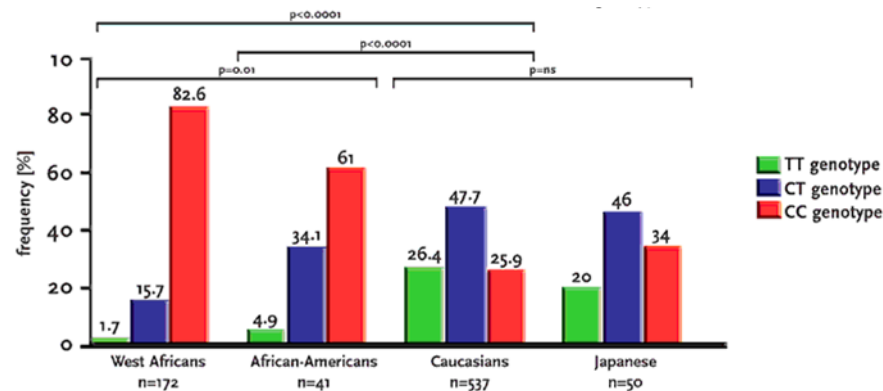


Πληθυσμιακή και Εξελικτική Γενετική

Γενετική ποικιλότητα

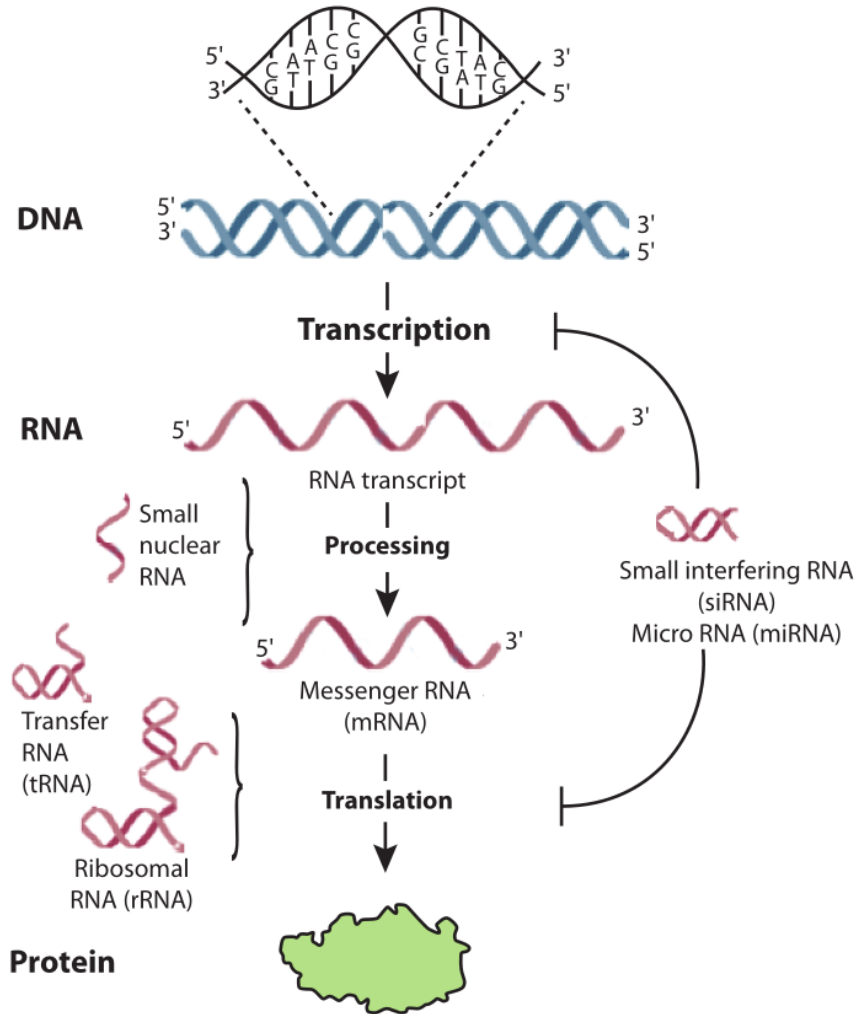


Μαργαρίτης Τσιφιντάρης

mtsifintaris@gmail.com / mtsifint@mbg.duth.gr

Βασικά στοιχεία της γενετικής

- Η γενετική πληροφορία για κάθε οργανισμό, εδράζεται πάνω στην αλληλουχία των βάσεων (νουκλεοτιδίων) του DNA του
 - Το σύνολο της γενετικής πληροφορίας για έναν οργανισμό ονομάζεται **γονιδίωμα** (genome)
- Το γονιδίωμα περιέχει πολλά στοιχεία, ανάμεσα στα οποία και γονίδια
 - Ένα **γονίδιο** μεταφέρει την πληροφορία για την έκφραση ενός χαρακτηριστικού σε έναν οργανισμό
 - Προφανώς η πραγματικότητα είναι πιο σύνθετη!



Στην έκφραση ενός γονιδίου που κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη, η αλληλουχία των βάσεων στο DNA μεταγράφεται σε ένα μόριο RNA που υφίσταται χημικές τροποποιήσεις (επεξεργασία) για να παράγει το αγγελιαφόρο RNA που μεταφράζεται σε μια πολυπεπτιδική αλυσίδα.

Η επεξεργασία και η μετάφραση απαιτούν εξειδικευμένα μόρια RNA, πολλά από τα οποία περιέχουν αυτοσυμπληρωματικές αλληλουχίες που μπορούν να διπλωθούν και να ζευγαρώσουν, σχηματίζοντας φουρκέτες ή δομές τριφυλλιού.

Άλλα μικρά μόρια RNA μπορεί να αναστείλουν τη μεταγραφή ή τη μετάφραση. Εξειδικευμένες πρωτεΐνες είναι επίσης απαραίτητες σε κάθε στάδιο της μεταγραφής, της επεξεργασίας και της μετάφρασης.

Table 1.1 The standard genetic code

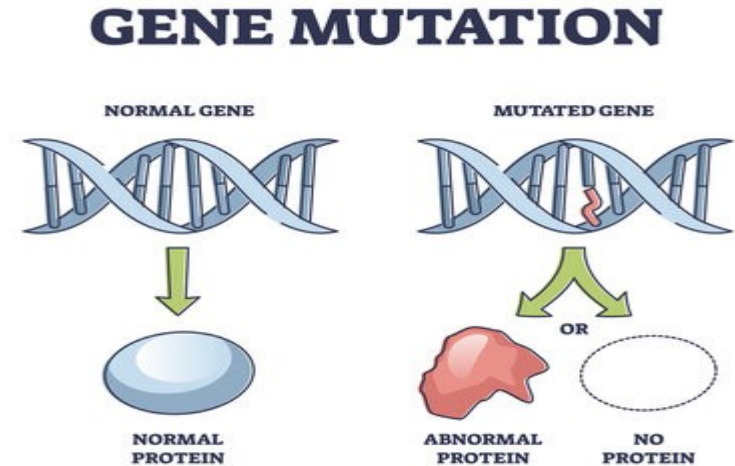
First nucleotide in codon (5' end)	Second nucleotide in codon				Third nucleotide in codon (3' end)
	U	C	A	G	
U	UUU Phe/F	UCU Ser/S	UAU Tyr/Y	UGU Cys/C	U
	UUC Phe/F	UCC Ser/S	UAC Tyr/Y	UGC Cys/C	C
	UUA Leu/L	UCA Ser/S	UAA Stop	UGA Stop	
	UUG Leu/L	UCG Ser/S	UAG Stop	UGG Trp/W	G
C	CUU Leu/L	CCU Pro/P	CAU His/H	CGU Arg/R	U
	CUC Leu/L	CCC Pro/P	CAC His/H	CGC Arg/R	C
	CUA Leu/L	CCA Pro/P	CAA Gln/Q	CGA Arg/R	A
	CUG Leu/L	CCG Pro/P	CAG Gln/Q	CGG Arg/R	G
A	AUU Ile/I	ACU Thr/T	AAU Asn/N	AGU Ser/S	U
	AUC Ile/I	ACC Thr/T	AAC Asn/N	AGC Ser/S	C
	AUA Ile/I	ACA Thr/T	AAA Lys/K	AGA Arg/R	A
	AUG Met/M	ACG Thr/T	AAG Lys/K	AGG Arg/R	G
G	GUU Val/V	GCU Ala/A	GAU Asp/D	GGU Gly/G	U
	GUC Val/V	GCC Ala/A	GAC Asp/D	GGC Gly/G	C
	GUA Val/V	GCA Ala/A	GAA Glu/E	GGA Gly/G	A
	GUG Val/V	GCG Ala/A	GAG Glu/E	GGG Gly/G	G

Βασικά στοιχεία της γενετικής

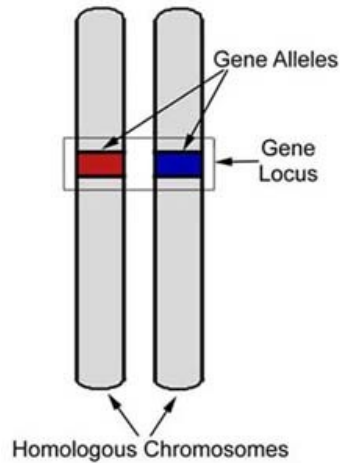
- Οι αλλαγές που προκύπτουν και κληρονομούνται στην επόμενη γενιά αφορούν δύο στάδια:
 - Μια **μετάλλαξη** αλλάζει το DNA και δημιουργεί μια νέα εναλλακτική εκδοχή του γονιδιώματος
 - Η **φυσική επιλογή** και οι άλλες εξελικτικές δυνάμεις που αλλάζουν τις αναλογίες των εναλλακτικών αυτών εκδοχών των γονιδιωμάτων σε έναν πληθυσμό

Μετάλλαξη

- **Τυχαίες** μεταβολές στο DNA από λάθη κατά την αντιγραφή του
 - Προκαλούνται αλλαγές στο γονιδίωμα
- Δημιουργεί μια εναλλακτική μορφή ενός γονιδίου
 - **Αλληλόμορφο**



Γονιδιακός τόπος και γονότυπος



- Ένας **γονιδιακός τόπος** (gene locus) είναι μια θέση στο γονιδίωμα όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ένα ή περισσότερα αλληλόμορφα σε διαφορετικά άτομα
- Ένας γονότυπος (genotype) είναι ο συνδυασμός των αλληλομόρφων που φέρονται από ένα δεδομένο άτομο σε ένα συγκεκριμένο σείτ τόπων
- Σε ένα διπλοειδές είδος, ένας **γονότυπος** σε ένα locus φέρει δύο αλληλόμορφα
 - **Ομόζυγος** ή **ετερόζυγος** γονότυπος
- **Πολυμορφισμός**: η εμφάνιση πάνω από μία μορφή γονιδίου (αλληλόμορφο) σε έναν γονιδιακό τόπο
 - ↳ Γενετική ποικιλότητα

