

Αποτελεσματικότητα της φυσικής αναγέννησης στην αποκατάσταση οικοσυστημάτων Μεσογειακών Πεύκων μετά από πυρκαγιά

Κ. Ραδόγλου

ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών,

Βασιλικά 57006, Θεσσαλονίκη,

Τηλ. +302310 461172, Fax: +302310-461341, Email: radoglou@fri.gr

Εισαγωγή

Η χαλέπιος (*Pinus halepensis* Mill) και τραχεία πεύκη (*Pinus brutia* Ten.) είναι τα κύρια είδη πεύκης, τα οποία απαντώνται στη μεσογειακή λεκάνη και έχουν καθορισμένη και διακριτή γεωγραφική εξάπλωση. Στην ίδια ζώνη βλάστησης εμφανίζονται και τα οικοσυστήματα της κουκουναριάς (*Pinus pinea*) και κυπαρισσιού (*Cupressus sempervirens*) με περιορισμένη εξάπλωση. Είναι όλα είδη, τα οποία χρησιμοποιούνται για αναδασώσεις ιδιαίτερα σε ξηρές και υποβαθμισμένες περιοχές. Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν το κύριο πρόβλημα στα οικοσυστήματα της Μεσογειακής ζώνης. Προκαλούν έντονες διαταραχές στα οικοσυστήματα, καταστροφές σε περιοσιές και υποδομές και απαιτούν μεγάλο κόστος κατάσβεσης. Οι σημαντικότερες συνέπειες είναι η απώλεια της βιομάζας, της βιοποικιλότητας και της ζωοκοινότητας των οικοσυστημάτων. Επηρεάζουν το έδαφος και ενισχύουν τη διάβρωση. Οι φωτιές εισαγούν αλλαγές στον κύκλο του άνθρακα, και ασκούν σημαντική επίδραση στις βιοφυσικές ιδιότητες της επιφάνειας της γης καθώς και στην αλληλεπίδραση εδάφους -ατμόσφαιρας (Scarascia et al., 2000).

Οι φωτιές στα Μεσογειακά οικοσυστήματα έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη ιστορία της εξέλιξης τους με αποτέλεσμα τα οικοσυστήματα που επικρατούν να

αντέχουν και να επιβιώνουν σε συνθήκες πυρκαγιάς. (Bond and Wilgen, 1996; Agee, 1998). Δασικές πυρκαγιές υπήρχαν πάντα στη Μεσογειακή περιοχή, όμως ο αριθμός αυτών καθώς και η έκταση που αυτές καίνε αυξάνεται διαρκώς τις τελευταίες δεκαετίες κυρίως λόγω ανθρωπογενών αιτιών. Οι δασικές πυρκαγιές αναμένεται να αυξηθούν παγκόσμια, ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής και της προβλεπόμενης αύξησης των θερμοκρασιών (Overpeck et al., 1990). Ο περιορισμός των δασικών πυρκαγιών ορίζεται από το πρωτόκολλο του Κιότο ως μέτρο για την ενίσχυση της αποθήκευσης άνθρακα στα δασικά οικοσυστήματα.

Η φυσική αναγέννηση είναι ο μηχανισμός με τον οποίον επιβίωσαν τα δάση πεύκης στην περιοχή της Μεσογείου. Η φυσική αναγέννηση έχει χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος αποκατάστασης οικοσυστημάτων μετά από φωτιά στην Ελλάδα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η φυσική αναγέννηση έχει πολλά πλεονεκτήματα. Είναι πολύ πιο οικονομική από την τεχνική ίδρυσης συστάδων, διατηρεί και ενισχύει τη σταθερότητα των φυσικών οικοσυστημάτων, διατηρεί αναλλοίωτο το γενετικό υλικό της περιοχής που είναι άριστα προσαρμοσμένο στις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες και δεν αλλοιώνει τη φυσιολογία του τοπίου. Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι δεν ακολουθεί σταθερή διαδικασία και έτσι σε μερικές θέσεις είναι πιο αποτελεσματική απ' ότι σε άλλες. Μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες του περιβάλλοντος καθώς και από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως βουκή και τουρισμό.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη φυσική αναγέννηση των οικοσυστημάτων Τραχείας και Χαλεπίου πεύκης, μετά τη φωτιά είναι η διαθέσιμη ποσότητα, η διασπορά και η φυτρωτική ικανότητα των σπερμάτων καθώς και η δυνατότητα των φυταρίων να επιβιώνουν μετά την εγκατάσταση. Όλα τα είδη των Μεσογειακών οικοσυστημάτων διαθέτουν μορφολογικούς, φαινολογικούς και φυσιολογικούς μηχανισμούς προσαρμογής.

Το βασικό ερώτημα για τους δασολόγους που εμπλέκονται στη διαχείριση των δασών είναι αν είναι πάντα αποτελεσματική η φυσική αναγέννηση για την αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων. Επιμέρους ερωτήματα προκύπτουν από το σχεδιασμό αποκατάστασης καμένων εκτάσεων, όπως:

- Πόσο γρήγορος είναι ο ρυθμός αποκατάστασης του τοπίου και του οικοσυστήματος;
- Η φυσική αναγέννηση οδηγεί σε οικοσυστήματα όμοια σε σύνθεση και δομή με αυτά που υπήρχαν πριν την πυρκαγιά;
- Είναι μεγάλος ο κίνδυνος διάβρωσης μετά τη φωτιά και μέχρι τότε;
- Ποιος είναι ο επιθυμητός αριθμός φυταρίων πεύκης που πρέπει να υπάρχει ώστε να εξασφαλίζεται μελλοντικά η μορφή του δάσους;
- Αν τα πρώτα χρόνια η αναγέννηση δεν είναι ικανοποιητική τι πρέπει να γίνει;
- Μπορούμε να υποβοηθήσουμε τη φυσική αναγέννηση;

- Η αντιμετώπιση πρέπει να είναι η ίδια αν η αποκατάσταση γίνεται σε φυσικά οικοσυστήματα ή σε αναδασώσεις;

Για την απάντηση των παραπάνω ερωτημάτων είναι απαραίτητη η κατανόηση της δυναμικής των οικοσυστημάτων αυτών καθώς και της μακροχρόνιας επίδραση της φωτιάς στα οικοσυστήματα αυτά. Η παρούσα εργασία αποτελεί μια ανασκόπηση της υπάρχουσας γνώσης από τα δημοσιευμένα ερευνητικά αποτελέσματα. Η προσπάθεια έγινε για να την υποβοηθήση των εμπλεκόμενων φορέων στην αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων. Πρέπει να υπάρχει μια προκαθορισμένη και επιστημονικά, οικονομικά και κοινωνικά αποδεκτή μεθοδολογία αποκατάστασης των καμένων δασών στην Ελλάδα.

