

Δεκτικότητα τριών τοπικών φυτοκοινοτήτων στην εγκατάσταση του φυτικού εισβολέα *Oxalis pes-caprae* L.

Α. Σιαμαντζιούρας, Ν. Φερεντίνου, Σ. Αβραμιώτης, Ε. Χρηστιά, Α. Τρούμπης
Εργαστήριο Διαχείρισης Βιοποικιλότητας, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου,
Κτήριο Ξενία, Λόφος Πανεπιστημίου, 811 00 Μυτιλήνη

Περίληψη

Αν και υπάρχουν αρκετά κοσμοπολίτικα φυτικά είδη με χαρακτηριστικά απειλητικών βιολογικών εισβολέων, όλοι οι τύποι των οικοσυστημάτων δεν έχουν την ίδια δεκτικότητα σε όλους τους φυτικούς εισβολείς. Ωστόσο, έχουν γίνει λίγα πειράματα ως προς τη διερεύνηση της διαφοροποίησης της δεκτικότητας στην εισβολή μεταξύ των οικοσυστημάτων. Διεξήγαμε ένα πείραμα, που ελέγχθηκε η εγκατάσταση του φυτικού εισβολέα *Oxalis pes-caprae* σε αμμωθίνες, θαμνώνες και υπόροφο ελαιώνων της Λέσβου. Επιλέξαμε συνολικά τριάντα (30) σταθμοί παρατήρησης, δέκα ανά τύπο φυτοκοινοτήτας. Κάθε σταθμός συγκροτείται από ένα ζεύγος επιφανειών: μια επιφάνεια εισβολής και μια επιφάνεια αναφοράς. Σε κάθε επιφάνεια εισβολής, σπείραμε εκατό (100) βολβούς του φυτικού εισβολέα *O. pes-caprae*, μετρήσαμε τον αριθμό των αρτιφύτων του φυτικού εισβολέα και εκτιμήσαμε τον πλούτο, την ποικιλότητα και την ισοδιανομή των ειδών ανά τοπική φυτοκοινότητα. Επιπλέον, όχι μόνο καταγράψαμε το γεωγραφικό μήκος, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο σε κάθε σταθμό πειραματισμού, αλλά και το ύψος βροχόπτωσης και τη μέση θερμοκρασία αέρα για τη χρονική περίοδο μεταξύ της σποράς και της δειγματοληψίας. Παρατηρήσαμε ότι ο πλούτος ειδών, η δομή της βλάστησης κι ένα πλήθος αβιοτικών παραγόντων δεν καθόρισαν τη δεκτικότητα των αμμωθινών και του υπόροφου των ελαιώνων στην εισβολή τους στο φυτικό εισβολέα. Αντίθετα, ο πλούτος και η ποικιλότητα ειδών των θαμνώνων καθόρισε σημαντικά τη δεκτικότητά τους στην εισβολή, καθιστώντας τους φτωχούς σε είδη θαμνώνες εξαιρετικά ευάλωτους στην εισβολή τους φυτικού εισβολέα *O. pes-caprae*.

Λέξεις κλειδιά: Βιολογικές εισβολές, δεκτικότητα, Λέσβος, *Oxalis pes-caprae*, πλούτος ειδών, φυτικός εισβολέας

Εισαγωγή

Οι βιολογικές εισβολές αποτελούν μία κρίσιμη φυσική διεργασία σε τοπικό και πλανητικό επίπεδο. Η κατάρρευση των βιογεωγραφικών φραγμών που προκλήθηκαν, κυρίως, από ανθρώπινες δραστηριότητες, συνέβαλαν στην εσκεμμένη ή/και τυχαία εξάπλωση των ξενικών ειδών. Ωστόσο, η επιτυχία εγκατάστασης, το ποσοστό αφθονίας και η χωρική κατανομή των ξενικών ειδών σε τοπική ή περιφερειακή κλίμακα εξαρτάται, κυρίως, από: α) ιστορικούς παράγοντες, β) την ικανότητα εισβολής τους και γ) τη δεκτικότητα των τοπικών βιοκοινοτήτων στην εισβολή τους. Σύμφωνα με τον Lonsdale (1999), η δεκτικότητα ενός οικοσυστήματος στην εισβολή καθορίζεται τόσο από βιοτικούς (π.χ. πλούτος ειδών), όσο και από αβιοτικούς παράγοντες (π.χ. κλιματικές συνθήκες).