Τύποι πολυμορφισμών

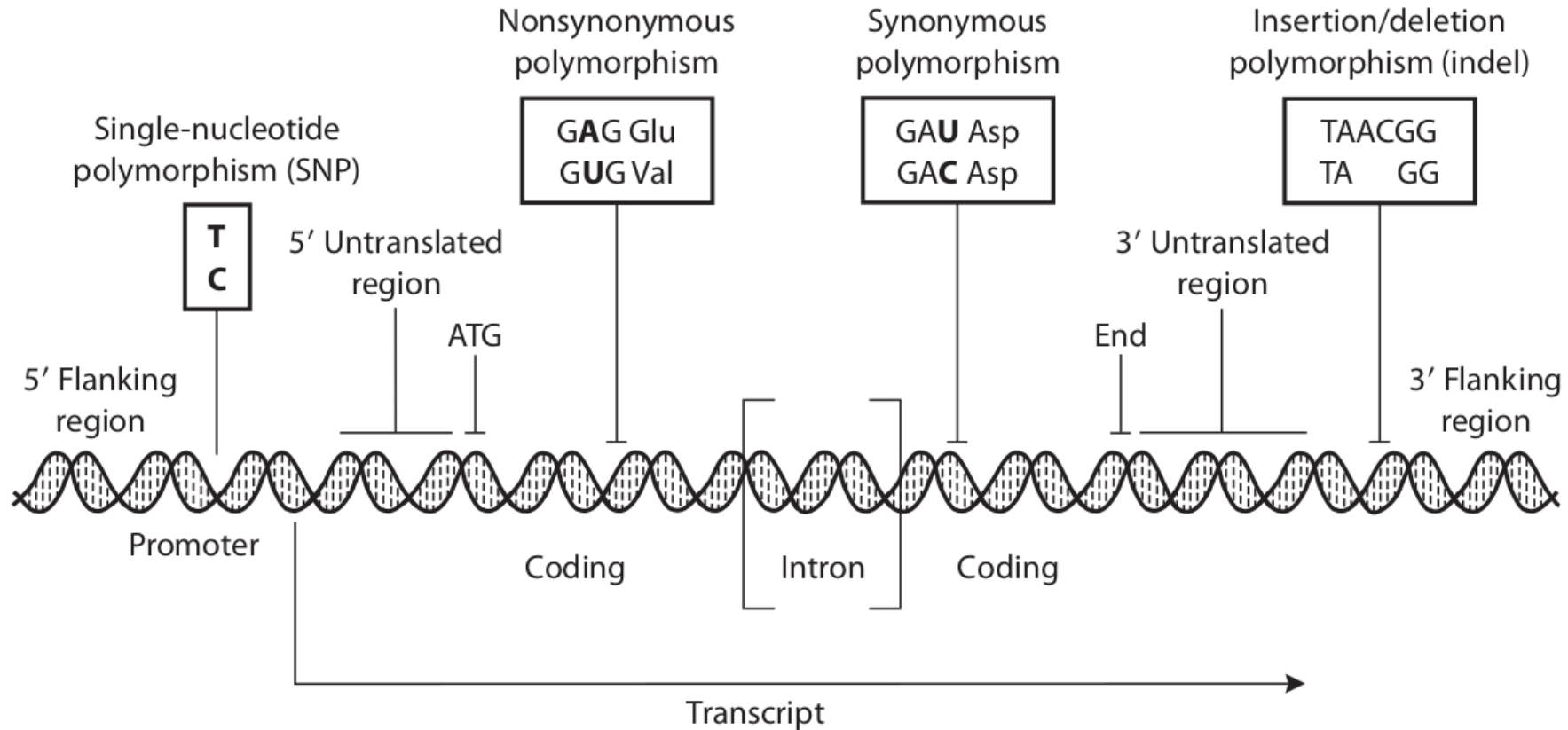
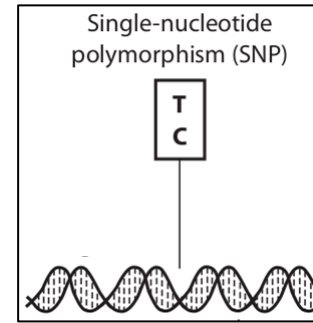


Figure 1.2 The organization of a protein-coding gene showing the major types of DNA polymorphisms that can occur with regard to individual base pairs.

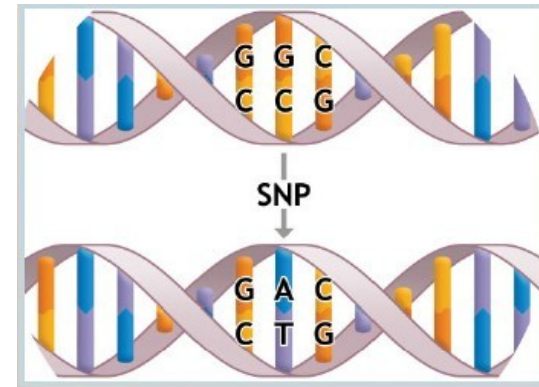
Single Nucleotide Polymorphism (SNP)



- Το ακρωνύμιο SNP σημαίνει “πολυμορφισμό ενός νουκλεοτιδίου”, όπου τα άτομα του πληθυσμού μπορεί να διαφέρουν ως προς την ταυτότητα του ζεύγους νουκλεοτιδίων που υπάρχει σε μια συγκεκριμένη **καθορισμένη θέση** στο DNA
- Το SNP ορίζει δύο «αλληλόμορφα» (T και C στην εικόνα), για τα οποία θα μπορούσαν να υπάρχουν τρεις γονότυποι: ομόζυγος T-A, ομόζυγος C-G ή ετερόζυγος (T-A σε ένα μόριο και C-G στην αντίστοιχη θέση στο DNA του ομόλογου χρωμοσώματος)
 - Η λέξη "αλληλόμορφο" βρίσκεται σε εισαγωγικά επειδή το SNP δεν χρειάζεται να βρίσκεται σε μια κωδικοποιούσα αλληλουχία ή ακόμα και σε ένα γονίδιο

SNPs

- Τα διαθέσιμα δεδομένα για το ανθρώπινο γονιδίωμα δείχνουν ότι οποιαδήποτε δύο τυχαία επιλεγμένα γονιδιώματα είναι πιθανό να διαφέρουν σε περίπου τρία εκατομμύρια θέσεις νουκλεοτιδίων
 - Είμαστε ίδιοι κατά 99,5-99,8%
- Περίπου ένα εκατομμύριο SNPs βρίσκονται σε γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες
 - Περίπου τα δύο τρίτα των SNP στα γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες βρίσκονται σε ιντρόνια



Reference genome sequence

ATGTCGTTTTGCTAGTATACGCTAGGCGTCACCCGCCATCTGTGTGAGGTGGGCCGACGAGACA
CTGTCCCTGATTTCTCCGCTTCTAATAGCACACAGGGGCAATACCAGCACAGCCAGTCTCGCAG
CAACGCTCGTCAGCAACGAAAGAGCTTAAGGCTCGCAATTGCGACTGTGAGGTGCTTGGGTG
TTTTGCACTAGCGTCAGGTACGCTAGTAGTGCCTTCTTCCAGGGGTATGTGGCTGCTGGTCA
AATGTGCGGCATACGTATTTGCTCGACGTGTTGCTCTCACGAACCTGACCTGGAGATCAAGGAGA
TGTTCTTGTGCACTGGACAGCGCTTAAAGGATGCTGAGTACGCTGATTAAGGAA
CGGAGTTGCCGACGACGAAAGCGACT
AGGAGGCGGACACTGATTGACACGGT
AATAACGGTATGCTCGGATTAAGT
GTTCCCAAAATCAAGCGGGTCATTAC
AGAATATTTAAGAAAAAGCACCCT
ATTATCGCGCCACTCTCGCTTAGT
CTAAGGCGTTACCTGATGAATCC
CGAAATATGTAGGACCGGTCATCAAAAGGTTATACCTTGTAGTAAATGTAGCCCGGCT
ATAGTACAGTAGTGCCTTGAATGGCATTCTTTATTAAGTTTTCTACAGCTAAACGATCAAG
TGCACTTCCAGAGACACTGCTCCGATTCTCCGCTTCTAATAGCACACAGGGCAATACCAGCA
CAAGCCAGTCTCGCAGCAACGCTCGTCAGCAACGAAAGAGCTTAAGGCTCGCAATTGCACTGT
CAGGGTCTGCTGGGTGTTTTGCACTAGCGTCAGGTACGCTAGTAGTGCCTTCTTCCAGGGGTA
TGTGGCTGCTGGTCAAAATGTGCGGCATACGATTGCTCGACGTGTTGCTCTCAAGAACTTGAC
CTGGAGATCAAGGAGATGTTCTTGTGCAACTGGACAGCGCTTCAACGGAACGGATCTACGTTACA
GCCTGCATAATGAAAAAGGAGTTGCCGACGACGAAAGCGACTTGGGTTCTGTCTGTTGTCATTGG
CGGAAACTTCCGTTACGAGGCGGACACTGATTGACACGGTTAGCAGAAGTTTGAAGAAATAGG
TTAAATGAGTGGTTAATAACGGTATGCTGGGATTAAGTGTAGTAGTGTGATTATCGGAGA
CGGTTTTAAGACAGGTTTCCCAAAATCAAGCGGGTCATTACAACGGTATTCTGGTAGTTAG
GTGTACAATTTAAGAAAAAGCACCCTCATCGCTAGAAATACCTACTACG
GTGCAATGCGCACTCTCGCATTAGTCGGCAGAGGTGGTGTGTTGCGAT
AGCCCTGATGAAATATCAACGGAATTGCTATAGGCTTGA
CGCTAATGGAACGGGTCATCAAAAGGTTATACCTTGTAGTTAA
CATGTATGAGTAGTGCCTTGAATGGCATTCTTTATTAAGTTTCTCTA
CAGCTAAATCCAGAGACACTGCTCCGATTCTCCGCTTCTAATAGCACACA
CGGGCAATCTCGCAGCAACGCTCGTCAGCAACGAAAGAGCTTAAGGCT
CGCAATCTGCTGGGTGTTTGCACAGCGTCAGGTACGCTAGTAGTGCCT
CTTCTTCCAGGGGTATGTTGGCTGCTGGTCAAAATGTGCGGCATACGATTGCTCGACGTGTTG