Οικοσυστήματα Μεσογειακά πεύκων

Τα δάση Χαλεπίου και Τραχείας πεύκης εμφανίζονται ως τελικά οικοσυστήματα (climax) στην περιοχή της Μεσογείου. (Ντάφης, 1986; Barbero et al., 1998) Η Χαλέπιος πεύκη είναι είδος της Δυτικής Μεσογείου. Στην χώρα μας συναντάται στην παράκτια ζώνη της Δυτικής Ελλάδας, στα νησιά του Ιονίου, στην Πελοπόννησο, στην Αττική, στην Εύβοια, στην Ανατολική και Κεντρική Ελλάδα, στη χερσόνησο της Χαλκιδικής και στις Β. Σποράδες. Η Τραχεία πεύκη είναι είδος της Ανατολικής Μεσογείου και των ακτών του Πόντου (Quezel, 2000). Στην χώρα μας εμφανίζεται στη Δαδιά του Έβρου, στα νησιά του βορειοανατολικού Αιγαίου (Θάσος, Λέσβος, Χίος, Σάμος), στα Δωδεκάνησα, στην Κρήτη και στην Κύπρο (Ντάφης, 1973; Ντάφης, 1986). Είναι είδος που αντέχει στην ξηρασία, ικανό να επιβιώνει και αυξάνει σε αντίξοα περιβάλλοντα και οριακές εδαφικές συνθήκες (Ραδόγλου, 1987α; 1987β). Η ικανότητα τους να αποικίζουν και να εγκαθίστανται σε διαταραγμένες θέσεις και εγκαταλειμμένες εκτάσεις αγρών στη ζώνη εξάπλωσης τους είναι μεγάλη. Είναι επίσης είδη που έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στις αναδασώσεις και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται στις περιοχές φυσικής εξάπλωσής τους και έξω από αυτές κυρίως λόγω της ανθεκτικότητας και των καλών ποσοτών επιβίωσης που παρουσιάζουν (Ντάφης, 1986).

Στην ίδια ζώνη βλάστησης εμφανίζονται και τα οικοσυστήματα της κουκουναριάς (*Pinus pinea*) και κυπαρισσιού (*Cupressus sempervirens*). Τα δάση κουκουναριάς έχουν περιορισμένη εμφάνιση στη Στροφυλιά της Δυτικής Πελοποννήσου, στο Σχοινιά του Μαραθώνα, στις Κουκουναριές της Σκιάθου και στη Σιθωνία Χαλκιδικής. Τα δάση κυπαρισσιού έχουν περιορισμένη εξάπλωση στα νησιά του νοτιοανατολικού Αιγαίου (Ρόδος, Κώς) και στην Κρήτη (Λευκά όρη, Ίδη).

Άμεσες συνέπειες της φωτιάς στα οικοσυστήματα

Η φωτιά προκαλεί καταστροφή της υπέργειας βιομάζας και δραστική μείωση της ποσότητας οργανικής ουσίας στην επιφάνεια του εδάφους. Εξαφανίζονται οι ευεργετικές επιδράσεις του δάσους και της βιοποικιλότητας. Υπάρχει απώλεια της ζωοκοινότητας και καταστροφή του ειδικού περιβάλλοντος διαβίωσης των ειδών. Η φωτιά επίσης επηρεάζει τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Υπάρχει υποβάθμιση του εδάφους με την απώλεια της οργανικής ύλης των θρεπτικών στοιχείων και του αζώτου (C, N₂). Οι υδρόφοβες ουσίες που συγκεντρώνονται στο επιφανειακό στρώμα μετά τη φωτιά επηρεάζουν τη διαπερατότητα του εδάφους και ενισχύεται η διάβρωση από τον άνεμο και τη βροχή. Ως συνέπειες έχουμε περισσότερη ξηρασία και περισσότερη επιφανειακή απορροή και διάβρωση (Raison, 1979).

Γενικά οι πυρκαγιές που συμβαίνουν στα οικοσυστήματα των Μεσογειακών πεύκων εκτός των άμεσων συνεπειών, δημιουργούν διαφορετικές συνθήκες και σημαντικός αριθμός ειδών χρησιμοποιεί τις συνθήκες που δημιουργούνται για να αναγεννηθούν. Δημιουργούνται καλύτερες συνθήκες για ψυχανθή είδη. Ενισχύεται η αναγεννητική ικανότητα πολλών ειδών καθώς και των πεύκων.

Μηχανισμοί προσαρμογής των ειδών του οικοσυστήματος

Όλα τα είδη του οικοσυστήματος διαθέτουν μηχανισμό προσαρμογής στη φωτιά και στις μετά τη φωτιά συνθήκες. Μερικά από αυτά διαθέτουν ανθεκτικούς φλοιούς. Πολλά είδη όπως τα αείφυλλα πλατύφυλλα (*Quercus coccifera*, *Phillyrea angustifolia*) πρεμνοβλαστάνουν. Πολλά είδη διατηρούν στο έδαφος σημαντικό αριθμό σπερμάτων σε λήθαργο (dormant soil seed bank). Τα σπέρματα ενεργοποιούνται για φύτευση μετά τη φωτιά. (Keely, 1995). Σε μερικά είδη εντατικοποιείται η φυτρωτικότητα των σπερμάτων από την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, καθώς βοηθούν τη διαπερατότητα του καλύμματός τους (*Cistus* spp) (Thanos et al., 1992) ή γίνονται ανενεργοί αναστολείς της φύτευσης που υπάρχουν στα σπέρματα από το φως που φθάνει στο έδαφος.

