

Τόσο όμοιες, όμως τόσο διαφορετικές: Παράγοντες που επηρεάζουν την παρουσία δύο ειδών χερσαίων χελωνών

Κ. Μακρίδου, Χ. Θωμά, Δ. Μπακαλούδης, Χ. Βλάχος

Α.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Άγριας Πανίδας
και Ιχθυοπονίας Γλυκέων Υδάτων (241), 541 24 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Τα ερπετά αντιμετωπίζουν μια πρωτοφανή μείωση των πληθυσμών τους παγκοσμίως. Ανάμεσα τους κατατάσσεται και μια πλειοψηφία ειδών χελωνών. Οι χερσαίες χελώνες αντιμετωπίζουν μια δραματική μείωση των πληθυσμών τους, κυρίως λόγω της απώλειας των φυσικών τους ενδιαιτημάτων. Η συσχέτιση της παρουσίας ενός απειλούμενου είδους με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ενδιαιτήματος αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την εφαρμογή επιτυχημένων προγραμμάτων διατήρησης. Σκοπός της εργασίας ήταν η αναγνώριση των παραγόντων του τοπίου που σχετίζονται με την παρουσία της Μεσογειακής (*Testudo hermanni*) και Ελληνικής (*Testudo graeca*) χελώνας καθώς και η ύπαρξη πιθανών διαφορών μεταξύ των δύο ειδών. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο νομό Έβρου και συνολικά αναλύθηκαν 10 μεταβλητές τοπίου για 222 και 211 παρουσίες της Μεσογειακής και Ελληνικής χελώνας, αντίστοιχα. Η ανάλυση των τυχαίων δέντρων (Random Forest analysis) είχε άριστη επίδοση και υψηλή ακρίβεια και για τα δύο είδη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα δύο είδη αν και έχουν παρόμοιες οικολογικές απαιτήσεις, επιλέγουν διαφορετικά στοιχεία του ενδιαιτήματος. Οι μη εντατικές γεωργικές καλλιέργειες και οι θαμνότοποι αυξάνουν την πιθανότητα παρουσίας της Μεσογειακής χελώνας, ενώ οι δασικές εκτάσεις την παρουσία της Ελληνικής χελώνας. Αντίθετα, τα δύο είδη παρουσιάζουν ένα αρνητικό πρότυπο ύπαρξης στα ανθρωπογενώς επηρεαζόμενα ενδιαιτημάτων και η άσκηση παραδοσιακών πρακτικών στη γεωργία μπορεί να συνεισφέρει στη διατήρηση των χερσαίων χελωνών.

Λέξεις κλειδιά: ερπετά, χελώνες, Έβρος, παραδοσιακές γεωργικές καλλιέργειες.

Εισαγωγή

Τα ερπετά αντιμετωπίζουν μια πρωτοφανή μείωση των πληθυσμών τους παγκοσμίως. Ανάμεσα τους κατατάσσεται και μια πλειοψηφία ειδών χελωνών (Gibbons et

al. 2000). Η απώλεια των φυσικών τους ενδιαιτημάτων (Hailey and Willemsen 2003, Bertolero et al. 2011), οι φυσικές καταστροφές (Couturier et al. 2014) και η κλιματική αλλαγή (Fernández-Chacón et al. 2011), είναι οι κυριότερες απειλές που αντιμετωπίζουν οι χερσαίες χελώνες. Παρόλα αυτά, η περιορισμένη σχετική βιβλιογραφία για αυτά τα είδη καθιστά δύσκολη την εφαρμογή επιτυχημένων προγραμμάτων διατήρησης (Sillero et al. 2014). Η συσχέτιση της παρουσίας ενός απειλούμενου είδους με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ενδιαιτήματος αποτελεί σημαντικό εργαλείο, τόσο για την κατανόηση του οικολογικού του προφίλ αλλά και για σκοπούς διατήρησης (Attum et al. 2011, Badiane et al. 2017).