TTAACTTGAGTGGATTACTAACGGTATTTCTGGGATTAAA- - - -GTATAGTGTGAGTATCGGAGA

TTAAATTGAGTGGTTTAAATAACGGTATGTCTGGGATTAAAGTGTAGTATAGTGTGATTATCGGAGA

Your genome sequence

ATGTCGTTTTGCTAGTATACGCTAGGCGTCACCCGCCATCTGTGTGAGGTGGGCCGACGAGACA
CTGTCCCTGATTTCTCCGCTTCTAATAGCACACAGGGGCAATACCAGCACAGCCAGTCTCGCAG
CAACGCTCGTCAGCAACGAAAGAGCTTAAGGCTCGCAATTGCGACTGTGAGGTGCTTGGGTG
TTTTGCACTAGCGTCAGGTACGCTAGTAGTGCCTTCTTCCAGGGGTATGTGGCTGCTGGTCA
AATGTGCGGCATACGTATTTGCTCGACGTGTTGCTCTCACGAACCTGACCTGGAGATCAAGGAGA
TGTTCTTGTGCACTGGACAGCGCTTAAAGGATGCTGAGTACGCTGATTAAGGAA
CGGAGTTGCCGACGACGAAAGCGACT
AGGAGGCGGACACTGATTGACACGGT
AATAACGGTATGCTCGGATTAAGT
GTTCCCAAAATCAAGCGGGTCATTAC
AGAATATTTAAGAAAAAGCACCCT
ATTATCGCGCCACTCTCGCTTAGT
CTAAGGCGTTACCTGATGAATCC
CGAAATATGTAGGACCGGTCATCAAAAGGTTATACCTTGTAGTAAATGTAGCCCGGCT
ATAGTACAGTAGTGCCTTGAATGGCATTCTTTATTAAGTTTTCTACAGCTAAACGATCAAA
TTAACTTGAGTGGATTACTAACGGTATTTCTGGGATTAAA- - - -GTATAGTGTGAGTATCGGAGA
CAAGCCAGTCTCGCAGCAACGCTCGTCAGCAACGAAAGAGCTTAAGGCTCGCAATTGCACTGT
CAGGGTCTGCTGGGTGTTTTGCACTAGCGTCAGGTACGCTAGTAGTGCCTTCTTCCAGGGGTA
TGTGGCTGCTGGTCAAAATGTGCGGCATACGATTGCTCGACGTGTTGCTCTCAAGAACTTGAC
CTGGAGATCAAGGAGATGTTCTTGTGCAACTGGACAGCGCTTCAACGGAACGGATCTACGTTACA
GCCTGCATAATGAAAAAGGAGTTGCCGACGACGAAAGCGACTTGGGTTCTGTCTGTTGTCATTGG
CGGAAACTTCCGTTACGAGGCGGACACTGATTGACACGGTTAGCAGAAGTTTGAAGAAATAGG
TTAAATGAGTGGTTAATAACGGTATGCTGGGATTAAGTGTAGTAGTGTGATTATCGGAGA
CGGTTTTAAGACAGGTTTCCCAAAATCAAGCGGGTCATTACAACGGTATTCTGGTAGTTAG
GTGTACAATGCTGAAGAAATTTAAGAAAAAGCACCCTCATCGCTAGAAATACCTACTACG
GTGCAATACCTTCTGATTATCGCGCCACTCTCGCATTAGTCGGCAGAGGTGGTGTGTTGCGAT
AGCCGAGTAAATTTCAAGGCGTTACCTGATGAATATCAACGGAATTGCTATAGGCTTGA
CGCTACACGGCAGCATACGAAATATGATGAGCCGGGTCATCAAAAGGTTATACCTTGTAGTTAA
CATGTAGCCGGCCCTATTAGTACAGTAGTGCCTTGAATGGCATTCTTTATTAAGTTTCTCTA
CAGCTAAACGATCAAGTGCATCCAGAGACACTGCTCCGATTCTCCGCTTCTAATAGCACACA
CGGGCAATACCAGCACAGCCAGTCTCGCAGCAACGCTCGTCAGCAACGAAAGAGCTTAAGGCT
CGCAATTCGCACTGTGAGGTGCTTGGGTGTTTTGCACTAGCGTCAGGTACGCTAGTAGTGCCT
CTTCTTCCAGGGGTATGTGGCTGCTGGTCAAAATGTGCGGCATACGATTGCTCGACGTGTTG

GAG Glu
GUG Val

Μη συνώνυμος πολυμορφισμός

- Μη συνώνυμος (nonsynonymous – missense) πολυμορφισμός
 - Ένα SNP που υπάρχει στην κωδικοποιούσα περιοχή και μεταβάλλει ένα κωδικόνιο για να οδηγήσει σε **αντικατάσταση αμινοξέων** στην πολυπεπτιδική αλυσίδα
- Π.χ. στο παράδειγμα της εικόνας, η αντικατάσταση του πολυμορφικού νουκλεοτιδίου στο RNA (A έναντι U) προκύπτει από έναν πολυμορφισμό για τα κωδικόνια GAG έναντι GUG
 - Το GAG προσδιορίζει Glu (γλουταμινικό οξύ), ενώ το GUG προσδιορίζει Val (βαλίνη)
 - Στο ανθρώπινο γονιδίωμα, ένας πολυμορφισμός Glu/Val στη θέση του αμινοξέος 6 στο γονίδιο της βήτα-σφαιρίνης είναι υπεύθυνος για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία
 - Κατά μέσο όρο, ο κάθε άνθρωπος είναι ετερόζυγος για περίπου **6000** πολυμορφισμούς αμινοξέων

GAU Asp
GAC Asp

Συνώνυμος πολυμορφισμός

- Ένας συνώνυμος πολυμορφισμός είναι ένα SNP που υπάρχει στην κωδικοποιούσα περιοχή και παράγει ένα συνώνυμο κωδικόνιο και δεν οδηγεί σε αντικατάσταση αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα
 - Στο παράδειγμα, ένα GAU αλλάζει σε GAC, που κωδικοποιούν και τα δύο για Asp (ασπαρτικό οξύ)
 - Οι συνώνυμοι πολυμορφισμοί ονομάζονται μερικές φορές **σιωπηλοί** πολυμορφισμοί
 - Οποιαδήποτε δύο τυχαία ανθρώπινα γονιδιώματα διαφέρουν σε περίπου 7000 συνώνυμες θέσεις νουκλεοτιδίων
- Η ύπαρξη σιωπηλών πολυμορφισμών δεν είναι αδιάφορη για τους οργανισμούς
 - Σε πολλούς οργανισμούς ορισμένα κωδικόνια προτιμώνται, ειδικά σε mRNA που κωδικοποιούν πρωτεΐνες με μεγάλη αφθονία, καθώς επηρεάζεται η ταχύτητα και η ακρίβεια της μετάφρασης, η αναδίπλωση των πρωτεϊνών και η σταθερότητα του mRNA

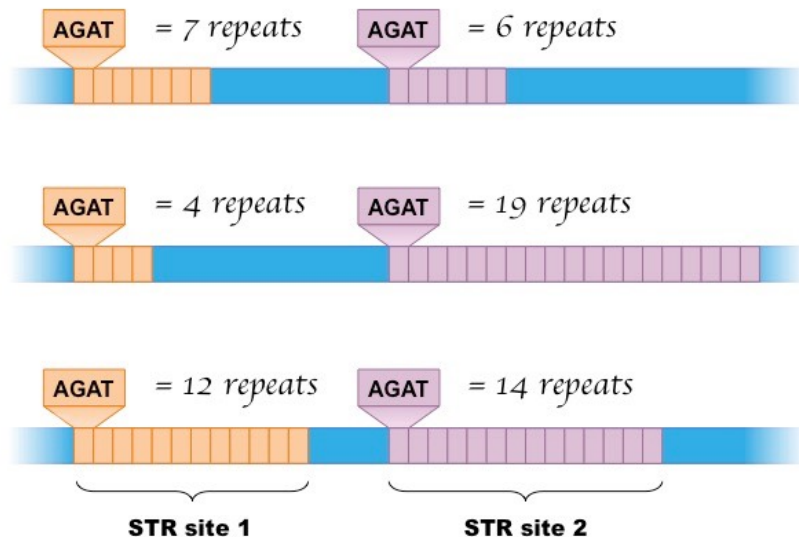
Ένθεση / Απαλοιφή (indel)



- Το indel είναι ένας πολυμορφισμός προσθήκης / αφαίρεσης
 - Τα Indel στα εξόνια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες είναι σπάνια και αυτά συνήθως βρίσκονται σε περιοχές κοντά στα γονίδια (flanking regions)
 - Τα πιο πολλά indel είναι μικρότερα από 10 ζεύγη βάσεων, αλλά μερικά είναι πολύ μεγαλύτερα
 - Τα πολύ μεγάλα indel (1-5 kb) προκαλούνται από παρεμβολές μεταθετών στοιχείων (transposable elements)

Απλή διαδοχική επανάληψη - STR

- Πολυμορφισμός γνωστός ως απλή διαδοχική επανάληψη (**simple tandem repeat - STR**), όπου τα “αλληλόμορφα” διαφέρουν ανάλογα με τον αριθμό των αντιγράφων μιας απλής αλληλουχίας νουκλεοτιδίων που επαναλαμβάνονται σε σειρά κατά μήκος του DNA
- Κάθε STR έχει τη δυνατότητα να εμφανίζει πολλαπλά αλληλόμορφα στον πληθυσμό



Απλή διαδοχική επανάληψη - STR

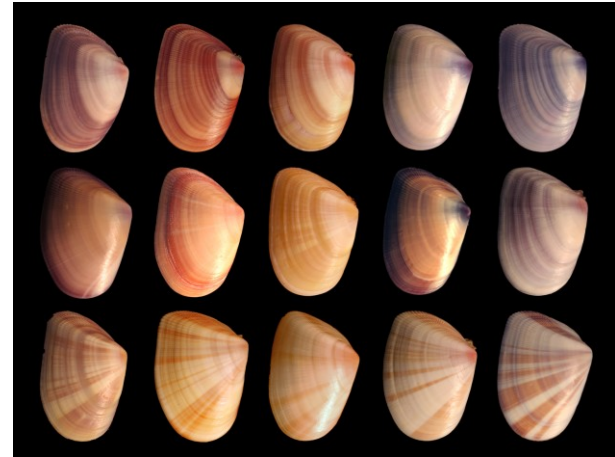
- Τα STR στα οποία η επαναλαμβανόμενη μονάδα είναι 2-9 bp ονομάζονται **μικροδορυφόροι** (SSR) και εκείνα με επαναλαμβανόμενη μονάδα 10-60 bp ονομάζονται **μίνι-δορυφόροι** (VNTR)
- Τα STR είναι χρήσιμα επειδή υπάρχουν σε χιλιάδες περιοχές διάσπαρτες σε όλο το γονιδίωμα και η καθεμία έχει δυνητικά μεγάλο αριθμό αλληλόμορφων
- Κάθε γονιδίωμα μπορεί να αναγνωριστεί μοναδικά σύμφωνα με το συγκεκριμένο αλληλόμορφο που υπάρχει σε έναν σχετικά μικρό αριθμό πολυαλληλικών θέσεων STR σε διαφορετικά χρωμοσώματα
 - Δακτυλικό αποτύπωμα DNA (**DNA fingerprinting**)

Γιατί μας ενδιαφέρουν οι γενετικοί πολυμορφισμοί;

- Για την εκτίμηση των επιπέδων της γενετικής ποικιλότητας σε πληθυσμούς με διαφορετική ιστορία, σύσταση, δημογραφική κατάσταση, κ.α.
- Για τη σύνδεση πολυμορφισμών με παράγοντες κινδύνου με συγκεκριμένες ασθένειες
- Για την αναγνώριση ατόμων ανάμεσα σε άλλα σε έναν πληθυσμό (π.χ. εγκληματολογία, καταγωγή, καθορισμό συγγένειας, κ.α.)
- Για τη σύνδεση πολυμορφισμών με χαρακτήρες παραγωγής σε αγροτικά φυτά και ζώα
- Για την παρακολούθηση των κινδύνων σε είδη κλειδιά σχετικά με την έκθεσή τους σε περιβαλλοντικούς κινδύνους
- Για τη μελέτη της εξέλιξης των ανθρώπινων πληθυσμών ή και άλλων ειδών
- Για φυλογενετικές έρευνες σε ομάδες ειδών
- Για την προστασία της βιοποικιλότητας

Γενετική ποικιλότητα

- Για κάθε γονίδιο μπορεί να υπάρχουν περισσότερα αλληλόμορφα σε έναν πληθυσμό
 - **Γενετική ποικιλότητα**
- Κάθε αλληλόμορφο μπορεί να υπάρχει σε διαφορετικές αναλογίες (συχνότητες)



Οι ανθρώπινες φυλές δεν έχουν γενετική βάση



Richard Lewontin

Comparison of genetic variation between two native populations from different continents

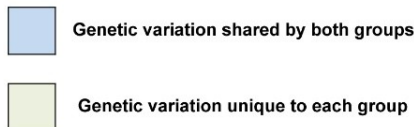
Population one

CAAG	ATAA	TAAA	TTAA	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC	TGCC
GGGC	AAAA	GCGG	TTAT	CCGG	CCGC	GGCC	GGAG	CCTC	GCCG
AACA	CAAC	GAAG	TAGG	TTTC	TCCT	ATCG	AAGC	TGGC	GGTT
AAGT	TTTA	GTCA	ATGC	TATT	ACAA	CAGT	ACTG	CTTC	GGGT
ACCA	TACG	CCAC	CAAA	TTCC	CGAA	CCCC	TCTT	TCAG	GGGA
CCAG	CTTT	GTGG	GTAC	AGGG	GGTA	TTGG	GTCG	CTTG	GTTG
TGGT	ACCG	CATT	AGCC	TAGA	CAAT	AAAC	AACC	TTTT	TTCT
TGTT	GGGG	CCAT	TTGT	AAAT	TTTG	CACC	GAGG	ACTA	AGGA
GGAA	GCGG	AGAA	TAAT	TTCC	CCTG	GAAA	TTAG	AATG	CCAA
CGGG	AAGA	CCCA	GACT	GATC	CGGC	AATT	GGTG	AATA	AGTT

