

Περίληψη

Οι σαύρες του γένους *Podarcis* (Wagler,1830) ανήκουν στην οικογένεια *Lacertidae* και χωρίζονται σε 24-25 είδη. Παρά την πληθώρα μελετών σε επιμέρους ομάδες, οι σχέσεις μεταξύ τους αλλά και η ταξινομική κατάσταση ορισμένων γενεαλογικών γραμμών παραμένουν ασαφείς λόγω της μεγάλης γενετικής ποικιλότητας.

Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε διερεύνηση των φυλογενετικών σχέσεων όλων των ειδών του γένους που συναντώνται στον ελλαδικό χώρο, με ιδιαίτερη σημασία να δίνεται στην ελληνική κατανομή της *Podarcis muralis*, ενώ ακολούθησε οριοθέτηση των ειδών και μοριακή χρονολόγηση των γενεαλογικών γραμμών που προέκυψαν. Εντοπίστηκαν τρεις κύριες φυλογενετικές ομάδες, η βαλκανικές ομάδες της *P.erhardii* και της *P.tauricus*, και η ομάδα της *P.muralis*, με μοναδικό εκπρόσωπο το ομώνυμο είδος. Ο αριθμός των ειδών κυμαίνεται στα 10 είδη, ενώ χρονολογικά οι δύο ομάδες βαλκανικών ειδών φαίνεται να διαφοροποιούνται εντός τους περίπου 7 εκατομμύρια χρόνια πριν, με την ενδοειδική διαφοροποίηση της *P.muralis* να παρατηρείται κατά το ανώτερο Πλειστόκαινο.

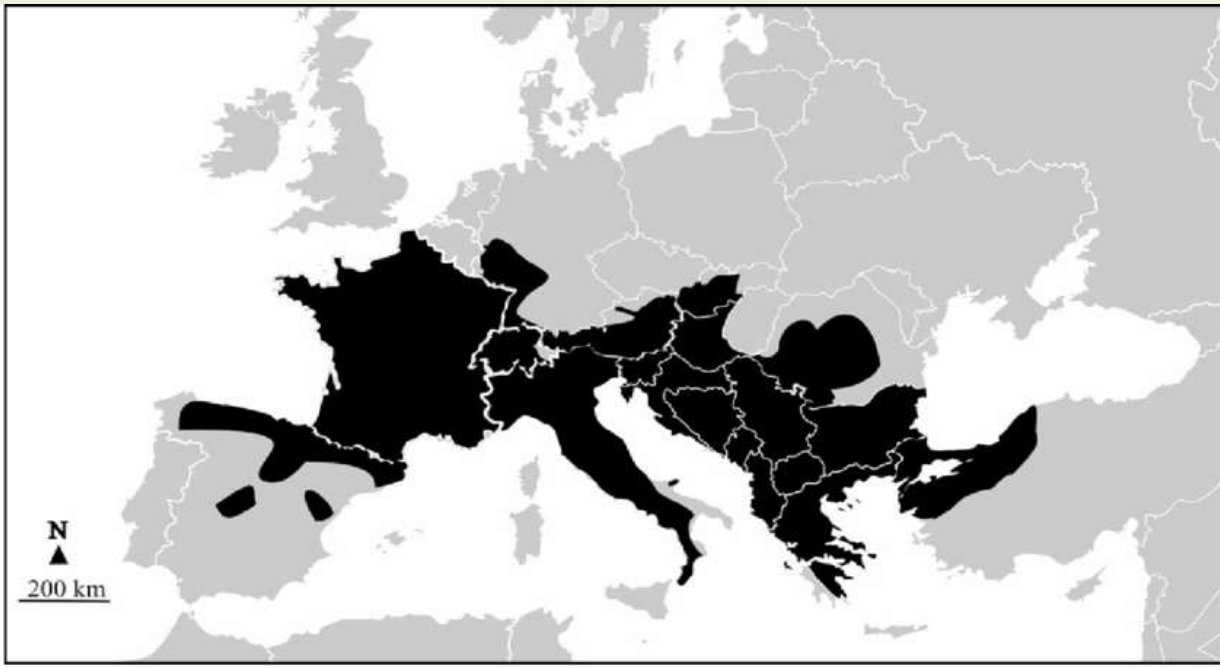
Εισαγωγή

Το γένος *Podarcis* είναι το πιο διαφοροποιημένο από τα γένη της οικογένειας των *Lacertidea* και έχει κατανομή κυρίως στην Νότια και Κεντρική Ευρώπη. Η εντός του γένους διαφοροποίηση φαίνεται να εντοπίζεται κατά το Μειόκαινο. Οι σαύρες του γένους καταλαμβάνουν πολύ διαφορετικά ενδιαιτήματα και φέρουν μεγάλη ποικιλία χρωματισμών (Arnold, 1987), ενώ η υψηλή ενδοειδική τους ποικιλότητα καθιστά την ταξινόμηση τους αρκετά σύνθετη και υπό συνεχή αναθεώρηση.

