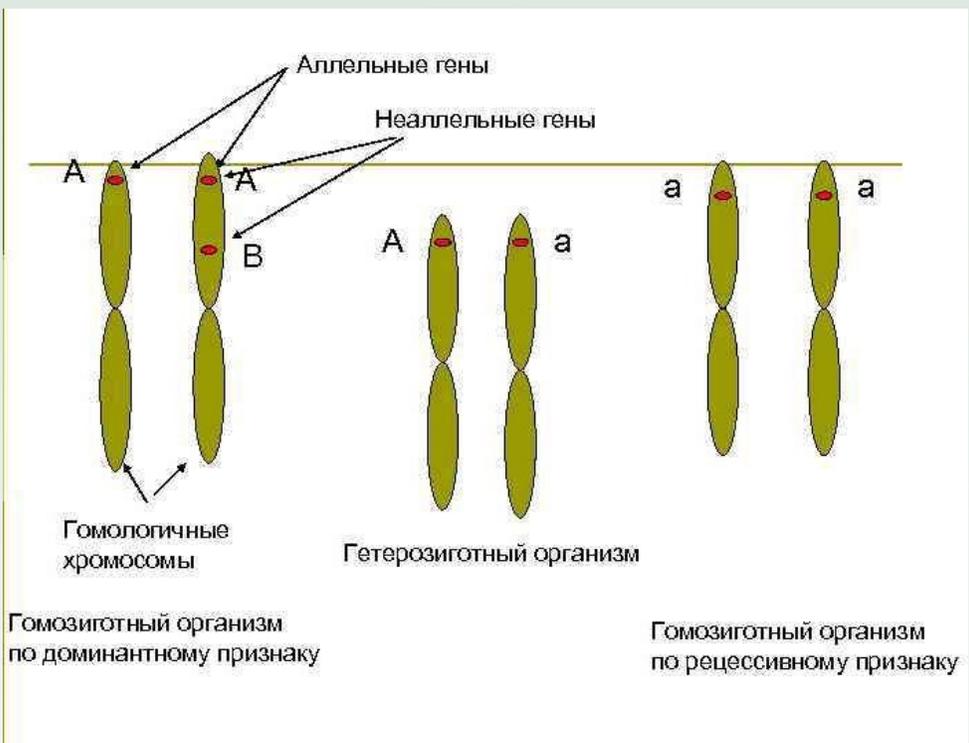
- Средовая (ненаследственная) является результатом реагирования организма на условия окружающей среды
- Генетическая (наследственная) – изменение в наследственном материале.



Материальные носители: клетки, хромосомы, ДНК



Наследственная изменчивость – комбинаторная и мутационная – материал для отбора



Генетика – наука XX, XXI, XXII и далее веков



Г.Мендель



Н. Вавилов

1842 – Чарльз Дарвин - «Происхождение видов»

1865 – Грегор Мендель - **Опыты с горохом**

1900 – переоткрытие законов Менделя (**ЗАКОНЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ**)

1905 – Уильям Бэтсон - термин «Генетика»

1907 – Томас Морган - теория гена

1920 – **Николай Вавилов** - **закон гомологических рядов в наследственной изменчивости (ЗАКОН ИЗМЕНЧИВОСТИ)**