Population two

CAAG	ATAA	TAAA	TTAA	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC	TGAC	TGCC
GGGC	AAAA	GCGA	TTAT	CCGG	CCGC	GGCC	GGAG	CCTC	GCCG
AACA	CAAC	GAAG	TAGG	TTTC	TCCT	AGCG	AAGC	TGGG	GGTT
AAGG	TTTA	TAAC	ATGC	TATT	ACAA	CAGT	ACTG	CTTC	GGGT
ACCA	TACG	CCAC	CAAA	TTCC	GGCA	CCCC	TCTT	TCAG	GGGA
CCCG	CTTT	GTGG	GTAC	AGGG	GGTA	ATTG	GTCG	CTTG	GTTG
TGGT	ACCG	CATT	AGCC	TACA	CAAT	AAAC	AACC	TTTT	TTCT
TGTT	GGGG	CCAT	TTGT	AAAT	TTTG	CACC	GAGG	GCTA	AGGA
GGAA	GATA	AGAA	TAAT	TTCC	CCTT	GAAA	TTAG	AATG	CCAA
CGGG	AAGA	CCCA	GACT	GATC	CGGC	AATT	GGTG	ATTA	AGTT

- Οι ανθρώπινοι πληθυσμοί διαφοροποιούνται ελάχιστα
- Η ποικιλότητα μέσα στους πληθυσμούς είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι η διαφοροποίηση ανάμεσα σε αυτούς



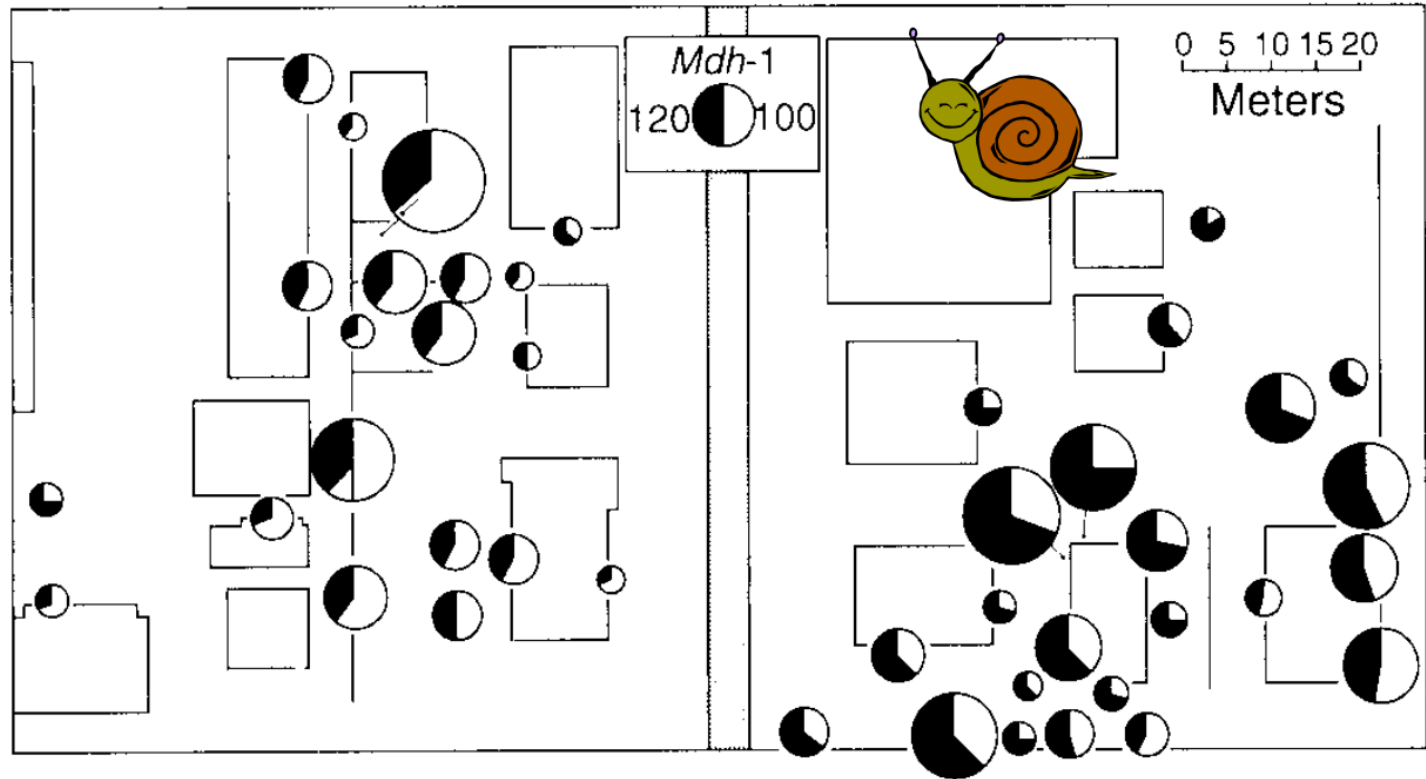
85 percent of genetic variation is shared by both groups

15 percent of genetic variation is unique to each group

RC Lewontin 1972: The Apportionment of Human Diversity. Evolutionary Biology

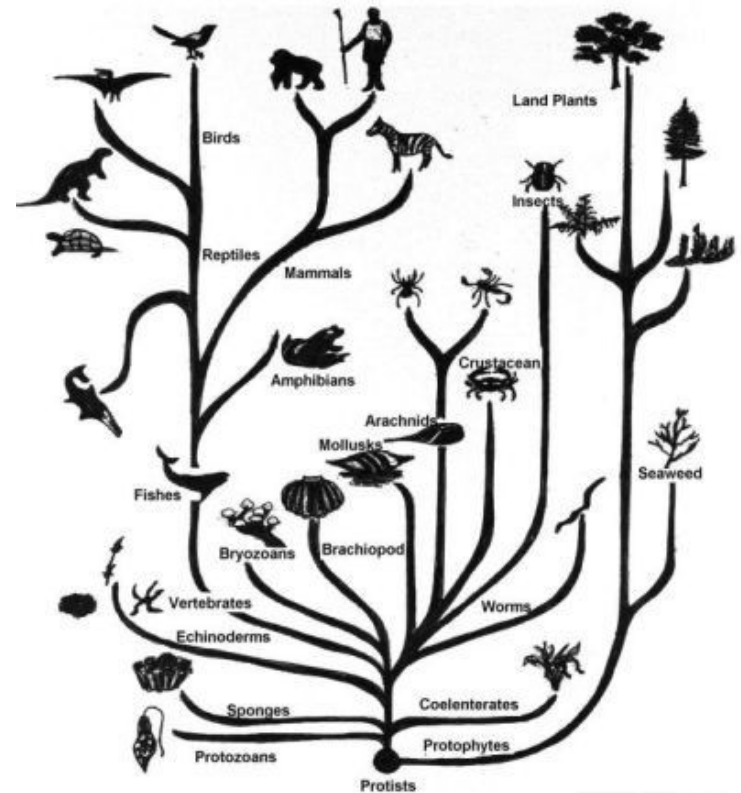
Η γενετική ποικιλότητα μεταβάλλεται στον χώρο

Διαφορές μεταξύ δύο πληθυσμών σαλιγκαριών σε δύο γειτονικά αστικά τετράγωνα (συχνότητα του αλληλομόρφου *Mdh-1*), όπου ο δρόμος πιθανόν να αποτελεί σημείο αλλαγής της γενετικής ποικιλότητας στο χώρο



Η γενετική ποικιλότητα μεταβάλλεται στον χρόνο

- Η γενετική ποικιλότητα στους πληθυσμούς δεν παραμένει σχεδόν ποτέ σταθερή, αλλά μεταβάλλεται στον χρόνο
- Οι μεταβολές της γενετικής ποικιλότητας στον χρόνο οδηγούν στην **εξέλιξη** των οργανισμών
- Η εξέλιξη των ειδών είναι η διαδικασία που οδήγησε στη σημερινή ποικιλομορφία της ζωής



Πληθυσμός

- Ένα σύνολο ομοειδών αλληλοαναπαραγόμενων οργανισμών
 - Ένα είδος;
 - Όχι πάντα
 - Μία γεωγραφική περιοχή;
 - Όχι πάντα
 - Δυνατότητα αναπαραγωγής
- Ο πληθυσμός έχει στο σύνολό του μία **γονιδιακή δεξαμενή** (gene pool) με συγκεκριμένη γενετική δομή
- Ένας πληθυσμός μπορεί να αποτελείται και από υποπληθυσμούς



Τεχνικές έρευνας πολυμορφισμών DNA: μοριακοί δείκτες (molecular markers)

- Πρωτεϊνικοί πολυμορφισμοί
 - Ηλεκτροφόρηση αλλοενζύμων (ισοένζυμα)
- Νουκλεοτιδικοί πολυμορφισμοί (DNA & RNA)
 - Με τη χρήση περιοριστικών ενζύμων
 - Restriction Fragment Length Polymorphisms (RFLPs)
 - Με τη χρήση της PCR
 - Τυχαίοι μοριακοί κυρίαρχοι δείκτες (iSSR, RAPD)
 - Short Tandem Repeats (STR)
 - Με ταυτόχρονη χρήση PCR & περιοριστικών ενζύμων (AFLPs, PCR-RFLPs)
- Με τεχνολογίες αλληλούχησης



RC Lewontin

Plant	Sample	Population	Latitude	Longitude	SNP1	SNP2	SNP3	SNP4	SNP5	SNP6	SNP7	SNP8	SNP9	SNP10	SNP11	SNP12	SNP13	SNP14	SNP15	SNP16	SNP17	SNP18	SNP19	SNP20	SNP21	SNP22	SNP23	SNP24
900		1 Laista1	39.96868386	20.99789507	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
901		2 Laista1	39.97243543	20.99980303	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
902		3 Laista1	39.97902573	20.99238403	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
903		4 Laista1	39.98135938	20.99241043	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
904		5 Laista1	39.98305714	20.99223054	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
909		6 Laista1	39.97902943	20.98282963	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
913		8 Laista2	39.99659551	20.9515825	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
915		9 Laista2	40.00702338	20.95387095	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
917		10 Laista2	40.00497438	20.95473515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
918		11 Laista2	40.00441432	20.95364733	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
919		12 Laista2	40.00696321	20.95912121	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1002		13 Vermio1	40.61530233	21.95176588	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
1003		14 Vermio1	40.61938671	21.95325831	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1004		15 Vermio1	40.61729914	21.9536317	C/T	G/G	C/G	A/A	A/A	C/C	A/G	G/G	C/C	A/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	G/G	C/G	A/G	C/T	C/G	A/G	A/C
1005		16 Vermio1	40.61853276	21.95513081	C/C	G/G	C/C	C/C	G/G	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
1008		17 Vermio1	40.62140865	21.95069267	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1009		18 Vermio1	40.61919817	21.94745027	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1011		19 Vermio2	40.61692858	21.94747247	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1012		20 Vermio2	40.61602284	21.94770116	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1013		21 Vermio2	40.61517572	21.9476798	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1014		22 Vermio2	40.61520667	21.94688687	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1015		23 Vermio2	40.61563394	21.94609362	C/C	C/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1016		24 Vermio2	40.61550366	21.94535291	C/T	G/G	C/C	A/C	A/G	C/T	A/A	G/G	A/C	G/G	C/T	A/T	C/C	C/C	A/G	A/G	A/G	A/G	C/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
3701		25 Tymfi1	39.99978444	20.81702219	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3702		26 Tymfi1	40.00008019	20.82615545	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3703		27 Tymfi1	40.00240321	20.81791944	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3704		28 Tymfi1	40.00058735	20.81870654	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3707		30 Tymfi1	39.9925894	20.82069406	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	T/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
3708		31 Tymfi2	39.99260547	20.82029515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3709		32 Tymfi2	39.99237061	20.82059882	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3711		33 Tymfi2	39.99188837	20.82042212	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3712		34 Tymfi2	39.99211359	20.8191118	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3714		35 Tymfi2	39.99198699	20.82138952	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3715		36 Tymfi2	40.00122054	20.81618245	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3802		37 Metsovo1	39.80913423	21.16995889	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3803		38 Metsovo1	39.79671429	21.17854949	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
					7	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
					6	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
					1	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
					3	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
					6	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
					4	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
					2	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	T/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
					2	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A



