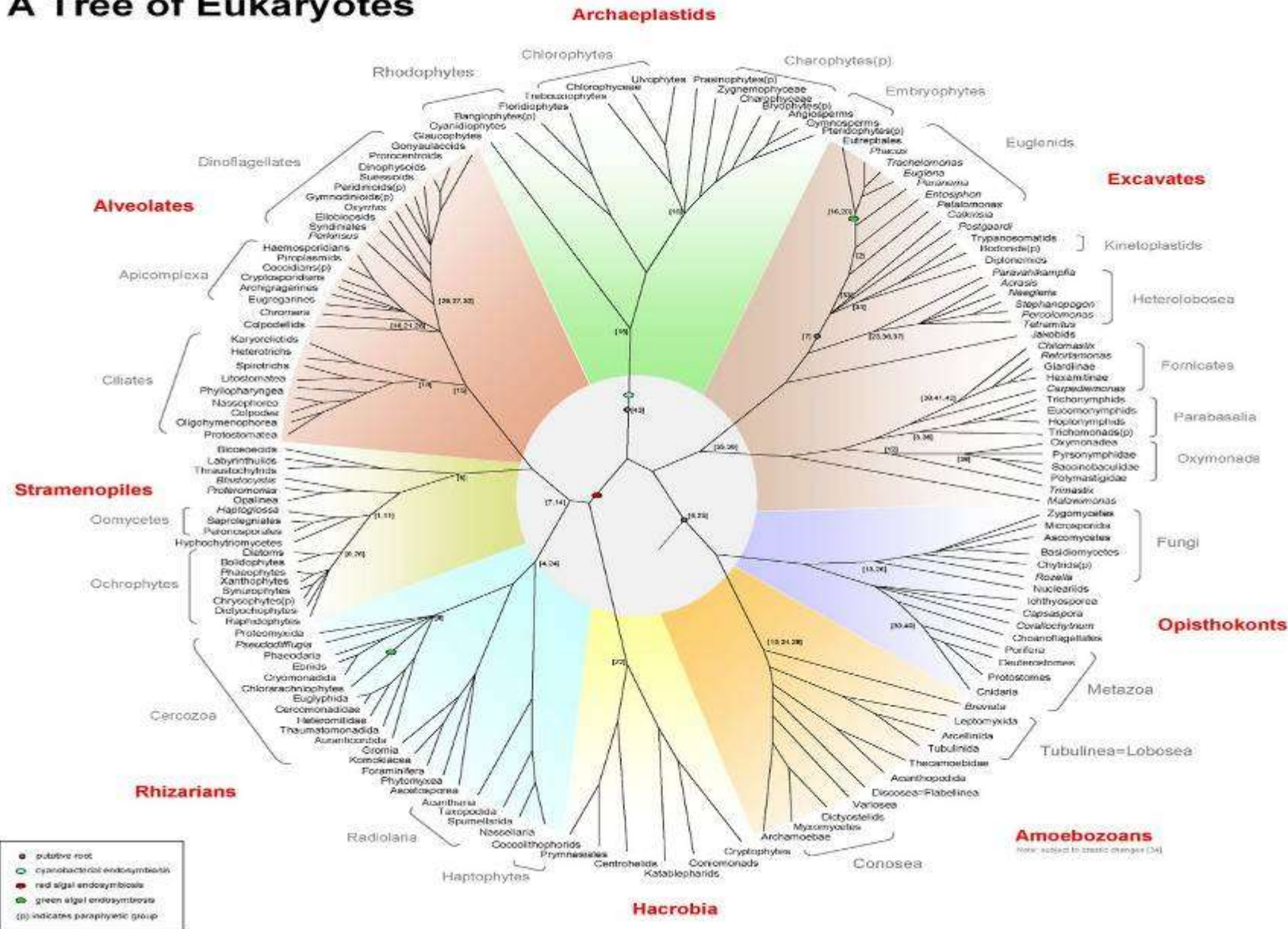


ИНВАЗИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

Организмы существуют в сообществах, причем экологический состав членов сообществ не соответствует их филогенетической общности. То есть сообщества организмов составлены из филогенетически отдаленных видов.

Изучение таких сообществ (видового состава, потока метаболитов и информационных сигналов и т.д.), их стабильности и изменчивости – важнейшая задача экологии.

A Tree of Eukaryotes



БОЛЕЗНИ ЭНДЕМИЧНЫЕ И ИНВАЗИОННЫЕ

Эндемичные болезни.

Всегда присутствуют в природных популяциях, но слабо вредоносны. Зона эндемичных болезней может расширяться или сужаться, подобно амебе. В отдельные годы могут превратиться в эпидемии с серьезными потерями.

В стабильных ненарушенных воздействием человека или климатическими изменениями условиях жизни эндемичные болезни не вызывают угрозы существованию популяций отдельных видов растений или фитоценозам.

Более того, эндемичные болезни играют важную роль в поддержании временной и пространственной стабильности фитоценозов.

Инвазивные болезни

Всегда опасны, часто вызывают массовое поражение растений – эпифитотии

ПРИЧИНЫ ИНВАЗИЙ

- 1. Попадание растений в новые для них регионы**
- 2. Попадание паразитов растений в новые для них регионы**
- 3. Изменения климата, повышающие патогенность (или скорость размножения паразитов) или снижающие устойчивость растений к болезням в новых для них районах**

«История фитопатологии – это история миграций фитопатогенных организмов» Crandall, Gravatt, 1967

Масштабы гибели древесных растений в результате патогенного действия грибов/оомицетов (Fisher et al., 2012)

(из И.Н. Павлова, Красноярск)

Пораженные растения	Патоген	Региональные потери	Эмиссии CO ₂ , мегатонн
Ильм	<i>Ophiostoma ulmi</i>	25 млн. деревьев вяза (Великобритания, 1990 г.)	0,395-1
		77 млн. деревьев вяза (США, 2001 г.)	
Каштан	<i>Cryphonectria parasitica</i>	3,5 миллиарда деревьев (США, 1940 г.)	13,8 - 35
Дуб, лиственница	<i>Phytophthora ramorum</i>	1,4 млн. дубов в Калифорнии 4 млн. лиственниц в Великобритании, 2011 г.)	0,012 - 0,05
Виды Эвкалипта, Австралия	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	1 млн. га (к 2009 г.)	9 - 23
Сосна	<i>Grossmania claviger</i>	16,3 млн. га в Западной Канаде (к 2011г.)	207 - 520 ₆