Το γένος *Cistus* είναι πιθανόν το πιο σημαντικό είδος για τη αποκατάσταση του τοπίου, η αναγέννησή του εξαρτάται μέγιστα από τη διαθεσιμότητα των σπερμάτων μετά τη φωτιά (Troumbis, 1996; Thanos et al., 1992; Trabaud, 2000). Μερικά είδη αναβλαστάνουν ενώ αναπαράγονται και με σπέρματα (*Rhus coriaria*, *Calicotome villosa*, *Sarcopoterium spinosum* *Salvia fruticosa*, *Anthyllis hermanniae* *Cistus* spp). Έχουν καταγραφεί πληροφορίες για τη συμπεριφορά των κυριότερων ειδών μετά την φωτιά σε οικοσυστήματα χαλεπίου πεύκης

(Arianoutsou and Neeman, 2000). Τα ψυχανθή είναι επίσης μία σημαντική ομάδα φυτών, διότι εμφανίζονται αμέσως μετά τη φωτιά, παρέχουν προστασία από τη διάβρωση και εμπλουτίζουν το έδαφος με άζωτο, το οποίο έχει απολεσθεί κατά τη διάρκεια της φωτιάς (Arianoutsou and Margaris, 1981; Doussi and Thanos, 1993). Η διασπορά σπερμάτων με τον άνεμο στις καμένες επιφάνειες είναι ικανοποιητική, διότι τα περισσότερα είδη διαθέτουν μικρά και ελαφριά σπέρματα.

Μηχανισμοί προσαρμογής των Μεσογειακών πεύκων

Η φυσική αναγέννηση των Μεσογειακών πεύκων ενισχύεται από μηχανισμούς προσαρμογής των ειδών στις φωτιές. Γενικά οι προσαρμογές αυτές αναφέρονται σε

- Μηχανισμούς προστασίας των σπερμάτων,
- Μεγιστοποίησης της διαθεσιμότητας σπόρων μετά τη φωτιά,
- Αποτελεσματική και ομοιόμορφη διασπορά των σπερμάτων με τον άνεμο μετά τη φωτιά,
- Ελαχιστοποίηση των καταστροφών μετά τη διασπορά και
- Αριστοποίηση της βλάστησης των σπερμάτων (Thanos, 2000)

1. Διαθεσιμότητα σπερμάτων

Η φυσική αναγέννηση των μεσογειακών πεύκων εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των σπερμάτων. Τα σπέρματα στα Μεσογειακά πεύκα είναι καλά προστατευμένα στους κώνους και η ετήσια παραγωγή τους από ώριμα άτομα είναι ικανοποιητική. Τα μεσογειακά πεύκα διατηρούν κλειστούς κώνους, οι οποίοι μετά τη φωτιά ανοίγουν και έτσι διασπείρονται τα σπέρματα (canopy seed bank of closed cones). Αυτός ο μηχανισμός προσαρμογής είναι γνωστός ως όψιμη βιωσιμότητα σπερμάτων (Serotiny) και είναι χαρακτηριστικό του γένους της πεύκης και του κυπαρισσιού (*Pinus and Cupressus*) (Vogel et al., 1977; Lev-Yadum, 1995). Κάθε χρόνο από τη Χαλέπιο πεύκη ένας μεγάλος αριθμός σπερμάτων ωριμάζει αλλά ένα μεγάλο μέρος των κώνων παραμένει κλειστό και διατηρεί τη βιωσιμότητά του για μεγάλο χρονικό διάστημα (canopy Seed bank) (Daskalaku and Thanos, 1996). Η *Pinus halepensis* διατηρεί το 40-80% των κώνων κλειστούς. Οι κώνοι της τραχείας πεύκης παραμένουν κλειστοί μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου παρέχοντας προστασία έναντι πυρκαγιάς και εξασφαλίζοντας τη δυνατότητα φυσικής αναγέννησης. Παρατηρήθηκαν όμως και κώνοι που διατηρήθηκαν κλειστοί για μήνες ή και για χρόνια (Neyisci, 1993). Γενικά μπορεί να αναφερθεί ότι οι καμένες συστάδες Τραχείας και Χαλεπίου πεύκης συνήθως

διαθέτουν επαρκή ποσότητα σπερμάτων που επιβιώνουν μετά τη φωτιά. Η βιωσιμότητα των σπερμάτων είναι συνήθως μεγαλύτερη από 80% επειδή προέρχεται από φυσικούς πληθυσμούς και εξασφαλίζεται εφόσον αυτά παραμένουν στους κλειστούς κώνους (Thanos et al., 1989; Thanos and Doussi, 2000).

Η διασπορά των σπερμάτων στις καμένες επιφάνειες γίνεται με τους ανέμους και ενισχύεται από ανέπαφες ομάδες δένδρων και από παρακαείμενες συστάδες. Η απόσταση διασποράς με τον άνεμο εξαρτάται από το βάρος και τη μορφή του σπέρματος. Μεγάλα και βαριά σπέρματα, όπως αυτά της *Pinus pinea* μπορούν να διασπαρούν μόνο σχεδόν κάθετα από τα μητρικά δένδρα, ενώ τα σπέρματα της *P. brutia* και *Pinus halepensis* μπορούν να διασπαρούν σε μεγάλη απόσταση.