1925-27 – открыт радиационный мутагенез

1935 – экспериментально определен размера гена

1943 – открыт химический мутагенез

1953 – расшифрована структура молекулы ДНК

1961 – расшифрован генетического кода

1962 - первое клонирование лягушки

1969 – проведен химический синтез первого гена

1972 – рождение генной инженерии

1977 – расшифрован первый ген человека

1980 – получена первая трансгенная мышь

1997 – клонирована овца

1999 – клонированы мышь и корова

2000 – прочитан геном человека

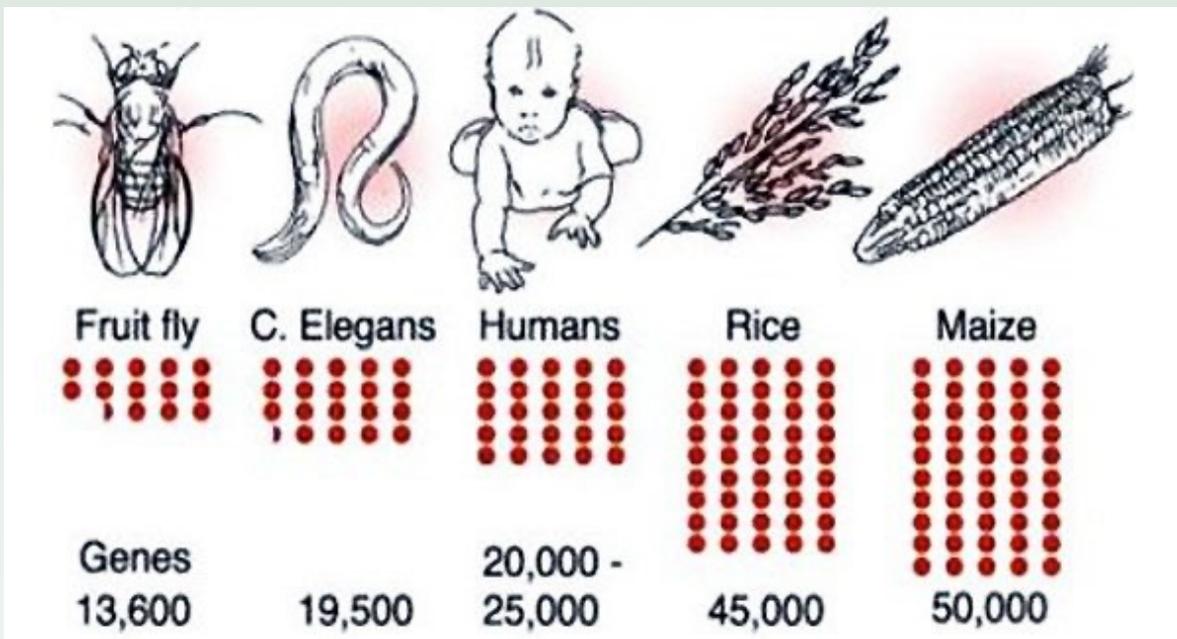
2005 – клонирована собака

2012 – открыт CRISPR/Cas направленный мутагенез

2020 – прочитан геном пшеницы



Размеры геномов



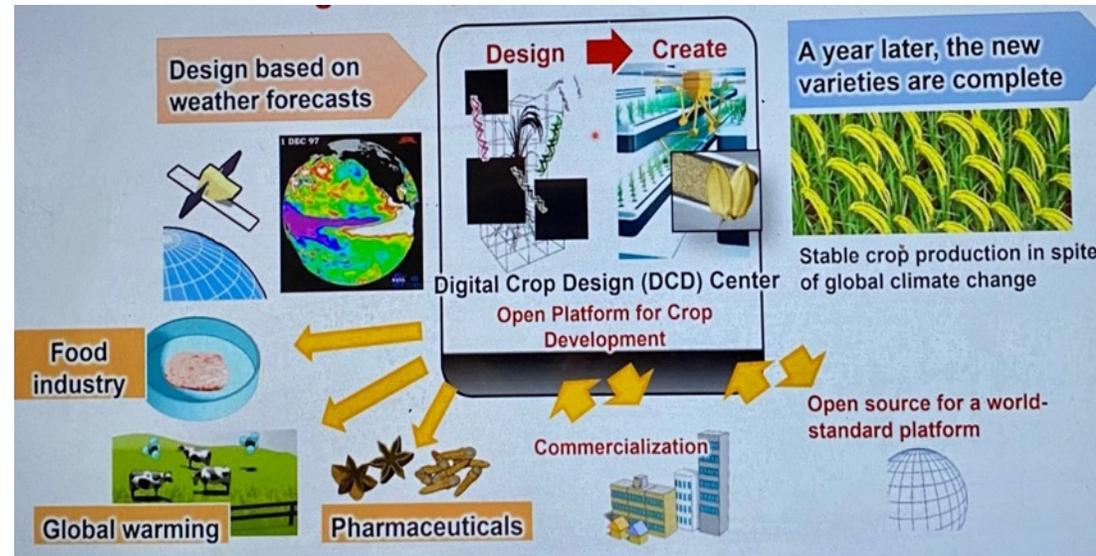
По примерному количеству генов



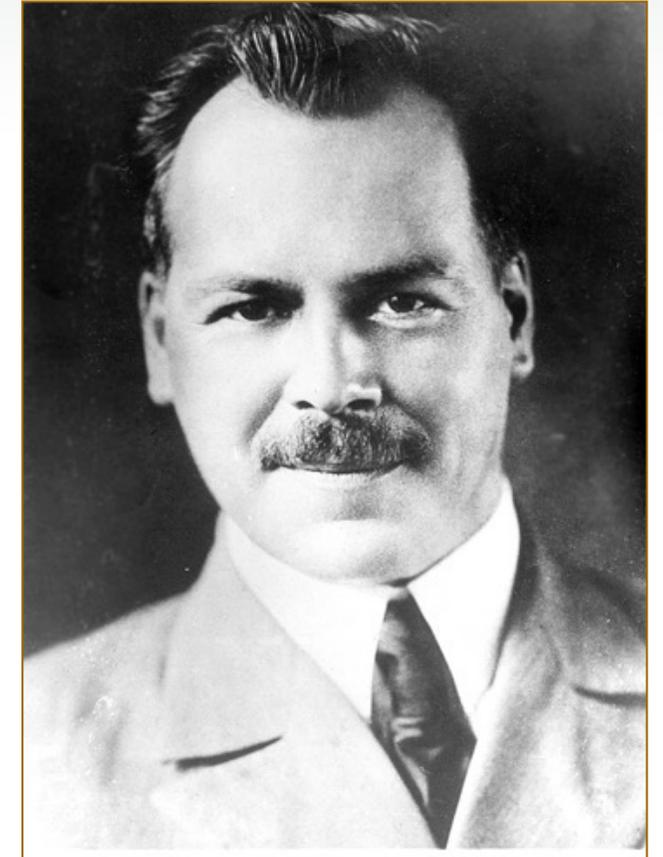
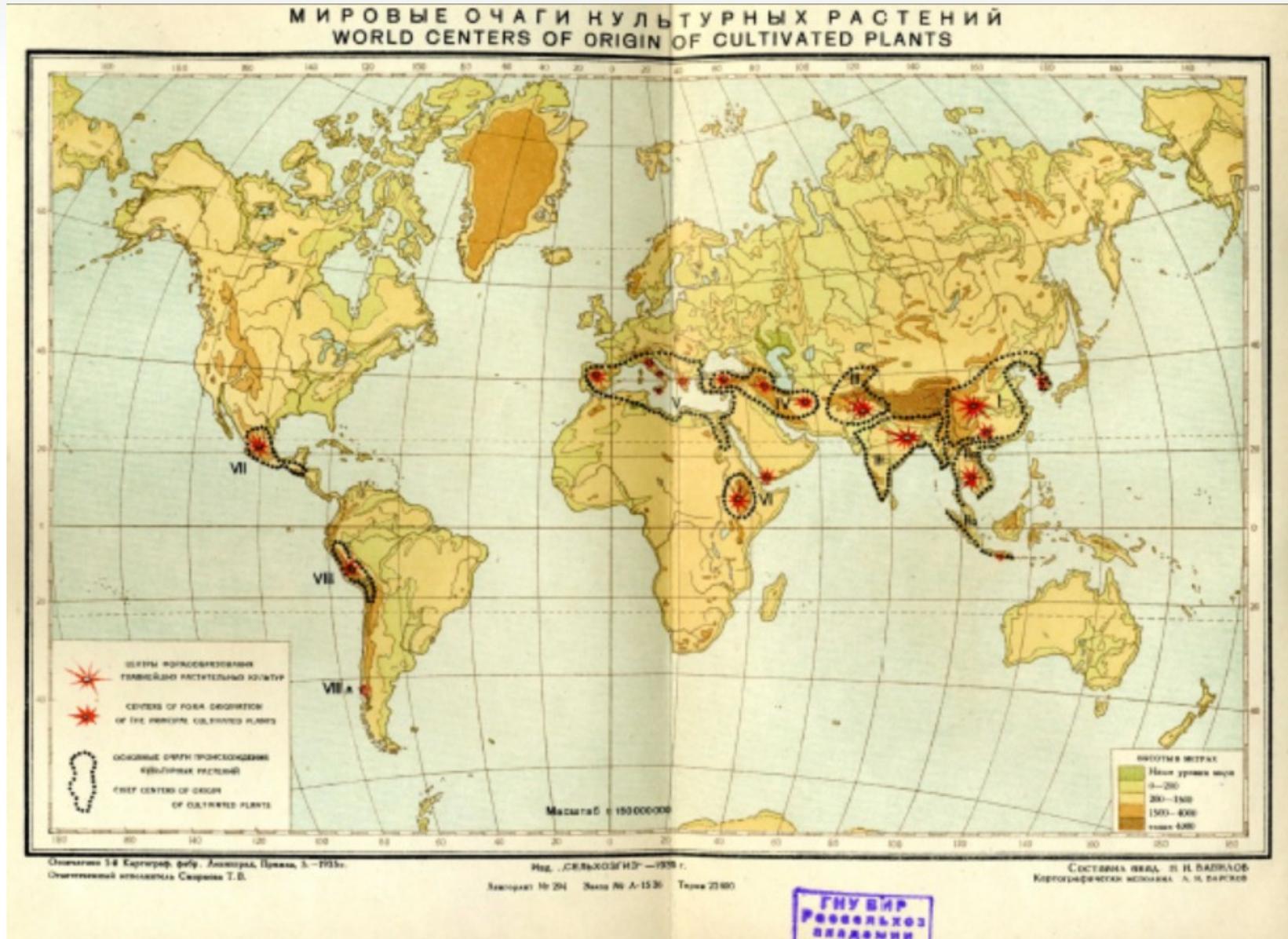
По количеству пар оснований

Оксигенные фотоавтотрофы – РАСТЕНИЯ

- Появление человека
- Возникновение цивилизаций
- Существование сегодня
- Перспективы для будущего



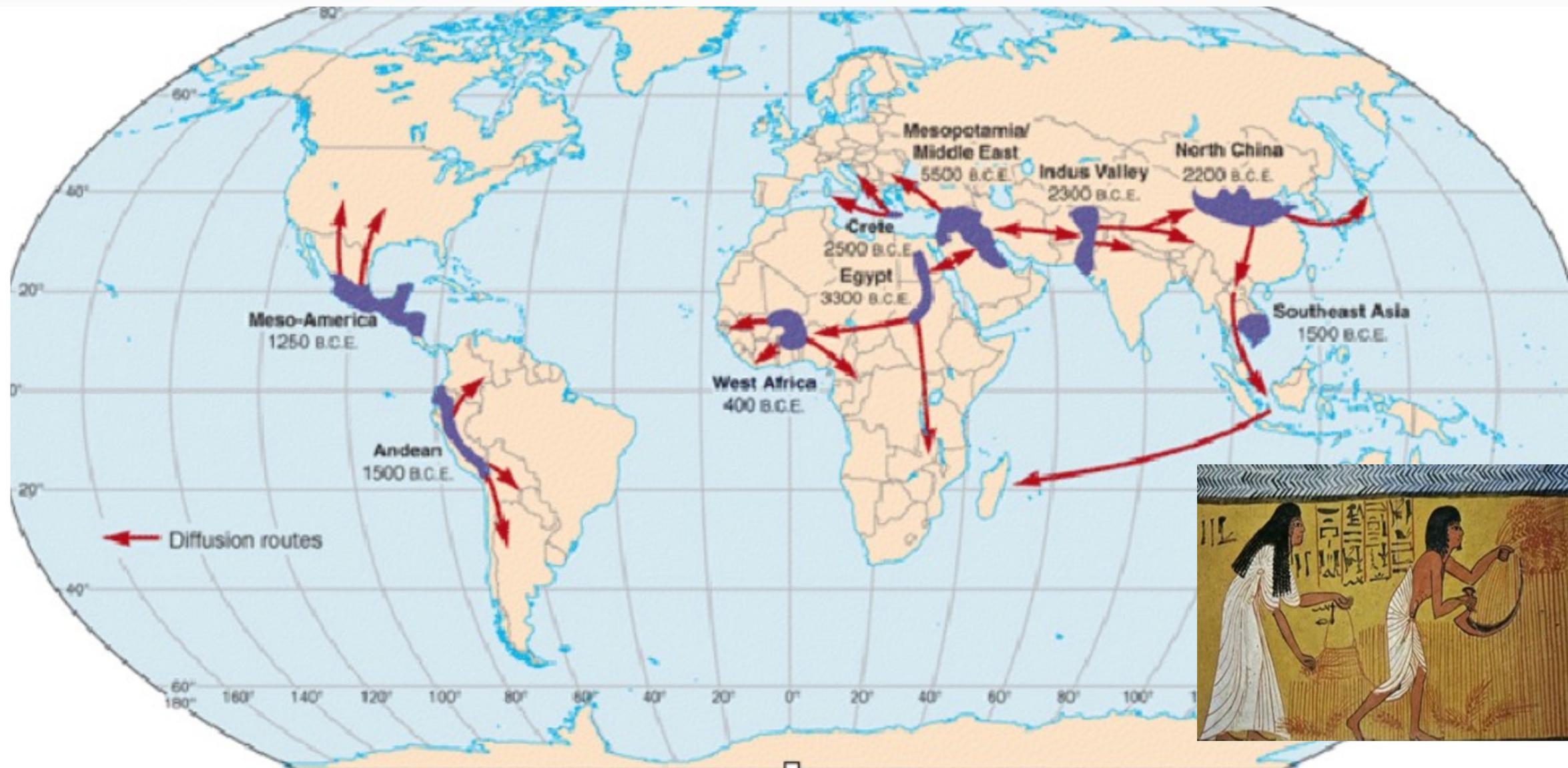
Центры происхождения культурных растений



Николай
Иванович
Вавилов
(1887—1943)