ПРИЧИНЫ ЭПИФИТОТИЙ, ВЫЗВАННЫХ ИНВАЗИЯМИ Ф-П ГРИБОВ В НОВЫЕ РЕГИОНЫ

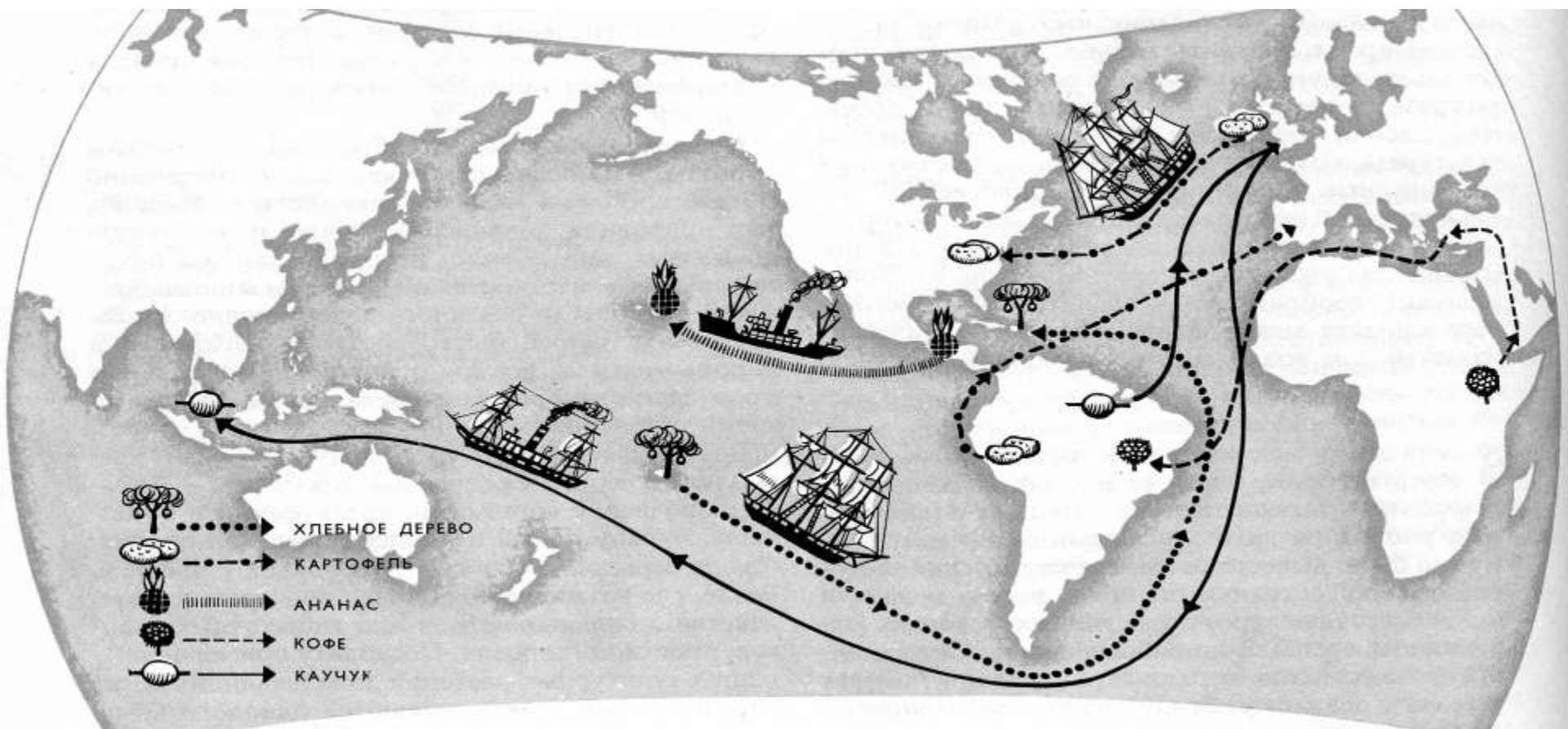
1. Встреча с новым, высоко восприимчивым растением-хозяином

Phytophthora cinnamomi в Австралии.

Впервые поражение эвкалиптов описано в 50-х гг.
В начале 70-х в юго-западной Австралии погубила
80 000 га эвкалиптовых лесов (Podger, 1972)



2. Следование за своим растением-хозяином



Площади под интродуцированными растениями

Юго-западная Азия	-	15%
Юго-восточная Азия	-	25%
Латинская Америка	-	50%
Африка	-	60%
Северная Европа	-	75%
Китай	-	80%
Средиземноморье	-	90%
Северная Америка	-	95%
Австралия	-	100%

ГОЛЛАНДСКАЯ БОЛЕЗНЬ ВЯЗОВ



1930-33



1967

1913-14



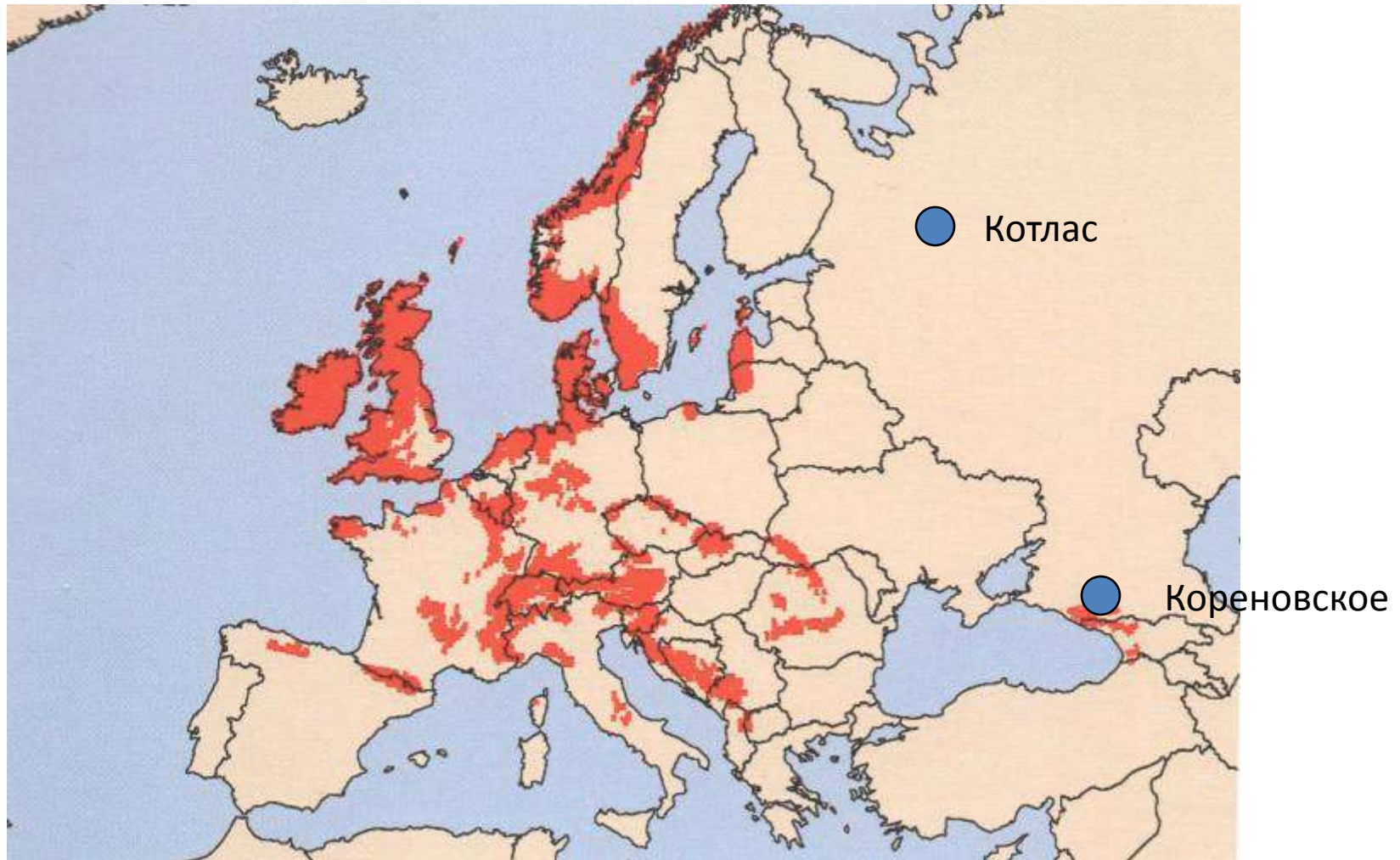
Ophiostoma novo-ulmi

Ophiostoma ulmi

Ramularia collo-cygni



Места обнаружения *R. collo-cygni* в России



3. Изменение климата вследствие глобальных или региональных процессов

Фузариозы колоса (*Fusarium* spp.) в России:

а/ рисосеяние в Краснодарском крае;

б/ развоз соломы;