Η ηλικία αναπαραγωγής στα Μεσογειακά πεύκα είναι μικρή. Παράγονται ώριμοι σπέρματα σε ηλικία 8 ετών δένδρων χαλεπίου. Έχει βρεθεί ότι 10 χρόνια μετά από φωτιά το 10% των δενδρυλλίων τραχείας πεύκης ήταν σε αναπαραγωγικό στάδιο (Thanos and Marcou, 1993). Υπάρχει κίνδυνος όταν η φωτιά επαναλαμβάνεται στον ίδιο τόπο σε χρόνο μικρότερο από την ηλικία καρποφορίας της νεαρής συστάδας (Keeley et al., 1999). Η εξάρτηση από τη διαθεσιμότητα των σπερμάτων κάνει πολλές φορές μερικούς τόπους ευαίσθητους στην επικράτηση άλλων ειδών και έτσι μπορούν να παρατηρηθούν αλλαγές στο οικοσύστημα μετά την πυρκαγιά. Ιδιαίτερα ευαίσθητες είναι οι περιοχές του οικοτόπου (ecotone) (Gitas et al., 2001). Γενικά, μπορεί να σημειωθεί ότι η μορφή, η δομή και η ηλικία των καμένων συστάδων καθώς και το μέγεθος της καμένης έκτασης επηρεάζει το δυναμικό αναγέννησης

2. Επιτυχία εγκατάστασης των φυταρίων

Η επιτυχία όμως της φυσικής αναγέννησης αναγνωρίζεται κυρίως από την επιτυχή εγκατάσταση των φυταρίων. Η δυναμική της τράπεζας των σπερμάτων μετά τη φωτιά δεν αναγνωρίζεται εύκολα κυρίως εξαιτίας της μαζικής απώλειας σπερμάτων και νεαρών φυταρίων. Οι απώλειες οφείλονται στην αποτυχία των σπερμάτων να φυτρώσουν και κυρίως στην αδυναμία επιβίωσης των φυταρίων. Τα σπέρματα των Μεσογειακών πεύκων δεν φυτρώνουν μόνο το πρώτο χρόνο αλλά ένα μέρος αυτών φυτρώνει το δεύτερο και τρίτο έτος. Ο μεγαλύτερος αριθμός φυταρίων εμφανίζεται από τον Οκτώβριο έως τον Ιανουάριο μετά την πυρκαγιά. Φύτρωση σπερμάτων όμως συμβαίνει και το Μάρτιο-Απρίλιο (Thanos et al., 1989). Υπάρχουν μηχανισμοί προσαρμογής, όπως η ικανότητα φύτρωσης των σπερμάτων σε χαμηλό οσμωτικό δυναμικό και συνθήκες ξηρασίας και η ταχεία αύξηση του ριζικού συστήματος που παρατηρείται στην χαλέπιο (Neeman et al., 1993,) και στην τραχεία πεύκη (Thanos and Skordilis, 1987). Το μήκος του ριζικού συστήματος που μετρήθηκε τον Ιούλιο σε φυτάρια φυσικής αναγέννησης

τραχείας πεύκης βρέθηκε να κυμαίνεται από 25 έως 45 cm ανάλογα με την ποιότητα τόπου (Ραδόγλου και Χριστοδούλου, 1998). Οι απαιτήσεις σε φως των φυταρίων, όπως προκύπτει από μετρήσεις στη τραχεία πεύκη (Ασαδά, 2003) είναι υψηλές και έτσι τις περισσότερες φορές δεν αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει αρνητικά την αναγέννηση.

Η επιβίωση μετά τη φύτευση εξαρτάται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες. Οι αβιοτικοί παράγοντες είναι το διαθέσιμο εδαφικό νερό, η θερμοκρασία αέρος, εδάφους καθώς και η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Βιοτικοί παράγοντες είναι ο ανταγωνισμός των αρτιβλάστων από τα άλλα είδη της βλάστησης και η βόσκηση. Η θνησιμότητα των αρτιβλάστων είναι υψηλή διότι και μη παρατεταμένο στρες μπορεί να επηρεάσει την αναγέννηση ενώ δεν επηρεάζει καθοριστικά τα ώριμα άτομα. Μετρήσεις έδειξαν ότι μόνο το 20% των αρτιβλάστων επιβιώνει μετά από δυο αυξητικές περιόδους. Έχει ερευνηθεί η σχέση μεταξύ των παραγόντων του περιβάλλοντος και της επιτυχούς εγκατάστασης. Είναι σημαντικότερη η επίδραση του συνδυασμού των παραμέτρων (σταθμού) στην επιτυχία της εγκατάστασης. Υπάρχει διαφορετικός βαθμός σπουδαιότητας για μερικούς παράγοντες και κάθε φορά μπορεί ένας παράγοντας να είναι καθοριστικός π.χ. βρέθηκε ότι σε μεγάλες κλίσεις >60% υπάρχει μικρότερος αριθμός φυταρίων (Γήτας, 1999).

Καταγράφηκαν διαφορές στις φυσιολογικές λειτουργίες που πιθανόν ευνοούν την εγκατάσταση της χαλεπίου πεύκης σε σχέση με τα είδη του υπορόφου. Τα φυτάρια πεύκης έχουν υψηλούς ρυθμούς φωτοσύνθεσης (Ραδόγλου, 1995). Φαίνεται επίσης ότι τα φυτάρια των πεύκων δεν αντέχουν στον ανταγωνισμό με τα άλλα είδη της βλάστησης, διότι εγκαθίστανται συνήθως σε γυμνό έδαφος και όχι σε στενή επαφή με άλλα είδη του υπορόφου (Ραδόγλου, 1999)

Συνήθως τα προβλήματα που εμφανίζονται προέρχονται από τις αντίξοες κλιματικές συνθήκες που επικρατούν ή από τη βόσκη. Η ικανότητα της τραχείας και χαλεπίου πεύκης να ανακάμπτουν από βλάβες της βόσκησης έχει αναγνωρισθεί καθώς η απώλεια επικόρυφου καλύπτεται από αύξηση πλευρικού κλάδου. Μια ικανοποιητική όμως αναγέννηση μετά από πυρκαγιά μπορεί να καταστρέφεται εξαιτίας έντονης βόσκησης (Σπανός, 1992). Η φυσική αναγέννηση είναι μία διαρκής διαδικασία και εξακολουθεί να συμβαίνει και 10 χρόνια μετά τη φωτιά. Επεμβάσεις που γίνονται μετά τη φωτιά (συγκομιδή του ξύλου, αντιδιαβρωτικά έργα) μπορούν να επηρεάσουν την επιτυχία εγκατάστασης της φυσικής αναγέννησης, γι' αυτό πρέπει να γίνονται έγκαιρα.

