



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

образовательная программа «Анализ данных в биологии и медицине», ФКН ВШЭ

АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ СЕМЕЙСТВ ГЕНОВ У АЛЛОТЕТРАПЛОИДА *CAPSELLA BURSA-PASTORIS*

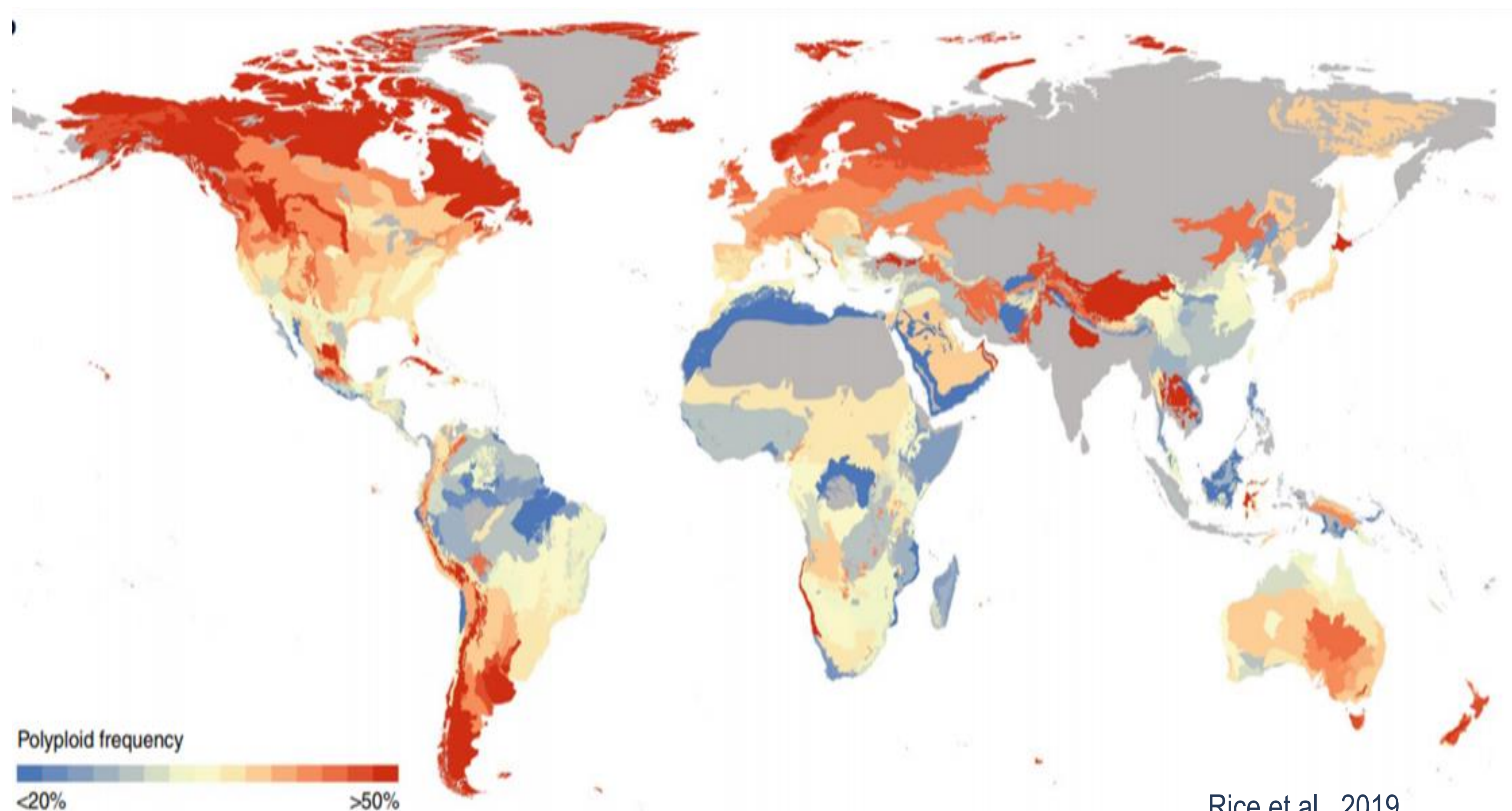
Выпускная квалификационная работа магистра
Элины Шнайдер

Научный руководитель:
м.н.с. лаборатории геномики
растений ИППИ РАН
Клепикова А. В.

Москва, 2020

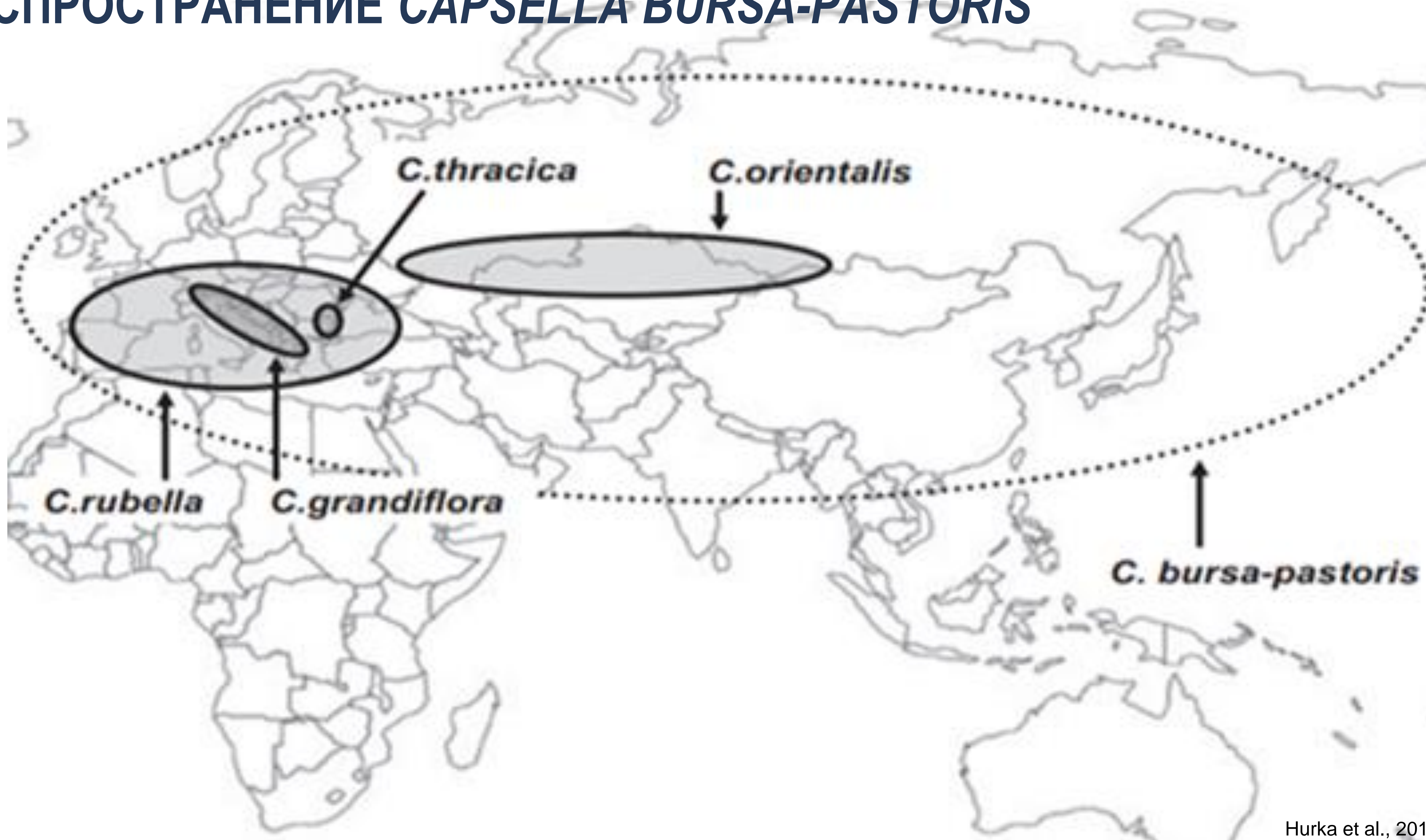
ПОЛИПЛОИДИЯ У ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

