

Επίδραση του τρόπου διαχείρισης της καστανιάς του Αγίου Όρους στις χημικές ιδιότητες του εδάφους

Παπαϊωάννου Αθανάσιος¹, Γάκης Στέργιος², Ορφανουδάκης Μιχαήλ³, Σεϊλόπουλος Δημοσθένης¹, Κιτικίδου Κυριακή³, Πιπινής Ηλίας⁴, Νικολάου Γεώργιος⁵

¹Εργαστήριο Δασικής Εδαφολογίας, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. 54124

²Διεύθυνση Δασών Νομού Μαγνησίας, Ξενοφώντος 1, 38333 Βόλος

³Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δ.Π.Θ. 68200 Ορεστιάδα

⁴Εργαστήριο Δασοκομίας, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. 54124

⁵Εργαστήριο Δασικής Γενετικής, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. 54124

Περίληψη

Η εμπειρική μέθοδος διαχείρισης των πρεμνοφυών δασών της καστανιάς (*Castanea sativa* Mill.) από τους μοναχούς του Αγίου Όρους, αποτελεί έναν ιδιαίτερο τρόπο καλλιέργειας και συγκομιδής προϊόντων ξύλου καστανιάς. Η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου διαχείρισης προέκυψε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα εξ αιτίας των αναγκών για υποστηρίγματα στις στοές των μεταλλείων Κασσάνδρας Χαλκιδικής και επί πλέον της αυξημένης ζήτησης ξυλείας καστανιάς διαφόρων διαστάσεων, για αγροτικές κυρίως κατασκευές. Η επί μακρόν συνέχιση αυτού του τρόπου διαχείρισης, είναι λογικό να επηρεάζει τη γονιμότητα του εδάφους και την παραγωγικότητα των δασών καστανιάς. Οι συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων, ερευνήθηκαν στο έδαφος τριών διαφορετικών ηλικιών 10, 20 και 40 ετών πρεμνοφυών συστάδων καστανιάς. Εδαφικά δείγματα ελήφθησαν από τα βάθη 0-10 και 10-20 cm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στο επιφανειακό στρώμα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις της οργανικής ουσίας και των στοιχείων P, Ca, και Mg, μεταξύ των συστάδων ηλικίας 20 ετών και αυτών που έχουν ηλικία 10 και 40 έτη, ενώ στο επόμενο βάθος 10-20 cm εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις P, Ca και Mg. Γενικά επικρατεί η τάση των αυξημένων συγκεντρώσεων οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, στις συστάδες ηλικίας 10 και 40 ετών σε σχέση με αυτές ηλικίας 20 ετών.

Λέξεις κλειδιά: πρεμνοφυή δάση καστανιάς, εμπειρική μέθοδος διαχείρισης, οργανική ουσία, θρεπτικά στοιχεία.

Εισαγωγή

Σε μια αειφορική δασοπονία πρέπει η μέθοδος διαχείρισης που ακολουθείται να είναι προσεκτικά προσαρμοσμένη στις ανάγκες και στη δυναμική του οικοσυστήματος, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η γονιμότητα και η παραγωγικότητα του οικοσυστήματος (Dyck et al., 1994). Σε δασικά εδάφη που για οποιοδήποτε λόγο η περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά στοιχεία είναι περιορισμένη, η πορεία και η αποδοτικότητα της βλάστησης επηρεάζεται άμεσα από την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων του οικοσυστήματος. Ο τύπος των εδαφών είναι σημαντικός στον καθορισμό της γενικής δομής και της λειτουργίας των δασικών οικοσυστημάτων. Στα φυσικά δάση, το είδος της βλάστησης, πλατύφυλλα ή κωνοφόρα, συνδέεται άμεσα με τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (Wessmann et al., 1988; Cunningham et al., 1999). Η σχέση βλάστηση/έδαφος απεικονίζεται στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων των φύλλων και του δασικού τάπητα που με τη σειρά τους επηρεάζουν τις διαδικασίες

αποσύνθεσης και επιπλέον δίδουν πληροφορίες για τις εδαφικές ιδιότητες και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος (Stachurski and Zimka, 1975; Pastor et al., 1984; Zak et al., 1993; Aerts and Chapin, 2000). Η δασική βλάστηση όταν αναπτύσσεται σε γόνιμα και παραγωγικά εδάφη δημιουργεί φυτικά υπολείμματα πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία. Αυτά τα φυτικά υπολείμματα αποσυντίθενται και εφοδιάζουν το ανόργανο έδαφος με θρεπτικά στοιχεία. Αντίθετα, όταν η δασική βλάστηση αναπτύσσεται σε εδάφη χαμηλής γονιμότητας, η διαδικασία της ανακύκλωσης των θρεπτικών στοιχείων ακολουθεί αργούς ρυθμούς κυρίως λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης του αζώτου (Davies et al., 1964; Cornelissen and Thompson, 1997; Tresender and Vitousek, 2001; Hattenschweiler et al., 2003).