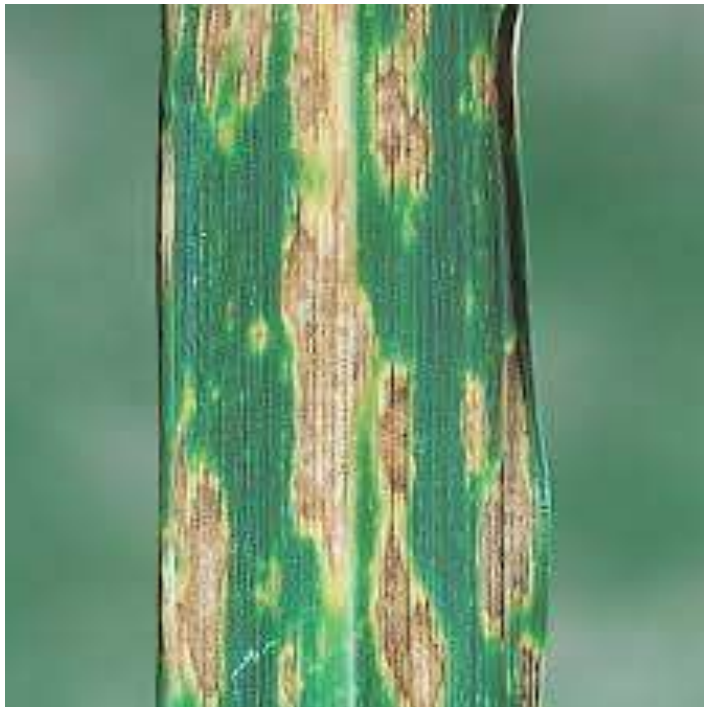
в/ глобальное потепление

Желтая ржавчина пшеницы *Puccinia striiformis*

Фитофтороз картофеля – в Мурманской области и в Финляндии

4. Генетические изменения паразита, усиливающие его патогенность

Ген *host-selective toxin tox-A* передан из *Stagonospora nodorum* в *Pyrenophora tritici-repentis*
В 40х годах XX века горизонтальным переносом
(Friesen et al. NatGenet2006,38:953-956).



Распространение

1/ анемохория

2/ гидрохория

3/ зоохория

4/ антропохория

Для дистанционных инвазий грибов гидрохория и зоохория большого значения не имеют, хотя первая может играть известную роль в распространении грибных зачатков в зонах поливного земледелия. Например, в реках, используемых для орошения полей в ЮАР, были обнаружены зооспоры фитофторовых оомицетов, причем численность зооспор зимой и весной составляла 0-20 штук в литре, а летом и осенью (когда вода используется для орошения) оно повышалось до 50-350 (von Broemsen, 1989). Но наибольшую опасность представляют первый и четвертый пути.

АНЕМОХОРИЯ: ПЕРЕНОС СПОР НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

Вертикальное перемещение

Подъем спор осуществляется восходящими токами воздуха, опускание – нисходящими.

Несущий или *транспортный слой* – толщина слоя воздуха от поверхности до точки, выше которой температура постоянна (точки инверсии температуры). Толщина несущего слоя меняется в зависимости от времени года и суток. Днем толщина слоя = 1-2 км, ночью – 300-400 м. Следовательно, оседание спор происходит ночью, а также во время дождя, в каплях – спороловушках.

Горизонтальное перемещение спор определяется скоростью и направлением ветра. При скорости ветра 20 км/час ежедневное перемещение спор составляет 500 км. Расстояние в 7000 км (ширина Атлантического океана между Африкой и Южной Америкой) споры могут преодолеть за 15 суток.

**АНТРОПОХОРИЯ – самый непредсказуемый
путь распространения инфекций**



**Антракноз дыни –
возбудитель
*Colletotrichum
lindemutianum***

**В 1979 г. споры *P. striiformis* попали в Австралию на
одежде туристов**

ТРИ ТИПА ДИСПЕРСИИ ИНФЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

I

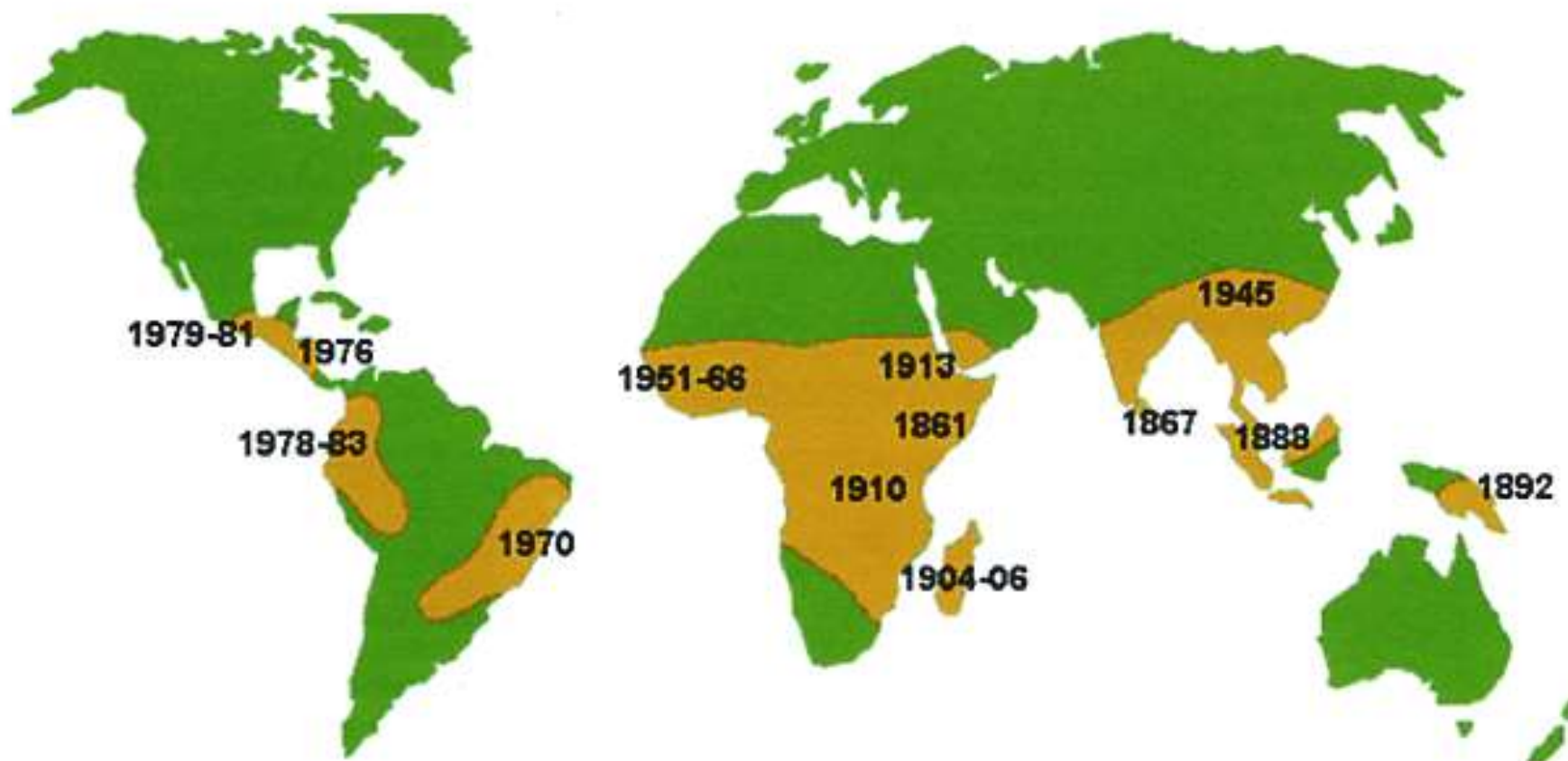
Перенос на большие расстояния; межконтинентальное распространение. Редко и непредсказуемо.