- Основной фактор в эволюции высших растений
- Позволяет осваивать нехарактерные для диплоидных видов территории



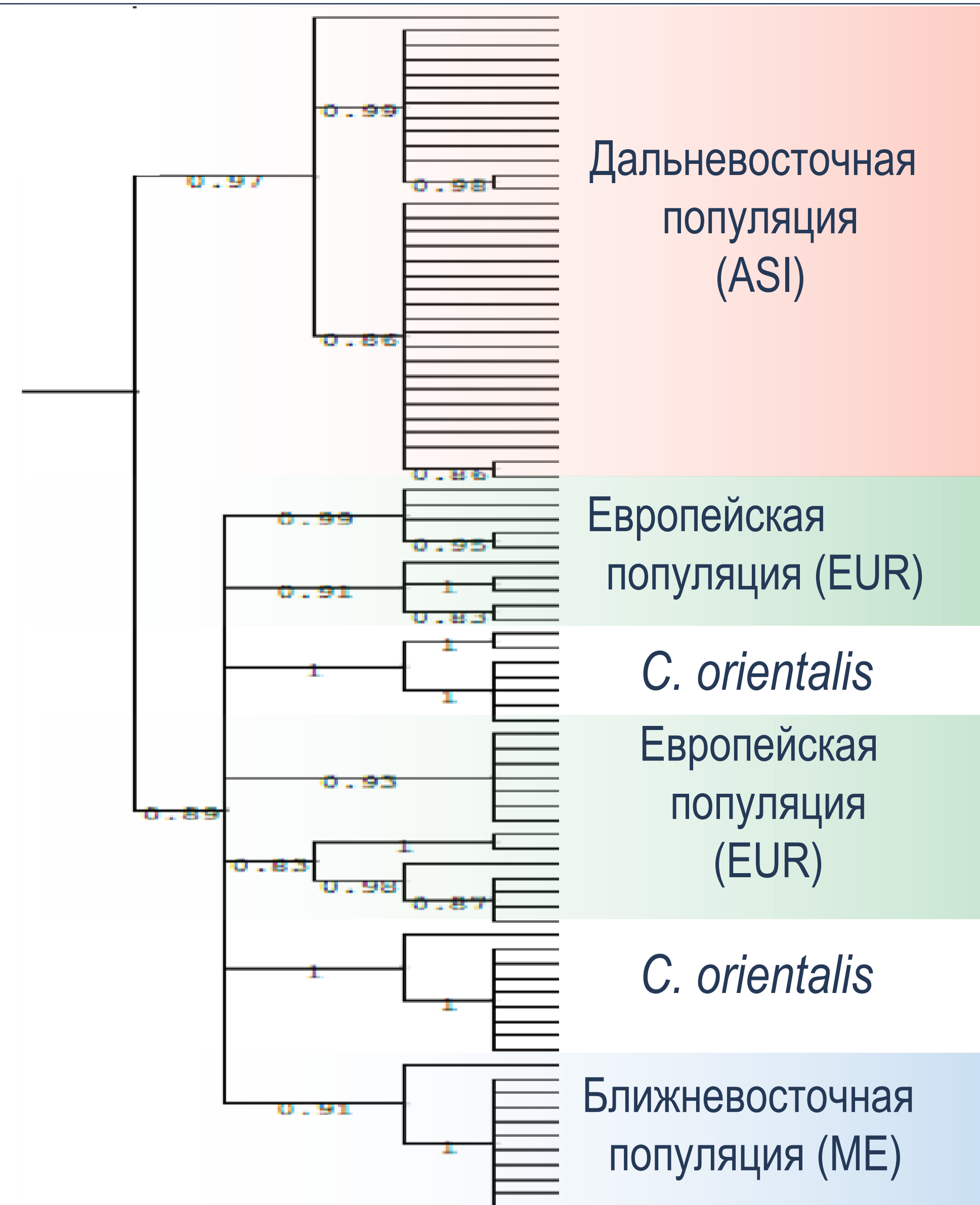
Rice et al., 2019

РАСПРОСТРАНЕНИЕ *CAPSELLA BURSA-PASTORIS*



ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ *CAPSELLA BURSA-PASTORIS*

- Аллотетраплоид: субгеном А (*C. orientalis*), субгеном В (предок *C. rubella*/*C. grandiflora*)
- На основании морфологических и генетических данных выделено три большие популяции: Дальневосточная, Европейская и Ближневосточная
- Филогенетический анализ пластидных геномов указывает на иное происхождение растений из Дальневосточной популяции



Фрагмент филогенетического дерева из курсовой работы

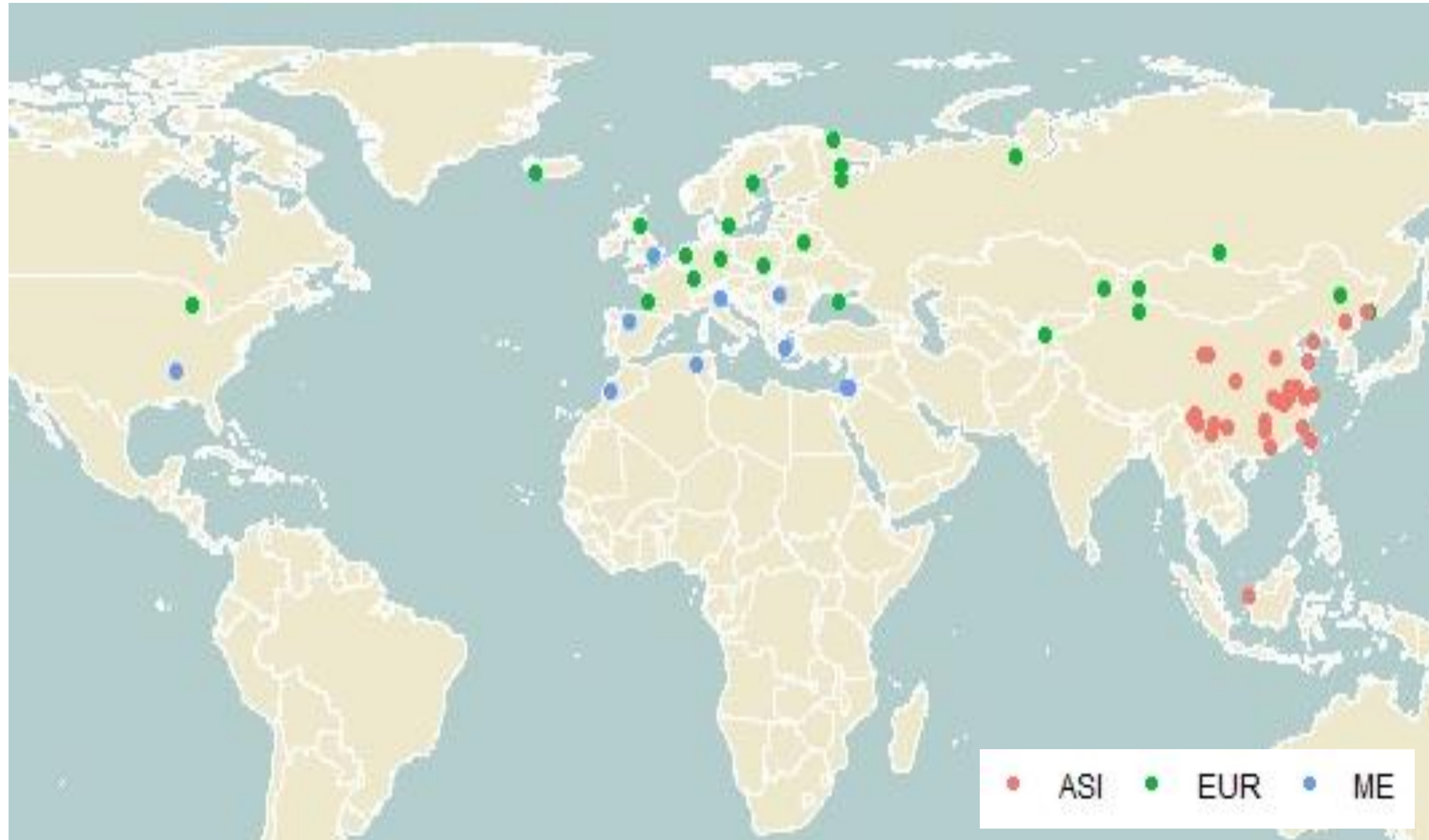
ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:

поиск различий в геномах и генах растений из разных популяций, которые могут помочь в изучении того, каким образом вид *C. bursa-pastoris* смог распространиться по всей планете и приспособиться ко всем климатическим поясам

ЗАДАЧИ:

- Выявить межпопуляционные различия на уровне структуры генома
- Установить, происходит ли поток генов между популяциями
- Идентифицировать гены и их принадлежность к семействам, наиболее различающиеся между популяциями
- Найти для каждой популяции гены из сети ответа на холодовой стресс, где наблюдается положительный отбор

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ



Данные WGS 68 линий:

- 25 растений из европейской популяции (EUR)
- 10 из ближневосточной (ME)
- 33 растения из дальневосточной (ASI)

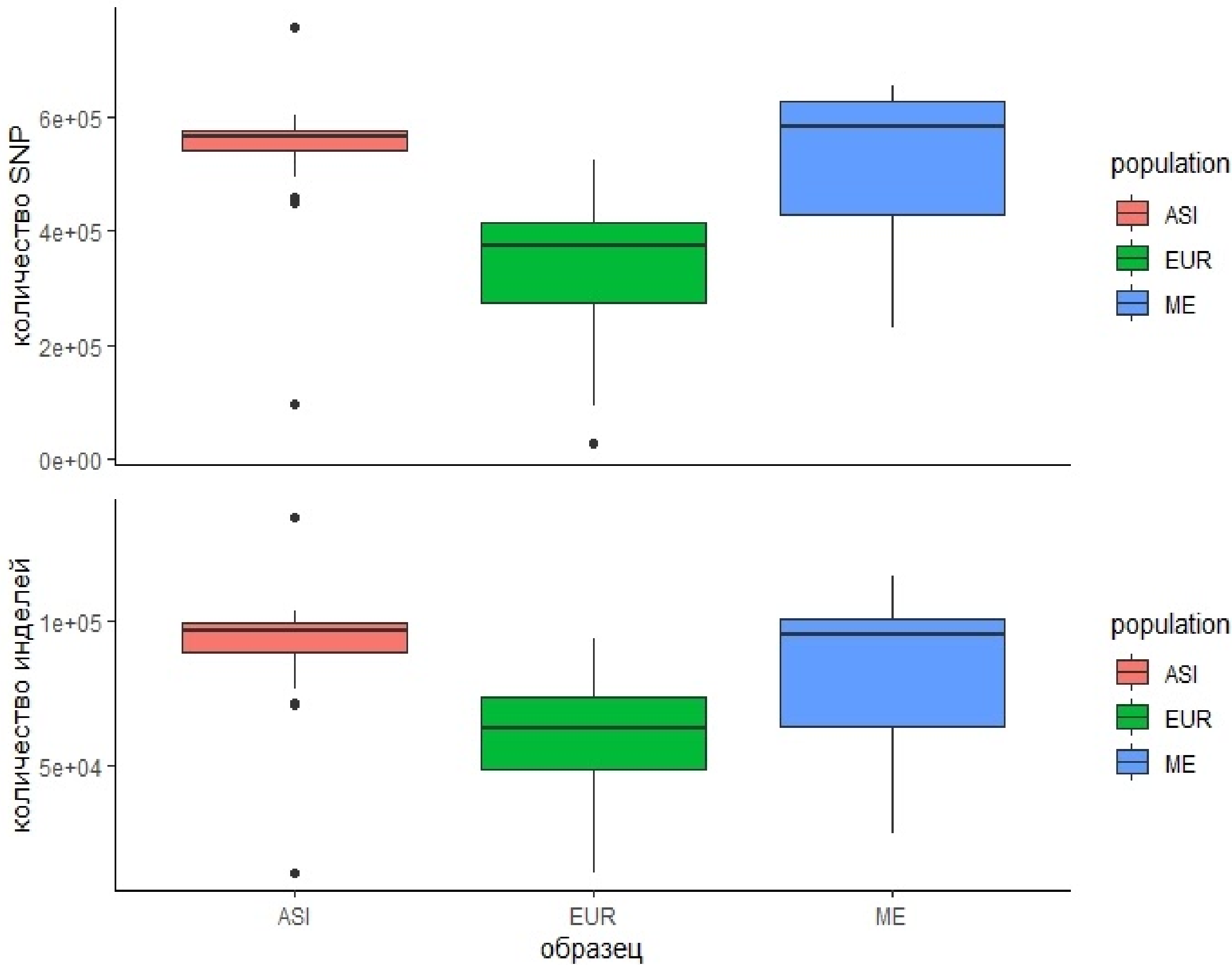
Источники данных:

- SRA NCBI (55 линий)
- Лаборатории эволюционной геномики ФББ МГУ (13 линий)