Pinus heldreichii

Καταγραφή γενετικής ποικιλομορφίας

- Έστω ένας γενετικός τόπος με δύο αλληλόμορφα, A και a
 - p : η συχνότητα του αλληλόμορφου A
 - q : η συχνότητα του αλληλόμορφου a
- Οι τρεις δυνατοί γονότυποι είναι AA , Aa και aa
 - P : η συχνότητα του γονοτύπου AA
 - H : η συχνότητα του γονοτύπου Aa
 - Q : η συχνότητα του γονοτύπου aa
- *Τι είναι η “συχνότητα”;*

Συχνότητα μιας παρατήρησης σε ένα δείγμα

- Σε ένα δείγμα μεγέθους N , κάνουμε την παρατήρηση του φαινομένου x για Nx φορές:
 - Η απόλυτη συχνότητα του x στο δείγμα είναι N_x
 - Η σχετική συχνότητα του x στο δείγμα είναι N_x/N
- Παράδειγμα, σε ένα δείγμα 100 ανθρώπων παρατηρούμε ότι οι 32 είναι παιδιά κάτω των 10 ετών. Ποια είναι η απόλυτη και ποια η σχετική συχνότητα των παιδιών κάτω των 10 ετών;
 - Η απόλυτη συχνότητα του x στο δείγμα είναι $N_x = 32$
 - Η σχετική συχνότητα του x στο δείγμα είναι $N_x/N = 32/100 = 0.32$
- Όταν αναφερόμαστε στις συχνότητες γονοτύπων ή αλληλομόρφων, εννοούμε τις σχετικές συχνότητες

Συχνότητες αλληλομόρφων και γονοτύπων

Συχνότητες γονοτύπων

$$P = \frac{N_{AA}}{N}$$

$$H = \frac{N_{Aa}}{N}$$

$$Q = \frac{N_{aa}}{N}$$

Συχνότητες αλληλομόρφων

$$p = \frac{2N_{AA} + N_{Aa}}{2N}$$

$$q = \frac{2N_{aa} + N_{Aa}}{2N}$$

Παράδειγμα

Σε έναν πληθυσμό με 200 άτομα, σε ένα γονίδιο με δύο αλληλόμορφα (A & a), παρατηρούμε τους παρακάτω γονότυπους. Να υπολογίσετε τις συχνότητες των αλληλομόρφων A και a.

Γονότυπος	Αριθμός	A	a	
AA	83			
Aa	62			
aa	55			

Παράδειγμα

Σε έναν πληθυσμό με 200 άτομα, σε ένα γονίδιο με δύο αλληλόμορφα (A & a), παρατηρούμε τους παρακάτω γονότυπους. Να υπολογίσετε τις συχνότητες των αλληλομόρφων A και a.

Γονότυπος	Αριθμός	A	a
AA	83	166	0
Aa	62	62	62
aa	55	0	110

Παράδειγμα

Σε έναν πληθυσμό με 200 άτομα, σε ένα γονίδιο με δύο αλληλόμορφα (A & a), παρατηρούμε τους παρακάτω γονότυπους. Να υπολογίσετε τις συχνότητες των αλληλομόρφων A και a.

Γονότυπος	Αριθμός	A	a
AA	83	166	0
Aa	62	62	62
aa	55	0	110

228

172

$$A \rightarrow 228/400 = 0.57$$

$$a \rightarrow 172/400 = 0.43$$

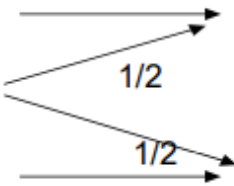
Παράδειγμα

Μπορούμε να βρούμε τις συχνότητες των αλληλομόρφων από αυτές των γονοτύπων;

Γονότυπος	Αριθμός	Συχνότητα γονότυπου
AA	83	0.415
Aa	62	0.31
aa	55	0.275

Παράδειγμα

Μπορούμε να βρούμε τις συχνότητες των αλληλομόρφων από αυτές των γονοτύπων;

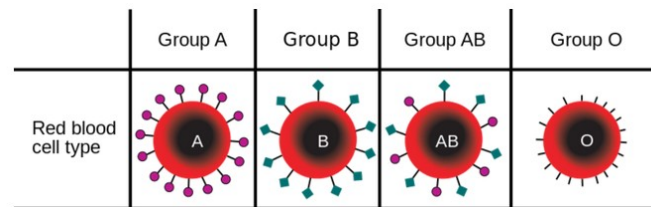
Γονότυπος	Αριθμός	Συχνότητα γονότυπου	
AA	83	0.415	
Aa	62	0.31	
aa	55	0.275	
			0.57 A
			0.43 a

Γονίδια με περισσότερα αλληλόμορφα

Σε έναν πληθυσμό, για το γονίδιο των ομάδων αίματος ABO, παρατηρούνται οι εξής απόλυτες συχνότητες γονοτύπων.

Γονότυπος	Απόλυτη συχνότητα
AA	24
AO	12
AB	22
BB	14
BO	16
OO	12
	100

Ποιες είναι οι συχνότητες των αλληλομόρφων;



Ετεροζυγωτία (heterozygosity)

- Ετεροζυγωτία ενός οργανισμού
 - Η αναλογία των ετερόζυγων γονιδιακών θέσεων ως προς το σύνολο των γονιδιακών θέσεων στο γονιδίωμα
- Ετεροζυγωτία ενός πληθυσμού
 - Σε μία γονιδιακή θέση, είναι η αναλογία των ετερόζυγων γονοτύπων ως προς το σύνολο των ατόμων ενός πληθυσμού
 - Λέγεται και **παρατηρούμενη ετεροζυγωτία** (H_o - observed heterozygosity)
- Ποια είναι η ετεροζυγωτία του πληθυσμού στο προηγούμενο παράδειγμα;

Plant	Sample	Population	Latitude	Longitude	SNP1	SNP2	SNP3	SNP4	SNP5	SNP6	SNP7	SNP8	SNP9	SNP10	SNP11	SNP12	SNP13	SNP14	SNP15	SNP16	SNP17	SNP18	SNP19	SNP20	SNP21	SNP22	SNP23	SNP24	
900	1	Laista1	39.96868386	20.99789507	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
901	2	Laista1	39.97243543	20.99980303	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
902	3	Laista1	39.97902573	20.99238403	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
903	4	Laista1	39.98135938	20.99241043	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
904	5	Laista1	39.98305714	20.99223054	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
909	6	Laista1	39.97902943	20.98282963	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
913	8	Laista2	39.99659551	20.9515825	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
915	9	Laista2	40.00702338	20.95387095	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
917	10	Laista2	40.00497438	20.95473515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
918	11	Laista2	40.00441432	20.95364733	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
919	12	Laista2	40.00696321	20.95912121	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1002	13	Vermio1	40.61530233	21.95176588	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
1003	14	Vermio1	40.61636471	21.95325831	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1004	15	Vermio1	40.61729914	21.9536317	C/T	G/G	C/G	A/A	A/A	C/C	A/G	G/G	C/C	A/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	G/G	C/G	A/G	C/T	C/G	A/G	A/C	
1005	16	Vermio1	40.61853276	21.95513081	C/C	G/G	C/C	C/C	G/G	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
1008	17	Vermio1	40.62140865	21.95069267	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1009	18	Vermio1	40.61919817	21.94745027	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1011	19	Vermio2	40.61692858	21.94747247	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1012	20	Vermio2	40.61602284	21.94770116	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1013	21	Vermio2	40.61517572	21.9476798	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1014	22	Vermio2	40.61520667	21.94688687	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1015	23	Vermio2	40.61563394	21.94609362	C/C	C/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1016	24	Vermio2	40.61550366	21.94535291	C/T	G/G	C/C	A/C	A/G	C/T	A/A	G/G	A/C	G/G	C/T	A/T	C/C	C/C	A/G	A/G	A/G	A/G	C/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C	
3701	25	Tymfi1	39.99978444	20.81702219	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A	
3702	26	Tymfi1	40.00080819	20.82615545	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3703	27	Tymfi1	40.00122054	20.81618245	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3704	28	Tymfi1	39.80913423	21.16995889	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A	
3707	30	Tymfi1	39.79671429	21.17854949	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3708	31	Tymfi2	39.79694374	21.18242887	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3709	32	Tymfi2	39.79701374	21.18382736	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3711	33	Tymfi2	39.80735672	21.19169771	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3712	34	Tymfi2	39.76337286	21.22775652	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3714	35	Tymfi2	39.74956505	21.22406256	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3715	36	Tymfi2	39.75156841	21.23628264	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3802	37	Metsovo1	39.80913423	21.16995889	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A	
3803	38	Metsovo1	39.79671429	21.17854949	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3804	39	Metsovo1	39.79694374	21.18242887	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3805	40	Metsovo1	39.79701374	21.18382736	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3808	41	Metsovo1	39.80735672	21.19169771	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3810	42	Metsovo1	39.79940768	21.19265193	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3813	43	Metsovo2	39.74956505	21.22406256	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3814	44	Metsovo2	39.75156841	21.23628264	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3816	45	Metsovo2	39.75295623	21.23139552	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	T/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G	
3818	47	Metsovo2	39.76337286	21.22775652	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	

Στον πληθυσμό Laista, στο SNP19, υπολογίστε τις συχνότητες των γονοτύπων και των αλληλομόρφων και βρείτε την παρατηρούμενη ετεροζυγωτία