Η δασική βλάστηση, κατά τη διαδικασία πρόσληψης κατιόντων τα οποία είναι προσροφημένα από τα κολλοειδή του εδάφους, αποδεσμεύει κυρίως ένα ισοδύναμο ποσό ιόντων υδρογόνου από το ριζικό σύστημα των φυτών για να αντισταθμίσει το ισοζύγιο εισροών – εκροών. Στα διαχειριζόμενα δασικά οικοσυστήματα, όταν ο περίτροπος χρόνος είναι μικρός, η συνεχής πρόσληψη κατιόντων από το έδαφος, δεν μπορεί να αντισταθμισθεί πλήρως από τη διαδικασία της ανακύκλωσης των θρεπτικών στοιχείων, με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται μια πτώση των βάσεων στο έδαφος με την ταυτόχρονη αύξηση της οξύτητάς του (Nilsson et al., 1982; Van Breemen et al., 1983; Berdkn et al., 1987). Θεωρητικά, τόσο η μείωση του pH, όσο και η αφαίρεση βάσεων από το έδαφος για τις ανάγκες της βλάστησης δεν θα δημιουργούσαν πρόβλημα εάν όλα τα προσλαμβανόμενα θρεπτικά στοιχεία επέστρεφαν εκ νέου με τη βοήθεια της ανακύκλωσης. Κατά συνέπεια, η δασική διαχείριση με μικρό περίτροπο χρόνο τείνει να είναι μια πρακτική μείωσης των βάσεων και αύξησης της οξύτητας του εδάφους. Η σχέση αυτή μπορεί να γίνει επικίνδυνη όσο ελαττώνεται ο περίτροπος χρόνος διαχείρισης του οικοσυστήματος (Nilsson et al., 1982). Οι Staaf and Olsson (1991) παρατήρησαν χαμηλότερο pH και μείωση των βάσεων στη ριζόσφαιρα, όταν κατά τη συγκομιδή απομακρυνόταν ολόκληρο το υπέργειο τμήμα των δένδρων, ενώ αντίθετα όταν η απομάκρυνση αφορούσε μόνο τον κορμό, οι επιπτώσεις ήταν μικρότερες.

Η καστανιά (*Castanea sativa* Mill.) ενώ ανήκει στα ασβεστόφοβα είδη, έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται σε μια ευρεία κατηγορία εδαφών, συμπεριλαμβανομένων και εδαφών με χαμηλή περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων (Rubio and Escudero, 2003).

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να γίνει μια πρώτη προσέγγιση των επιπτώσεων της πρακτικής και του τρόπου διαχείρισης που ακολουθείται από τους μοναχούς του Αγίου Όρους, στη γονιμότητα του εδάφους σε δάση καστανιάς.

Υλικά και Μέθοδοι

Περιοχή έρευνας

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στα όρια μεταξύ των μονών Ξηροποτάμου και Παντελεήμονος του Αγίου Όρους, σε υψόμετρο 850 m και περικλείεται μεταξύ των συντεταγμένων 40° 25' 150 και 40° 25' 011 βόρειο γεωγραφικό πλάτος και 24° 22' 160 και 24° 22' 481 ανατολικό γεωγραφικό μήκος. Το μητρικό πέτρωμα στην περιοχή έρευνας είναι γνεύσιος, έντονα αποσαθρωμένος. Η μέση κλίση του εδάφους κυμαίνεται

από 8-10 % και η έκθεση της πλαγιάς είναι νοτιοδυτική. Η βλάστηση της περιοχής αποτελείται από αμιγή δάση καστανιάς. Σύμφωνα με τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της Αρναίας Χαλκιδικής, η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από μεσο-μεσογειακό κλίμα με 50-85 βιολογικά ξηρές μέρες. Το ύψος των βροχοπτώσεων κυμαίνεται από 600 μέχρι 800 χιλιοστά και κατά μέσο όρο 720 χιλιοστά.