Доместикация и цивилизация

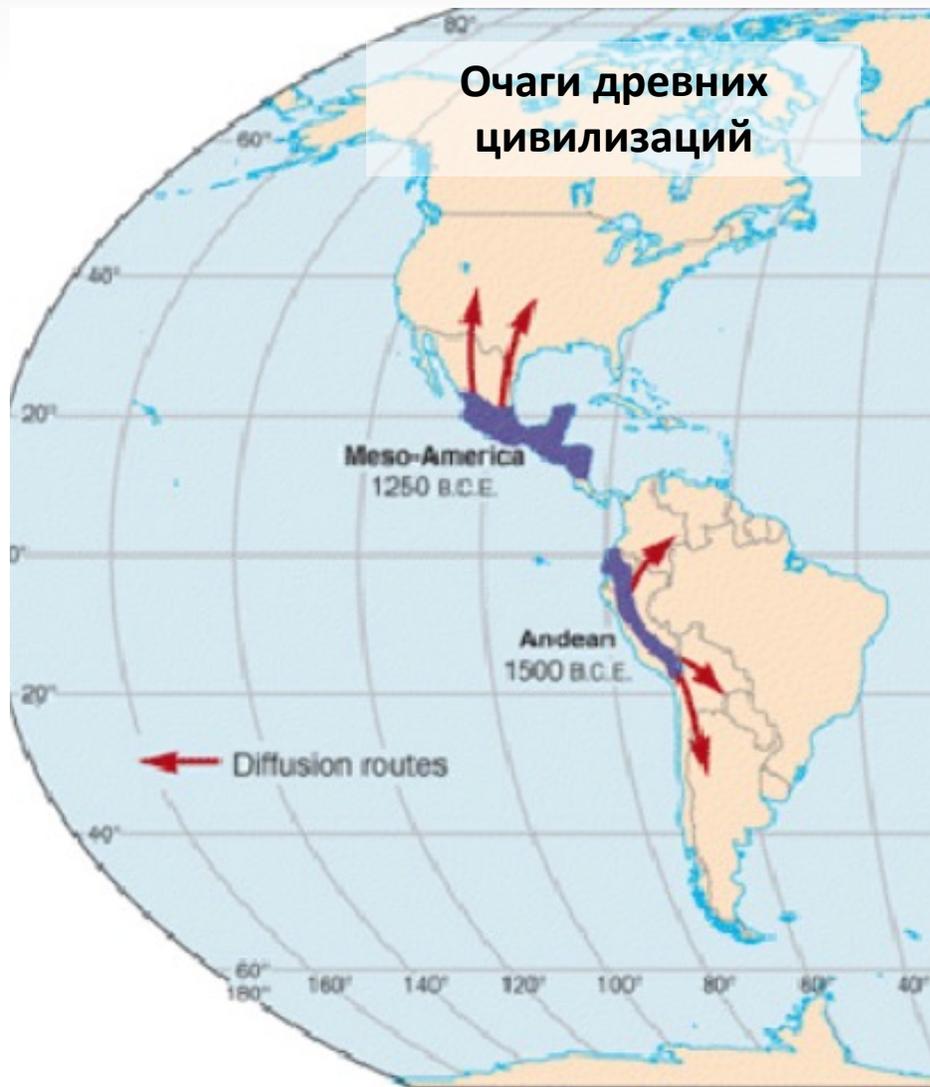
Очаги древних цивилизаций



Доместикация и цивилизация



Доместикация и цивилизация



Растения человеку

Продукты питания для человека и корм для животных

Сырье для промышленности и хозяйственной деятельности

Лекарственные средства и сырье для получения медицинских препаратов

Декоративное озеленение и улучшение качества среды обитания

Сохранение и улучшению окружающей среды



Лен



Семена



Волокно



Костра

Продукты питания и корма



Сырье для промышленности

Лекарства и косметика



гамма-линоленовая
кислота



Краски и лаки



Разные ткани

Декоративный лен



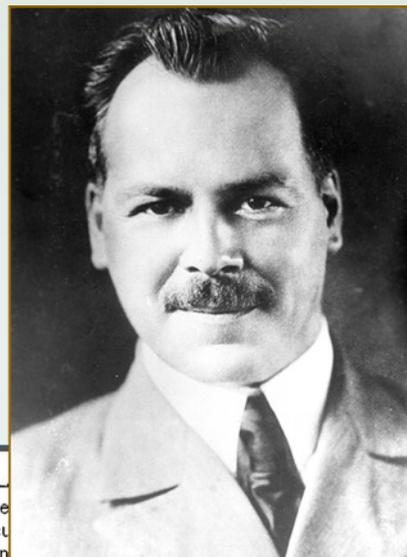
Полимеры



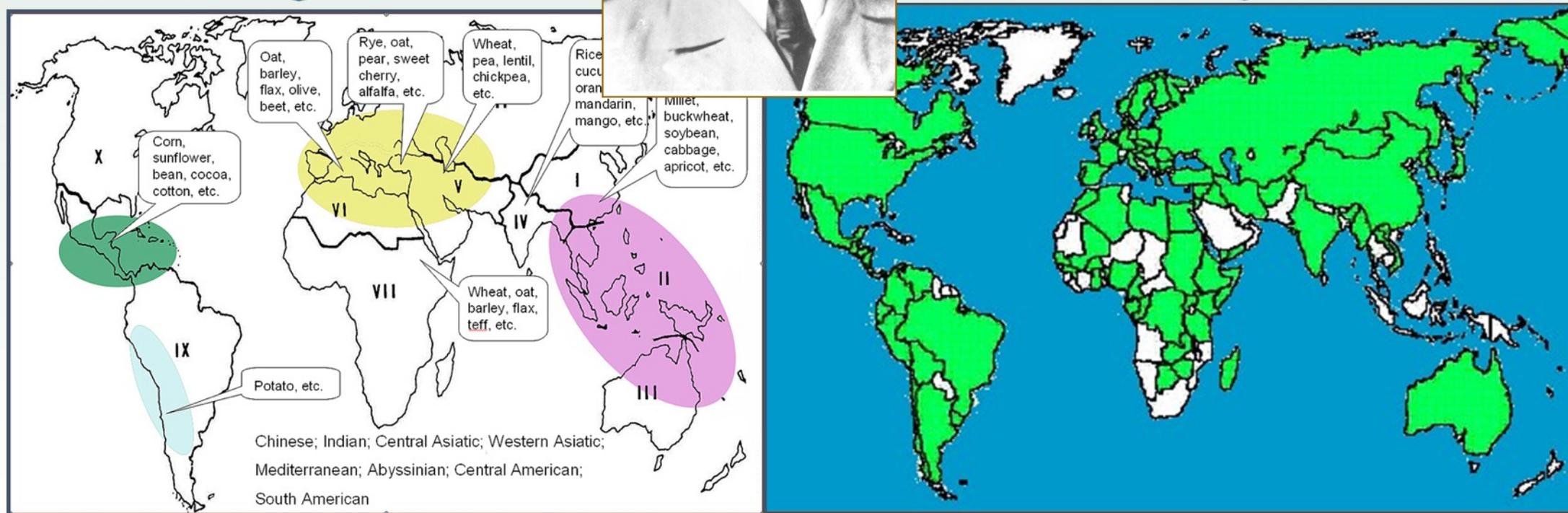
Композиты

Зачем «собирать гены»?

Центры происхождения культурных растений, открытые Н.И.Вавиловым



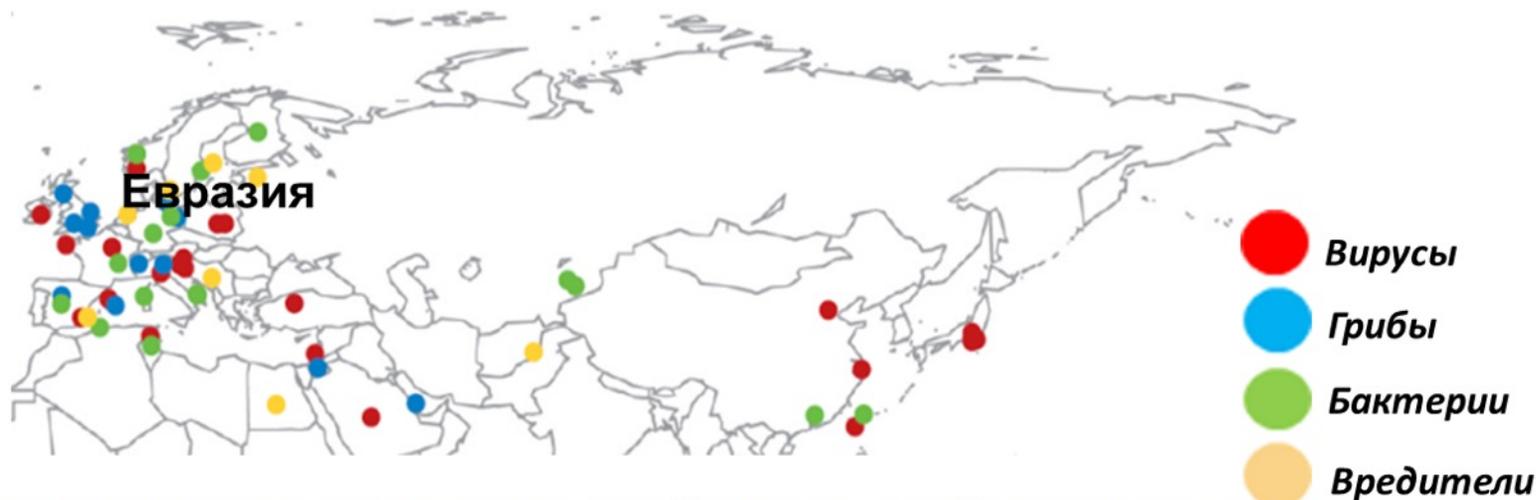
Территории сбора культурных растений и их диких родичей, составляющих коллекцию ВИР



Чтобы постоянно вести селекцию

Данные о расширении ареала распространения патогенов

Annu Rev Phytopathol 2015



■ Существующие сорта могут терять устойчивость к заболеваниям из-за появления новых рас фитопатогенов.

■ Сорта должны быть адаптированы к меняющимся климатическим условиям.

■ Нужны сорта, соответствующие новым запросам потребителя (например, функциональное и диетическое питание, переработка в продукцию с высокой добавленной стоимостью и т.д.).



«Российские ученые вырастили в Арктике дыни и арбузы».