3. Απαιτούμενος χρόνος για την αποκατάσταση του τοπίου

Το πρώτο χρόνο μετά τη φωτιά παρατηρείται μια μαζική φύτευση των ψυχανθών που ωριμάζουν και με την παραγωγή των σπερμάτων τους ενισχύουν

την πυκνότητα τους (Doussi and Thanos, 1993). Τα ψυχανθή παραμένουν ένα κυρίαρχο στοιχείο του οικοσυστήματος για τα δάση χαλεπίου για περίπου τρία χρόνια και σταδιακά μειώνονται αλλά τα σπέρματά τους παραμένουν στο έδαφος σε λήθαργο και μπορούν να φυτρώσουν κατά την επόμενη φωτιά. Τα είδη *Cistus* κυριαρχούν μετά τη φωτιά. Εμφανίζονται σε μεγάλη πυκνότητα τον πρώτο χειμώνα στα οικοσυστήματα χαλεπίου και τραχείας πεύκης και η πυκνότητά τους αυξάνει το δεύτερο έτος. Μερικές φορές παρατηρείται απώλεια αρτιβλάστων το πρώτο καλοκαίρι. Η πυκνότητά τους κυμαίνεται από 35-100 αρτίβλαστα ανά m² και διατηρείται για τα τρία επόμενα έτη. Στα δάση τραχείας της Ρόδου παρατηρήθηκε ότι δέκα χρόνια μετά τη φωτιά τα είδη *Cistus* εμφανίζουν κάλυψη που κυμαίνεται από 64% στην ποιότητα τόπου I, 42% στην II και 26% στην III ποιότητα τόπου, όταν η συνολική φυτοκάλυψη από όλα τα είδη ήταν 74%, 74% και 45% στις αντίστοιχες ποιότητες τόπου (Ραδόγλου, 1999). Η μείωση του πληθυσμού αρχίζει 15 χρόνια μετά τη φωτιά εκτός αν η αναγέννηση της πεύκης είναι μικρή οπότε η κυριαρχία των ειδών *Cistus* μπορεί να παραμένει για δεκαετίες. Όταν αναπτυχθούν κλειστές συστάδες χαλεπίου ή τραχείας πεύκης τα *Cistus* να ελαττώνονται αλλά υπάρχουν πάντα διαθέσιμοι σπέρματα στο έδαφος (Arianoutsou et al., 2000).

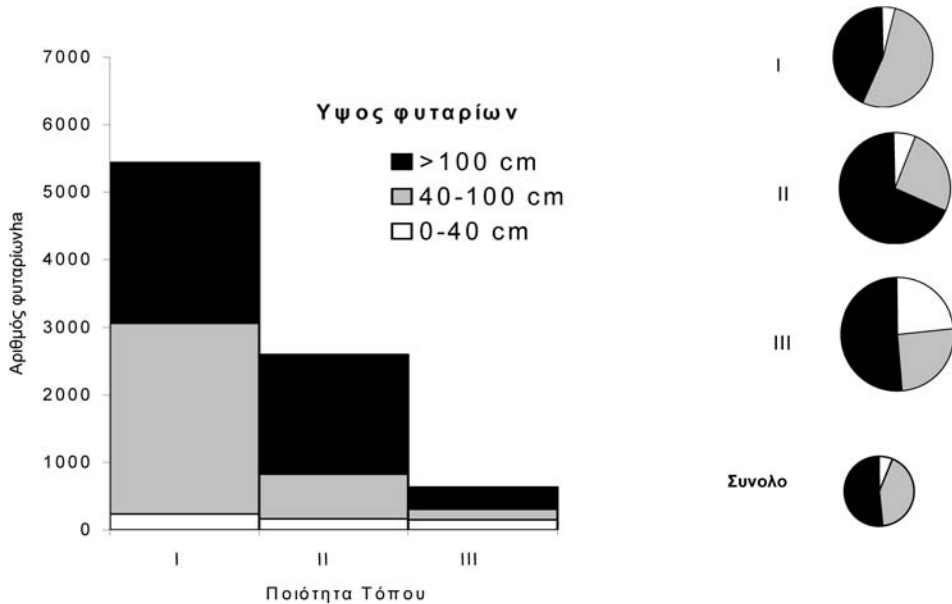
Μπορεί να ειπωθεί ότι σε τρία ή τέσσερα έτη μετά τη φωτιά υπάρχει μερική αποκατάσταση του τοπίου. Σε δέκα περίπου χρόνια το τοπίο αποκαθίσταται πλήρως. Γενικά, η αποκατάσταση του τοπίου είναι γρήγορη και δεν είναι εμφανή τα ίχνη της φωτιάς εκτός και αν δεν γίνουν υλοτομίες.

Σύνθεση της φυσικής αναγέννησης μετά από πυρκαγιά

Σε φυσικά οικοσυστήματα το δυναμικό αναγέννησης των πεύκων είναι ισχυρό. Ο αριθμός φυταρίων που εγκαθίστανται είναι συνήθως ικανοποιητικός. Εξαρτάται από την ποιότητα τόπου, τη μορφή, την ηλικία και τη δομή της προϋπάρχουσας συστάδας καθώς επίσης από το μέγεθος της καμένης έκτασης και την ύπαρξη ανέπαφων ομάδων δένδρων ή ατόμων. Πρέπει να γίνεται αξιολόγηση της φυσικής αναγέννησης σε τρία με τέσσερα χρόνια μετά από τη φωτιά. Στις πυρκαγιές της Θάσου (1984, 1985, 1989) κάηκαν συνολικά 20.000 ha. Σε μετρήσεις που έγιναν δέκα χρόνια μετά τη φωτιά βρέθηκαν 5637 φυτάρια ανά εκτάριο στην I ποιότητα τόπου, 3087 φυτάρια στην II ποιότητα τόπου και 849 στην III ποιότητα τόπου. Από τις μετρήσεις προκύπτει ότι στο μέλλον θα δημιουργηθεί πλήρως δασογενές περιβάλλον (Γήτας, 2000; Spanos et al., 2001). Στη Ρόδο, στην πυρκαγιά του 1987 και του 1988 κάηκαν 12.865 ha και 3.529 ha αντίστοιχα. Από μετρήσεις που έγιναν δέκα χρόνια μετά τη φωτιά βρέθηκαν 5700

φυτάρια στην I ποιότητα τόπου, 3100 στην II ποιότητα τόπου και 850 στην III ποιότητα τόπου (Σχήμα 1) (Ραδόγλου, 1999).