Примеры

1867 – Ржавчина кофе – из Северо-Восточной Африки в Индию и на Цейлон

1970 – из Юго-Западной Африки - в Бразилию





Эпидемия ржавчины 2012-2013 гг в Центрально-Американских странах (Гватемале, Никарагуа, Гондурасе, Коста-Рике) вызвала потери 20% урожая на сумму 550 млн. \$ и к разорению сотен мелких фермеров

Закономерности эпифитотий I

Н.И. Вавилов: Устойчивые генотипы растений формируются в центрах их происхождения.



Cryphonectria parasitica – 1905-1940 гг

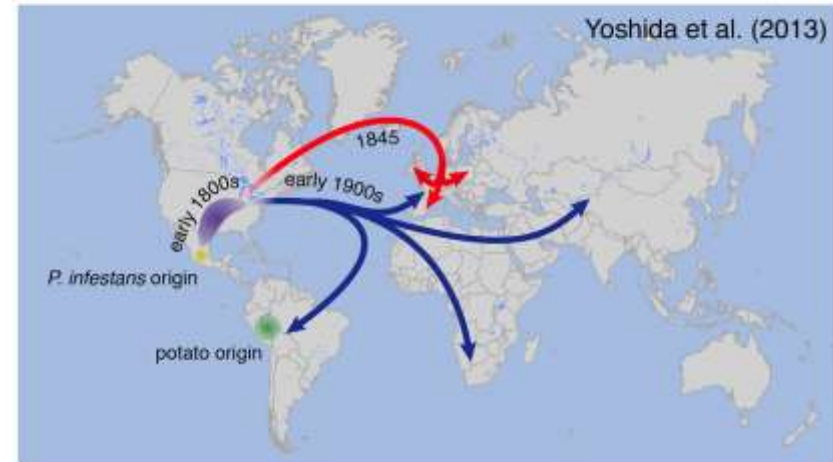
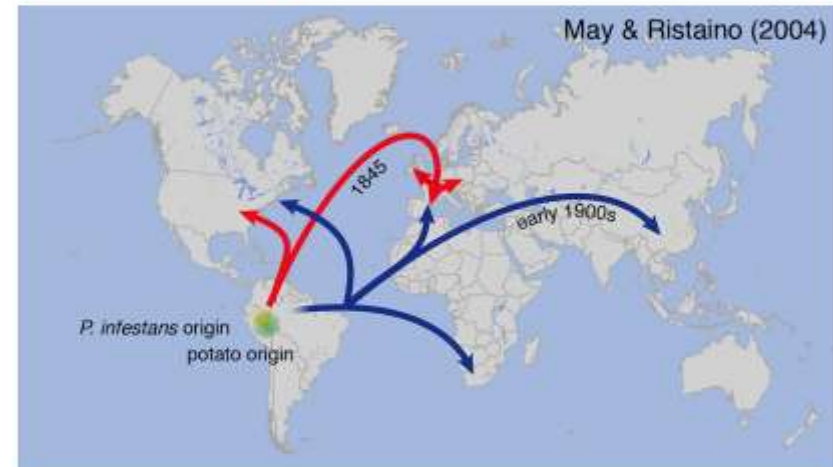
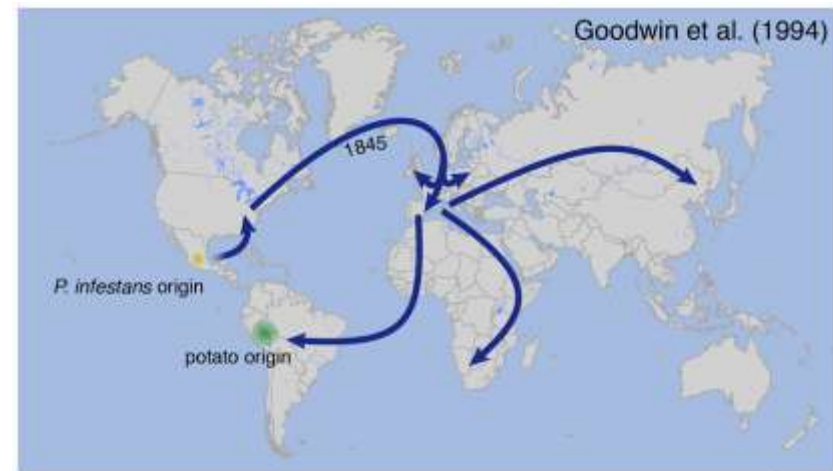
II

**В новых районах прежде всего поражаются виды,
генетически наиболее близкие хозяевам
на родине паразита
ФИТОФТОРА КАРТОФЕЛЯ**





1845 – Фитофтороз картофеля в Европе.



В 1845 г. население Ирландии составляло около 8 миллионов человек. Из них для шести миллионов картофель составлял около половины пищевого рациона, а 2 миллиона питались почти исключительно картофелем. Лишившись его, люди потеряли единственный источник существования. Очевидцы описывают селения, жители которых походили на обтянутые кожей скелеты, Смерть косила людей с такой скоростью, что их не успевали хоронить.

Объявление в дублинской газете: «Деревообрабатывающая фабрика на Королевской улице, как мы полагаем, самое крупное предприятие подобного рода в стране, обеспечивает ежедневной работой в течение последующих шести или восьми месяцев с утра и до ночи одновременно от 16 до 20 пар пильщиков для распилки досок для гробов».

Из повести швейцарского писателя Готхельфа Иеремиа «Кэтти бабушка»: «И вот при свете факела увидела Кэтти на всех кустах картофеля ужасную черную чуму. И чем дальше она глядела, тем, казалось, чернее становились пятна страшной болезни. Отчаяние овладело тогда старой женщиной и, опустившись на землю, она горько заплакала».

За голодом последовали его неминуемые спутники – инфекционные болезни. Началась массовая эмиграция оставшихся в живых ирландцев в Англию и, особенно, в США. Толпы голодных людей атаковали отплывающие из Ирландии суда, бросая землю, дом, а иногда и близких людей. К 1851 году после нескольких лет картофельной болезни население Ирландии уменьшилось на 2 миллиона человек.



Род *Solanum* s.lato

п/р *Solanum* s.str.