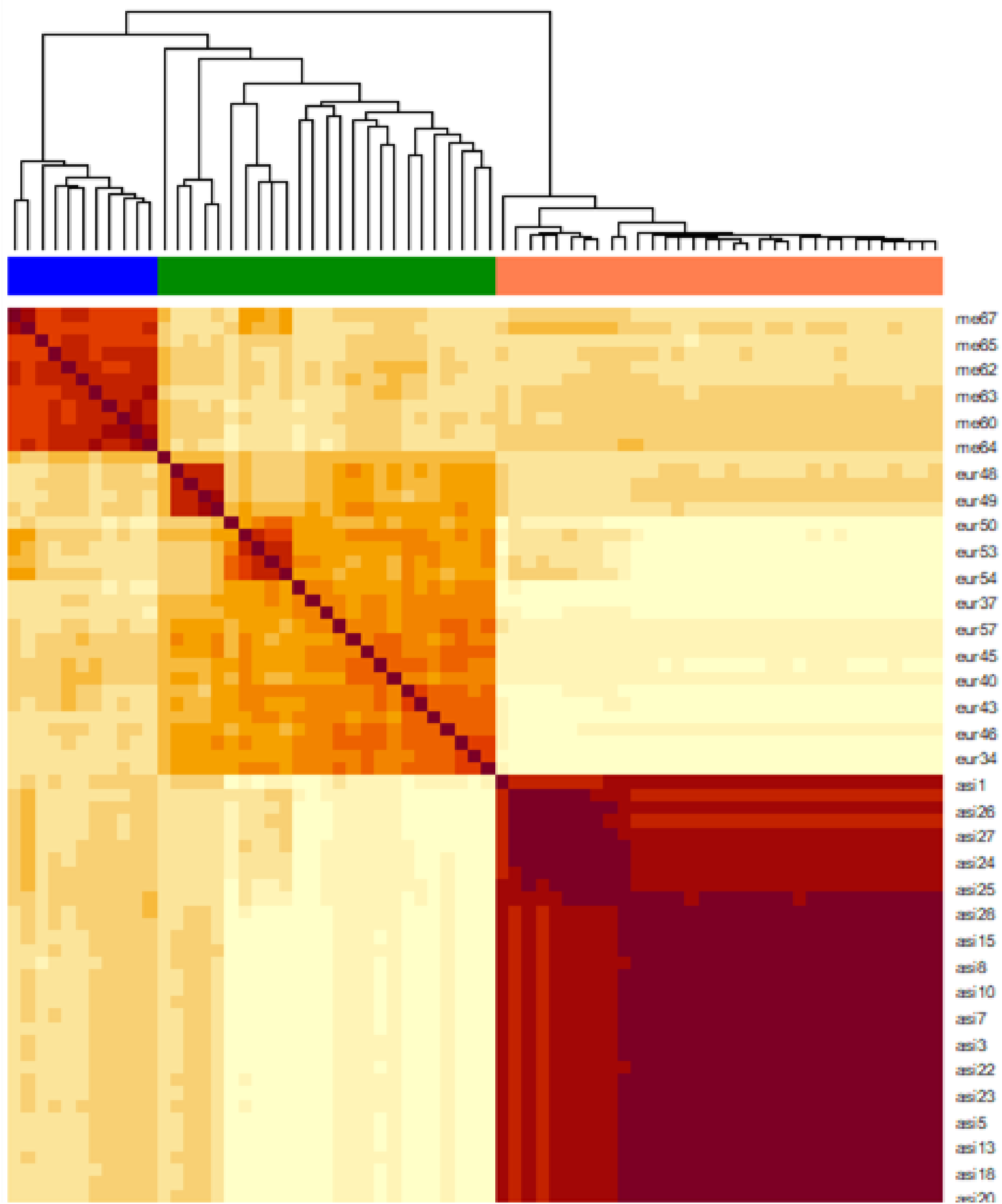
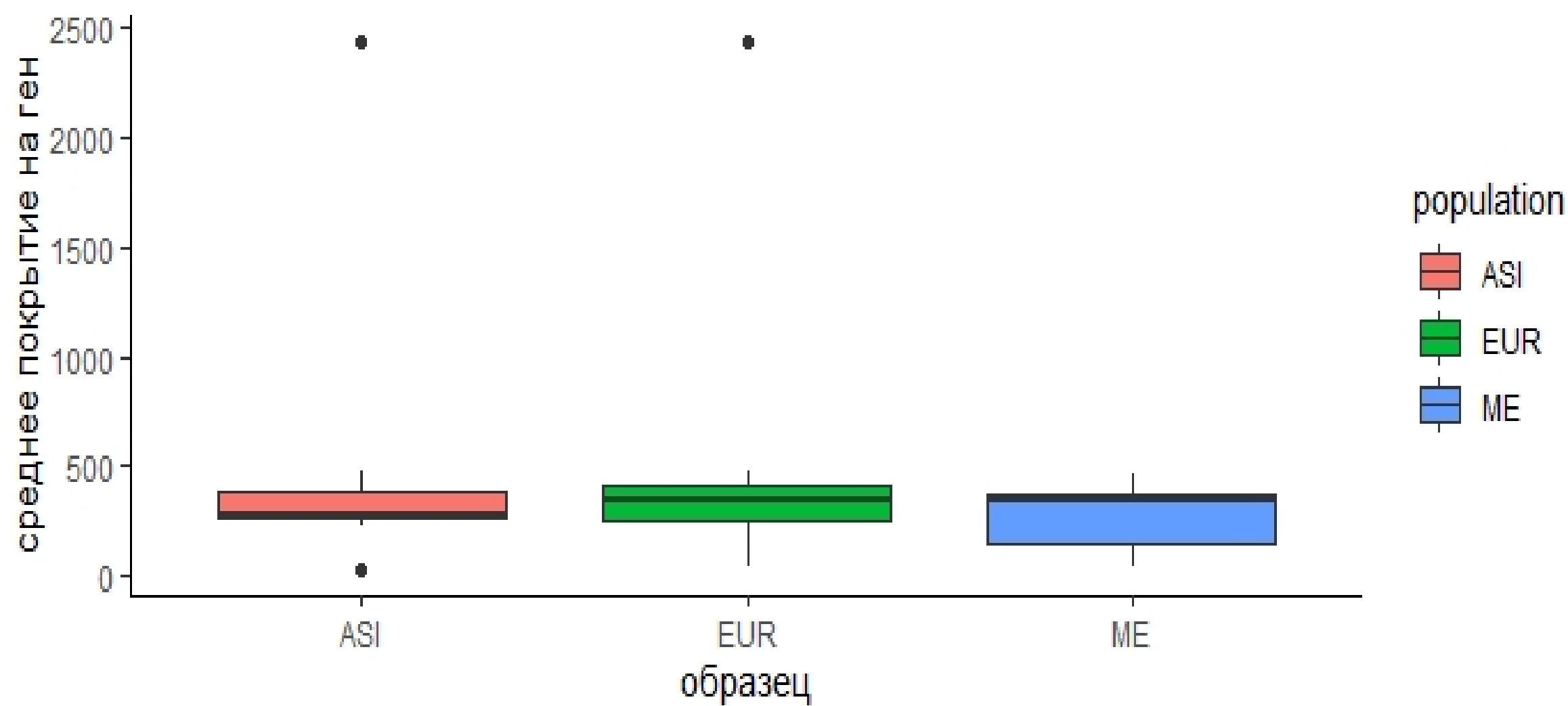
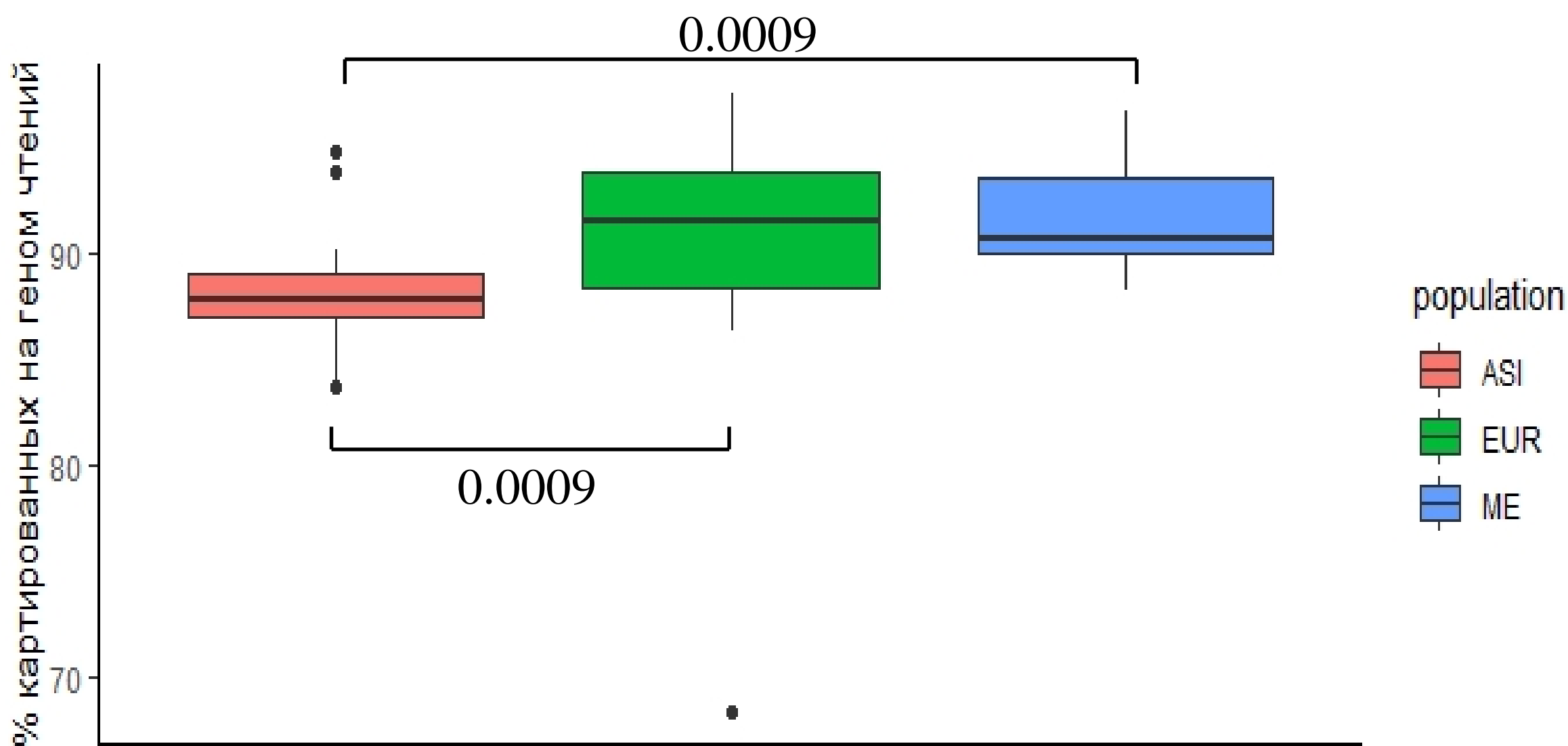
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