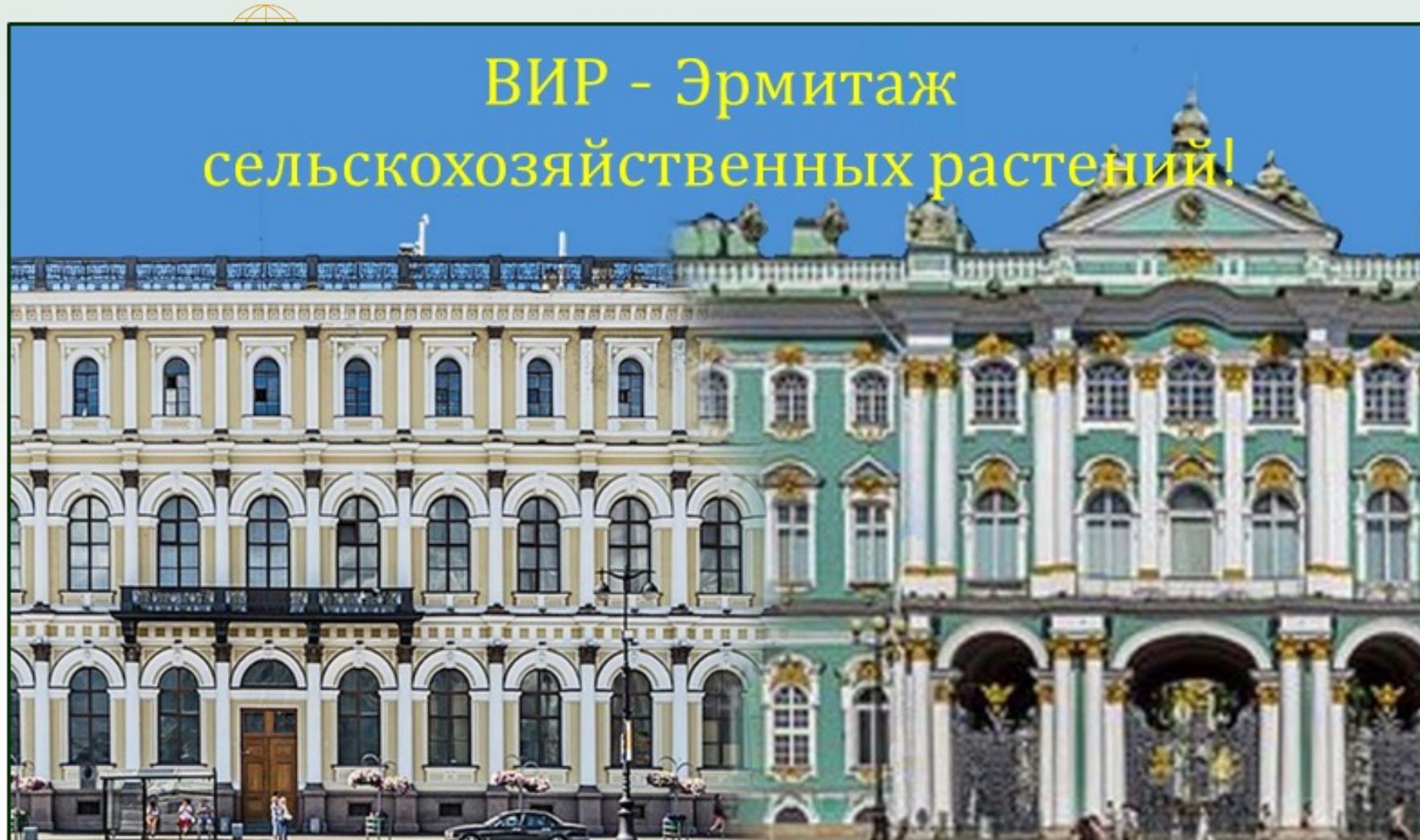


Отрубной хлеб, богатый антоцианами

(профилактика сердечно-сосудистых, онко- и ряда других заболеваний)



Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) - первый генбанк в мире



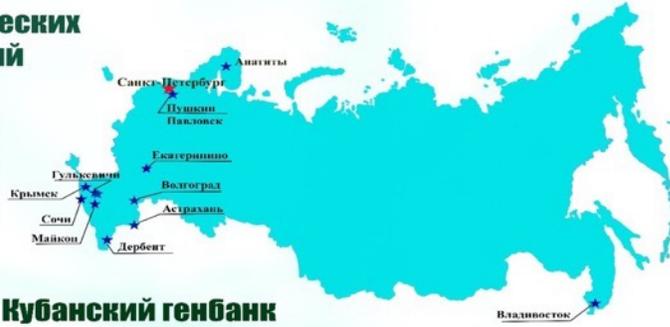
Национальное достояние



12 методических лабораторий



опытные и селекционные станции



9 отделов генетических ресурсов растений



генетика



биотехнология

биохимия

физиология



семеноводство



молекулярная биология



постгеномные технологии



Свыше 320 тысяч образцов, более 1,2 миллионов единиц хранения и изучения

Стоимость коллекции по оценке ФАО >10 триллионов долларов

- В ВИР ведется масштабное изучение коллекции в разных эколого-географических зонах (> 20 тыс. образцов в год).

- Оценочные данные (ОД) в результате многолетних исследований.
- Каталоги ВИР (1000), на основе которых селекционеры выбирают образцы и заказывают их из ВИР для своей работы.

Мобилизация

целевой поиск и сбор генетических ресурсов экономически важных растений

долгосрочное сохранение генетических ресурсов культурных растений и совершенствование технологий хранения и поддержания генетических ресурсов растений

Сохранение

Изучение

комплексные исследования генетических ресурсов растений и выявление нового генетического материала для эффективной и адаптивной селекции; фундаментальные и прикладные исследования мирового разнообразия генетических ресурсов растений

разработка принципов и технологий улучшения приоритетных культур, создание коллекций генов и доноров, молекулярная селекция

Использование

Институт, над которым не заходит солнце



Пример многоуровневого структурирования коллекции

Пшеница, эгилопсы, тритикале – ок.50тыс.



Картофель – ок.8 тыс.



Масличные и прядильные культуры – ок.29 тыс.



Овощные и бахчевые – ок.52 тыс.



Зернобобовые – ок.47 тыс.



Многолетние кормовые травы – ок.32 тыс.



Фруктовые – ок.22 тыс.



Крупяные – ок.49 тыс.



Овёс, рожь, ячмень – ок.37 тыс.



Структурирование коллекции пшеницы

Коллекция зерновых злаков
Всего 90747 образцов



Коллекция пшеницы



Технологии *ex situ* сохранения генетических ресурсов растений

Крио -196°C



Многолетние насаждения



Поддержание всхожести семян



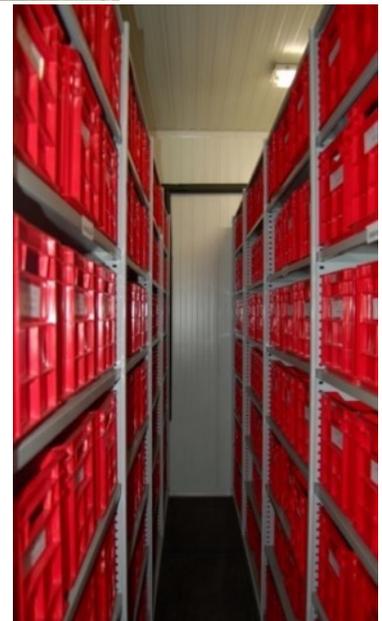
Для размножаемых семенами

in vitro

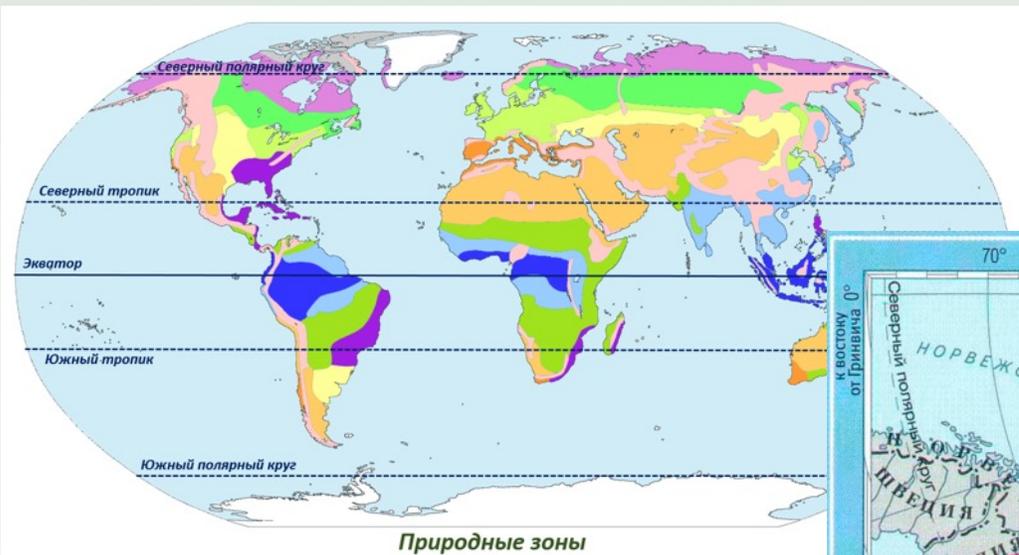


Для размножаемых вегетативно

Генетический банк семян
+4/+8°C
-10/-18°C



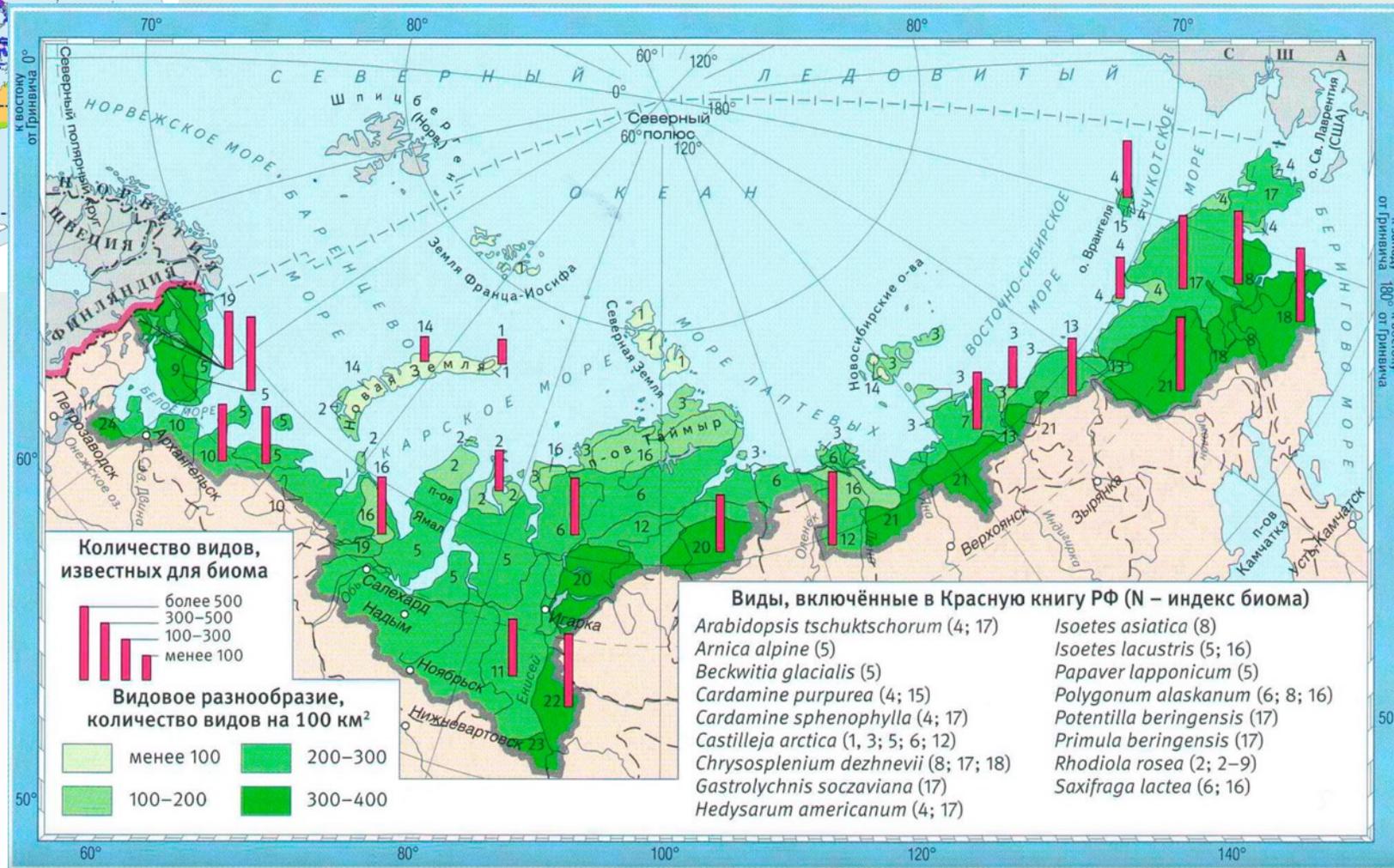
Генетические ресурсы растений арктической зоны