Το είδος *P.muralis* έχει την μεγαλύτερη κατανομή από τα είδη του γένους, καθώς εκτείνεται και στις τρεις μεσογειακές χερσονήσους. Η προέλευση του εντοπίζεται στην Ιταλική χερσόνησο και η επέκταση του στο σύνολο της κατανομής του φαίνεται να έγινε σχετικά πρόσφατα, με το είδος να εντοπίζεται σε ηπειρωτικές κυρίως περιοχές. Στην Ελλάδα συναντάται σε όλη την ηπειρωτική χώρα, στην βόρεια και ανατολική Πελοπόννησο, στην Σαμοθράκη, στην Εύβοια και πρόσφατα εισήχθη στο νησί της Κέρκυρας.



Εικόνα 1. *Podarcis muralis*



Εικόνα 2. Ευρωπαϊκή κατανομή της *Podarcis muralis*.

Υλικά και Μέθοδοι

Παρήχθησαν αλληλουχίες για δύο μιτοχονδριακούς (Cyt b, 16S rRNA) και έξι πυρηνικούς τόπους (MC1R, Rod15b, Rod55, NKTR, UBN1, Rag1) για 64 άτομα των ελληνικών πληθυσμών της τοιχόσαυρας *Podarcis muralis*, ενώ χρησιμοποιήθηκαν εκπρόσωποι όλων των κλάδων του συνόλου των ειδών του γένους *Podarcis* στον ελλαδικό χώρο.

Τα σύνολα δεδομένων που προέκυψαν χρησιμοποιήθηκαν για την διερεύνηση των φυλογενετικών σχέσεων μέσα στο είδος της *P.muralis*, αλλά και μεταξύ των ειδών του γένους της βαλκανικής χερσονήσου, με χρήση των μεθόδων της Μπεύζιανής Συμπερασματολογίας (Bayesian Inference) και της Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood).

Εκτιμήθηκαν οι γενετικές αποστάσεις μεταξύ των κλάδων που εντοπίστηκαν (MEGA 6.0).

Ακολούθησαν μπεύζιανες μέθοδοι οριοθέτησης ειδών, BPP (Bayesian Phylogenetics and Phylogeography) και το υπολογιστικό πακέτο STACEY (BEAST2) για το σύνολο των ειδών του γένους *Podarcis*. Τέλος, έγινε μοριακή χρονολόγηση (STARBEAST2) των κύριων γενεαλογικών γραμμών που προέκυψαν από την οριοθέτηση ειδών.

Αποτελέσματα

Οι φυλογενετικές αναλύσεις ανέδειξαν 5 κύριες γενεαλογικές γραμμές εντός του είδους *P.muralis*, με χωρική επικάλυψη μεταξύ των γενεαλογιών που εντοπίζονται στην Κεντρική Ελλάδα. Οι κλάδοι αυτοί είναι της Σαμοθράκης, της Θεσσαλίας, της Δυτικής Ελλάδας-Ηπείρου, της Βορείου Ελλάδας και της Κεντρικής Ελλάδας-Πελοποννήσου.

Επίσης, σε σετ δεδομένων με δείγματα από όλη την Ευρώπη φάνηκε η διάκριση των ελληνικών δειγμάτων σε τρεις ισχυρά υποστηριζόμενους κλάδους.

Οι αναλύσεις οριοθέτησης κατέληξαν στην διάκριση 10 ειδών εντός της βαλκανικής κατανομής του γένους, τα οποία ομαδοποιούνται σε 3 κύριες ομάδες. Η ομάδα των *P. tauricus*, περιέχει τα είδη *P. ionicus*, *P. tauricus*, *P. gaigeae* και *P. milensis*, η ομάδα των *P. erhardii*, περιέχει τα είδη *P. erhardii* από τις Κυκλάδες, *P. erhardii* από την ηπειρωτική Ελλάδα, *P. cretensis*, *P. levendis* και *P. peloroponnesiacus* και η τρίτη ομάδα περιλαμβάνει τον μόνο εκπρόσωπο του ιταλικού κλάδου, την *P.muralis*, εντός της οποίας φαίνονται τρεις διακριτές γενεαλογικές γραμμές, αυτές της Β. Ελλάδας, της Σαμοθράκης και της Δ.Κ.Ελλάδας.