Σχέσεις ανταγωνισμού με άλλα είδη της βλάστησης συνήθως αναπτύσσονται μετά τα πρώτα έτη, όταν η κάλυψη της επιφάνειας γίνεται σε μεγάλο ποσοστό από τα είδη αυτά και η επιβίωση φυταρίων (αρτιβλάστων) πεύκης δεν είναι δυνατή.



Σχήμα 1. Αριθμός φυταρίων φυσικής αναγέννησης τραχειάς (*P.brutia*) ανά ha για κάθε ποιότητα τόπου διαιρεμένα σε τρεις κλάσεις ύψους (Radoglou, 1999)

Ο αριθμός φυταρίων (αρτιβλάστων) που εγκαθίσταται τα πρώτα έτη μπορεί να είναι μικρός και να συνοδεύεται από ισχυρή αναγέννηση των άλλων ειδών σε περιπτώσεις που συμβαίνει πυρκαγιά σε νεαρές συστάδες που δεν βρίσκονται σε πλήρη καρποφορία (όταν η φωτιά επανέρχεται στον ίδιο τόπο με μεγάλη συχνότητα). Στα όρια εξάπλωσης, η εξάρτηση από τη διαθεσιμότητα των σπερμάτων και την ικανότητα διασποράς τους μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στη σύνθεση των συστάδων. Έχει παρατηρηθεί ότι στις πυρκαγιές της Θάσου σε περιοχές που υπήρχαν αμιγείς ή μικτές συστάδες μαύρης πεύκης, δέκα χρόνια μετά τη φωτιά η εμφάνιση της τραχειάς ήταν ιδιαίτερα ενισχυμένη (Gitas et al., 2001). Σε καμένες συστάδες κουκουναριάς, επίσης παρατηρήθηκε είσοδος της τραχειάς πεύκης μερικά χρόνια μετά τη φωτιά.

Σε αναδασώσεις που βρίσκονται μέσα στη ζώνη εξάπλωσης και τα οικοσυστήματα είχαν ικανοποιητικό βαθμό σταθερότητας, το δυναμικό αναγέννησης

των καμένων συστάδων ήταν ισχυρό. Στο περιαιστικό δάσος της Θεσσαλονίκης (αναδασώσεις τραχείας πεύκης) η καταμέτρηση της φυσικής αναγέννησης δυο χρόνια μετά τη φωτιά του 1997 έδειξαν κάλυψη 75% με μέσο όρο εμφάνισης φυταρίων 8826 ανά ha και συχνότητα εμφάνισης της *P. brutia* 87% και του *Cupressus sempervirens* 13% (Γρηγοριάδης προσωπική επικοινωνία). Όμοια αποτελέσματα υπάρχουν για το περιαιστικό δάσος Καβάλας.

Ενέργειες και μέτρα που βοηθούν τη φυσική αναγέννηση

Οι υλοτομίες και η απομάκρυνση των κορμών πρέπει να γίνονται νωρίς το Φθινόπωρο. Κατά τις υλοτομίες πρέπει τα κλαδιά και ιδιαίτερα οι κώνοι να παραμένουν στην επιφάνεια διότι η φυσική αναγέννηση βασίζεται στα σπέρματα που περιέχονται σε αυτούς τους κώνους (Ντάφης, 1987). Σε περιπτώσεις που δεν έγιναν υλοτομίες μετά τη φωτιά, όπως στην Ρόδο το 1989, η εμφάνιση του τοπίου ήταν αρνητική και η συσσωρευμένη νεκρή βιομάζα ήταν απαγορευτική για τις μετακινήσεις (Εικόνα 1). Χρειάζεται προστασία από τη διάβρωση τα πρώτα χρόνια.



Εικόνα 1. Φυσική αναγέννηση τραχείας στη Θάσο, δέκα χρόνια μετά τη φωτιά όπου έγιναν υλοτομίες (A), Φυσική αναγέννηση τραχείας στη Ρόδο, δέκα χρόνια μετά τη φωτιά όπου δεν έγιναν υλοτομίες (B).

Τα αντιδιαβρωτικά έργα πρέπει να ολοκληρώνονται νωρίς για να μην υποστούν ζημιές τα αναγεννούμενα αρτίβλαστα. Ο κίνδυνος διάβρωσης είναι μεγαλύτερος μετά τη φωτιά, αλλά εξαρτάται από το μέγεθος της λεκάνης απορροής, τη θέση και κλίση της επιφάνειας και τις επικρατούσες συνθήκες βροχοπτώσης. Τα κλαδοπλέγματα που γίνονται κατά τις ισοϋψείς προσφέρουν ικανοποιητική προστασία. Μετά τη φωτιά πρέπει να υπάρχει καταγραφή του ζωικού κεφαλαίου και της πίεσης βόσκησης που υπάρχει στις καμένες εκτάσεις και αν είναι

δυνατόν να αποφεύγεται τα τρία πρώτα χρόνια. Το δυναμικό της φυσικής αναγέννησης είναι μεγαλύτερο σε καλύτερες ποιότητες τόπου και μικρότερο σε χειρότερες ποιότητες τόπου, όπου επικρατούν αντίξοες συνθήκες περιβάλλοντος. Αντίστοιχα, η ανάκαμψη από τις βλάβες είναι μεγαλύτερη στις καλύτερες ποιότητες τόπου (Gitas et al. 2000). Αν τα πρώτα χρόνια η αναγέννηση δεν είναι ικανοποιητική, αυτή μπορεί να ενισχυθεί με ήπιους χειρισμούς, όπως σπορές ή φυτεύσεις με φυτάρια που αναπτύχθηκαν στα φυτώρια από σπέρματα που συλλέχθηκαν από την ευρύτερη περιοχή.