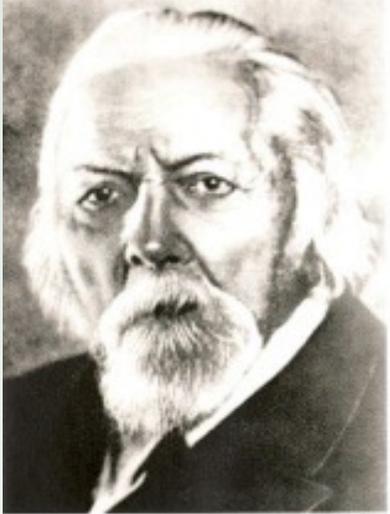
Мировая флора – > 250 000 видов

Флора арктической и субарктической территории России – 1 691 вид:

- тундры - 764 вида
- заход и бореальных лесов - 526 видов



XX век - освоение Арктической зоны



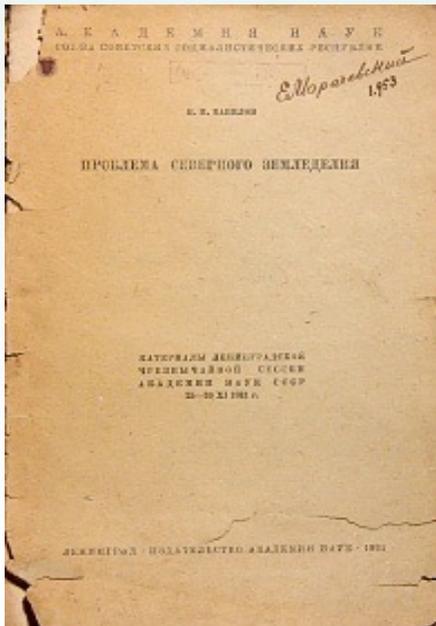
А. П. Карпинский.



Ю. М. Шональский.



А. Е. Ферман



«... Мы отберем все нужное. Возьмем все, что природа прятала от нас тысячелетиями. Мы сместим зоны культурных растений на восток и Крайний Север, заставим плодородные, но сейчас пустынные земли подчиняться нашим планам...».

Н.Вавилов

- На суше же разворачивала исследовательскую деятельность Северная научно-промысловая экспедиция. В 1925 г. Северная научно-промысловая экспедиция была преобразована в Институт по изучению Севера при ВСНХ СССР, впоследствии Арктический научно-исследовательский институт.



100 лет Полярной Опытной Станции ВИР - ПОСВИР



- ✓ Выращивание овощей и зелени в открытом и защищённом грунте
- ✓ Картофелеводство и кормопроизводство
- ✓ Окультуривание северных почв, осушение торфяников под экспериментальные участки и производство

- ✓ Агробиохимия, агротехника и защита растений
- ✓ Выведение сортов для севера
- ✓ Исследования приспособленности растений



Н.И. Вавилов на ПОС ВИР 1936 год



Факторы продвижения растениеводства на север



- Рост численности населения северных регионов (разработка месторождений, развитие инфраструктуры и другие проекты).
- Задачи обеспечения населения северных регионов России свежей сельскохозяйственной продукцией.
- Продовольственная безопасность/независимость северных регионов от более южных.
- Мировой кризис перенаселения как «двигатель» северного растениеводства.
- Глобальное изменение климата.

Проблемы развития северного растениеводства



1. Почвенно-климатические условия

- Низкие среднесуточные температуры и короткий вегетационный период
- Отсутствие плодородного слоя почвы, сильная заволагуемость
- Длинный полярный день

2. Изменения в фитосанитарном состоянии экосистемы

3. Задача соблюдения баланса между искусственными (сельскохозяйственные системы) и естественными экосистемами

4. Отсутствие материально-технической сельскохозяйственной и кадровой базы



Пути решения проблемы «осеверения» растениеводства

- Введение в ассортимент новых сельскохозяйственных культур, пригодных для выращивания на севере
- Введение новых сортов традиционных сельскохозяйственных культур, адаптированных к экстремальным условиям Севера и имеющих высокие продуктивные свойства: как интродуцированные сорта, так и сорта полученные на местной селекционной базе
- Создание новых технологий выращивания сельскохозяйственных культур, внедрение новой техники, агротехнических приемов.



Пути решения проблемы «осеверения» растениеводства

- Пропаганда научных разработок для населения и сельскохозяйственных предприятий (семинары, выставки, статьи, лекции, консультации специалистов)
- Создание малых и средних предприятий сельскохозяйственного направления (СОТ, сельскохозяйственные кооперативы, частные владения)
- Оптимизация рынка сбыта северной сельскохозяйственной продукции

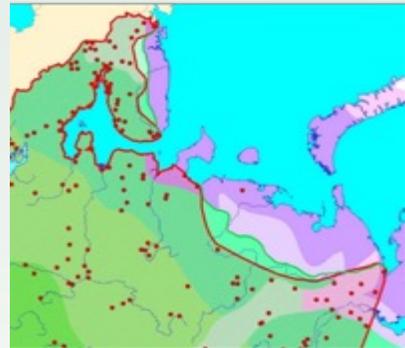


ВИР в Арктике



Поддержание мировой коллекции ГРР

- Изучение нового генетического материала
- Мониторинг локального фиторазнообразия и его расширение за счет интродуцентов из высокогорных районов других регионов РФ



Развитие с/х на основе генетических и биотехнологий:

- «Осеверение» и интродукция новых культур с использованием ресурсосберегающих и генетических технологий
- Борьба с инвазивными видами и предупреждение их распространения
- Разработка комплексных агротехнологий для северных регионов и пакетных решений для сортов
- Прогнозирование влияния изменения климата на агроэкосистемы



ВИР в Арктике

Развитие комфортной городской и сельской среды в условиях севера

- Селекция под защищенный грунт
- Вертикальные фермы и иные форматы локального растениеводства
- Декоративное растениеводство, озеленение населенных пунктов, создание комфортной среды обитания

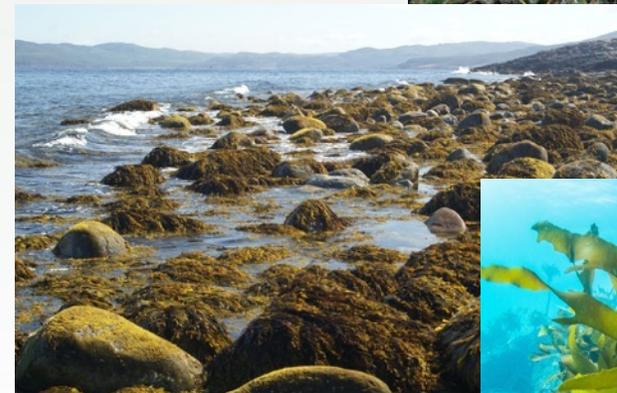
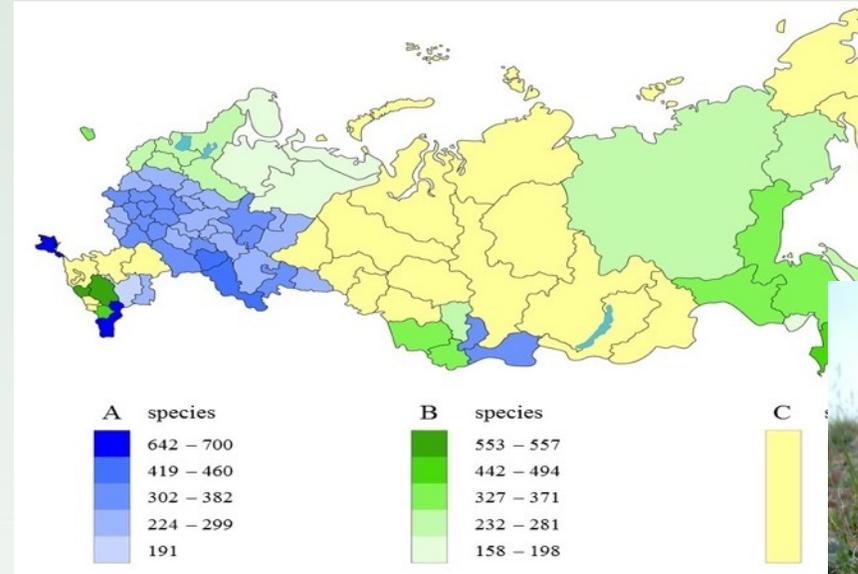