- Триммирование (Trimmomatic-0.3)
- Картирование на ядерный референсный геном *C. bursa-pastoris* (Kasianov et al., 2017), взятый из базы NCBI Genome, представленный 8186 скаффолдами и 32319 контигами (bwa mem-0.7.12)
- Генотипирование (GATK4) и фильтрация по покрытию

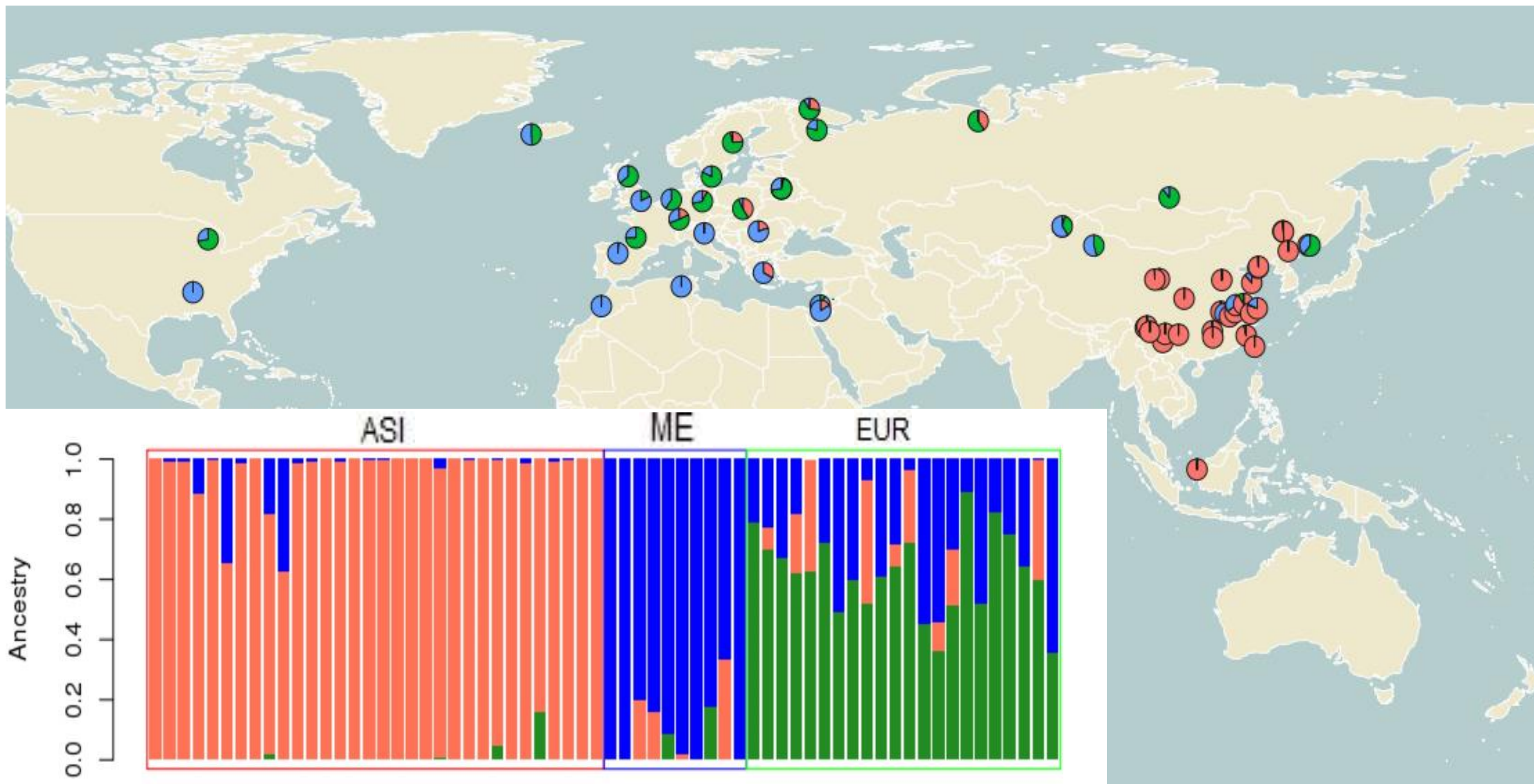
	Медианное количество SNP	Медианное количество инделей
ASI	563222	96496
EUR	373814	62736
ME	581323	95325