Συμπεράσματα

Η φυσική αναγέννηση είναι τις περισσότερες φορές αποτελεσματική. Επηρεάζεται κυρίως από τη σύνθεση και δομή των συστάδων που προϋπήρχαν καθώς και από την ποιότητα τόπου και τις εξωτερικές επεμβάσεις. Το τοπίο αποκαθίσταται σταδιακά και πλήρως 10 χρόνια μετά από τη φωτιά. Η φυσική αναγέννηση είναι μία συνεχής διαδικασία που εξακολουθεί να συμβαίνει ακόμα και δέκα χρόνια μετά τη φωτιά. Στις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, ο αριθμός φυταρίων που καταγράφηκε εγγυάται την επανίδρυση του δάσους. Σε οικοσυστήματα που προέρχονται από αναδασώσεις, μπορεί μετά τη φωτιά να ενισχυθεί η φυσική αναγέννηση με φυτεύσεις και σπορές, κυρίως αν υπάρχει στόχος καθορισμού της σύνθεσης των ειδών.

Μελλοντικές προτεραιότητες

Είναι όμως αναγκαίο να τονισθεί ότι προσπάθειες απαιτούνται σε εφαρμοσμένο και ερευνητικό επίπεδο για τη σωστή αντιμετώπιση της αποκατάστασης των καμένων εκτάσεων.

Σε εφαρμοσμένο επίπεδο πρέπει να συνταχθεί ένα εγχειρίδιο, με οδηγίες και βασικές προδιαγραφές για τη σύνταξη μελετών αποκατάστασης καμένων εκτάσεων. Είναι χρήσιμο να συνοδεύεται από δελτίο συλλογής στοιχείων για την καταγραφή της πορείας της φυσικής αναγέννησης στα επόμενα χρόνια μετά την φωτιά. Η βάση δεδομένων που θα δημιουργηθεί με αυτά τα στοιχεία πρέπει να είναι διαθέσιμη σε όλους όσους ασχολούνται με τη διαχείριση και την αποκατάσταση των δασών μετά από πυρκαγιά.

Σε ερευνητικό επίπεδο, πρέπει να χρηματοδοτηθούν εθνικά ερευνητικά προγράμματα που να επικεντρώνονται σε ερωτήματα που δεν έχουν ερευνηθεί επαρκώς. Επίσης πρέπει να χρηματοδοτηθούν ερευνητικά προγράμματα και να εγκατασταθούν μόνιμες πειραματικές επιφάνειες για τη διαχρονική μελέτη της δυ-

ναμικής εξέλιξης των οικοσυστημάτων, διότι οι ως τώρα έρευνες στηρίζονται σε συγκρίσεις από διαφορετικές πειραματικές επιφάνειες και τις περισσότερες φορές μόνο τα πρώτα έτη μετά τη φωτιά.

Τέλος, θα πρέπει να γίνει προσπάθεια να εκφραστούν τα ερευνητικά αποτελέσματα που συλλέγονται ή συλλέχθηκαν από πειραματικές επιφάνειες με τη βοήθεια συστημάτων GIS για να παρουσιάζεται η υπάρχουσα κατάσταση σε ολόκληρη την περιοχή εξάπλωσης των ειδών.

Βιβλιογραφία

- Agee J.K. (1998): «Fire and pine ecosystems». In: D.M. Richardson, (ed). Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 193-189.
- Awada T., Radoglou K., Fotelli M.N. and Constantinidou H. (2003): «Ecophysiology of three Mediterranean pine species under contrasting light regimes». *Tree Physiology*, 23: 33-41.
- Arianoutsou M. and Margaris N.S. (1981): «Fire induced nutrient losses in phryganic ecosystem». *Int. J. Biometeor.*, 25: 341-347.
- Arianoutsou M. and Neéman G. (2000): «Post-fire regeneration of Natural *Pinus halepensis* forests in the East Mediterranean Basin». In: G. Neeman and L. Trabaud (eds). Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forest Ecosystem in the Mediterranean Basin. Backhuys Publishers Leiden, The Netherlands, pp. 37-50.
- Barbero M., Loisel R., Quezel P., Richardson D.M. and Romane F. (1998): «Pines of the Mediterranean Basin». In: D.M. Richardson (ed). Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge, University Press, pp. 153-170.
- Bond W.J. and van Wilgen B.W (1996): «Fire and Plants». Chapman and Hall, London.
- Daskalaku E.N. and Thanos C.A. (1996): «Aleppo pine (*Pinus halepensis*) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks». *Int. J. of Wildland Fire* 6: 59-66.
- Doussi M. and Thanos C.A. (1993): «The ecophysiology of fire induced germination in hard – seed lings». In: D. Come and F. Corbineau, (eds). Fourth International Workshop on Seeds. Basic and Applied Aspects of seed Biology. ASFIS, Paris, pp 455-460.
- Gitas I.Z. (1999): «Geographical Information Systems and Remote Sensing in mapping and monitoring fire-altered forest landscapes», Department of Geography, University of Cambridge, Ph.D. Dissertation, 237 pages.
- Gitas I.Z., Radoglou K., Devereux B.J. and Spanos I. (2000): «Comparative study of the post –fire ecosystem recovery by using experimental plots and geographical information systems». In: V.A.Tsihrintsis, G.D Korfiatis, K.L. Katsifarakis and A.C. Demetracopoulos (eds). Proceeding of the International Conference on Protection and Restoration of the Environment. Thasos Greece, 3-6 July 2000, pp 652-665.
- Gitas I.Z., Radoglou K. and Devereux B.J. (2001): «An examination of the fire-altered *Pinus nigra* ecosystem on the Mediterranean island of Thasos». In: K. Radoglou (ed). Proceedings of International Conference on Forest Research: A Challenge for an Integrated European Approach, Thessaloniki, Greece, August 27 – 1 September 2001, NAGREF- Forest Research Institute, Vol. I, 351-358.