Междисциплинарные проекты по решению актуальных проблем региона

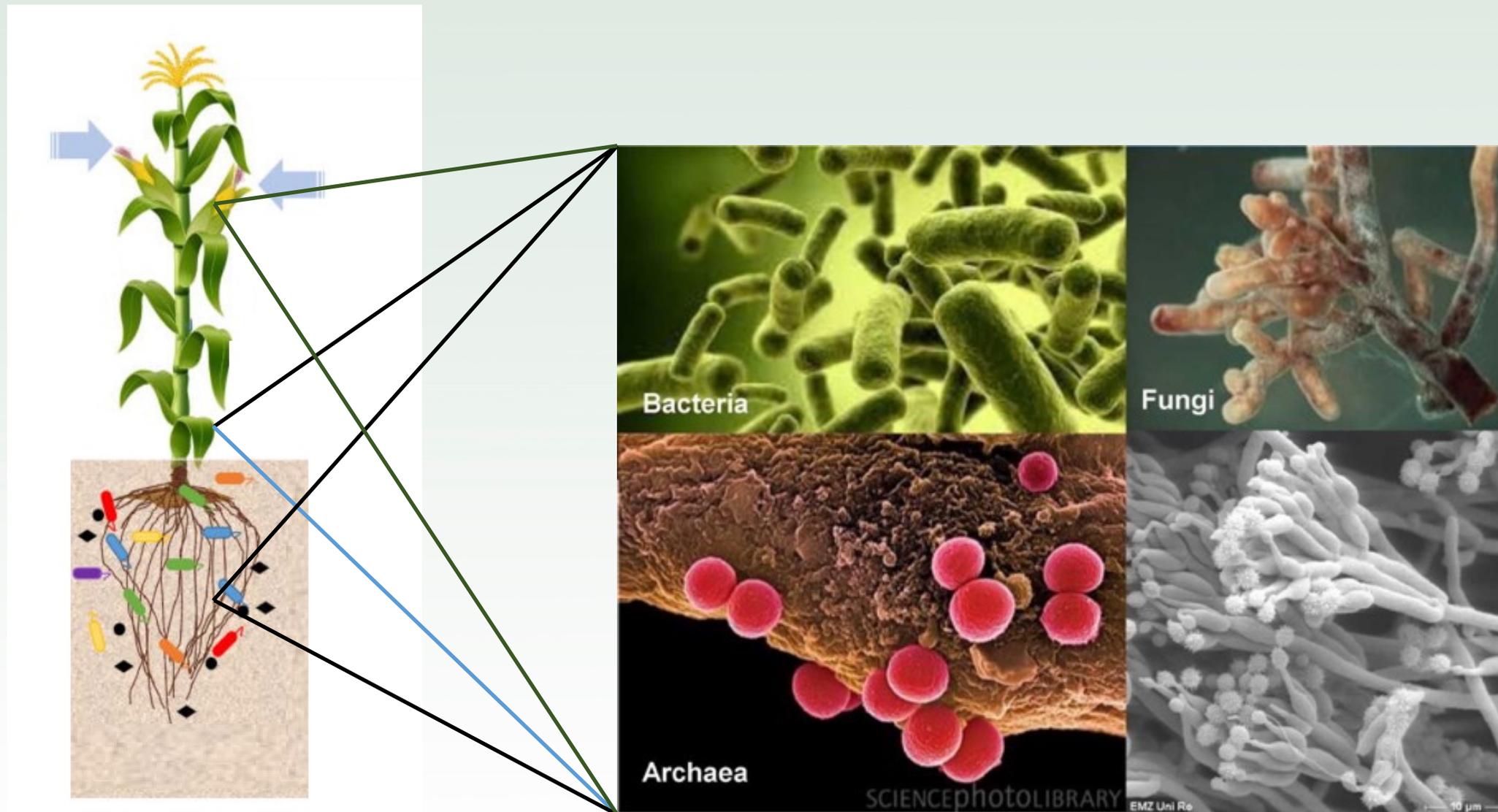
- Биоремедиация

«Арктические» перспективы

- Дикие родичи и одичавшие формы – источники разнообразия генов для создания новых урбано- и агроэкосистем в условиях изменения климата
- Дикоросы как объекты для доместикации и возделывания
- Водоросли-макрофиты – источник пищи, лекарственных препаратов и сырья для промышленности

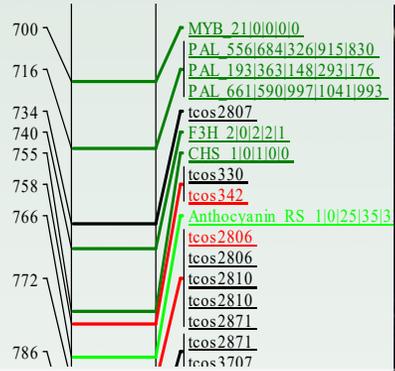


Растение – симбиотическая система...



Мобилизация генетических ресурсов

Фундаментальные исследования

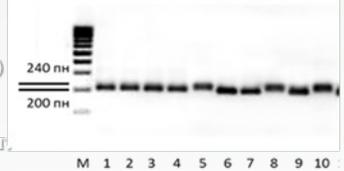


Раскрытие наследственного потенциала культур

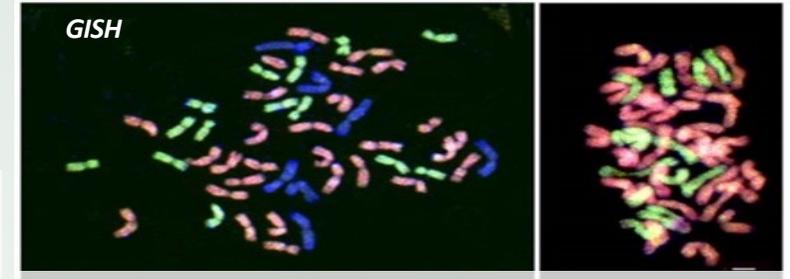
Генетические технологии для гибридной селекции и селекции на устойчивость



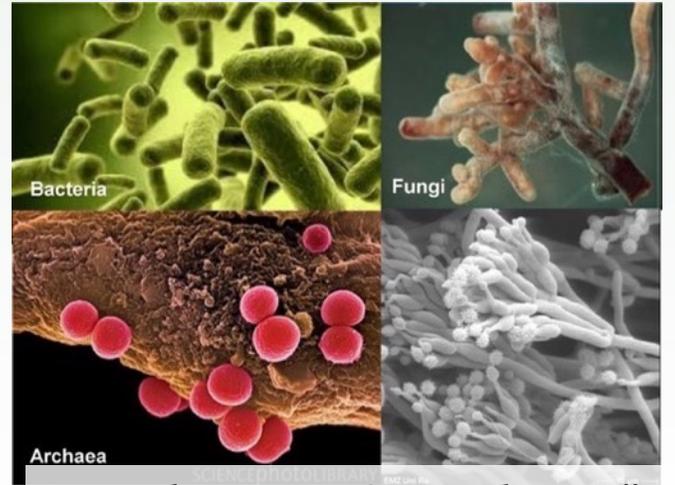
Электрофореграмма маркерных фрагментов гена *P18* устойчивости к ЛМР у линий подсолнечника: 1 – ВИР116А, 2 – ВИР740, 3 – RIL130.



Расщепление по наличию маркерных фрагментов НА4011 в популяции F2 (ВИР116 × ВИР740): 1, 3 – 9, 11, 12, 14, 17, 18 – фертильные растения; 2, 10, 13, 15, 16 – стерильные растения.



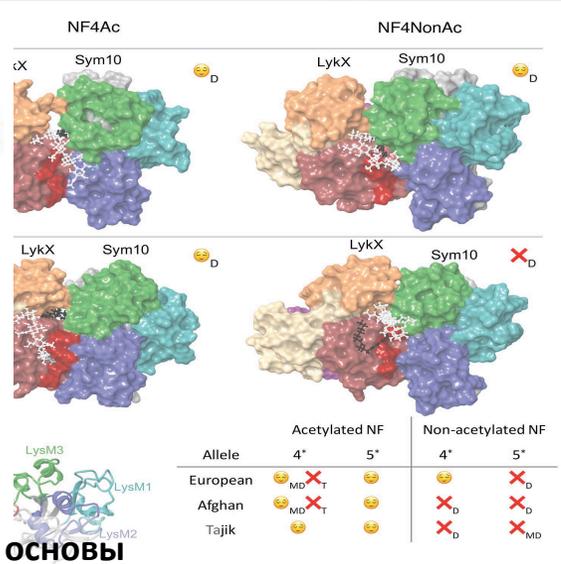
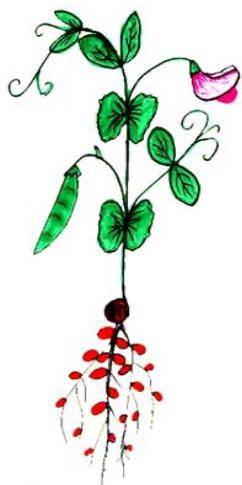
Молекулярно-генетические и молекулярно-цитогенетические маркеры для контролируемого создания фертильных гибридов