Στη βόρεια Ελλάδα απαντώνται δύο είδη χερσαίων χελωνών. Η Μεσογειακή χελώνα (*Testudo hermanni*) κατανέμεται ανομοιόμορφα σε όλη την ιπειρωτική Ελλάδα και κατατάσσεται ως “κρισίμως κινδυνεύων”, ενώ η Ελληνική χελώνα (*Testudo graeca*) περιορίζεται στο βόρειο τμήμα της χώρας και κατατάσσεται ως “τρωτό” (van Dijk et al. 2004). Σκοπός της εργασίας ήταν η αναγνώριση των παραγόντων του τοπίου που σχετίζονται με την παρουσία της Μεσογειακής και Ελληνικής χελώνας, με στόχο την πρόταση κατάλληλων μέτρων διατήρησης για τα δύο είδη.

Μέθοδοι και υλικά

Η έρευνα έλαβε χώρα στο νομό Έβρου ($41^{\circ} 79' -40^{\circ} 72' \text{ N}$, $26^{\circ} 63' -25^{\circ} 61' \text{ E}$). Η περιοχή έχει υπο-Μεσογειακό κλίμα και είναι εμφανής η ποικιλότητα των χρήσεων γης. Οι γεωργικές καλλιέργειες κυριαρχούν στο βόρειο και ανατολικό τμήμα του νομού, ενώ τα δάση και οι θαμνότοποι στο κεντρικό και δυτικό μέρος του.

Η περιοχή έρευνας χωρίστηκε σε 4.065 τετράγωνες επιφάνειες ($1 \times 1 \text{ km}$), εκ των οποίων επιλέχθηκαν 866 επιφάνειες με στρωματωποιημένη τυχαία δειγματοληψία. Κάθε επιφάνεια επισκέφτηκε μία φορά και οι δειγματοληψίες ολοκληρώθηκαν σε διάστημα δύο ετών, την περίοδο Απρίλιος-Ιούλιος (2015-2016). Συγκεκριμένα, δύο παρατηρητές για διάστημα μίας ώρας προσπαθούσαν να καλύψουν το μεγαλύτερο μέρος της (Couturier et al. 2014), καταγράφοντας την παρουσία ή απουσία των δύο ειδών.

Για τη δημιουργία μεταβλητών τοπίου χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το Corine Land Cover 2012 (CLC). Οι χρήσεις γης κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής: 1) “τεχνητές επιφάνειες” (CLC: 111, 112, 121, 122, 123, 124, 131, 133, 142), 2) “εντατικές γεωργικές καλλιέργειες” (CLC: 212, 213), 3) “μη εντατικές γεωργικές καλλιέργειες” (CLC: 211, 221, 222, 223, 231, 242, 243), 4) “δάση” (CLC: 311, 312, 313), 5) “θαμνότοποι” (CLC: 321, 323, 324) και 6) “διαταραγμένες εκτάσεις” (CLC: 331, 334). Με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών εκτιμήθηκε η κοντινότερη απόσταση κάθε ατόμου από τους έξι τύπους ενδιαιτήματος και η απόστασή του από τον πλησιέστερο δρόμο. Οι τοπογραφικές μεταβλητές, υψόμετρο, κλίση και έκθεση εξήχθησαν από ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (Πίνακας 1).

Η εκτίμηση των σημαντικότερων παραγόντων του τοπίου που επηρεάζουν την παρουσία κάθε είδους έγινε με την ανάλυση των τυχαίων δέντρων (Random forest)

Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΛΙΒΑΔΟΠΟΝΙΑ ΜΠΡΟΣΤΑ ΣΕ ΝΕΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