Διαχείριση των δασών καστανιάς του Αγίου Όρους

Ο τρόπος διαχείρισης των δασών καστανιάς, που εφαρμόζεται σχεδόν σε όλη την Ελλάδα, είναι συνήθως αυτός του Αγίου Όρους (Μουλόπουλος, 1963). Στην πραγματικότητα εφαρμόζεται μια ξεχωριστή εμπειρική μέθοδος διαχείρισης των πρεμνοφυών δασών της καστανιάς από τους μοναχούς, η «αγιορείτικη» μέθοδος. Ο τρόπος αυτός διαχείρισης αρχίζει με μια αποψιλωτική υλοτομία, για να επακολουθήσει μια πρώτη επέμβαση σε ηλικία 7 ετών, η οποία ονομάζεται «καθάρι» και στην οποία διενεργείται μια αρνητική επιλογή που έχει σαν σκοπό την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων πρεμνοβλαστημάτων και μια δεύτερη επέμβαση σε ηλικία 14-15 ετών με θετική επιλογή, οπότε παραμένουν τα ποιοτικά καλύτερα πρεμνοβλαστήματα σε κάθε πρέμνο. Ο περίτροπος χρόνος που εφαρμόζεται συνήθως είναι 20-22 χρόνια. Στην ηλικία αυτή γίνεται αποψιλωτική υλοτομία, με ή χωρίς παρακράτηση. Όταν η υλοτομία γίνεται με παρακράτηματα, τότε αφήνονται 5-10 άτομα στο στρέμμα, για έναν ακόμα αντίτροπο χρόνο, με σκοπό την παραγωγή ξύλου μεγάλων διαστάσεων και τη σταδιακή αντικατάσταση των πρεμνοβλαστημάτων με σπερμοβλαστήματα. Παράλληλα στο Άγιο Όρος οι μοναχοί δημιούργησαν και μια ποικιλία παραγομένων προϊόντων από το ξύλο της καστανιάς.

Πειραματικός σχεδιασμός

Για το σκοπό της έρευνας επιλέχθηκε μια περιοχή στην οποία συνυπήρχαν συστάδες καστανιάς ηλικίας 10, 20 και 40 ετών, με παρόμοια μορφολογικά και φυσιογραφικά χαρακτηριστικά. Στη περιοχή αυτή καθορίστηκαν και οριοθετήθηκαν εννέα κυκλικές δοκιμαστικές επιφάνειες με ακτίνα 10 m, εμβαδού 314 m². Οι πρώτες τρεις επιφάνειες αποτελούνταν από πρεμνοβλαστήματα καστανιάς ηλικίας 10 ετών, δηλαδή 3 έτη μετά τις πρώτες επεμβάσεις των καθαρισμών. Στις επόμενες τρεις επιφάνειες τα άτομα καστανιάς είχαν ηλικία 20 ετών, βρισκόταν δηλαδή περίπου στην ηλικία της υλοτομίας. Τέλος, στις τρεις τελευταίες επιφάνειες σήμερα τα δένδρα καστανιάς έχουν ηλικία 40 έτη και ο λόγος που παρέμειναν χωρίς να υλοτομηθούν, σύμφωνα με το διαχειριστικό σχέδιο στα 20-22 έτη ήταν η ανάγκη παραγωγής ξυλείας μεγαλύτερων διαστάσεων. Η δειγματοληψία του εδάφους έγινε το Σεπτέμβριο του έτους 2010. Περίπου στο κέντρο κάθε δειγματοληπτικής επιφάνειας ελήφθησαν εδαφικά δείγματα από τα βάθη 0-10 και 10-20 cm προερχόμενα από τις πέντε θέσεις των τεσσάρων κορυφών και το σημείο τομής των διαγωνίων ενός τετραγώνου διαστάσεων 3x3 m. Δείγματα εδάφους ελήφθησαν μόνο από δύο επιφανειακά στρώματα πάχους 10 cm το καθένα (βάθος 0-10 και 10-20 cm). Η δειγματοληψία περιορίστηκε μέχρι το βάθος των 20 cm επειδή θεωρήσαμε ότι οι σημαντικότερες μεταβολές στις εδαφικές ιδιότητες παρατηρούνται μέχρι αυτό το βάθος. Επίσης, σε κάθε επιφάνεια μετρήθηκε ο αριθμός των πρέμων καθώς και ο αριθμός των πρεμνοβλαστημάτων.