п/р *Lepostemonium*

Сек. *Petota*

Сек. *Lycopersicon*

Сек. *Melongena*

S. demissum

S. tuberosum

S. lycopersici

S. melongena

Центральная
Америка

Южная
Америка

Южная
Америка

Азия

P. Infestans

Е В Р О П А

Первое

сообщение

1842

1915

1920

Эпифитотии

1845

1940

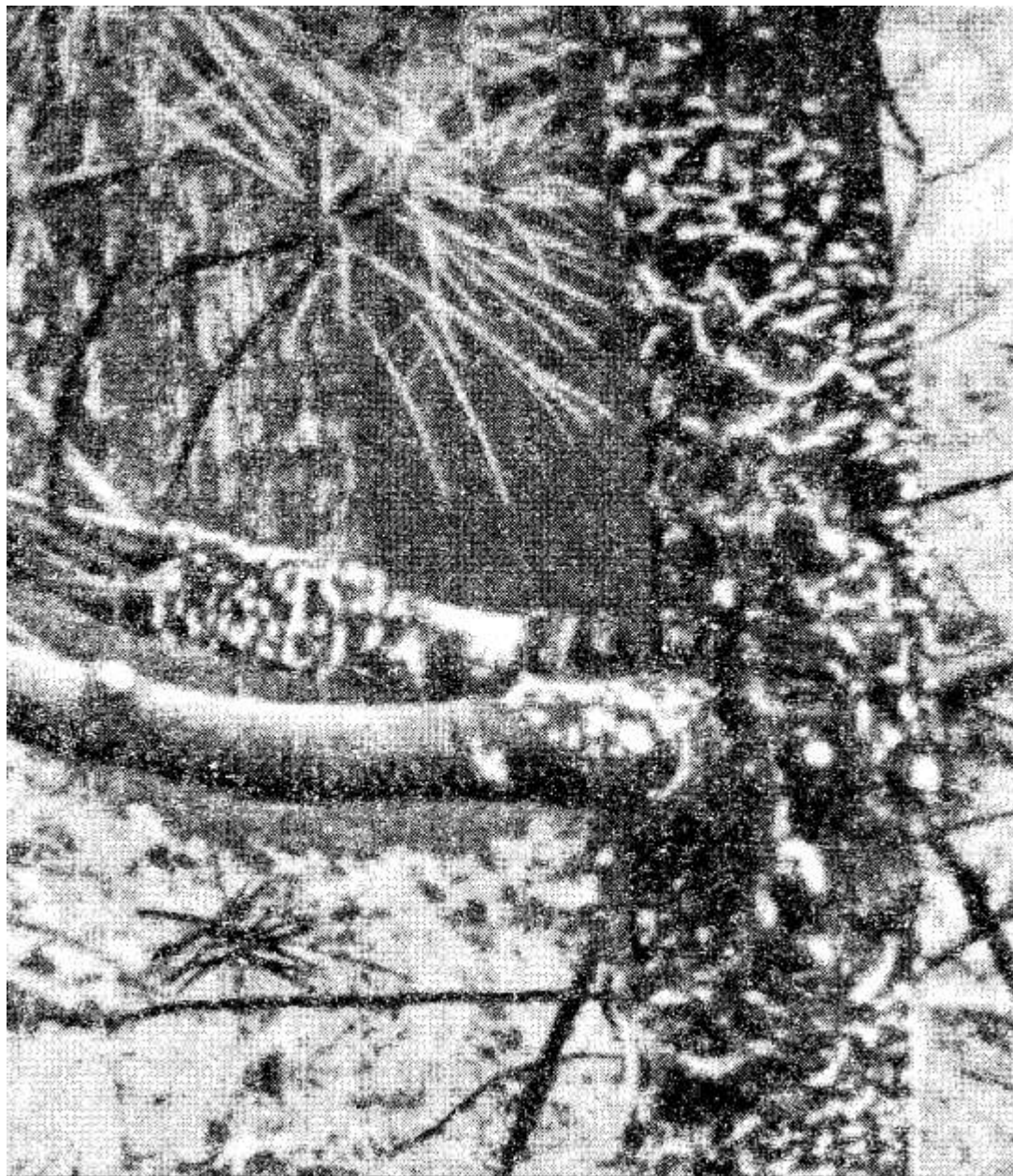
-

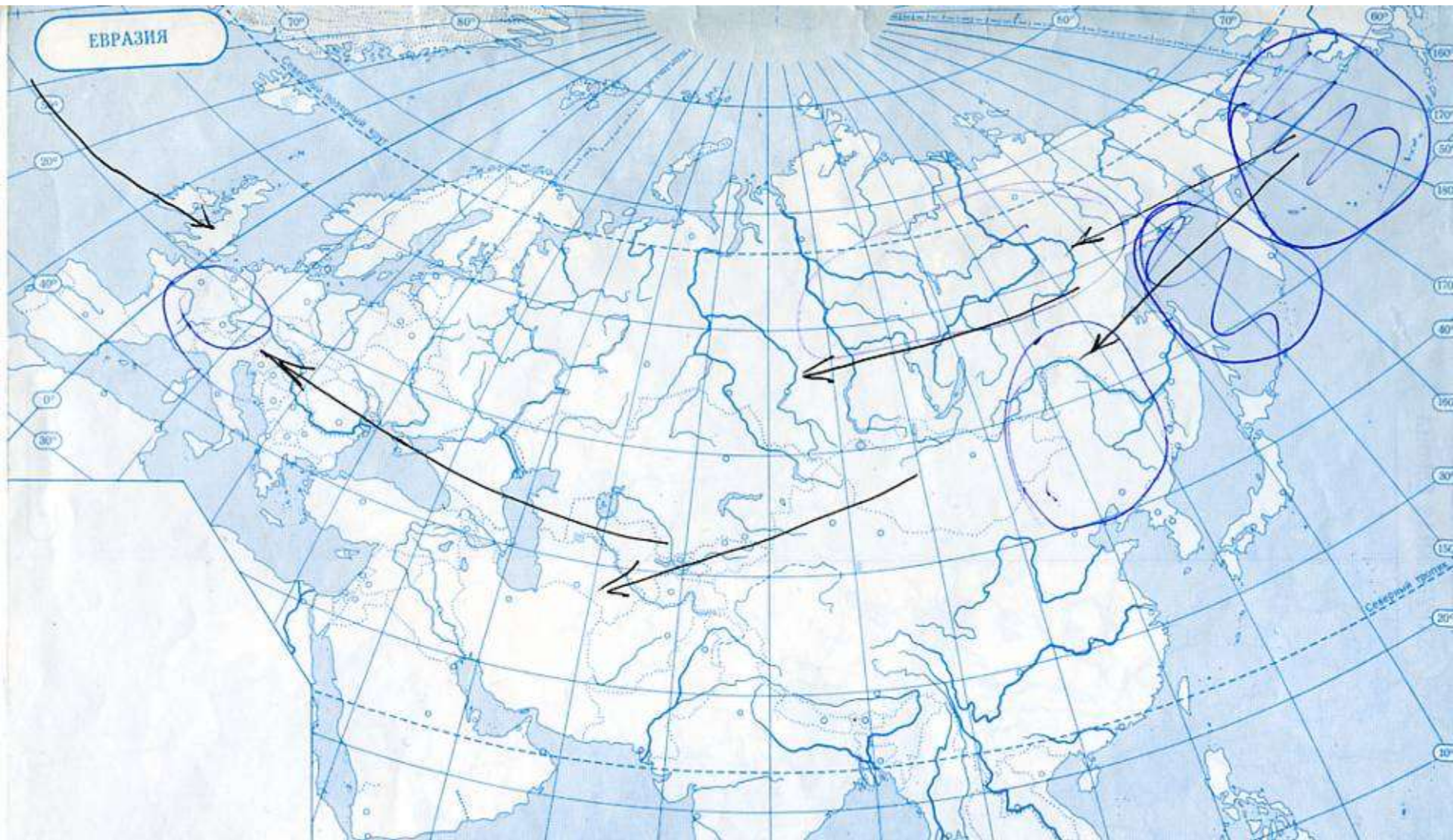
III

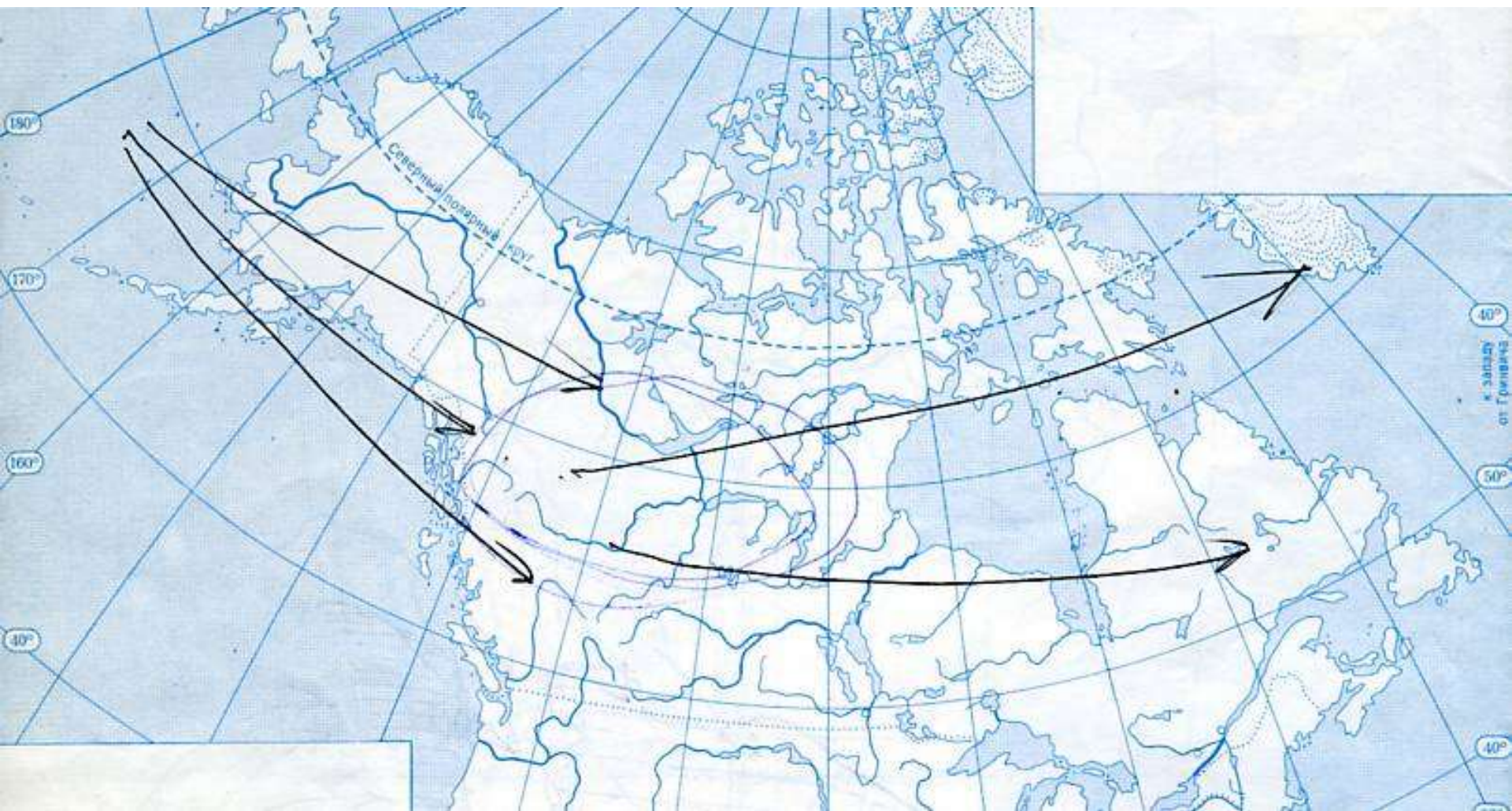
П.М. Жуковский: Если центры происхождения паразита и хозяина не совпадают, то устойчивые генотипы формируются на их общей родине.

В Америке *Pinus strobus*, *P. monticola*, *P. flexilis* и др., образующие замкнутые массивы.

В 1903 г. с саженцами *P. strobus* из Европы гриб *Cronartium ribicola* попал в Сев. Америку







БОРЬБА С РЖАВЧИНОЙ В АМЕРИКЕ

1/. Искоренение смородины. Уничтожено > 0,5 млрд кустов на площади 23 млн акров. Но на 1 кв.см. пораженного листа образуется 4,6 млн. спор.

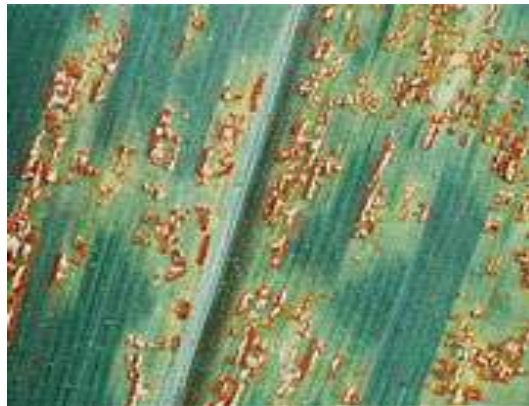
2/. Опрыскивание актидионом. На площади 470 млн акров (340 тыс – самолетом)

3/. Обрезка пораженных ветвей и выкорчевывание больных деревьев. Только в 1967 г. обрезали и выкочевали 1,2 млн деревьев

IV

Устойчивость, возникшая в ходе коэволюции, может теряться после попадания растения в районы, где паразит отсутствовал. Поэтому повторная встреча после долгих лет разлуки также опасна, как и встреча впервые.