Plant	Sample	Population	Latitude	Longitude	SNP1	SNP2	SNP3	SNP4	SNP5	SNP6	SNP7	SNP8	SNP9	SNP10	SNP11	SNP12	SNP13	SNP14	SNP15	SNP16	SNP17	SNP18	SNP19	SNP20	SNP21	SNP22	SNP23	SNP24	
900	1	Laista1	39.96868386	20.99789507	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
901	2	Laista1	39.97243543	20.99980303	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
902	3	Laista1	39.97902573	20.99238403	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
903	4	Laista1	39.98135938	20.99241043	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
904	5	Laista1	39.98305714	20.99223054	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
909	6	Laista1	39.97902943	20.98282963	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
913	8	Laista2	39.99659551	20.9515825	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
915	9	Laista2	40.00702338	20.95387095	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
917	10	Laista2	40.00497438	20.95473515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
918	11	Laista2	40.00441432	20.95364733	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
919	12	Laista2	40.00696321	20.95912121	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1002	13	Vermio1	40.61530233	21.95176588	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
1003	14	Vermio1	40.61636471	21.95325831	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1004	15	Vermio1	40.61729914	21.9536317	C/T	G/G	C/G	A/A	A/A	C/C	A/G	G/G	C/C	A/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	G/G	C/G	A/G	C/T	C/G	A/G	A/C
1005	16	Vermio1	40.61853276	21.95513081	C/C	G/G	C/C	C/C	G/G	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
1008	17	Vermio1	40.62140865	21.95069267	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1009	18	Vermio1	40.61919817	21.94745027	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1011	19	Vermio2	40.61692858	21.94747247	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1012	20	Vermio2	40.61602284	21.94770116	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1013	21	Vermio2	40.61517572	21.94767798	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1014	22	Vermio2	40.61520667	21.94688687	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1015	23	Vermio2	40.61563394	21.94609362	C/C	C/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1016	24	Vermio2	40.61550366	21.94535291	C/T	G/G	C/C	A/C	A/G	C/T	A/A	G/G	A/C	G/G	C/T	A/T	C/C	C/C	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
3701	25	Tymfi1	39.999784																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3702	26	Tymfi1	40.000080																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3703	27	Tymfi1	40.002403																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3704	28	Tymfi1	40.000587																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3707	30	Tymfi1	39.99258																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G	
3708	31	Tymfi2	39.992605																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3709	32	Tymfi2	39.992370																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3711	33	Tymfi2	39.991888																G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A	
3712	34	Tymfi2	39.992113																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3714	35	Tymfi2	39.991986																G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3715	36	Tymfi2	40.00122054	20.81618245	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3802	37	Metsovo1	39.80913423	21.16005880	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3803	38	Metsovo1	39.79671429																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3804	39	Metsovo1	39.79694374																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3805	40	Metsovo1	39.79701374																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3808	41	Metsovo1	39.80735672																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3810	42	Metsovo1	39.79940768																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3813	43	Metsovo2	39.74956505																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3814	44	Metsovo2	39.75156841																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3816	45	Metsovo2	39.75295623																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G	
3818	47	Metsovo2	39.76337286	21.22775652	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	

Στον πληθυσμό Laista, στο SNP18, υπολογίστε τις συχνότητες των γονοτύπων και των αλληλομόρφων και βρείτε την παρατηρούμενη ετεροζυγωτία

Σε ποιο SNP από τα δύο υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλότητα για τον πληθυσμό αυτόν;

Δείκτες (metrics) γενετικής ποικιλότητας

- Η παρατηρούμενη ετεροζυγωτία συχνά χρησιμοποιείται για να εκφράσει το μέγεθος της γενετικής ποικιλότητας
 - Δεν είναι όμως πάντα ο κατάλληλος δείκτης
- Ο αριθμός των αλληλομόρφων που παρατηρούνται σε ένα γονίδιο σε έναν πληθυσμό είναι η πιο απλή μέτρηση της ποικιλότητας
 - Λέγεται και αφθονία αλληλομόρφων ***n***

Plant	Sample	Population	Latitude	Longitude	SNP1	SNP2	SNP3	SNP4	SNP5	SNP6	SNP7	SNP8	SNP9	SNP10	SNP11	SNP12	SNP13	SNP14	SNP15	SNP16	SNP17	SNP18	SNP19	SNP20	SNP21	SNP22	SNP23	SNP24		
900	1	Laista1	39.96868386	20.99789507	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
901	2	Laista1	39.97243543	20.99980303	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
902	3	Laista1	39.97902573	20.99238403	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
903	4	Laista1	39.98135938	20.99241043	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
904	5	Laista1	39.98305714	20.99223054	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
909	6	Laista1	39.97902943	20.98282963	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
913	8	Laista2	39.99659551	20.9515825	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
915	9	Laista2	40.00702338	20.95387095	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
917	10	Laista2	40.00497438	20.95473515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
918	11	Laista2	40.00441432	20.95364733	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
919	12	Laista2	40.00696321	20.95912121	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1002	13	Vermio1	40.61530233	21.95176588	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
1003	14	Vermio1	40.61636471	21.95325831	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1004	15	Vermio1	40.61729914	21.9536317	C/T	G/G	C/G	A/A	A/A	C/C	A/G	G/G	C/C	A/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	G/G	C/G	A/G	C/T	C/G	A/G	A/C	
1005	16	Vermio1	40.61853276	21.95513081	C/C	G/G	C/C	C/C	G/G	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
1008	17	Vermio1	40.62140865	21.95069267	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1009	18	Vermio1	40.61919817	21.94745027	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1011	19	Vermio2	40.61692858	21.94747247	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1012	20	Vermio2	40.61602284	21.94770116	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1013	21	Vermio2	40.61517572	21.9476798	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1014	22	Vermio2	40.61520667	21.94688687	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1015	23	Vermio2	40.61563394	21.94609362	C/C	C/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
1016	24	Vermio2	40.61550366	21.94535291	C/T	G/G	C/C	A/C	A/G	C/T	A/A	G/G	A/C	G/G	C/T	A/T	C/C	C/C	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C	
3701	25	Tymfi1	39.99978444	39.99978444	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A	
3702	26	Tymfi1	40.00008019	40.00008019	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3703	27	Tymfi1	40.00240321	40.00240321	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3704	28	Tymfi1	40.00058735	40.00058735	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3707	30	Tymfi1	39.9925894	39.9925894	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G	
3708	31	Tymfi2	39.99260547	39.99260547	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3709	32	Tymfi2	39.99237061	39.99237061	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3711	33	Tymfi2	39.99188837	39.99188837	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A	
3712	34	Tymfi2	39.99211359	39.99211359	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3714	35	Tymfi2	39.99198699	20.82138952	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3715	36	Tymfi2	40.00122054	20.81618245	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3802	37	Metsovo1	39.80913423	21.16995889	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A	
3803	38	Metsovo1	39.79671429	21.17854949	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3804	39	Metsovo1	39.79694374	21.18242887	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3805	40	Metsovo1	39.79701374	21.18382736	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3808	41	Metsovo1	39.80735672	21.19169771	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3810	42	Metsovo1	39.79940768	21.19265193	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3813	43	Metsovo2	39.74956505	21.22406256	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3814	44	Metsovo2	39.75156841	21.23628264	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3816	45	Metsovo2	39.75295623	21.23139552	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	T/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G	
3818	47	Metsovo2	39.76337286	21.22775652	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	

Στο SNP18, ποιος πληθυσμός έχει μεγαλύτερη αφθονία αλληλομόρφων, η Laista ή το Vermio;

Στο SNP18, ποιος πληθυσμός έχει
μεγαλύτερη αφθονία αλληλομόρφων, η
Laista ή το Vermio;

Plant	Sample	Population	Latitude	Longitude	SNP1	SNP2	SNP3	SNP4	SNP5	SNP6	SNP7	SNP8	SNP9	SNP10	SNP11	SNP12	SNP13	SNP14	SNP15	SNP16	SNP17	SNP18	SNP19	SNP20	SNP21	SNP22	SNP23	SNP24
900	1	Laista1	39.96868386	20.99789507	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
901	2	Laista1	39.97243543	20.99980303	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
902	3	Laista1	39.97902573	20.99238403	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
903	4	Laista1	39.98135938	20.99241043	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
904	5	Laista1	39.98305714	20.99223054	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
909	6	Laista1	39.97902943	20.98282963	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
913	8	Laista2	39.99659551	20.9515825	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
915	9	Laista2	40.00702338	20.95387095	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
917	10	Laista2	40.00497438	20.95473515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
918	11	Laista2	40.00441432	20.95364733	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
919	12	Laista2	40.00696321	20.95912121	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1002	13	Vermio1	40.61530233	21.95176588	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
1003	14	Vermio1	40.61636471	21.95325831	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1004	15	Vermio1	40.61729914	21.9536317	C/T	G/G	C/G	A/A	A/A	C/C	A/G	G/G	C/C	A/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	G/G	C/G	A/G	C/T	C/G	A/G	A/C
1005	16	Vermio1	40.61853276	21.95513081	C/C	G/G	C/C	C/C	G/G	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
1008	17	Vermio1	40.62140865	21.95069267	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1009	18	Vermio1	40.61919817	21.94745027	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1011	19	Vermio2	40.61692858	21.94747247	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1012	20	Vermio2	40.61602284	21.94770116	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1013	21	Vermio2	40.61517572	21.9476798	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1014	22	Vermio2	40.61520667	21.94688687	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1015	23	Vermio2	40.61563394	21.94609362	C/C	C/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1016	24	Vermio2	40.61550366	21.94535291	C/T	G/G	C/C	A/C	A/G	C/T	A/A	G/G	A/C	G/G	C/T	A/T	C/C	C/C	A/G	A/G	A/G	A/G	C/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
3701	25	Tymfi1	39.99978444	20.81702219	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3702	26	Tymfi1	40.0000801																G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3703	27	Tymfi1	40.0024032																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3704	28	Tymfi1	40.0005873																G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3707	30	Tymfi1	39.992589																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
3708	31	Tymfi2	39.9926054																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3709	32	Tymfi2	39.9923704																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3711	33	Tymfi2	39.9918883																G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3712	34	Tymfi2	39.9921133																G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3714	35	Tymfi2	39.9919869																G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3715	36	Tymfi2	40.00122054	20.81618245	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3802	37	Metsovo1	39.80913423	21.16995889	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3803	38	Metsovo1	39.79671429	21.17854949	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3804	39	Metsovo1	39.79694374	21.18242887	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3805	40	Metsovo1	39.79701374	21.18382736	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3808	41	Metsovo1	39.80735672	21.19169771	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3810	42	Metsovo1	39.79940768	21.19265193	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3813	43	Metsovo2	39.74956505	21.22406256	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3814	44	Metsovo2	39.75156841	21.23628264	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3816	45	Metsovo2	39.75295623	21.23139552	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	T/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
3818	47	Metsovo2	39.76337286	21.22775652	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A

Στο **SNP24**, ποιος πληθυσμός έχει μεγαλύτερη αφθονία αλληλομόρφων, η **Laista** ή το **Vermio**;

Δείκτες ισοκατανομής

- Ο αριθμός των αλληλομόρφων δεν λαμβάνει υπόψη του τη συχνότητά τους
 - Τα σπάνια και τα συχνά αλληλόμορφα έχουν την ίδια βαρύτητα
- Όμως οι συχνότητες των αλληλομόρφων επηρεάζουν την γενετική ποικιλότητα, οπότε χρησιμοποιούμε δείκτες ισοκατανομής των συχνοτήτων των αλληλομόρφων
 - Ποιος από τους δύο πληθυσμούς έχει την μεγαλύτερη γενετική ποικιλότητα:

		Πληθυσμός A	Πληθυσμός B
A	p	0.1	0.55
a	q	0.9	0.45

Λειτουργικός αριθμός αλληλομόρφων

- Για να βρούμε τον αριθμό των αλληλομόρφων που είναι σχετικά συχνά στον πληθυσμό χρησιμοποιούμε το λειτουργικό αριθμό αλληλομόρφων (n_e):

$$n_e = \left(\sum p_i^2 \right)^{-1}$$

- Είναι 1 / το σύνολο των τετραγώνων των συχνοτήτων όλων των αλληλομόρφων ενός πληθυσμού

Αναμενόμενη ετεροζυγωτία

- Παράγωγο του λειτουργικού αριθμού των αλληλομόρφων είναι ένα μέγεθος που χρησιμοποιείται συχνότατα στις γενετικές έρευνες
 - Λέγεται γονιδιακή διασπορά ή αναμενόμενη ετεροζυγωτία ή ποικιλότητα και συμβολίζεται με H_e
 - Είναι η πιθανότητα δύο τυχαία αλληλόμορφα ενός δείγματος να είναι διαφορετικά

$$H_e = 1 - \sum p_i^2$$

- Είναι $1 -$ το σύνολο των τετραγώνων των συχνοτήτων όλων των αλληλομόρφων ενός πληθυσμού