χρησιμοποιώντας το πακέτο *randomForest* (Liaw and Wiener 2002). Ποσοστό 70% των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του μοντέλου και το υπόλοιπο 30% των δεδομένων για τον έλεγχο της προβλεπτικής του ικανότητας (Anadón et al. 2006). Η περιοχή κάτω από την καμπύλη χαρακτηριστικού λειτουργικού δέκτη (AUC) χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της επίδοσης του μοντέλου. Οι διαφορές στους μέσους όρους των μεταβλητών τοπίου των δύο ειδών ελέγχθηκαν με τον μη-παραμετρικό έλεγχο Mann-Whitney. Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στην R (R Core Development Team 2016).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Η Μεσογειακή χελώνα καταγράφηκε στο 21.7% των δειγματοληπτικών επιφανειών, ενώ η Ελληνική χελώνα στο 20.67%. Συνολικά αναλύθηκαν 222 παρουσίες της Μεσογειακής και 211 της Ελληνικής χελώνας. Βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε οκτώ από τις δέκα μεταβλητές τοπίου ανάμεσα στα δύο είδη. Η Μεσογειακή χελώνα εμφανίζε μεγαλύτερο μέσο όρο σε δύο μεταβλητές συγκριτικά με την Ελληνική χελώνα, την απόσταση από το κοντινότερο “δάσος” ($1.107,19 \pm 1.660,44$) και την απόσταση από την κοντινότερη “διαταραγμένη έκταση” ($12.372,34 \pm 7.079,05$) (Πίνακας 1). Η Ελληνική χελώνα καταγράφηκε σε μεγαλύτερα υψόμετρα ($245,25 \pm 168,24$) και περισσότερο επικλινείς εκτάσεις ($9,86^0 \pm 6,08$) από ότι η Μεσογειακή χελώνα. Επιπλέον, τα δύο είδη καταγράφηκαν σε μεγάλες αποστάσεις από “τεχνητές επιφάνειες”, “διαταραγμένες εκτάσεις” και από “εντατικές γεωργικές καλλιέργειες” (Πίνακας 1). Η ανάλυση των τυχαίων δέντρων παρουσίασε άριστη επίδοση και ακρίβεια και για τα δύο είδη (Accuracy = 0,977, AUC = 0,916, για τη Μεσογειακή και Accuracy = 0,992, AUC = 0,914 για την Ελληνική χελώνα).

Πίνακας 1. Μέσοι όροι (M.O.) και τυπική απόκλιση (τ.α.) δέκα μεταβλητών τοπίου της Μεσογειακής (*Testudo hermanni*) και της Ελληνικής χελώνας (*Testudo graeca*) στο νομό Έβρου. Η P τιμή προέκυψε από τον έλεγχο Mann-Whitney.

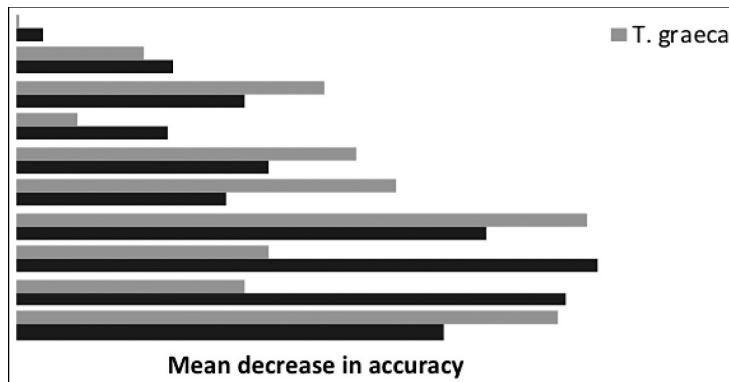
Μεταβλητή *	Μεσογειακή χελώνα		P τιμή
	M.O. (τ.α.)	M.O. (τ.α.)	
DFOR (m)	1107,19 (1660,44)	945,06 (2.135,76)	< 0,001
DSHR (m)	716,6 (825,11)	1.059,79 (1.344,31)	0,028
DNIA (m)	368,61 (914,59)	1.397,07 (1.880,85)	< 0,001
DIA (m)	9.641,61 (8.444,21)	9.152,64 (7.189,32)	0,858
DUPL (m)	12.372,34 (7.079,05)	9.400,91 (5.421,4)	< 0,001
DUR (m)	2.636,33 (2.074,04)	4.294,6 (2.970,45)	< 0,001
DROAD (m)	458,83 (533,52)	682,48 (796,82)	0,012
ASL (m)	192,94 (143,81)	245,25 (168,24)	0,0008
SLO (°)	7,31 (4,95)	9,86 (6,08)	< 0,001
ASP (°)	171,46 (99,57)	175,36 (109,74)	0,83

* Όπου: DFOR: απόσταση από το κοντινότερο δάσος, DSHR: απόσταση από τον κοντινότερο θαμνότοπο, DNIA: απόσταση από την κοντινότερη μη εντατική καλλιέργεια, DIA: απόσταση από την κοντινότερη εντατική καλλιέργεια, DUPL: απόσταση

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΛΙΒΑΔΟΠΟΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ / ΕΝΟΤΗΤΑ Δ

από την κοντινότερη διαταραγμένη έκταση, DUR: απόσταση από την κοντινότερη τεχνητή επιφάνεια, DROAD: απόσταση από τον κοντινότερο δρόμο, ASL: υψόμετρο, SLO: κλίση, ASP: έκθεση.