1940 – Южная ржавчина кукурузы *Puccinia polysora*



МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕТОДЫ – В ИЗУЧЕНИИ ИСТОЧНИКОВ МИГРАЦИИ

Традиционные методы:

1/ частоты генов
вирулентности;

2/ (для необлигатных
паразитов)
культурально-
морфологические
признаки.



Стеблевая ржавчина пшеницы *Puccinia graminis* в Австралии



Три периода изменения состава популяций *P. graminis*: 1) до 1925, 2) 1925-1954, 3) после 1954 г

Анализ изоферментов и расового

состава показал межконтинентальную миграцию из Южной Африки.



Ржавчина сои *Phacopsora sojae* в Новом Свете

**ЛОКУСЫ ИЗОФЕРМЕНТОВ ШТАММОВ *Phakopsora*
rahyrhizae ИЗ ВОСТОЧНОГО И ЗАПАДНОГО
ПОЛУШАРИЕВ (Bomde et al., 1988)**

Локусы	Австралия, Китай, Индия, Филиппины, Тайвань	Бразилия, Пуэрто-Рико
Asp	100	96
Dia	100	38
Est	100	108
G6Pdh	100	39
GPI	100	50
LAP	100	100
MDH	100	75
MPI	100	47
PepLa1	100	0
PepLa2	100	95
PepLLL1	100	0
PepLLL2	100	90
Pgi	100	129

Коэффициент сходства – 0,07

Но в 2004 г споры возбудителя ржавчины сои перелетели с ураганом в Мексиканском заливе из Карибской зоны в США

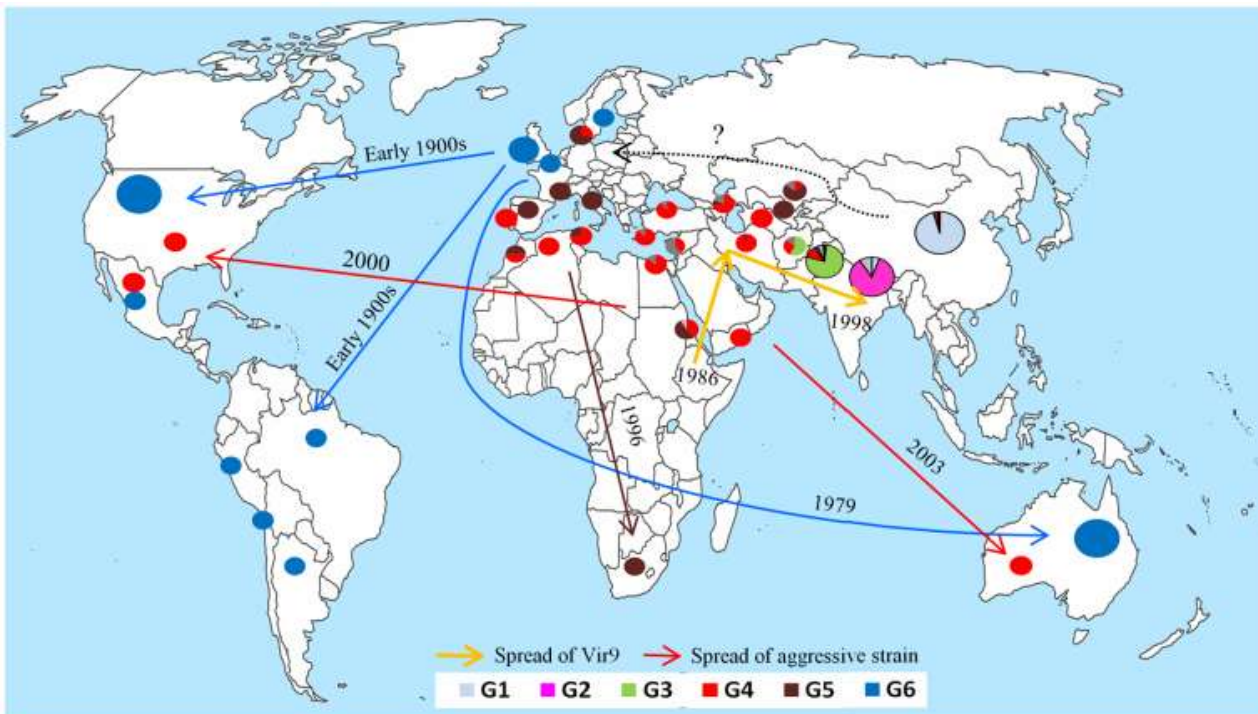
Глобальные миграции возбудителя желтой ржавчины пшеницы *Puccinia striiformis* исследованы с помощью мультилокусного микросателлитного генотипирования 409 изолятов из шести континентов (Ali et al., 2014).