Εργαστηριακές αναλύσεις

Τα εδαφικά δείγματα, μετά από ξήρανση σε συνθήκες περιβάλλοντος, διάσπαση των συσσωματωμάτων και κοσκίνισμα με κόσκινο οπών διαμέτρου 2 mm, χρησιμοποιήθηκαν για τις εδαφολογικές αναλύσεις. Ο προσδιορισμός της αντίδρασης του εδάφους (pH) έγινε ηλεκτρομετρικά σε αιώρημα εδάφους - νερού σε αναλογία 1:1 (Mc Lean, 1982). Ο προσδιορισμός του οργανικού C έγινε με τη μέθοδο της υγρής οξειδωσης (Nelson and Sommers, 1982). Το N προσδιορίστηκε με την μέθοδο Kjeldahl (Stevenson 1982). Για τον υπολογισμό του P χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Olsen και προσδιορισμός του εκχυλίσμου P με τη μέθοδο του σουλφομολυβδαινικού αμμωνίου (Olsen and Sommers, 1982). Τα εναλλακτικά κατιόντα προσδιορίστηκαν μετά από εκχύλιση 10gr εδάφους με διάλυμα $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N, pH 7 (Grant, 1982). Τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn και Cu προσδιορίστηκαν μετά από εκχύλιση 10 g εδάφους με διάλυμα DTPA, pH 7,3 (Lindsay and Norvell, 1978). Τα εκχυλισθέντα ιόντα Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, μετρήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα JMPin 4.0.2. Εφαρμόστηκε ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA), ξεχωριστά για τα δεδομένα κάθε εδαφικής στρώσης. Η σύγκριση των μέσων όρων, μεταξύ των τριών ηλικιών διαχείρισης, έγινε με τον έλεγχο του πολλαπλού εύρους του Duncan.

Αποτελέσματα-Συζήτηση

Ο αριθμός των πρέμων στην ηλικία των 10 ετών ήταν 1045/ha και των πρεμνοβλαστημάτων 4210/ha. Οι αντίστοιχοι αριθμοί για την ηλικία των 20 ετών ήταν 965/ha και 1929/ha, ενώ τέλος για την ηλικία των 40 ετών είχαμε 755/ha πρέμνα στο εκτάριο και 1340/ha πρεμνοβλαστήματα. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους για τις τρεις διαφορετικές ηλικίες των συστάδων δίδονται στους πίνακες 1 και 2. Από τα στοιχεία του πίνακα 1 φαίνεται ότι, στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην οξύτητα του εδάφους. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο ότι όλες οι συστάδες καστανιάς αναπτύσσονται σε εδάφη που προέρχονται από το ίδιο μητρικό υλικό δηλαδή το γνεύσιο, αν και υπάρχει η άποψη ότι βραχυπρόθεσμα, και αμέσως μετά την αποψιλωτική υλοτομία μπορεί να παρατηρηθεί σε τέτοια δάση μείωση της οξύτητας εξ αιτίας του εντονότερου ρυθμού αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων και ελευθέρωσης βάσεων (Nykvistn and Rosen, 1985). Η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε οργανική ουσία παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στις ηλικίες 10 και 40 ετών σε σχέση με τις επιφάνειες καστανιάς που έχουν ηλικία 20 έτη. Τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας στις συστάδες 10 ετών μπορούμε να τις αποδώσουμε με βεβαιότητα στην παρουσία σημαντικών ποσοτήτων φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια των συστάδων προερχομένων από την καλλιεργητική επέμβαση (αρνητική επιλογή) που έγινε στην ηλικία των 7 ετών. Πρόκειται δηλαδή για υπολείμματα που αποτελούνται από λεπτούς κορμούς και κλαδιά τα οποία παρέμειναν μέσα στις επιφάνειες μετά την αφαίρεση των χρήσιμων κορμιδίων κατά τον καθαρισμό. Πολλές μελέτες αναφέρονται στις μεγάλες ποσότητες φυτικών υπολειμμάτων που παραμένουν μετά από αποψιλωτικές υλοτομίες και καθαρισμούς συστάδων (Pritchett and Fisher, 1987). Ο παράγοντας που κατά κύριο

λόγο βοηθά στη γρήγορη αποσύνθεση και στον εφοδιασμό του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία είναι η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της έκθεσης των υλοτομημένων επιφανειών στην ηλιακή ακτινοβολία, η οποία όταν συνδυάζεται με την κατάλληλη υγρασία λόγω απουσίας της κομοστέγης, επιταχύνει την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων (Hendrickson et al., 1989).