Η μοριακή χρονολόγηση δείχνει πως η διαφοροποίηση της *P.muralis* ξεκίνησε περίπου 2 εκατομμύρια χρόνια πριν, με την γενεαλογική γραμμή της Δ.Κ.Ελλάδας να διαφοροποιείται πρώτη.

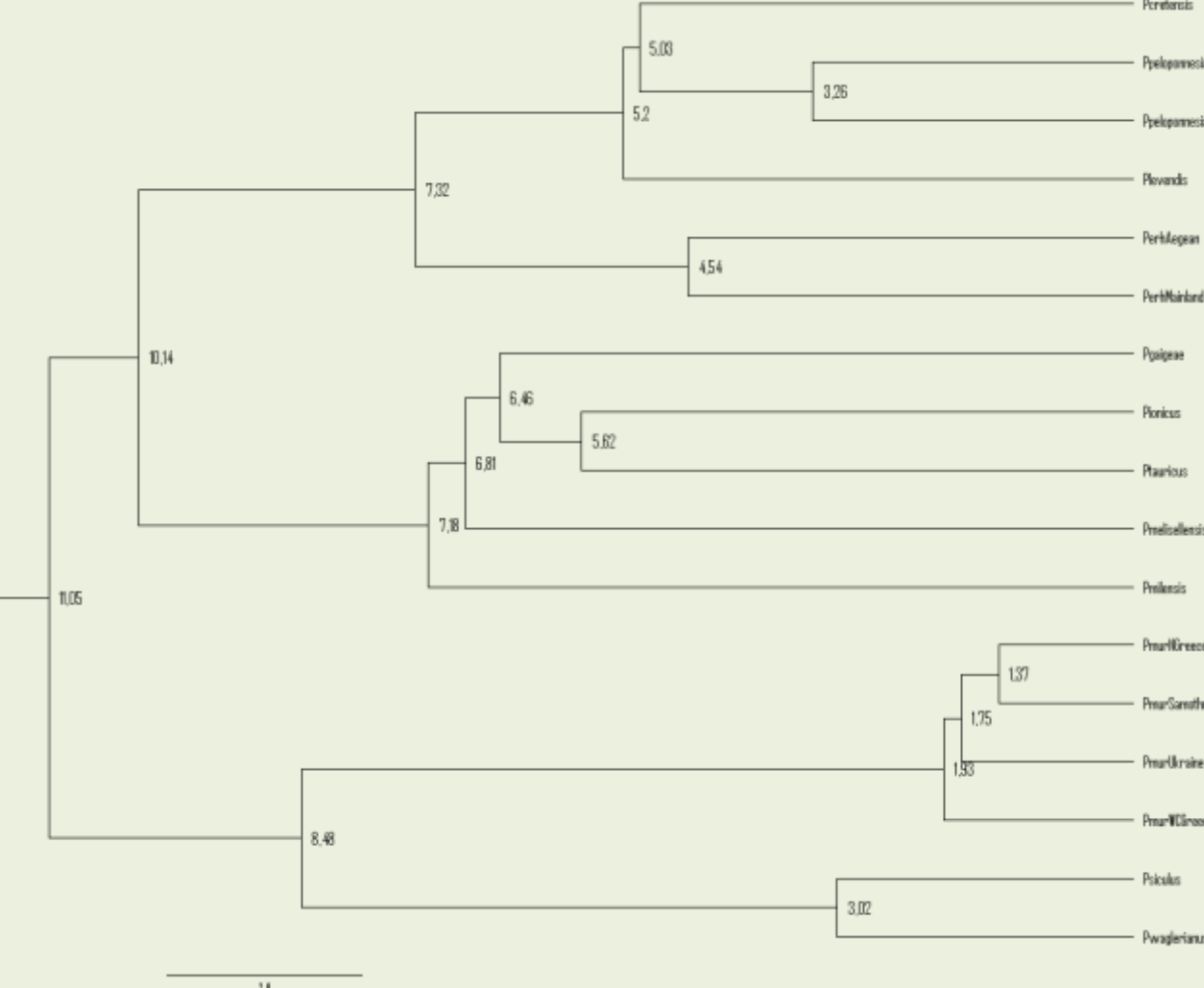
Συζήτηση

Στην Ελλάδα εντοπίζονται 10 είδη του γένους *Podarcis* με την διαφοροποίηση τους να ξεκινάει περίπου 7-8 εκατομμύρια χρόνια πριν. Οι φυλογενετικές αναλύσεις διέκριναν πέντε κύριες γενεαλογικές γραμμές με υψηλές υποστηρίξεις, αυτές της Σαμοθράκης, της Β. Ελλάδας, της Κεντρικής Ελλάδας/Πελοποννήσου, της Θεσσαλίας και της Δυτικής-Κεντρικής Ελλάδας/Ηπείρου. Οι προσεγγίσεις της οριοθέτησης ειδών και η μελέτη του συνόλου των ευρωπαϊκών δειγμάτων *P.muralis* στηρίζουν την ύπαρξη τριών κύριων διακριτών γενεαλογικών γραμμών εντός των ελληνικών πληθυσμών της *P. muralis*, τον κλάδο της Σαμοθράκης, τον κλάδο της Βορείου Ελλάδας και αυτόν της υπόλοιπης