Δείκτες ισοκατανομής

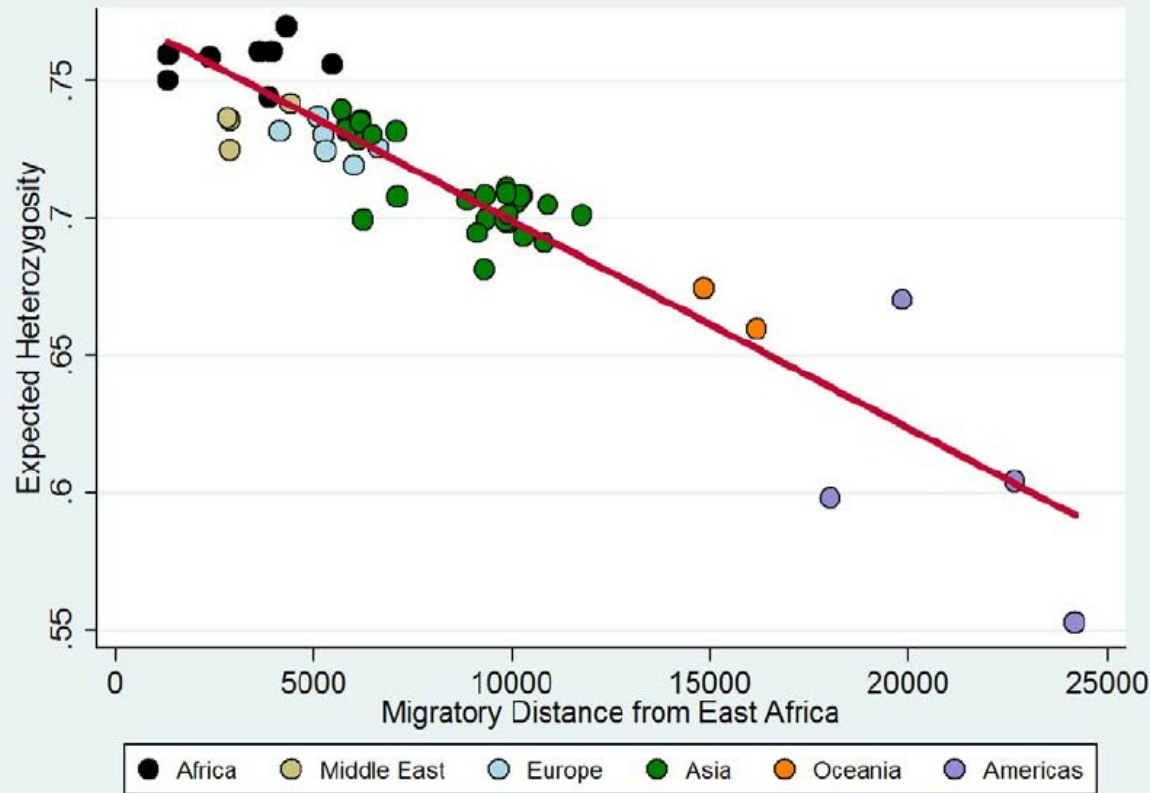
- Υπολογίστε τον λειτουργικό αριθμό αλληλομόρφων και την αναμενόμενη ετεροζυγωτία για τους δύο αυτούς πληθυσμούς

		Πληθυσμός A	Πληθυσμός B
A	p	0.1	0.55
a	q	0.9	0.45

Plant	Sample	Population	Latitude	Longitude	SNP1	SNP2	SNP3	SNP4	SNP5	SNP6	SNP7	SNP8	SNP9	SNP10	SNP11	SNP12	SNP13	SNP14	SNP15	SNP16	SNP17	SNP18	SNP19	SNP20	SNP21	SNP22	SNP23	SNP24
900	1	Laista1	39.96868386	20.99789507	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
901	2	Laista1	39.97243543	20.99980303	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
902	3	Laista1	39.97902573	20.99238403	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
903	4	Laista1	39.98135938	20.99241043	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
904	5	Laista1	39.98305714	20.99223054	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
909	6	Laista1	39.97902943	20.98282963	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
913	8	Laista2	39.99659551	20.9515825	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
915	9	Laista2	40.00702338	20.95387095	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
917	10	Laista2	40.00437438	20.95473515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
918	11	Laista2	40.00441432	20.95364733	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
919	12	Laista2	40.00696321	20.95912121	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1002	13	Vermio1	40.61530233	21.95176588	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
1003	14	Vermio1	40.61636471	21.95325831	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1004	15	Vermio1	40.61729914	21.9536317	C/T	G/G	C/G	A/A	A/A	C/C	A/G	G/G	C/C	A/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	G/G	C/G	A/G	C/T	C/G	A/G	A/C
1005	16	Vermio1	40.61853276	21.95513081	C/C	G/G	C/C	C/C	G/G	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
1008	17	Vermio1	40.62140865	21.95069267	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1009	18	Vermio1	40.61919817	21.94745027	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1011	19	Vermio2	40.61692858	21.94747247	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1012	20	Vermio2	40.61602284	21.94770116	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1013	21	Vermio2	40.61517572	21.9476798	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1014	22	Vermio2	40.61520667	21.94688687	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1015	23	Vermio2	40.61563394	21.94609362	C/C	C/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1016	24	Vermio2	40.61550366	21.94535291	C/T	G/G	C/C	A/C	A/G	C/T	A/A	G/G	A/C	G/G	C/T	A/T	C/C	C/C	A/G	A/G	A/G	A/G	C/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
3701	25	Tymfi1	39.99978444	20.81702219	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3702	26	Tymfi1	40.00008019	20.82615545	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3703	27	Tymfi1	40.00240321	20.81791944	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3704	28	Tymfi1	40.00058735	20.81870654	C/C	G/G																G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3707	30	Tymfi1	39.9925894	20.82069406	C/C	G/G																G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
3708	31	Tymfi2	39.99260547	20.82029515	C/C	G/G																G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3709	32	Tymfi2	39.99237061	20.82059882	C/C	G/G																G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3711	33	Tymfi2	39.99188837	20.82042212	C/C	G/G																G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3712	34	Tymfi2	39.99211359	20.8191118	C/C	G/G																G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3714	35	Tymfi2	39.99198699	20.82138952	C/C	G/G																G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3715	36	Tymfi2	40.00122054	20.81618245	C/C	G/G																G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3802	37	Metsovo1	39.80913423	21.16995889	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3803	38	Metsovo1	39.79671429	21.17854949	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3804	39	Metsovo1	39.79649474	21.18242887	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3805	40	Metsovo1	39.79701374	21.18382736	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3808	41	Metsovo1	39.80735672	21.19169771	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3810	42	Metsovo1	39.79940768	21.19265193	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3813	43	Metsovo2	39.74956505	21.22406256	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3814	44	Metsovo2	39.75156841	21.23628264	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3816	45	Metsovo2	39.75295623	21.23139552	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	T/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
3818	47	Metsovo2	39.76337286	21.22775652	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A

Στο **SNP24**, υπολογίστε την αναμενόμενη ετεροζυγωτία για τους πληθυσμούς **Laista**, **Vermio** και **Tymfi**.

Αναμενόμενη ετεροζυγωτία στον άνθρωπο από το Human Genome Diversity Project



Minor Allele Frequency - MAF

- Η συχνότητα του **δεύτερου** πιο συχνού αλληλόμορφου για ένα δεδομένο SNP
 - Εάν ο δείκτης MAF είναι χαμηλός, σημαίνει ότι το κύριο (πιο συχνό) αλληλόμορφο για το SNP είναι λίγο-πολύ συντηρημένο και παραμένει στον πληθυσμό
 - Όταν το SNP έχει δύο αλληλόμορφα, το MAF είναι η συχνότητα του πιο σπάνιου αλληλομόρφου
- Το MAF βοηθά στη διαφοροποίηση των κοινών και σπάνιων SNP σε έναν πληθυσμό

Plant	Sample	Population	Latitude	Longitude	SNP1	SNP2	SNP3	SNP4	SNP5	SNP6	SNP7	SNP8	SNP9	SNP10	SNP11	SNP12	SNP13	SNP14	SNP15	SNP16	SNP17	SNP18	SNP19	SNP20	SNP21	SNP22	SNP23	SNP24
900	1	Laista1	39.96868386	20.99789507	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
901	2	Laista1	39.97243543	20.99980303	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
902	3	Laista1	39.97902573	20.99238403	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
903	4	Laista1	39.98135938	20.99241043	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
904	5	Laista1	39.98305714	20.99223054	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
909	6	Laista1	39.97902943	20.98282963	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
913	8	Laista2	39.99659551	20.9515825	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
915	9	Laista2	40.00702338	20.95387095	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
917	10	Laista2	40.00497438	20.95473515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
918	11	Laista2	40.00441432	20.95364733	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
919	12	Laista2	40.00696321	20.95912121	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1002	13	Vermio1	40.61530233	21.95176588	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
1003	14	Vermio1	40.61630271	21.95325831	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1004	15	Vermio1	40.61729914	21.9536317	C/T	G/G	C/G	A/A	A/A	C/C	A/G	G/G	C/C	A/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	G/G	C/G	A/G	C/T	C/G	A/G	A/C
1005	16	Vermio1	40.61853276	21.95513081	C/C	G/G	C/C	C/C	G/G	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
1008	17	Vermio1	40.62140865	21.95069267	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1009	18	Vermio1	40.61919817	21.94745027	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1011	19	Vermio2	40.61692858	21.94747247	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1012	20	Vermio2	40.61602284	21.94770116	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1013	21	Vermio2	40.61517572	21.9476798	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1014	22	Vermio2	40.61520667	21.94688687	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1015	23	Vermio2	40.61563394	21.94609362	C/C	C/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1016	24	Vermio2	40.61550366	21.94535291	C/T	G/G	C/C	A/C	A/G	C/T	A/A	G/G	A/C	G/G	C/T	A/T	C/C	C/C	A/G	A/G	A/G	A/G	C/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
3701	25	Tymfi1	39.99978444	20.81702219	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3702	26	Tymfi1	40.00008019	20.82615545	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3703	27	Tymfi1	40.00240321	20.81791944	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3704	28	Tymfi1	40.00058735	20.81870654	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3707	30	Tymfi1	39.9925894	20.82069406	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
3708	31	Tymfi2	39.99260547	20.82029515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3709	32	Tymfi2	39.99237061	20.82059882	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3711	33	Tymfi2	39.99188837	20.82042212	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3712	34	Tymfi2	39.99211359	20.8191118	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3714	35	Tymfi2	39.99198699	20.82138952	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3715	36	Tymfi2	40.00122054	20.81618245	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3802	37	Metsovo1	39.80913423	21.16995889	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3803	38	Metsovo1	39.79671429	21.17854949	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3804	39	Metsovo1	39.79694374	21.18242887	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3805	40	Metsovo1	39.79701374	21.18382736	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3808	41	Metsovo1	39.80735672	21.19169771	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3810	42	Metsovo1	39.79940768	21.19265193	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3813	43	Metsovo2	39.74956505	21.22406256	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3814	44	Metsovo2	39.75156841	21.23628264	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3816	45	Metsovo2	39.75295623	21.23139552	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	T/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
3818	47	Metsovo2	39.76337286	21.22775652	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A

Στο **SNP24**, υπολογίστε τον δείκτη **MAF** για τους πληθυσμούς **Laista**, **Vermio** και **Tymfi**. Ποιο αλληλόμορφο είναι πιο συχνό σε κάθε πληθυσμό;

Γενετική απόσταση (genetic distance)