ОПИСАТЕЛЬНЫЕ СТАТИСТИКИ

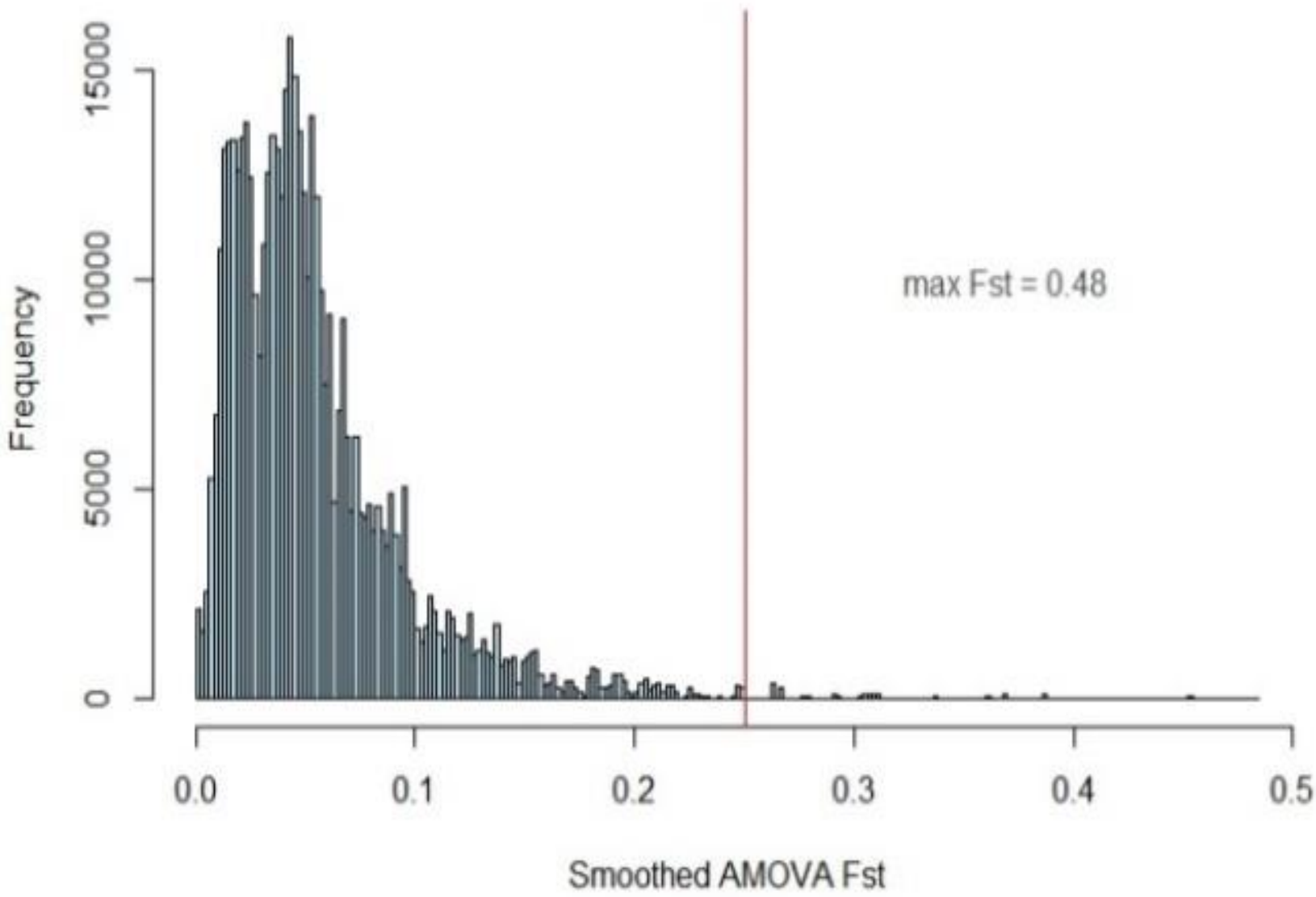


АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО СМЕШЕНИЯ

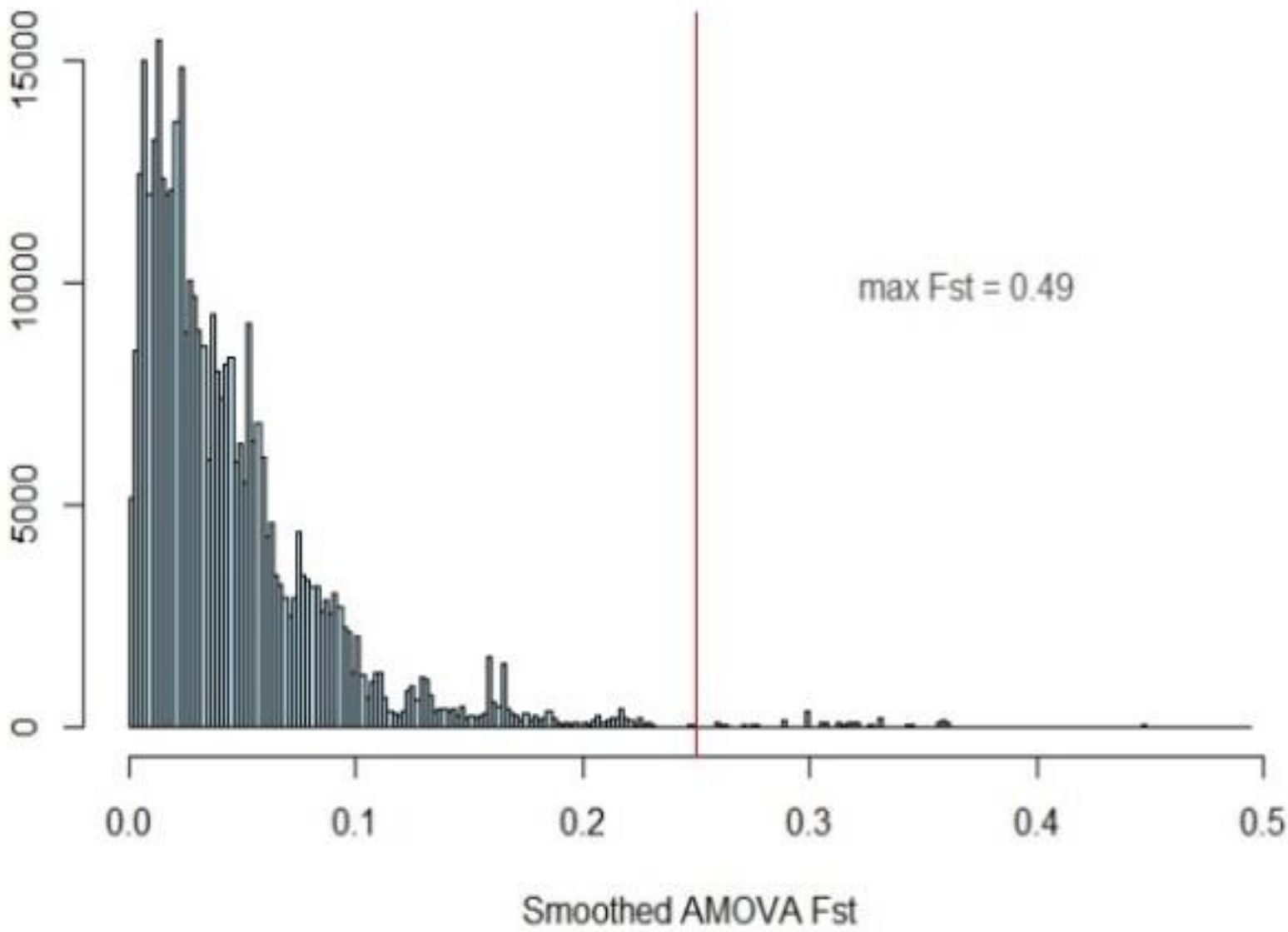


АНАЛИЗ ГЕНОВ С ВЫСОКИМ F_{ST}

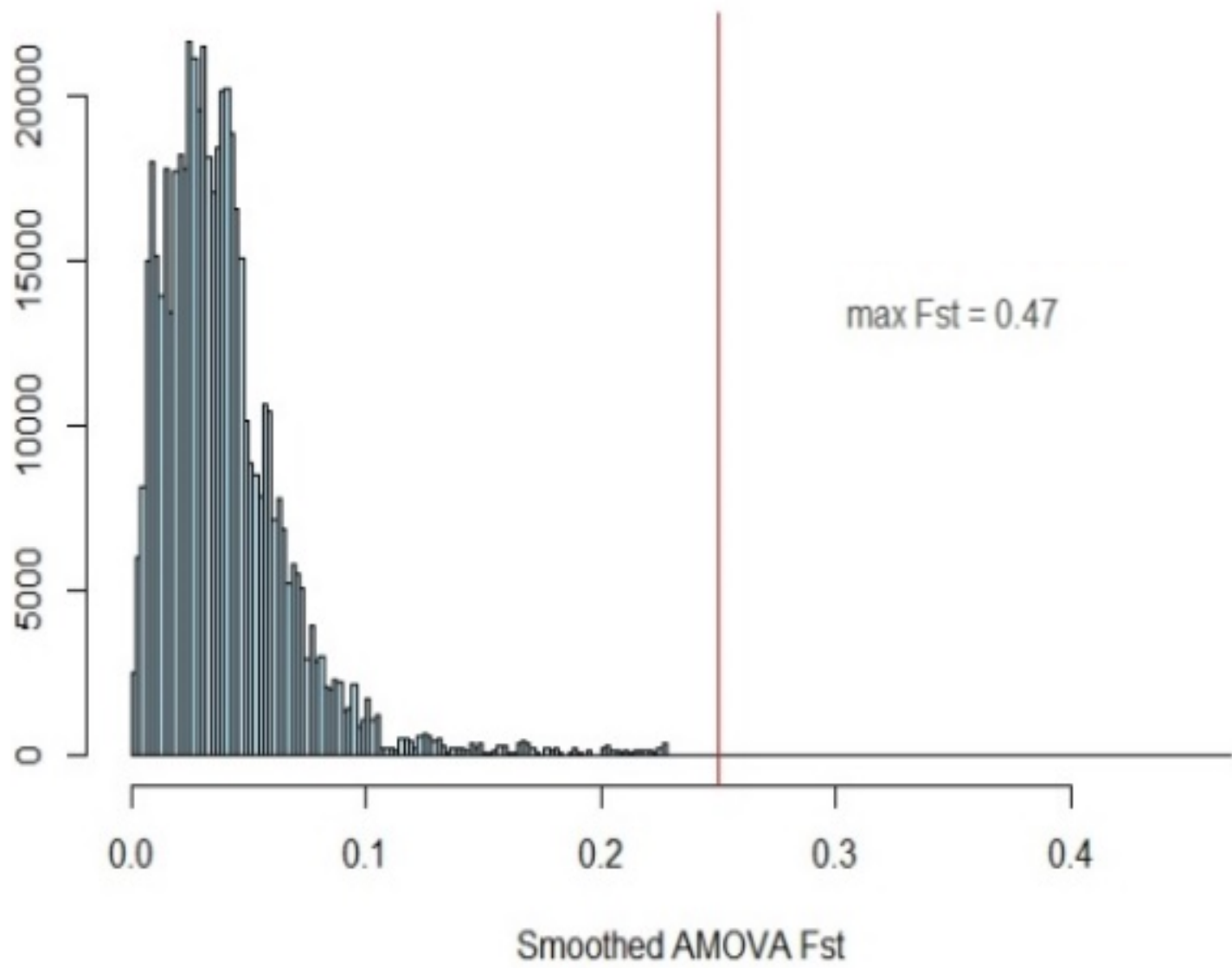
ASI vs EUR



ASI vs ME



EUR vs ME



	Среднее значение F_{ST}	Максимальное значение F_{ST}	Количество генов с $F_{ST} > 0.25$
ASI-ME	0.049	0.49	108
ASI-EUR	0.056	0.48	112
ME-EUR	0.047	0.47	27