ηπειρωτικής Ελλάδας, Δυτικής και Κεντρικής. Οι αναλύσεις μοριακής χρονολόγηση τοποθετούν την διαφοροποίηση εντός του είδους *P.muralis* στο ανώτερο Πλειστόκαινο (~2mya).

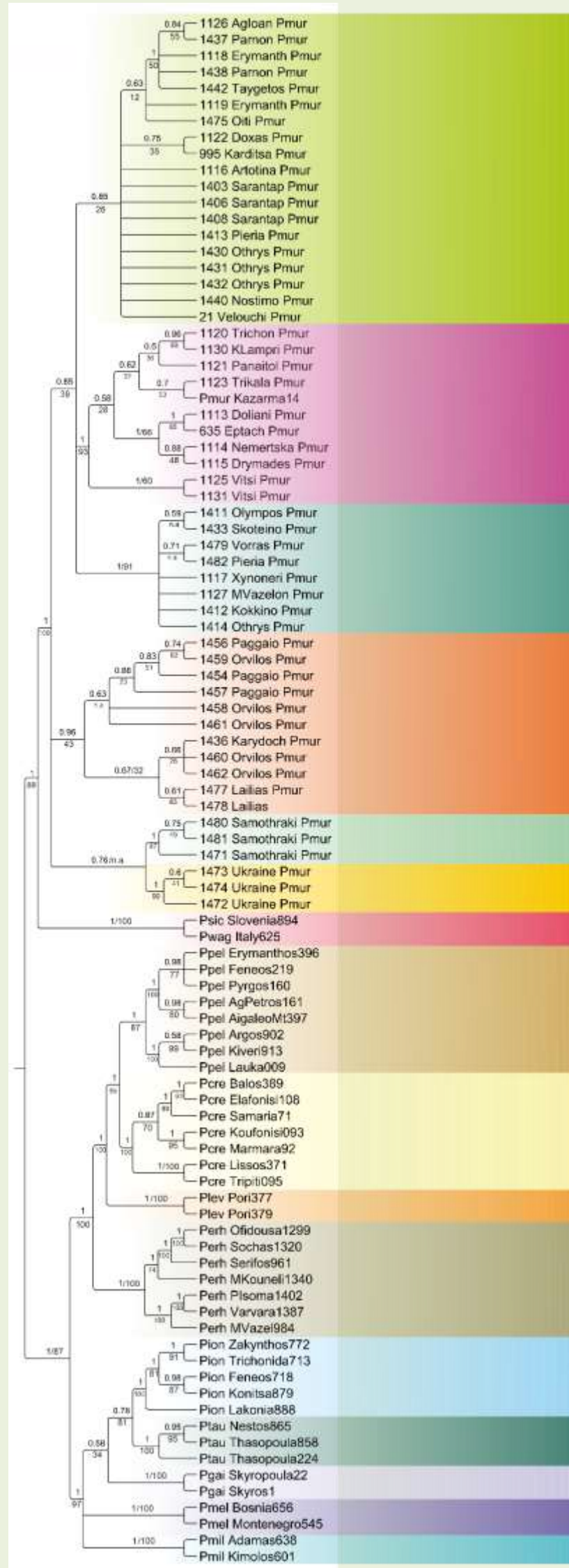
Η διακριτή τοπολογία των ατόμων της Σαμοθράκης, αλλά και των υπολοίπων ομαδοποιήσεων των ελληνικών δειγμάτων *P.muralis*, αποτελεί ένδειξη της προέλευσης τους από διαφορετικά μεσοπαγετώδη καταφύγια. Το πρότυπο κατανομής αυτού του τύπου περιγράφεται καλά από την υπόθεση “refugia within refugia” (Gomez and Lunt, 2007), κατά την οποία πολλά μεσογειακά αλλά και βορειότερα καταφύγια κατά την μεσοπαγετώδη περίοδο αποτέλεσαν πηγές τροφοδότησης της γενετικής ποικιλομορφίας που εντοπίζεται σήμερα στις μεσογειακές χερσονήσους, μοτίβο που φαίνεται να αποτυπώνεται σε μελέτες για την *P.muralis* στην Ιβηρική και Ιταλική χερσόνησο, αλλά και σε πολλά ερπετά και αμφίβια γενικά.