- Η διαφορά στη γενετική σύσταση (συχνότητες αλληλομόρφων) ανάμεσα σε δύο πληθυσμούς μετριέται από τη γενετική απόσταση
 - Πολλές διαφορετικές μέθοδοι μέτρησης της γενετικής απόστασης
- Μία απλή γενετική απόσταση (Gregorius 1984):
 - το μισό του συνόλου των απολύτων τιμών των διαφορών ανάμεσα στις συχνότητες των αλληλομόρφων δύο πληθυσμών

$$d_0 = \frac{1}{2} \sum |p_i - p'_i|$$

Γενετική απόσταση

Πληθυσμός A		Πληθυσμός B		
A	a	A	a	
p	q	p'	q'	d0
1	0	1	0	
0.9	0.1	1	0	
0.5	0.5	1	0	
0.4	0.6	0.6	0.4	
0	1	1	0	

Γενετική απόσταση

Πληθυσμός A		Πληθυσμός B		
A	a	A	a	
p	q	p'	q'	d0
1	0	1	0	0
0.9	0.1	1	0	0.1
0.5	0.5	1	0	0.5
0.4	0.6	0.6	0.4	0.2
0	1	1	0	1

Plant	Sample	Population	Latitude	Longitude	SNP1	SNP2	SNP3	SNP4	SNP5	SNP6	SNP7	SNP8	SNP9	SNP10	SNP11	SNP12	SNP13	SNP14	SNP15	SNP16	SNP17	SNP18	SNP19	SNP20	SNP21	SNP22	SNP23	SNP24
900	1	Laista1	39.96868386	20.99789507	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
901	2	Laista1	39.97243543	20.99980303	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
902	3	Laista1	39.97902573	20.99238403	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
903	4	Laista1	39.98135938	20.99241043	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
904	5	Laista1	39.98305714	20.99223054	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
909	6	Laista1	39.97902943	20.98282963	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
913	8	Laista2	39.99659551	20.9515825	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
915	9	Laista2	40.00702338	20.95387095	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
917	10	Laista2	40.00497438	20.95473515	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
918	11	Laista2	40.00441432	20.95364733	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
919	12	Laista2	40.00696321	20.95912121	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1002	13	Vermio1	40.61530233	21.95176588	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
1003	14	Vermio1	40.61636471	21.95325831	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1004	15	Vermio1	40.61729914	21.9536317	C/T	G/G	C/G	A/A	A/A	C/C	A/G	G/G	C/C	A/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	G/G	C/G	A/G	C/T	C/G	A/G	A/C
1005	16	Vermio1	40.61853276	21.95513081	C/C	G/G	C/C	C/C	G/G	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	C/T	A/G	C/C	C/T	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
1008	17	Vermio1	40.62140865	21.95069267	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1009	18	Vermio1	40.61919817	21.94745027	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1011	19	Vermio2	40.61692858	21.94747247	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1012	20	Vermio2	40.61602284	21.94770116	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1013	21	Vermio2	40.61517572	21.9476798	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1014	22	Vermio2	40.61520667	21.94688687	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1015	23	Vermio2	40.61563394	21.94609362	C/C	C/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
1016	24	Vermio2	40.61550366	21.94535291	C/T	G/G	C/C	A/C	A/G	C/T	A/A	G/G	A/C	G/G	C/T	A/T	C/C	C/C	A/G	A/G	A/G	A/G	C/G	A/G	C/T	C/C	A/G	A/C
3701	25	Tymfi1	39.99978444	20.81702219	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	G/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3702	26	Tymfi1	40.00008019	20.82615545	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3703	27	Tymfi1	40.00240321	20.81791944	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3704	28	Tymfi1	40.00058735	20.81870654	C/C	G/G																C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3707	30	Tymfi1	39.9925894	20.82069406	C/C	G/G																G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G	
3708	31	Tymfi2	39.99260547	20.82029515	C/C	G/G																G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3709	32	Tymfi2	39.99237061	20.82059882	C/C	G/G																G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3711	33	Tymfi2	39.99188837	20.82042212	C/C	G/G																G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A	
3712	34	Tymfi2	39.99211359	20.8191118	C/C	G/G																G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G	
3714	35	Tymfi2	39.99198699	20.82138952	C/C	G/G																C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3715	36	Tymfi2	40.00122054	20.81618245	C/C	G/G																C/C	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A	
3802	37	Metsovo1	39.80913423	21.16995889	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/C	A/A	T/T	C/C	G/G	G/A
3803	38	Metsovo1	39.79671429	21.17854949	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3804	39	Metsovo1	39.79694374	21.18242887	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	C/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3805	40	Metsovo1	39.79701374	21.18382736	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/C	A/A	A/A	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3808	41	Metsovo1	39.80735672	21.19169771	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A
3810	42	Metsovo1	39.79940768	21.19265193	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	T/T	A/A	G/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3813	43	Metsovo2	39.74956505	21.22406256	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3814	44	Metsovo2	39.75156841	21.23628264	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/G
3816	45	Metsovo2	39.75295623	21.23139552	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	T/T	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	G/G
3818	47	Metsovo2	39.76337286	21.22775652	C/C	G/G	C/C	C/C	A/A	C/T	A/A	A/G	A/A	G/G	T/T	G/G	C/C	C/C	G/G	G/G	G/G	G/G	G/G	A/A	T/T	C/C	G/G	A/A

Στο **SNP24**, υπολογίστε τις αποστάσεις ανά δύο για τους πληθυσμούς **Laista**, **Vermio** και **Tymfi**.

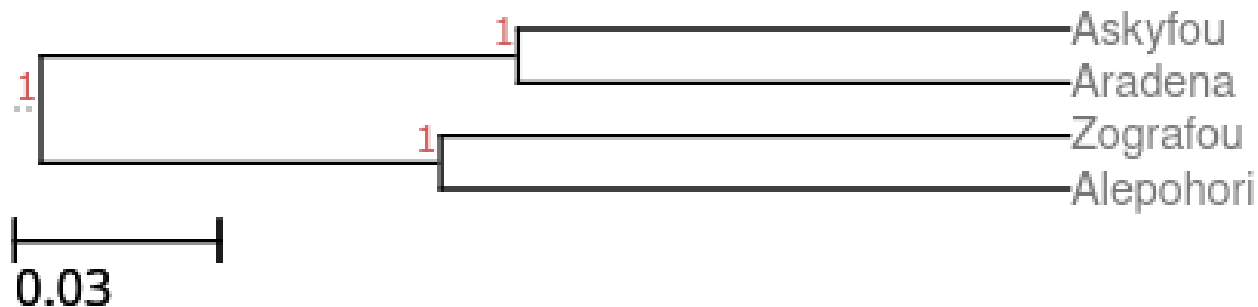
Πίνακας γενετικών αποστάσεων

	Ασκύφου	Αράδενα	Ζωγράφου	Αλεποχώρι
Ασκύφου	0.000			
Αράδενα	0.142	0.000		
Ζωγράφου	0.257	0.259	0.000	
Αλεποχώρι	0.267	0.270	0.161	0.000



Δενδρόγραμμα

- Μπορούμε να απεικονίσουμε τις γενετικές αποστάσεις με έναν δενδρόγραμμα
π.χ. UPGMA

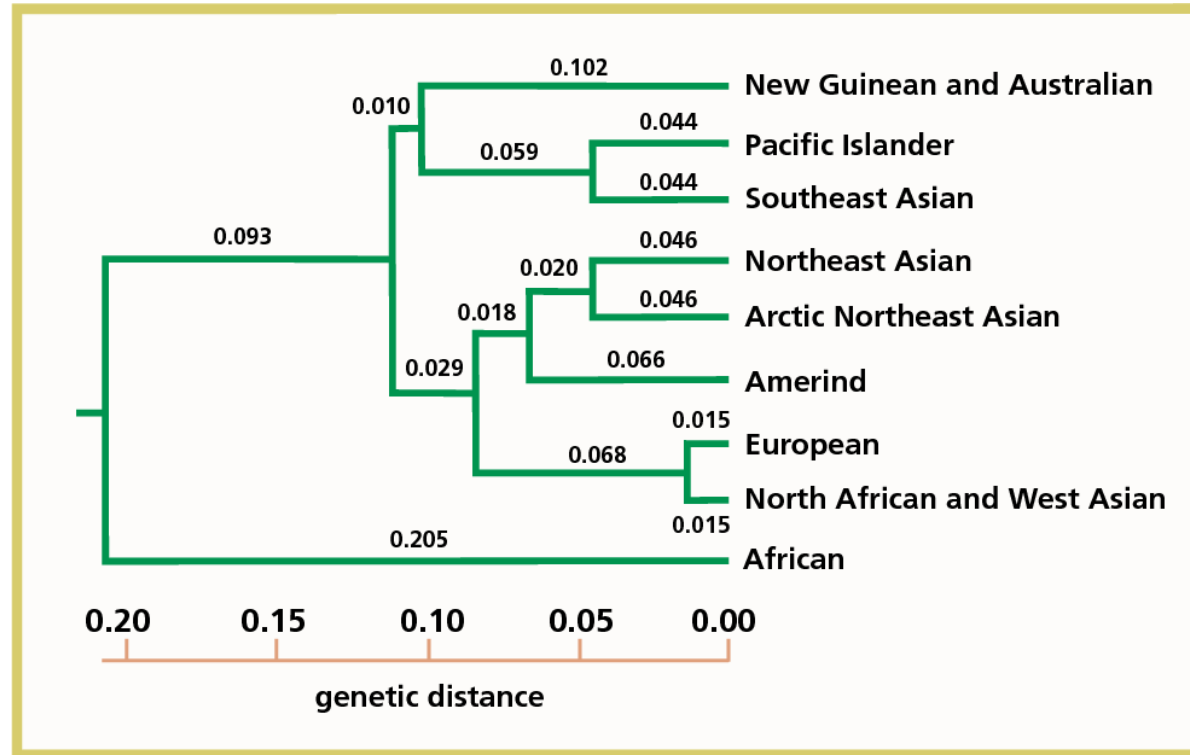


* UPGMA: Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean

Φυλογενετικό δέντρο

- Πρόκειται για μια απεικόνιση μιας φυλογενετικής υπόθεσης
- Μπορεί να σχηματιστεί με γενετικές αποστάσεις
- Το φυλογενετικό δέντρο των ανθρώπινων φυλών

The application of molecular genetic approaches to the study of human evolution L. Cavalli-Sforza, M. Feldman 2003, Nature Genetics



BOB CRIMI

Άσκηση

Populations	Hb(p)	Hbs(q)
Sheikh	0.8398	0.1602
Syed	0.8748	0.1252
Pathan	0.8756	0.1244
Mughal	0.8304	0.1696
Meitei	0.8469	0.1531
Naga	0.914	0.086

Shah et al. 2012

Στον πίνακα βλέπετε τις συχνότητες των δύο αλληλομόρφων του γονιδίου Hb που είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας, σε πληθυσμούς μουσουλμάνων της Ινδίας.

Ποιος πληθυσμός έχει τη μεγαλύτερη αναμενόμενη ετεροζυγωτία;

Υπολογίστε τις γενετικές αποστάσεις ανά δύο για όλους τους πληθυσμούς, κατασκευάστε έναν πίνακα αποστάσεων και ένα δένδρόγραμμα UPGMA.

Γιατί μας νοιάζει η γενετική ποικιλότητα;

- Πρόκειται για τη βιοποικιλότητα μέσα σε ένα είδος
 - Κάνει εφικτή την **προσαρμογή** των οργανισμών σε μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες
 - Είναι η βάση της υγείας του ανθρώπου και όλων των ανθρώπινων αναγκών (π.χ. διατροφή, φάρμακα, οικονομία)
 - Είναι η βάση της εξέλιξης, άρα και της ζωής στη γη