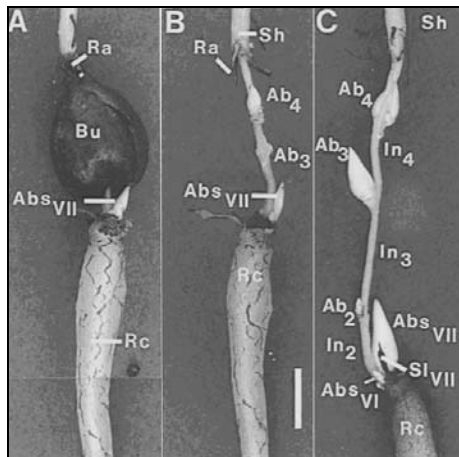
Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται ορισμένα από τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος EPIDEMIE (Exotic Plant Invasions: Deleterious Effects on Mediterranean Island Ecosystems). Βασικός στόχος της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθούν οι παράγοντες που καθορίζουν τη δεκτικότητα των τοπικών φυτοκοινοτήτων στην εγκατάσταση ενός φυτικού εισβολέα.

Μέθοδοι και υλικά

Περιοχή μελέτης και φυτικός εισβολέας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε από το Σεπτέμβριο του 2002 έως το Μάιο του 2003, στη νήσο Λέσβο. Επιλέχθηκε ο φυτικός εισβολέας *Oxalis pes-caprea* L. (συνώνυμο του *O. cernua* Thumb.), ένα ετήσιο γεώφυτο (Vila et al. 2006) της οικογένειας των Oxalidaceae. Αν και προέρχεται από την Νότια Αφρική, αποτελεί τον πιο διαδεδομένο και άφθονο φυτικό εισβολέα στη Μεσόγειο (Hulme et al. 2007) και τη Λέσβο (Σιαμαντζιούρας και συν. 2004). Σύμφωνα με τον Putz (1994), εξαπλώνεται αγενώς, μέσω υπόγειων μεταμορφωμένων βλαστών (βόλβοι), ακολουθώντας μία συνδυασμένη υπόγεια κίνηση επιμήκυνσης βλαστού και συρρίκνωσης ρίζας (Εικόνα 1).

Η έρευνα διεξήχθη σε αμμωθίνες, θαμνώνες και υπόροφο ελαιώνων της Λέσβου, που απουσίαζε ο φυτικός εισβολέας. Οι αμμωθίνες επιλέχθηκαν σε απόσταση μικρότερη των 500 m από την ακτή και παρουσίαζαν χαμηλή φυτοκάλυψη θάμνων και πολυετών ποώδων φυτών. Οι θαμνώνες δεν είχαν ύψος μεγαλύτερο του 1 m και η μέση φυτοκάλυψή τους κυμαίνονταν μεταξύ 40 % και 80% από φρυγανική και ποώδη βλάστηση. Τέλος, ο υπόροφος των ελαιώνων είχε αποκλειστικά ποώδη βλάστηση και παρουσίαζε υψηλή φυτοκάλυψη ετησίων αγρωστωδών.



Εικόνα 1. Υπόγεια τμήματα του φυτικού εισβολέα *O. pes-caprae* με την έναρξη της συρρίκνωσης της ρίζας (Rc) και της επιμήκυνσης του βλαστού: (A) Δείγμα με το μητρικό βολβό (Bu), (B) Το ίδιο δείγμα χωρίς τα λέπια του μητρικού βολβού και (C) Δείγμα προχωρημένης επιμήκυνσης του βλαστού. Γραμμή κλίμακας: 10mm (από Putz 1994).