Разнообразие эндофитных бактерий и механизмы их взаимодействия

Мобилизация генетических ресурсов

Прикладные разработки



Генетические основы специфичности симбиоза

Создание конвейеров сортов



Горох овощной



Новые сорта зерновых, бобовых, плодовых для функциональных продуктов

Новые технологичные культуры



Вигна для мех.уборки

Функциональная метаболомика

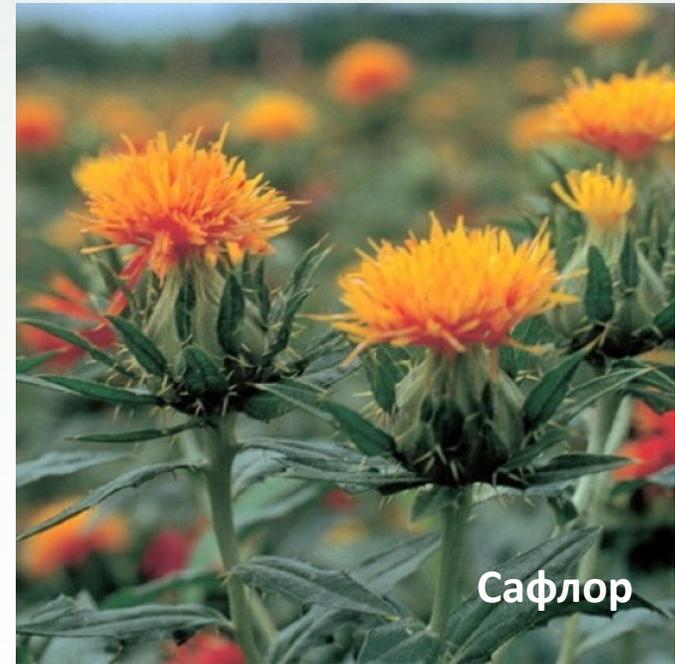


Новые устойчивые сорта и гибриды



Мобилизация генетических ресурсов

Возвращение / расширение разнообразия



Мобилизация генетических ресурсов

Поиск пищевых добавок



Khlestkin et al. *BMC Genetics* 2019, **20**(Suppl 1):29
https://doi.org/10.1186/s12863-019-0729-9

BMC Genetics

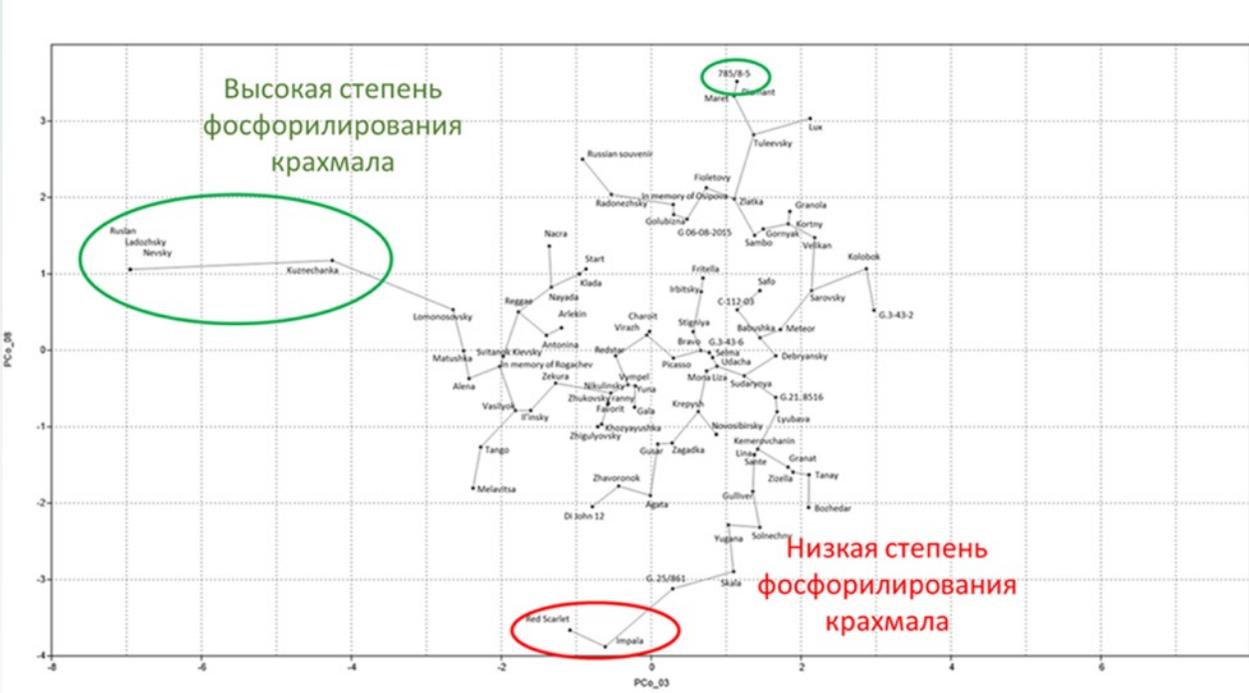
RESEARCH Open Access

Starch phosphorylation associated SNPs found by genome-wide association studies in the potato (*Solanum tuberosum* L.)

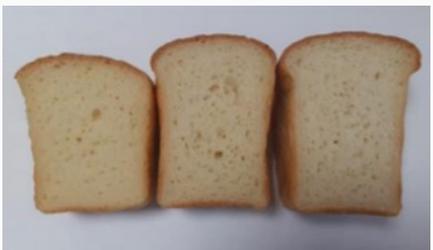
Vadim K. Khlestkin^{1,2*}, Irina V. Rozanova¹, Vadim M. Efimov^{1,3} and Elena K. Khlestkina^{1,3,4}

Check for updates

Поиск сортов для создания природных пищевых добавок в генетическом разнообразии картофеля



безглютеновый хлеб на основе крахмала отечественных сортов картофеля



Оценка фосфорилированности амилопептиновых цепей картофельного крахмала



Мобилизация генетических ресурсов

Здоровье и долголетие

Изучение генетических механизмов регуляции накопления антоцианов и каротиноидов у овощных пасленовых (*Solanaceae*) и капустных (*Brassicaceae*) культур



Мобилизация генетических ресурсов

Здоровье и долголетие

Article

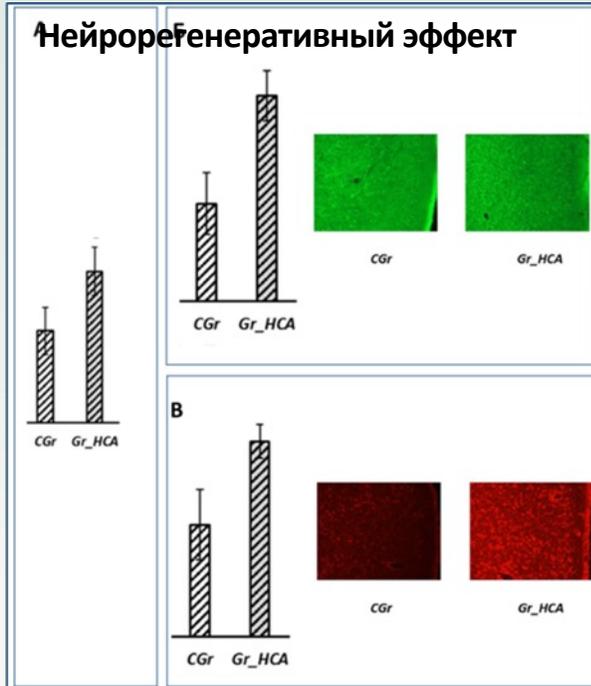
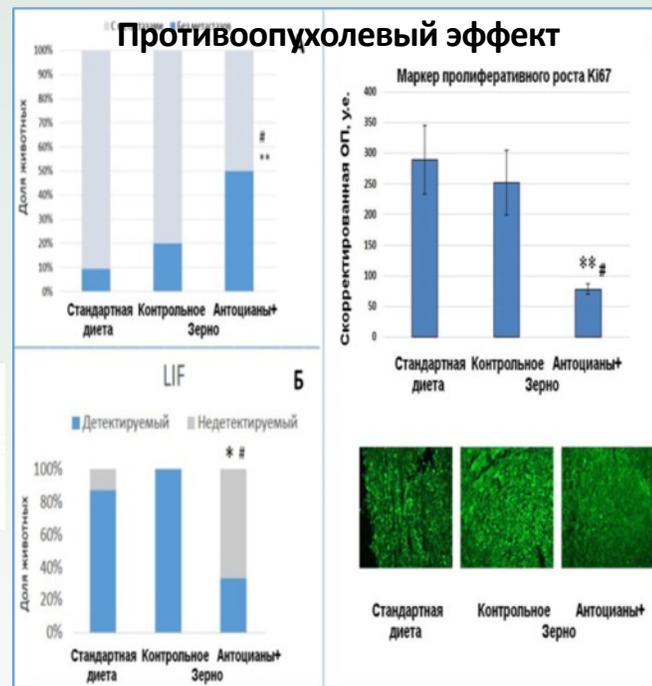
Evaluating the Effects of Grain of Isogenic Wheat Lines Differing in the Content of Anthocyanins in Mouse Models of Neurodegenerative Disorders

Maria A. Tikhonova ^{1,2,*}, Olesya Yu. Shoeva ¹, Michael V. Tenditnik ², Marina V. Ovsyukova ², Anna A. Akopyan ², Nina I. Dubrovina ², Tamara G. Amstislavskaya ^{1,2} and Elena K. Khlestkina ^{1,3}