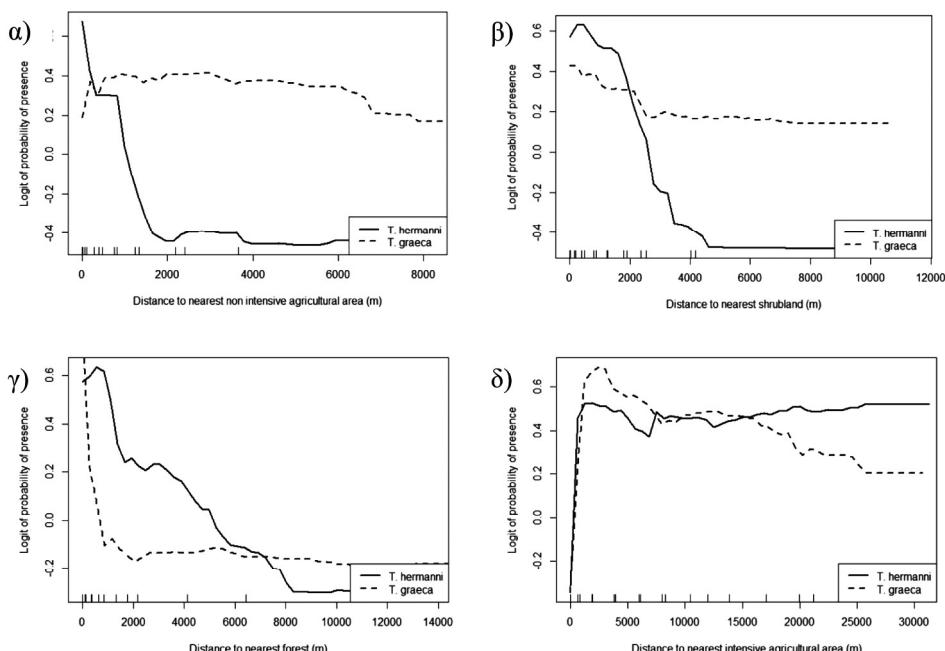
Οι “μη εντατικές γεωργικές καλλιέργειες” και οι “θαμνότοποι” ήταν οι σημαντικότεροι παράγοντες που σχετίζονται με την πιθανότητα παρουσίας της Μεσογειακής χελώνας (Εικόνα 1). Όσο μεγαλύτερη η απόσταση από τους παραπάνω τύπους ενδιαιτήματος τόσο μικρότερη η πιθανότητα παρουσίας της (Εικόνα 2). Πρόσφατες έρευνες τονίζουν τη σημαντικότητα της παρουσίας μικτών τύπων ενδιαιτημάτων για το είδος (Rozylowicz and Popescu 2013, Badiane et al. 2017), με τους Μεσογειακούς “θαμνότοπους” και τις “μη εντατικές γεωργικές καλλιέργειες” να αποτελούν τυπικά ενδιαιτήματα για το είδος (Rozylowicz and Popescu 2013, Couturier et al. 2014).



Εικόνα 1. Σημαντικότητα των δέκα μεταβλητών τοπίου στην πρόβλεψη της παρουσίας της Μεσογειακής (*T. hermanni*) με μαύρο χρώμα και της Ελληνικής χελώνας (*T. graeca*) με γκρι χρώμα. Όπου: DFOR: απόσταση από το κοντινότερο δάσος, DSHR: απόσταση από τον κοντινότερο θαμνότοπο, DNIA: απόσταση από την κοντινότερη μη εντατική καλλιέργεια, DIA: απόσταση από την κοντινότερη εντατική καλλιέργεια, DUPL: απόσταση από την κοντινότερη διαταραγμένη έκταση, DUR: απόσταση από την κοντινότερη τεχνητή επιφάνεια, DROAD: απόσταση από τον κοντινότερο δρόμο, ASL: υψόμετρο, SLO: κλίση, ASP: έκθεση