Πειραματικός σχεδιασμός

Το Σεπτέμβριο του 2002 επιλέχθηκαν δέκα σταθμοί παρατήρησης ανά φυτοκοινότητα. Στο εσωτερικό κάθε σταθμού, οριοθετήθηκαν σε απόσταση μικρότερη των 2 m μία επιφάνεια εισβολής και μία επιφάνεια αναφοράς, διαστάσεων 1 x 1 m η καθεμία. Σε κάθε επιφάνεια εισβολής, έγινε εσκεμμένη εισαγωγή εκατό (100) βολβών του φυτικού εισβολέα *O. pes-caprae* σε βάθος 1 cm από την επιφάνεια του εδάφους. Η σπορά των 25 βολβών περιορίστηκε σε μία κεντρική υποεπιφάνεια 50 x 50 cm και οι υπόλοιποι 75 βολβοί στην εναπομένουσα επιφάνεια εισβολής. Στις επιφάνειες αναφοράς δεν πραγματοποιήθηκε καμία εισαγωγή βολβών του φυτικού εισβολέα. Με τη λήξη του πειράματος σποράς, αφαιρέθηκαν και καταστράφηκαν τα αρτίφυτα του φυτικού εισβολέα για την αποτροπή της εισβολής του στις τοπικές φυτοκοινότητες της Λέσβου.

Πειραματικές μετρήσεις

Τον Μάιο του 2003 μετρήθηκε ο αριθμός των αρτιφύτων του φυτικού εισβολέα στις επιφάνειες εισβολής. Ο ρυθμός εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα μετρήθηκε ως η αναλογία μεταξύ του αριθμού των αρτιφύτων του και του αριθμού των εισαγόμενων βολβών. Επιπλέον, έγινε οπτική καταγραφή του πλούτου ειδών (S) και εκτιμήθηκε με τη μέθοδο των ακίδων η αφθονία των ειδών στις επιφάνειες αναφοράς και εισβολής. Σύμφωνα με τους Ludwig και Reynolds (1988), υπολογίστηκαν οι δείκτες της ποικιλότητας ειδών του Shannon-

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i) \quad \& \quad J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Wiener (H') και της ισοδιανομής ειδών της Pielou (J'), σύμφωνα με τους τύπους: όπου S είναι ο αριθμός ειδών (δεν συμπεριλαμβάνεται ο φυτικός εισβολέας) και p_i είναι η αφθονία του φυτικού είδους i (για i = 1, ..., S).

Τέλος, σε κάθε σταθμό πειραματισμού έγινε καταγραφή του γεωγραφικού μήκους και πλάτους, του υψομέτρου, του ύψους βροχόπτωσης και της μέσης θερμοκρασίας αέρα για την περίοδο μεταξύ της σποράς των βολβών και της καταγραφής των αρτιφύτων (από το Σεπτέμβριο του 2002 έως το Μάιο του 2003).