Εικόνα 3. Χωρική κατανομή των κύριων γενεαλογικών γραμμών της *P.muralis*



Εικόνα 4. Χρόνοι απόκλισης μεταξύ των κύριων γενεαλογικών γραμμών



Εικόνα 5. Φυλογενετικό δέντρο του συνόλου των γενετικών τύπων

Συμπεράσματα

Με τον συνδυασμό όλων των αναλύσεων βλέπουμε πως στον ελλαδικό χώρο εντοπίζονται 10 είδη του γένους *Podarcis*, που κατανέμονται σε 3 διακριτούς κλάδους, ενώ επιβεβαιώνεται η ύπαρξη δύο ειδών εντός της *P. erhardii*, όπως προτάθηκε πρόσφατα (Spilani etal. 2019, Psonis etal., 2021)

Η συγκεκριμένη εργασία είχε ως στόχο της, την καλύτερη διερεύνηση της φυλογενετικής κατάστασης της *P.muralis*, σκοπό τον οποίο πέτυχε. Οι προσεγγίσεις της οριοθέτησης ειδών υποστηρίζουν πως η *P.muralis* αποτελεί ένα ενιαίο είδος εντός του οποίου αναγνωρίζονται τρεις κύριες διακριτές γενεαλογικές γραμμές, ο κλάδος της Σαμοθράκης, ο κλάδος της Βορείου Ελλάδας και αυτός της υπόλοιπης ηπειρωτικής Ελλάδας

Η υπόθεση που μπορούμε να κάνουμε και υποστηρίζεται από τους χρόνους απόκλισης που προέκυψαν, αλλά και από τα χρονολογικά δεδομένα άλλων μελετών είναι ότι αυτοί οι τρεις κλάδοι έχουν καταγωγή από διαφορετικά μεσοπαγετώδη καταφύγια ακολουθώντας το πρότυπο “refugia within refugia”.

Αναφορές

Senczuk, G., Castiglia, R., & Böhme, W. (2019). *Podarcis siculus latastei* (Bedriaga, 1879) of the Western Pontine Islands (Italy) raised to the species rank, and a brief taxonomic overview of *Podarcis* lizards. *Acta Herpetologica*, 14(2), 71-80.

Poulakakis, N., Lymberakis, P., Valakos, E., Zouros, E., Mylonas, M., 2005b. Phylogenetic relationships and biogeography of *Podarcis* species from the Balkan Peninsula, by Bayesian and maximum likelihood analyses of mitochondrial DNA sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.* 37, 845-857.

M. Giovannetti, P. Nisi-Cerioni & V. Caputo (2010) Mitochondrial DNA sequence analysis reveals multiple Pleistocene glacial refugia for *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) in the Italian Peninsula, *Italian Journal of Zoology*, 77:3, 277-288.

Gómez A, Lunt DH. 2006. Chapter 5, Refugia within refugia: Patterns of phylogeographic concordance in the Iberian Peninsula. In: Weiss S, Ferrand N, editors. *Phylogeography of Southern European refugia*. Dordrecht: Springer Verlag. pp. 155–188.

Psonis N., Antoniou A., Karameta E., Darriba D., Stamatakis A., Lymberakis P., Poulakakis N., (2021) The wall lizards of the Balkan peninsula: Tackling questions at the interface of phylogenomics and population genomics, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Volume 159