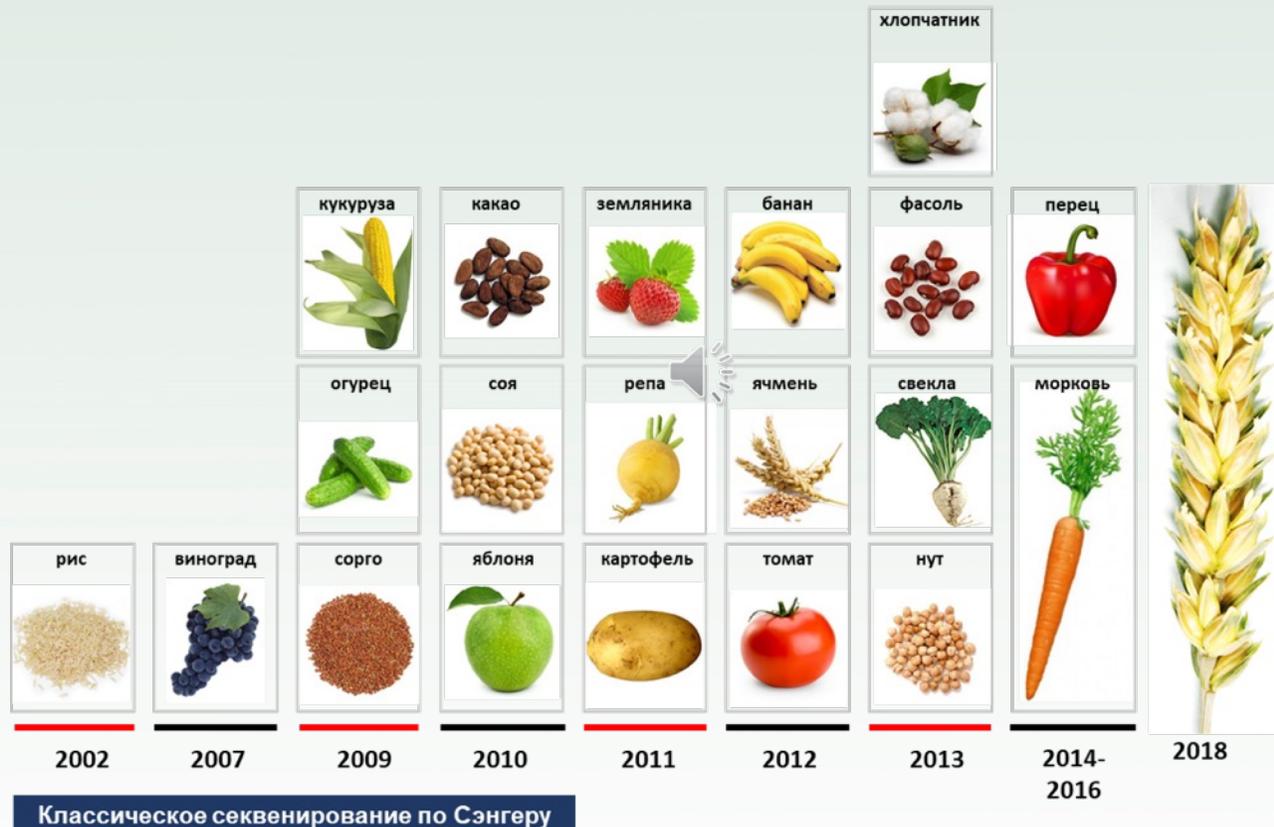
Пшеница

Ячмень



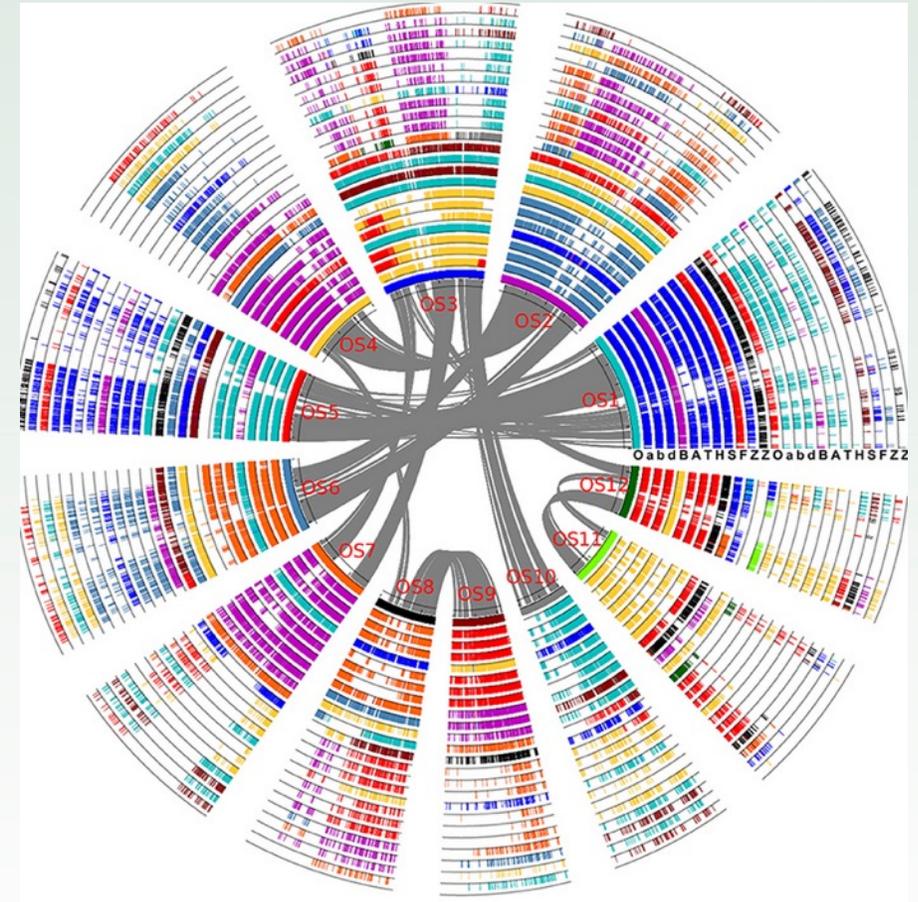
Развитие генетических технологий

Секвенирование полных геномов культурных растений



Классическое секвенирование по Сэнгеру

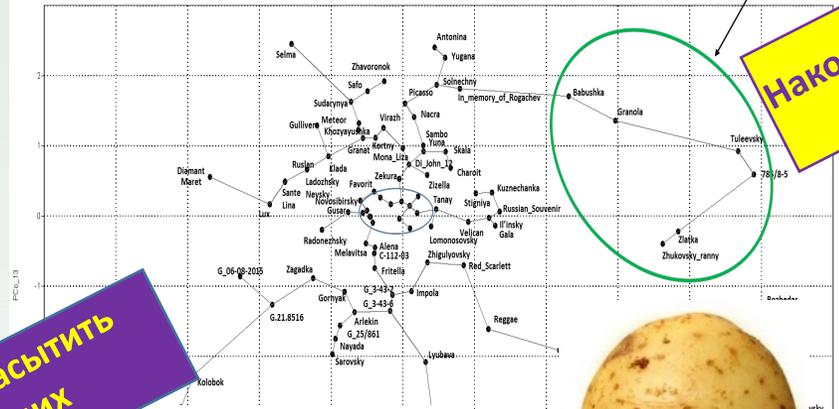
Высокопроизводительное секвенирование



Развитие генетических технологий

Растения – фабрики: КАРТОФЕЛЬ

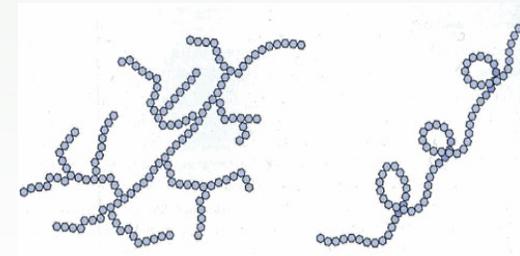
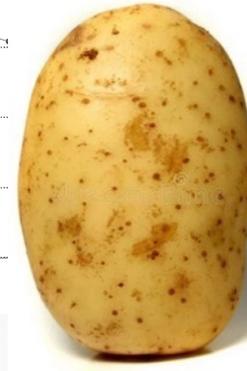
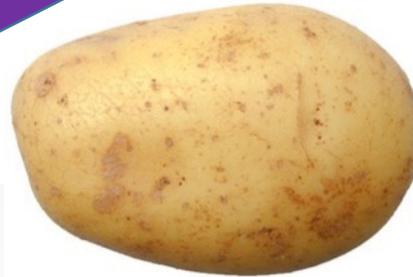
Оценка резистивности картофельного крахмала



Накормить пациента с диабетом



Быстро насытить рабочих



Полимерные углеводы
Соотношение «ветвистых» и «линейных» молекул определяется генами!

Крахмал кукурузный амилопектиновый ГОСТ Р51985-2002 (Россия) - область применения:

- - кондитерское и хлебопекарное производство
- - мясоперерабатывающая промышленность
- - производство спортивного питания
- - производство соусов и майонезов
- - производство сыров
- - фармацевтическая промышленность
- - бумажная и текстильная промышленность



Развитие генетических технологий

Растения – фабрики: КУКУРУЗА

Коллекция высококрахмалистой (амилопектиновой, высокоамилозной) кукурузы ВИР

- Заменитель плазмы крови «ВОЛЕКАМ» на основе крахмала восковидной кукурузы
- Модифицированный крахмал для буровых растворов для геологоразведки

Развитие генетических технологий

Растения – фабрики: КЛЕЩЕВИНА



1. Смазочный материал для моторов, работающих в тяжелых условиях, трансформаторное масло

2. Гидротормозная жидкость, кабельные покрытия

3. Лакокрасочная промышленность. Производство алкидных смол для эмалей, лаков с хорошим блеском, влагоустойчивых

4. Типография

5. В легкой промышленности (ализариновое масло, мягчитель кож, замасливание шерстяных тканей)

«Просто коллекция»



Полба

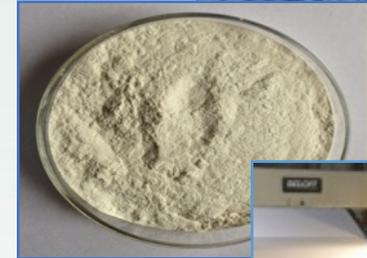
Белая швабская чечевица



Гуар *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.

--> гуаровая камедь

- Первые 8 образцов в из штата Пенджаб в 1927-1929.
- Дополнительно получены образцы из Индии, США, Австралии в период 1956-1966 гг. - всего более 100 образцов.
- В 2012-2020 гг на основе коллекции созданы сорта для возделывания на территории России и импортозамещения гуаровой камеди



На сегодняшний день в коллекции ВИР хранится **120 образцов гуара**

↓

6 сортов зарегистрированы для возделывания в России



Перспективы для будущего

Основные
продовольственные
культуры ~ 50

Всего введено в культуру
видов растений ~ 150

Всего используется
человеком видов
растений ~ 3000



~250 000 видов высших
растений



Лишайники



15 млрд. тонн сырой
массы
17-22% общей
продукции шельфа



РНФ
Российский
научный фонд



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

**Россия, 190031, Санкт-Петербург,
Большая Морская ул., 42, 44**

Тел.: 8 (812) 312 51 61

E-mail: education@vir.nw.ru

www.vir.nw.ru