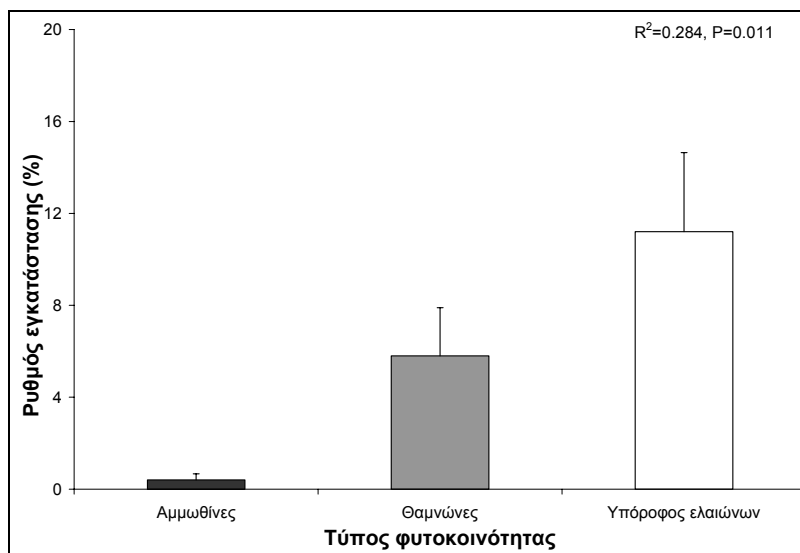
Στατιστική ανάλυση

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (univariate analysis of variance) με τη χρήση του γενικού γραμμικού στατιστικού προτύπου (general linear model) στην οποία χρησιμοποιήθηκε ως ανεξάρτητη μεταβλητή ο τύπος της φυτοκοινότητας και ως εξαρτημένη ο ρυθμός εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε απλή ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis), με τη χρήση του γραμμικού προτύπου (linear model: y=ax+b) στην οποία χρησιμοποιήθηκαν: α) Ως εξαρτημένη μεταβλητή ο ρυθμός εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα στις τρεις τοπικές φυτοκοινότητες και ως ανεξάρτητες μεταβλητές: α) ο πλούτος ειδών (S), β) ο δείκτης της ποικιλότητας ειδών του Shannon-Wiener (H'), γ) ο δείκτης της ισοδιανομής ειδών της Pielou (J') των τοπικών φυτοκοινοτήτων, καθώς και δ) το γεωγραφικό πλάτος, ε) το γεωγραφικό μήκος, στ) το υψόμετρο, ζ) το ύψος βροχόπτωσης και η) η θερμοκρασία αέρα στους σταθμούς πειραματισμού. Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το SPSS (έκδοση 13).

Αποτελέσματα

Οι ρυθμοί εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα *O. pes-caprae* παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τοπικών φυτοκοινοτήτων (R²=0.284, P=0.011). Η μέση τιμή του ρυθμού εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα στον υπόροφο των ελαιώνων ήταν σημαντικά υψηλότερη από την αντίστοιχη στους θαμνώνες και τους αμμωθίνες (Εικόνα 2).

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου προσαρμογής του γραμμικού στατιστικού προτύπου όσον αφορά στη συσχέτιση του ρυθμού εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα με χαρακτηριστικά της βλάστησης και αβιοτικούς παράγοντες των σταθμών πειραματισμού. Όσον αφορά στους αμμωθίνες και τον υπόροφο των ελαιώνων, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση (P>0.05) μεταξύ του ρυθμού εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα με όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αντίθετα, ο μέσος ρυθμός εγκατάστασης του φυτικού εισβολέας στους θαμνώνες παρουσίασε στατιστικά σημαντική γραμμική συσχέτιση με τον πλούτο ειδών (R²=0.545, P=0.015) και την ποικιλότητα ειδών του Shannon-Wiener (R²=0.438, P=0.037).



Εικόνα 2. Μέσες τιμές (+ τυπικό σφάλμα) του ρυθμού εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα *Oxalis pes-caprae* ανά τύπο φυτοκοινότητας.

Πίνακας 1. Αναλυτικά αποτελέσματα της απλής ανάλυσης παλινδρόμησης του ρυθμού εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα ανά τύπο φυτοκοινότητας με χαρακτηριστικά της βλάστησης και αβιοτικούς παράγοντες των σταθμών πειραματισμού.

Φυτοκοινότητες	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ολικό R ²	Ολική τιμή F	P†
Αμμοθίνες	πλούτος ειδών (S)	0.054	0.46	0.518 (ns)
	ποικιλότητα ειδών (H')	0.071	0.61	0.458 (ns)
	ισοδιανομή ειδών (J')	0.047	0.25	0.640 (ns)
	γεωγραφικό πλάτος	0.196	1.95	0.200 (ns)
	γεωγραφικό μήκος	0.275	3.04	0.119 (ns)
	υψόμετρο	0.156	1.48	0.258 (ns)
	ύψος βροχόπτωσης	-	-	-
	μέση θερμοκρασία	-	-	-
Θαμνώνες	πλούτος ειδών (S)	0.545	9.58	0.015
	ποικιλότητα ειδών (H')	0.438	6.23	0.037
	ισοδιανομή ειδών (J')	0.155	1.47	0.260 (ns)
	γεωγραφικό πλάτος	0.052	0.44	0.525 (ns)
	γεωγραφικό μήκος	0.089	0.78	0.402 (ns)
	υψόμετρο	0.028	0.23	0.642 (ns)
	ύψος βροχόπτωσης	0.003	0.02	0.884 (ns)
	μέση θερμοκρασία	0.145	1.36	0.277 (ns)
Υπόροφος ελαιώνων	πλούτος ειδών (S)	0.250	2.66	0.141 (ns)
	ποικιλότητα ειδών (H')	0.284	3.18	0.112 (ns)
	ισοδιανομή ειδών (J')	0.219	2.24	0.173 (ns)
	γεωγραφικό πλάτος	0.031	0.25	0.628 (ns)
	γεωγραφικό μήκος	0.020	0.16	0.698 (ns)
	υψόμετρο	0.115	1.04	0.336 (ns)
	ύψος βροχόπτωσης	0.095	0.85	0.385 (ns)
	μέση θερμοκρασία	0.128	1.17	0.310 (ns)