Αντίθετα, οι “εντατικές γεωργικές καλλιέργειες” και οι “δασικές εκτάσεις” ήταν οι σημαντικότεροι παράγοντες που σχετίζονται με την πιθανότητα παρουσίας της Ελληνικής χελώνας (Εικόνα 1). Επιπλέον, οι “μη εντατικές καλλιέργειες” και οι “θαμνότοποι” έχουν μικρή θετική επίδραση στο είδος (Εικόνα 2). Τα ενδιαιτήματα με έντονη ανθρωπογενή επίδραση, όπως οι εντατικές καλλιέργειες, διαταραγμένες εκτάσεις, τεχνητές επιφάνειες βρέθηκε ότι επηρέαζαν αρνητικά την πιθανότητα παρουσίας και των δύο ειδών (Εικόνα 1). Αυτά τα ενδιαιτήματα κατακερματίζουν το τοπίο και επιδρούν αρνητικά στην παρουσία των μελετώμενων ειδών (Gibbons et al. 2000, Fernández-Chacón et al. 2011). Αντίθετα, οι δασικές εκτάσεις είχαν θετική επίδραση στην πιθανότητα παρουσίας της Ελληνικής χελώνας και μαζί με τους θαμνότοπους έχουν αναφερθεί ως κατάλληλοι τύποι ενδιαιτημάτων και σε άλλες περιοχές (Anadón et al. 2006, Attum et al. 2011).

Ακόμη, οι τοπογραφικές μεταβλητές εμφάνισαν μικρή επίδραση στην πιθανότητα παρουσίας και των δύο ειδών (Εικόνα 1). Τα δύο είδη βρέθηκε ότι αποφεύγουν κλίσεις μεγαλύτερες από 15° και βόρειες-βορειοανατολικές εκθέσεις (0-50°). Απότομες κλίσεις περιορίζουν τις μετακινήσεις των χελωνών, ενώ βόρειες εκθέσεις τη διεργασία της θερμορύθμισης (Anadón et al. 2006). Η απόσταση από τον κοντινότερο δρόμο είχε μικρή επίδραση στην πιθανότητα παρουσίας των δύο ειδών (Εικόνα 1), αν και ορισμένα άτομα παρατηρήθηκαν κοντά σε δρόμους κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών πιθανόν για να θερμορυθμίσουν ή και να τραφούν (Grandmaison et al. 2010).



Εικόνα 2. Πιθανότητα παρουσίας της Μεσογειακής (*T. hermanni*) και Ελληνικής χελώνας (*T. graeca*), σε σχέση με την απόσταση από (α) μη εντατικές καλλιέργειες (m), (β) θαμνοτόπους (m), (γ) δάση (m) και (δ) εντατικές καλλιέργειες (m)

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία αναδεικνύει τη σημαντικότητα της ύπαρξης μωσαϊκού τύπου ενδιαιτημάτων για τη διατήρηση βιώσιμων πληθυσμών χελωνών. Παρόλο που η Ελληνική χελώνα συνδέεται άμεσα με τις δασικές εκτάσεις, ανοιχτοί τύποι ενδιαιτημάτων είναι ζωτικής σημασίας και για τα δύο είδη. Η επέκταση ενδιαιτημάτων με έντονη ανθρωπογενή επίδραση πρέπει να περιοριστεί καθώς κατακερματίζουν τα φυσικά ενδιαιτήματα των ειδών. Οι παραδοσιακές γεωργικές καλλιέργειες αποτελούν ενδιαιτήματα ζωτικής σημασίας και για τα δύο είδη και είναι αναγκαίο να διατηρηθούν καθώς μεταβολές στη μορφή και στο εύρος τους μπορεί να έχουν αρνητική επίδραση στους πληθυσμούς τους.