В Гималаях (Непал, Пакистан) и прилегающих районах Китая отмечена рекомбинационная структура, в остальных регионах – клональная. Китай – единственный регион, в котором обнаружены популяции *P. striiformis*, имеющие полный жизненный цикл с эциальной стадией на местных видах барбариса

Гималаи и прилегающие к ним районы Китая – центр формирования гриба.

Источник миграции штаммов, адаптированных к высоким температурам - Средний Восток - Восточная Африка; например, в 1986-1998 - миграция вирулентной расы Yr9 из Восточной Африки в Южную Азию
Источником штаммов, попавших в страны Нового Света



и в Австралию – Европу, а в Южную Африку – Средиземноморье.

Phytophthora ramorum на дубах в Калифорнии





NA1	NA2	EU1
Migration A: source: ? sink: California	Migration B: source: ? sink: Washington, USA; British Columbia, Canada	Migration C: source: ? sink: Europe
		Migration D: source: Europe sink: Washington, USA; British Columbia, Canada

II

ПОСТЕПЕННОЕ (ШАГ ЗА ШАГОМ) ВНУТРИРЕГИОНАЛЬНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Частая встречаемость

Примеры

***Blumeria graminis* f. sp. *hordei* в Европе**



Вирулентные расы мигрируют по Европе в западном направлении со скоростью 110 км/год. В связи с постоянным перемещением большая часть Европы представляет собой одну эпидемиологическую единицу

Раса Ug99 *Puccinia graminis*

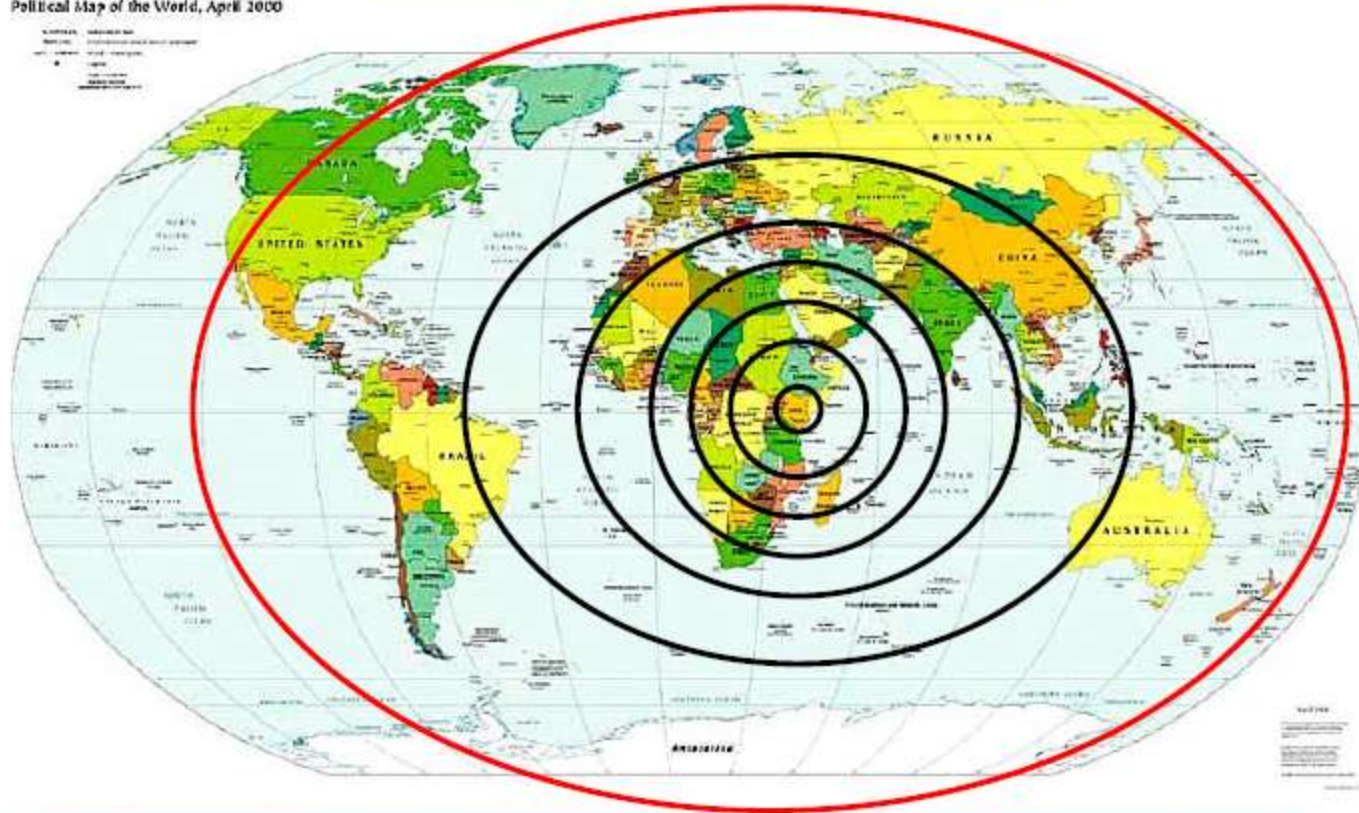
В 1999 г в Уганде обнаружена раса Ug99 (ТТКС) поражающая сорта пшеницы, защищенные многими генами устойчивости. Ее глобальное распространение может привести к гибели пшеницы на площади 50 млн га (25% всех площадей под пшеницей). В 2010 г. потери в Кении составили 70% урожая.



ГЛОБАЛЬНАЯ УГРОЗА ПШЕНИЦЕ ОТ РАСЫ Ug99

World wheat tsunami????