АНАЛИЗ ГЕНОВ С ВЫСОКИМ F_{ST} : ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ И БЛИЖНЕВОСТОЧНАЯ ПОПУЛЯЦИИ



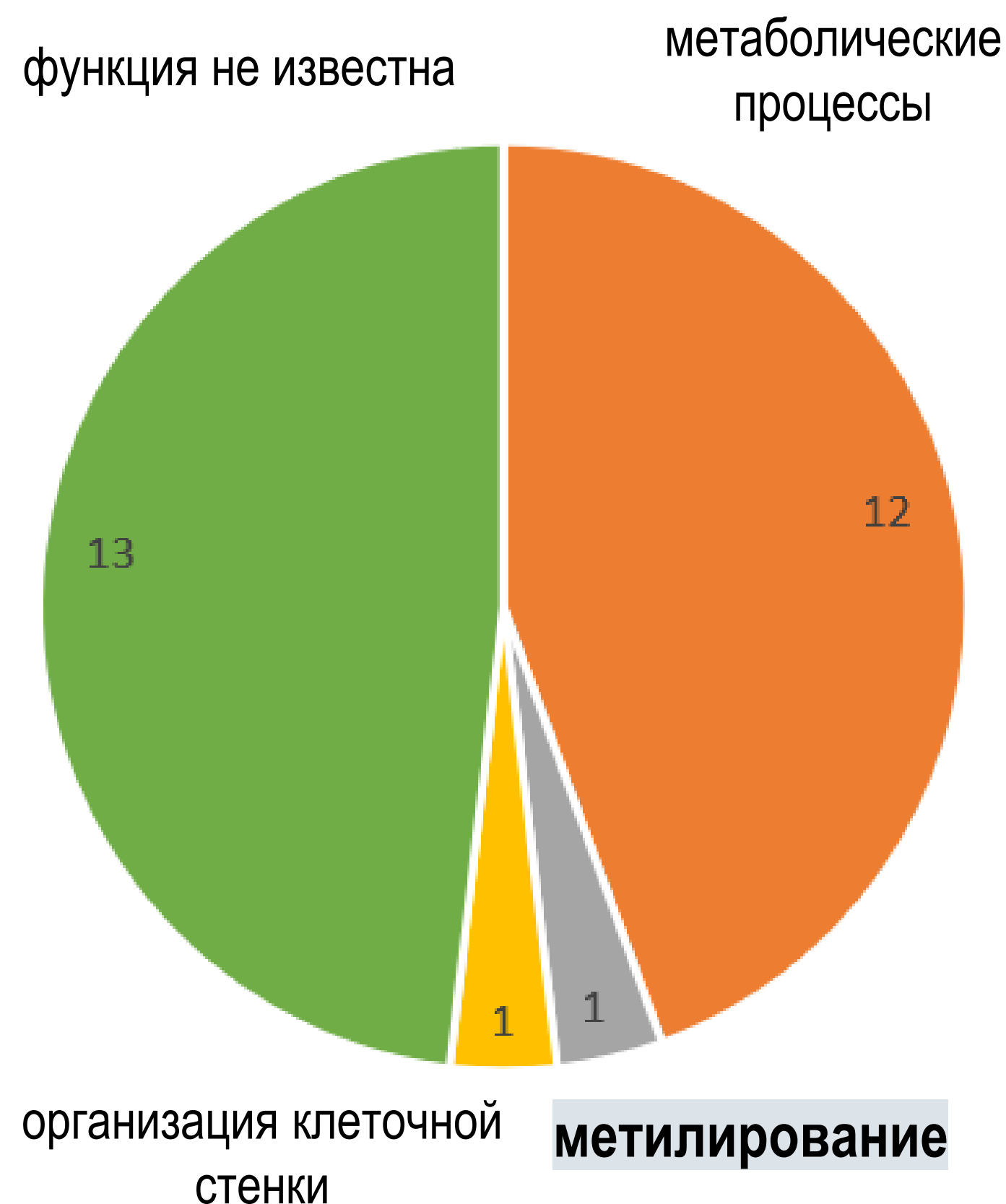
Sample Names	Cbp19252 AT2G15020	Cbp40396 AT2G15020	Fold changes
M - Meristem	0.00	0.00	-
L.P - Leaf Petiole	0.00	0.00	-
L.L - Leaf Lamina	0.00	0.00	-
SD - Mature green seeds	0.00	0.00	-
SP - Sepals	11	0.00	0.10
PT - Petals	11	0.00	0.12
AN - Anthers	4	44	6.18
OV - Ovules before pollination	0.00	0.00	-
SD.d - Dormant seeds	2	0.00	-
R - Roots	0.00	0.00	-
C.C - Cotyledons, control	31	0.00	0.07
C.3 - Cotyledons, cold 3 hours	341	4	0.02
C.15 - Cotyledons, cold 15 hours	281	2	0.02

Trava.org

Ген *Cbp19252* – пример субфункционализации

- Семейство и функции не известны
- Ортолог у *A. thaliana* экспрессируется в тычинках и розеточных листья при холодовом стрессе
- Экспрессируется в отвечает на стресс в семядолях
- Гомеолог экспрессируется в тычинках

АНАЛИЗ ГЕНОВ С ВЫСОКИМ F_{ST} : БЛИЖНЕВОСТОЧНАЯ И ЕВРОПЕЙСКАЯ ПОПУЛЯЦИИ



Регулятор *Flowering Locus C*

- 4 несинонимичные замены, уникальные для большинства растений из европейской популяции
- 2 несинонимичные замены, уникальные для растений из ближневосточной популяции

Фенотипы мутантов *A. thaliana*:

- удлиненные листья с рассеченной листовой пластинкой
- позднее зацветание

Различия между популяциями:

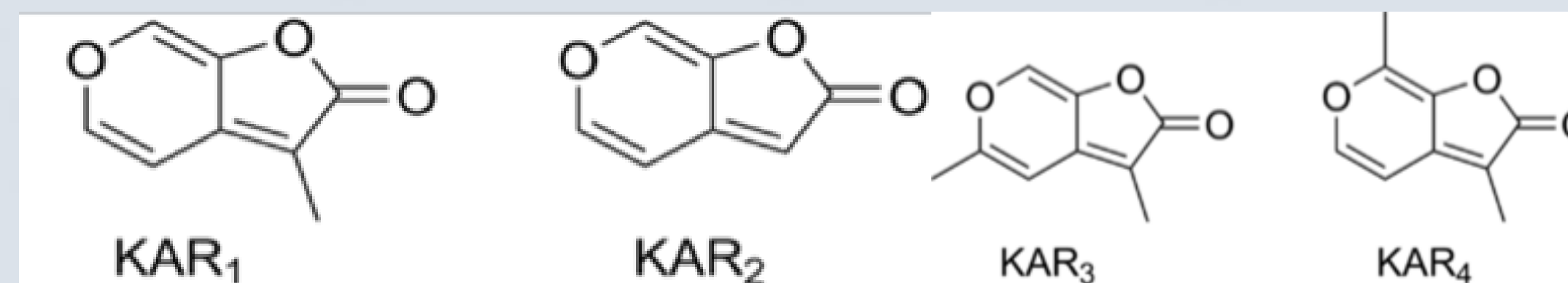
- очень длинные листья с рассеченным краем у ближневосточных растений
- переход к цветению у европейских линий происходит на третью-четвертую неделю после прорастания, у ближневосточных растений - на второй неделе.