Αναγνώριση βοήθειας

Η εργασία αποτελεί τμήμα διδακτορικής διατριβής της Μακρίδου Κ. η οποία χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα υποτροφιών του Ιδρύματος Α.Γ. Λεβέντη. Ευχαριστίες εκφράζονται και στο Δασαρχείο Σουφλίου για την παραχώρηση καταλύματος κατά τη διάρκεια της συλλογής στοιχείων πεδίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anadón, J.D., A. Giménez, I. Pérez, M. Martínez and M.A. Esteve. 2006. Habitat selection by the spur-thighed tortoise *Testudo graeca* in a multisuccessional landscape: implications for habitat management. *Biodivers. Conserv.*, 15: 2287-2299.
- Attum, O., M. Otoum, Z. Amr and B. Tietjen. 2011. Movement patterns and habitat use of soft-released translocated spur-thighed tortoises, *Testudo graeca*. *Eur. J. Wildl. Res.*, 57: 251-258.
- Badiane, A., C. Matos and X. Santos. 2017. Uncovering environmental, land-use and fire effects on the distribution of a low-dispersal species, the Hermann's tortoise *Testudo hermanni*. *Amphib Reptil.*, 38: 67-77.
- Bertolero, A., M. Cheylan, A. Hailey, B. Livoreil and R. E. Willemse. 2011. *Testudo hermanni* (Gmelin 1789)– Hermann's Tortoise. Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. *Chelon. Res. Monog.*, 5: 059.1–059.20.
- Couturier, T., A. Besnard, A. Bertolero, V. Bosc, G. Astruc and M. Cheylan. 2014. Factors determining the abundance and occurrence of Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in France and Spain: Fire regime and landscape changes as the main drivers. *Biol. Conserv.*, 170: 177-187.
- Fernández-Chacón, A., A. Bertolero, A. Amengual, G. Tavecchia, V. Homar and D. Oro. 2011. Spatial heterogeneity in the effects of climate change on the population dynamics of a Mediterranean tortoise. *Glob. Change Biol.*, 17: 3075-3088.
- Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan, K.A. Buhlmann, T.D. Tuberville, B.S. Metts, J.L. Greene, T. Mills, Y. Leiden, S. Poppy and C.T. Winne. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *Biosci.*, 50: 653-666.
- Grandmaison, D.D., M.F. Ingraldi and F.R. Peck. 2010. Desert Tortoise Microhabitat Selection on the Florence Military Reservation, South-Central Arizona. *J Herpetol.*, 44 (4): 581-590.
- Hailey, A. and R.E. Willemse. 2003. Changes in the status of tortoise populations in Greece 1984–2001. *Biodivers. Conserv.*, 12: 991-1011.
- Liaw, A. and M. Wiener. 2002. Classification and regression by randomForest. *R News*, 2: 18-22.
- Rozylowicz, L. and V.D. Popescu. 2013. Habitat selection and movement ecology of eastern Hermann's tortoises in a rural Romanian landscape. *Eur. J. Wildl. Res.*, 59: 47-55.

Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΛΙΒΑΔΟΠΟΝΙΑ ΜΠΡΟΣΤΑ ΣΕ ΝΕΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Sillero, N., J. Campos, A. Bonardi, C. Corti, R. Creemers, P.A. Crochet, J.C. Isailovic, M. Denoel, G.F. Ficetola, J. Goncalves, S. Kuzmin, P. Lymberakis, P. Pous, A. Rodriguez, R. Sindaco, J. Speybroeck, B. Toxopeus, D.R. Vieites and M. Vences. 2014. Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe. *Amphib Reptil.*, 35: 1-31.

R Core Development Team. 2016. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria

van Dijk, P.P., C. Corti, V.P. Mellado and M. Cheylan. 2004. *Testudo hermanni. The IUCN Red List of Threatened Species 2004*.

So similar, yet so different: Factors affecting the presence of two tortoise species

K. Makridou, C. Thoma, D. Bakaloudis, C. Vlachos

Aristotle University of Thessaloniki, Department of Forestry and Natural Environment, Laboratory of Wildlife and Freshwater Fisheries, P.O. Box 241, GR-541 24, Thessaloniki, Greece

Abstract

Reptiles, including tortoises, are facing population declines on a global scale, much of which have been attributed to habitat loss. Associating species occurrence with certain features of the landscape may provide a powerful tool in conservation planning. Our research aimed at identifying those landscape features that are associated with the presence of the Hermann's (*Testudo hermanni*) and the spur-thighed tortoise (*Testudo graeca*) (n = 222 and 211, respectively) in Evros district, as well as to investigate their possible differences. Random forest analysis showed great performance and accuracy. While both species share similar ecology, they are associated with different landscape features. The Hermann's tortoise was positively associated with non-intensive agricultural lands and shrublands, whilst the spur-thighed tortoise with forests. However, both species illustrated a negative association with human modified habitats, such as intensive agricultural areas. In conclusion, retaining habitat heterogeneity and traditional agricultural practices may facilitate tortoise species' conservation.

Key-words: reptiles, tortoises, Evros, traditional agricultural practices.