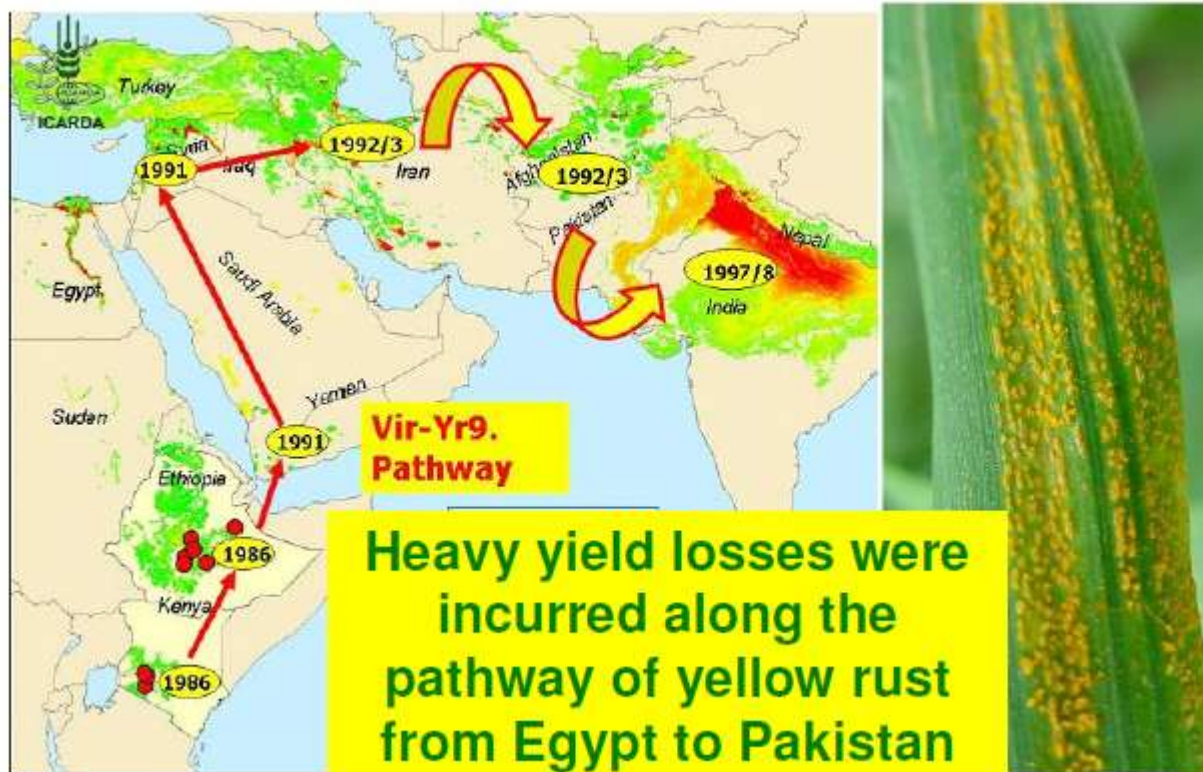
Political Map of the World, April 2000



Such scary reach-out may increase the wheat price in the speculative global market.
But who gains ? (Dr. S.Nagarajan-Rome meeting 3/6/07)

Миграция расы Yr9 *P. striiformis*

Yellow rust (Vir. Yr9) spread 1986-1998

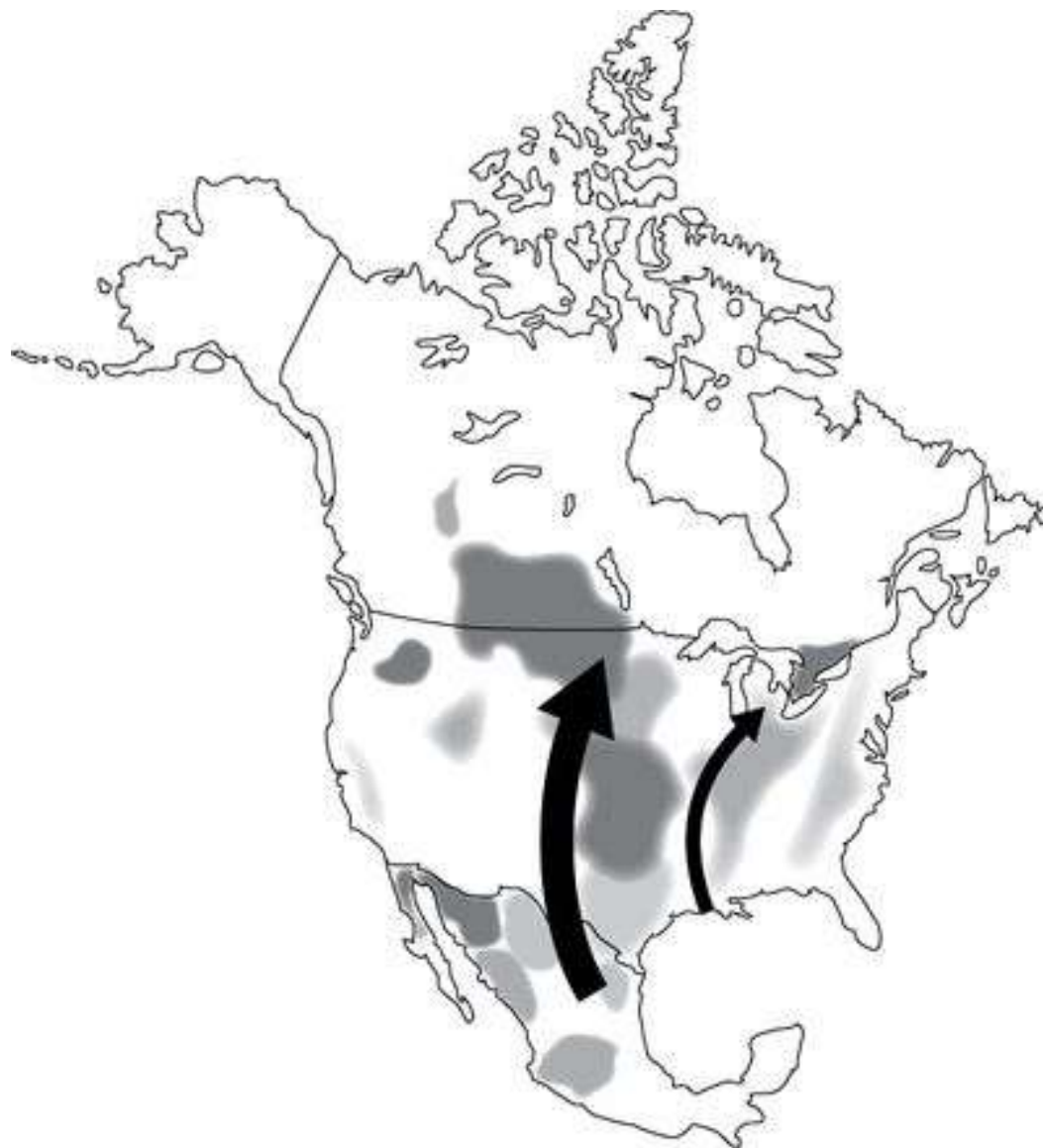


III

РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ЗОНЫ, ГДЕ НЕВОЗМОЖНО ПРОХОЖДЕНИЕ ПОЛНОГО ЦИКЛА ВСЛЕДСТВИЕ СУРОВЫХ ЗИМ ИЛИ ОТСУТСТВИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ХОЗЯИНА (ДОЧЕРНИЕ ПОПУЛЯЦИИ)

Примеры

РЖАВЧИННЫЙ КОРИДОР (RUSSINIA PATH)



Бурая листовая ржавчина пшеницы (возбудитель *Puccinia triticina*) в Сибири



Поскольку озимой пшеницы практически нет, а промежуточный хозяин *Isopyrum fumariodes* поражается редко, долгое время считалось, что важную роль играет миграция спор из южной России (Краснодарского края). Однако господствующее направление ветров (Юго-западное , а не Северо-восточное направление) и случаи эпифитотий в Сибири при депрессивном развитии болезни на юге европейской части заставили считать наличие в Сибири собственных источников инфекции (*Isopyrum?*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно, инвазии фитопатогенных грибов в смысле перемещения их на большие расстояния – почти исключительно – дело рук человеческих. И даже перенос спор через океан воздушными токами, как это показано для ржавчины кофе, не возможен без участия человека, ибо из Эфиопии никакие ветры не занесли бы споры в Бразилию.

Внутрирегиональное расширение ареала обусловлено 1/ также человеческой деятельностью (например, введением в культуру новых для данной зоны видов растений, и 2/ изменением климата, что также, как считают – результат все той же человеческой деятельности. В частности, ускорения работы грибов по разложению древесины, ее сжиганием.

Люди в результате своей деятельности выводят из медленного оборота огромные массивы древесины, приводят их к быстрой минерализации, несравнимой с естественной скоростью связывания, создавая тем самым глобальные экологические проблемы, включая грибные инвазии.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