- Keeley J.E. (1995): «Seed germination patterns in fire-prone Mediterranean climate regions». In: M.T.K., Arroyo, P.H. Zedler and M.D. (eds). Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia. Springer Verlag, New York, pp. 239-273.
- Keeley J.E., Neéman G. and Fotheringham C.J. (1999): «Immaturity risk in a serotinous pine». *J. Med. Ecol.* 1: 27-34.
- Lev-Yadum S. (1995): «Living serotinous cones in *Cupressus sempervensis*». *Int. J. Pl. Sci.* 156:50-54.
- Neyisci T. (1993): «Ecological adaptive traits of *Pinus brutia* ten. to fires». In: Papers of International Symposium on *Pinus brutia* Ten., Ministry of Forestry (Turkey) Marmaris, 18-23 October 1993, pp. 79-84.
- Neéman G., Lahav H. and Izhaki I. (1992): «Spatial pattern of seedlings 1 year after fire in a Mediterranean pine forest». *Oecologia* 91: 365-370.
- Neéman G., Lahav H. and Izhaki I. (1993): «The resilience of vegetation to fire in an East Mediterranean pine forest on Mount Carmel, Israel: The effect of post-fire management». In: L. Trabaud and R. Prodon (eds). Fire in Mediterranean Ecosystems. Commission of the European Communities, Brussels, pp 127-140.
- Neéman G., Meir I. and Neéman R. (1993): «The effects of ash on the germination and early growth of shoots and roots of *Pinus*, *Cistus* and annuals». *Seed Science and Technology* 21: 339-349.
- Ντάφης Σ. (1973): «Ταξινόμηση της Δασικής βλάστησης». Επετηρίδα Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής (Αφιέρωμα εις μνήμη Αναστασίου Οικονομόπουλου) Τόμος ΙΕ, τεύχος Β, 75-88.
- Ντάφης (1986): «Δασική Οικολογία». Θεσσαλονίκη 1-493.
- Ντάφης (1987): «Δάση Χαλεπίου και Τραχείας πεύκης». Πρακτικά επιστημονικής συνάντησης που έγινε στην Χαλκίδα από 30 Σεπτεμβρίου έως 2 Οκτωβρίου.
- Overpeck J.T., Rind D. and Goldberg R. (1990): «Climate-induced changes in forest disturbance and vegetation». *Nature*, 343: 51-53.
- Quezel P. (2000): «Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia*)». In: G. Neéman and L. Trabaud (eds). Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin, pp 1-12.
- Ραδόγλου Κ.Μ. (1987α): «Επίδραση του σταθμού στην επιτυχία των αναδασώσεων και στην οικοφυσιολογική κατάσταση των δένδρων του Κεδρηνού λόφου Θεσσαλονίκης». Διδακτορική διατριβή, Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Τόμος ΚΗ' Παρ. 2, Θεσσαλονίκη, 173 σελίδες,
- Ραδόγλου Κ.Μ. (1987β): «Τροποποιητικές προσαρμογές υδατικών παραμέτρων σε συνθήκες καταπίεσης (stress) ξηρασίας στην Τραχεία πεύκη». Πρακτικά Επιστημονικής Συνάντησης, Δάση Χαλεπίου και Τραχείας Πεύκης στη Χαλκίδα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, 43-59.
- Ραδόγλου Κ. (1995): «Εποχιακή μεταβολή της φωτοσύνθεσης σε δενδρύλλια φυσικής αναγέννησης χαλεπίου πεύκης και των ειδών της υποβλάστησης». Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. Τόμος Αφιέρωμένος προς τιμή του Ομότιμου Καθηγητή Σπ. Αθ. Ντάφη. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης ΛΗ/1, 284-301.
- Radoglou K. (1999): «Restoration of *Pinus brutia* forest by natural regeneration 10 years

- after fire in Rhodes». In: Proceedings of the International Symposium on Forest Fires: Needs and Innovations A Delfi action, Athens, 18-19 November 1999, CINAR SA, pp. 305-309.
- Radoglou K. and Christodoulou A. (1998): «Natural regeneration of *Pinus brutia* Ten. in Thasos, Rhodes and Cyprus». Final Report of the research project in the framework of the Bilateral cooperation between Greece and Cyprus, 85 pages+ Appendix.
- Raison R.J. (1979): «Modification of the soil environment by vegetation fires with particular reference to nitrogen transformation: A review». *Plant and Soil* 51:73-108.
- Σπανός Γ. (1992): «Ανάλυση Δομής και Αναγέννηση Τραχειάς πεύκης Θάσου». Διδακτορική διατριβή Α.Π.Θ. 179 σελίδες.
- Spanos I.A., Radoglou K. and Raftoyannis Y. (2001): «Site quality effects on post – fire regeneration of *Pinus brutia* forest on a Greek island». *Applied Vegetation Science*, 4: 229-236
- Scarascia Mugnozza G., Oswald H., Piussi P. and Radoglou K. (2000): «Forest of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs». *Forest Ecol. Manage*, 132, 97-109.
- Thanos C.A., Georghiou K., Kadis C. and Pantazi C. (1992): «Cistaceae- a plant family with hard seeds». *Isr. J. Bot.*, 41: 251-263.
- Thanos C.A., Markou S., Christodoulakis D. and Yannitsaros A. (1989): «Early post-fire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos island (Greece)». *Acta Oecol /Oecol. Plant.* 10(1): 79-94.
- Thanos C.A. and Doussi M.A. (2000): «Post-fire regeneration of *Pinus brutia* forests». In: G. Neéman and L. Trabaud (eds). Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forest Ecosystem in the Mediterranean Basin. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp.291-301.
- Thanos C.A. and Skordilis A. (1987): «The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* seeds». *Seed Science and Technology*, 15: 163-174.
- Thanos C.A. and Marcou S. (1993): «Natural regeneration of *Pinus brutia* forests in Samos island. Key events during the first 10 years of post fire period». In: Papers of International Symposium on *Pinus brutia* Ten, Ministry of forestry (Turkey), 18-23 October 1993. pp 176-183.
- Trabaud L. (2000): «Seeds: their soil seed bank and their role in post fire recovery of ecosystems of the Mediterranean basin». In: L. Trabaud (ed). Life and Environment in the Mediterranean, Advances in Ecological Sciences, WIT Press, Southampton, UK, pp229-259.
- Trabaud L., Michels C. and Grosman J. (1985): «Recovery of burnt *Pinus halepensis* Mill». Forests, II, Pine reconstitution after wildfire. *Forest Ecol. Manag.*, 13: 167-179
- Troumbis A. (1996): «Seed persistence versus soil seed bank persistence: The case of the post-fire seeder *Cistus incanus* L». *Ecoscience* 3: 461-468.
- Vogel R.J., Armstrong W.P., White K.L. and Cole K.L. (1977): «The closed cone pine and cypresses». In: M.C. Barbour and J. Major (eds). Terrestrial vegetation of California. Wiley, New York, pp. 295-358.