АНАЛИЗ ГЕНОВ С ВЫСОКИМ F_{ST} : ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ И ЕВРОПЕЙСКАЯ ПОПУЛЯЦИИ



Ответ на каррикины

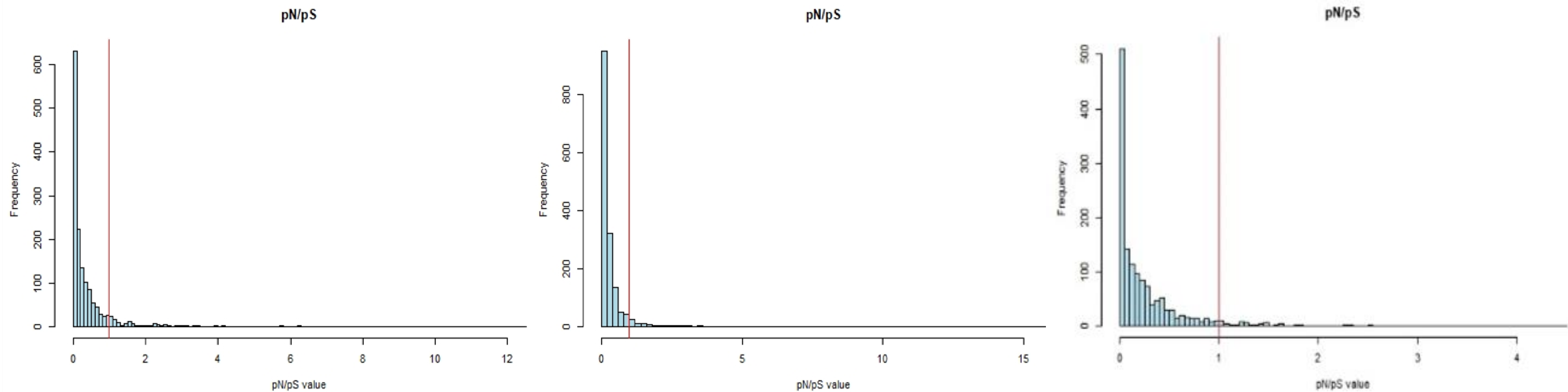
- Каррикины - класс регуляторных веществ, выделяемых во время сгорания растения



- Способствуют прорастанию семян многих видов растений, в особенности тех, которые обитают в местах частых природных пожаров
- 4 несинонимичные замены, уникальные для всех растений из дальневосточной популяции

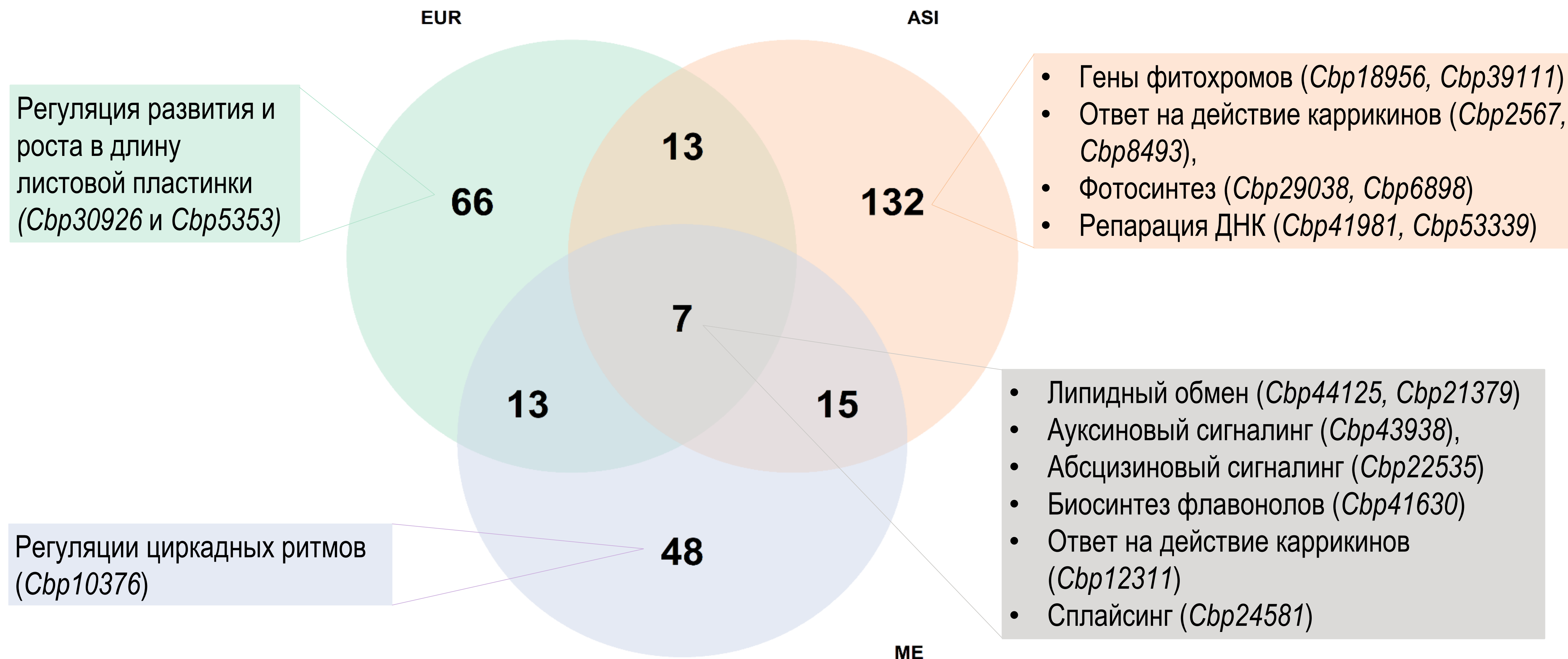
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ОТБОР В ГЕНАХ, УЧАСТВУЮЩИХ В ОТВЕТЕ НА ХОЛОДОВОЙ СТРЕСС

- Ортологи 1352 генов *A. thaliana* из сети ответа на холодовой стресс



	Дальневосточная (ASI)	Европейская (EUR)	Ближневосточная (ME)
Субгеном А	74	49	36
Субгеном В	82	44	42
Всего генов	167	99	83

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ОТБОР В ГЕНАХ, УЧАСТВУЮЩИХ В ОТВЕТЕ НА ХОЛОДОВОЙ СТРЕСС



ВЫВОДЫ

- Анализ покрытия линий *Capsella bursa-pastoris* показал, что геномы линий, принадлежащих к дальневосточной (азиатской) популяции, имеют наибольшие отличия от линий остальных популяций, что соответствует ранее полученным данным о независимом происхождении дальневосточной популяции.
- Популяции *Capsella bursa-pastoris* географически и репродуктивно не изолированы, и между ними происходит поток генов
- Сравнение уровня генного полиморфизма в линиях *Capsella bursa-pastoris* позволил обнаружить гены, наиболее различающиеся между популяциями. Среди них наиболее часто встречались гены, участвующие в ответе на биотические и абиотические стрессы, в формировании клеточной стенки и метаболических процессах, что может объяснять морфологические и физиологические различия растений, принадлежащих разным популяциям.
- Все три популяции *Capsella bursa-pastoris* имеют разные направления эволюции сети ответа на холодовой стресс, что может являться одной из причин широкого ареала вида *Capsella bursa-pastoris* и его экологической пластичности.