† Για επίπεδο σημαντικότητας 95% (P<0.005)

- Έλλειψη κλιματικών δεδομένων στους αμμωθίνες

Συζήτηση

Στη Μεσόγειο, η δεκτικότητα των τοπικών φυτοκοινοτήτων στην εγκατάσταση φυτικών εισβολέων καθορίζεται από τα διαθέσιμα επίπεδα υγρασίας (Vila et al. 2008). Στην παρούσα μελέτη, δεν επαληθεύτηκαν τα παραπάνω αποτελέσματα, γιατί ο ρυθμός εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα σε τοπικό επίπεδο δεν εξαρτάται από τους εξεταζόμενους αβιοτικούς παράγοντες. Οι αμμοθίνες παρουσίασαν τη μεγαλύτερη αντίσταση στην εισβολή του *O. pes-caprae*, ενώ οι υπόροφοι των ελαιώνων ήταν περισσότερο ευάλωτοι στην εγκατάσταση του φυτικού εισβολέα, γεγονός που ενισχύει τα ευρήματα άλλων πειραμάτων πεδίου που διερεύνησαν τις έντονες επιπτώσεις του φυτικού εισβολέα στην ποικιλότητα ειδών (Χρηστιά και συν. 2004) και την πρωτογενή παραγωγικότητα της ποώδους βλάστησης του υπόροφου των ελαιώνων (Αβραμιώτης και συν. 2006, Petsikos et al. 2007). Εντούτοις, ο ρυθμός εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα ήταν ανεξάρτητος από χαρακτηριστικά της βλάστησης τόσο στους αμμοθίνες όσο και στον υπόροφο των ελαιώνων. Όσον αφορά στους θαμνώνες της Λέσβου, ο ρυθμός εγκατάστασης του φυτικού εισβολέα κυμάνθηκε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα, αν και καθορίζεται, σημαντικά, από τον πλούτο των ειδών τους.

Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, μια μελλοντική υποβάθμιση των φρυγανολίβαδων που θα προκαλέσει μείωση του αριθμού των φρυγανικών και ποωδών ειδών τους, θα οδηγήσει ενδεχομένως στην πλήρη κατάρρευση από το φυτικό εισβολέα *O. pes-caprae* του φραγμού του φυσικού ενδιαιτήματος των θαμνώνων της Λέσβου.

Αναγνώριση βοήθειας

Οι αρθρογράφοι εκφράζουν τις ευχαριστίες τους σε δύο ανώνυμους κριτές για τα σχόλια και τις παρατηρήσεις τους επί του κειμένου. Η μελέτη αυτή χρηματοδοτήθηκε από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα EPIDEMIE (contract no EVK2-CT-2000-00074).

Βιβλιογραφία

- Hulme, P.E., C. Brundu, I. Camarda, P. Dalias, P. Lambdon, F. Lloret, F. Medail, E. Moragues, C. Suehs, A. Traveset, A. Troumbis and M. Vilà, (2007) Assessing the risks to Mediterranean islands ecosystems from non-native plant introductions. In: Plant invasions: Human perception, ecological impacts and management (B. Tokarska-Guzik, J.H. Brock, G. Brundu, L.E. Child, C. Daehler & P. Pyšek, eds), pp. 39-56. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Lonsdale, W.M. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*, 80: 1522-1536.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology, a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, New York, USA. pp. 337.
- Petsikos, C., P. Dalias and A.Y. Troumbis. 2007. Effects of *Oxalis pes-caprae* L. invasion in olive groves. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 120: 325-329.
- Putz, N. 1994. Vegetative spreading of *Oxalis pes-caprae* (*Oxalidaceae*). *Pl. Syst. Evol.*, 191: 57-67.
- Vilà, M., I. Bartomeus, I. Gimeno, A. Traveset and E. Moragues. 2006. Demography of the invasive geophyte *Oxalis pes-caprae* across a Mediterranean island. *Ann. Bot.*, 98: 1055-1062.
- Vilà, M., A.-S.D. Siamantziouras, G. Brundu, I. Camarda, P. Lambdon, F. Médail, E. Moragues, C.M. Suehs, A. Traveset, A.Y. Troumbis and P.E. Hulme. 2008. Widespread

resistance of Mediterranean island ecosystems to the establishment of three alien species. Div. Distr., in press.

- Αβραμιώτης, Σ., Α. Σιαμαντζιούρας και Α. Τρούμπης. 2006. Οικοσυστημική απόκριση Μεσογειακών ποολίβαδων στην κυριαρχία του βιολογικού εισβολέα *Oxalis pes-caprae* L. 5ο Πανελλήνιο Λιβαδοπονικό Συνέδριο. Ηράκλειο, 1-3 Νοεμβρίου 2006. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία.
- Σιαμαντζιούρας, Α., Ε. Κεφάλας και Α. Τρούμπης. 2004. Η δεκτικότητα των φυτοκοινοτήτων στην εισαγωγή ξενικών φυτικών ειδών ενδεχομένως καθορίζονται από τα δομικά τους χαρακτηριστικά. 2ο Πανελλήνιο Οικολογικό Συνέδριο. Μυτιλήνη, 18-21 Νοεμβρίου 2004. Ελληνική Οικολογική Εταιρεία.
- Χρηστιά, Ε., Α. Καμπούρογλου, Α. Σιαμαντζιούρας και Α. Τρούμπης. 2004. Επιπτώσεις του ξενικού είδους *Oxalis pes-caprae* L. στην ποικιλότητα της ποώδους βλάστησης σε υπόροφο ελαιώνων της Λέσβου. 4ο Πανελλήνιο Λιβαδοπονικό Συνέδριο. Βόλος, 10-12 Νοεμβρίου 2004. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία.

Invasibility of three native plant communities to the establishment of the plant invader *Oxalis pes-caprae* L.

A. Siamantziouras, N. Ferentinou, S. Abramiotis, E. Christia, A. Troumbis
Biodiversity Conservation Laboratory, Department of Environment, University of the Aegean, Xenias Building, University Hill, GR-811 00 Mytilene, Lesbos, Greece

Summary

Although some invasive plants are cosmopolitan, not all ecosystems are invaded to the same degree. Yet, there is little experimental work on how ecosystem resistance to invasion at the establishment phase differs among ecosystems. We conducted a field experiment to examine establishment of the plant invader *Oxalis pes-caprae* in coastal dunes, shrublands and herbaceous understory of olive groves in Lesbos. We selected thirty (30) observational stations, ten per native plant community. Each station consists of a pair of plots: the invaded plot and the reference one. In each invaded plot, we sowed a hundred bulbs of *O. pes-caprae*, measured the number of seedlings of the plant invader and estimated local species richness, diversity and evenness of native plant communities. In addition, we recorded not only the geographical longitude, the geographical latitude and the elevation in each observational station, but also precipitation and mean temperature for the period between sowing and sampling. Local species richness and vegetation structure were not a good predictor for seedling establishment in coastal dunes and herbaceous understory of olive groves. All abiotic factors did not determine the ecosystem invasibility of native plant communities. Finally, we found out that differences in local species richness and diversity of shrublands were only associated to differences in establishment rates of plant invader. Consequently, we concluded that any species poor shrublands are more susceptible to the invasion of the plant invader *O. pes-caprae*.

Key words: Biological invasions, invasibility, Lesbos, *Oxalis pes-caprae*, plant invader, species richness.