Πίνακας 1. Εδαφικά χαρακτηριστικά (μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα) στη στρώση 0-10 cm

Table 1. Soil characteristics (means \pm standard error) at the 0-10 cm soil layer

	Ηλικία 10 ετών	Ηλικία 20 ετών	Ηλικία 40 ετών	F	p
pH	5.03 \pm 0.33	5.20 \pm 0.21	5.01 \pm 0.18	0.172	0.846
OM (%)	7.73 \pm 0.94 a*	3.64 \pm 0.26 b	7.28 \pm 0.55 a	5.322	0.049
N (%)	0.34 \pm 0.09	0.15 \pm 0.02	0.25 \pm 0.04	2.818	0.137
P (mg/100g)	2.26 \pm 0.09 a	1.42 \pm 0.28 b	2.57 \pm 0.72 a	15.418	0.004
Ca (cmol _c /kg)	12.32 \pm 1.27 a	3.67 \pm 1.08 b	7.38 \pm 2.63 a	5.813	0.039
Mg (cmol _c /kg)	3.92 \pm 0.48 a	1.24 \pm 0.27 b	3.11 \pm 0.62 a	8.297	0.019
K (cmol _c /kg)	0.64 \pm 0.04	0.53 \pm 0.06	0.55 \pm 0.13	0.551	0.603
Na (cmol _c /kg)	0.68 \pm 0.05 a	0.55 \pm 0.07 ab	0.44 \pm 0.04 b	5.673	0.041
Fe (mg/kg)	56.20 \pm 9.45	49.01 \pm 6.97	74.47 \pm 1.96	3.643	0.092
Cu (mg/kg)	0.28 \pm 0.04	0.25 \pm 0.07	0.42 \pm 0.16	0.793	0.495
Mn (mg/kg)	34.43 \pm 4.10	19.46 \pm 8.75	30.25 \pm 3.81	1.661	0.267
Zn (mg/kg)	2.71 \pm 1.21	1.55 \pm 0.48	2.61 \pm 0.61	0.605	0.577

* Μέσοι όροι που βρίσκονται στην ίδια γραμμή και ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά για $p < 0.05$

* Means within a row, marked with the same letter are not significantly different for $p < 0.05$

Αντίθετα οι χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας στην ηλικία των 20 ετών οφείλονται στην αποσύνθεση πλέον της οργανικής ουσίας μετά την ηλικία των 10 ετών, σε συνδυασμό με την μικρότερη παραγωγή φυτικών υπολειμμάτων. Τα φυτικά υπολείμματα που προέκυψαν κατά την θετική επιλογή στην ηλικία των 15 ετών ενδεχομένως να μην ήταν αρκετά σε ποσότητα, σε σχέση με τους καθαρισμούς που έγιναν στην ηλικία των 7 ετών, για να διατηρήσουν την οργανική ουσία σε υψηλά επίπεδα. Οι εξ ίσου υψηλές συγκεντρώσεις σε οργανική ουσία των συστάδων 40 ετών με αυτές της ηλικίας των 10 ετών, οφείλονται κυρίως στην μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή φυτικών υπολειμμάτων και στην ισορροπία που έχει επέλθει στις συνθήκες αποσύνθεσής τους. Περίπου την ίδια πορεία με την οργανική ουσία φαίνεται να ακολουθεί και η εκατοστιαία περιεκτικότητα του επιφανειακού στρώματος (0-10 cm) σε άζωτο χωρίς όμως να παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συστάδων. Παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις N στην ηλικία των 10 ετών, ενδιάμεσες όταν οι συστάδες καστανιάς έχουν ηλικία 40 έτη και χαμηλές κατά την

ηλικία των 20 ετών. Η σχέση αυτή ήταν περίπου αναμενόμενη, αφού είναι γνωστή η στενή συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της οργανικής ουσίας και της συγκέντρωσης του αζώτου στα δασικά εδάφη. Επί πλέον τα δασικά δένδρα στην ηλικία των 10-20 ετών εμφανίζουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις N στο φύλλωμα (Παπαμίχος, 2006). Οι τιμές του N στην ηλικία των 40 ετών που υπολείπονται από τις αντίστοιχες των 10 ετών πιθανόν να οφείλονται στη φύση των φυτικών υπολειμμάτων.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις του P, από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ηλικιών 10 και 40 ετών με την αντίστοιχη τιμή στις συστάδες των 20 ετών. Οι διαφορές αυτές πρέπει να αποδοθούν και εδώ στις αυξημένες συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας που παρατηρήθηκαν στις συστάδες των 10 και 40 ετών. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που εμφανίζονται στις συγκεντρώσεις του Ca και Mg, με τις μεγαλύτερες τιμές στην ηλικία των 10 ετών και τις μικρότερες στις συστάδες των 20 ετών, κυρίως προέρχονται από την ανακατανομή των στοιχείων αυτών από τα βαθύτερα στρώματα στο επιφανειακό με την προσθήκη των φυτικών υπολειμμάτων της αποψιλωτικής υλοτομίας και των καθαρισμών και δευτερευόντως σε μικροδιαφορές στις συγκεντρώσεις του μητρικού πετρώματος από περιοχή σε περιοχή. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται στο Na, ίσως να οφείλονται στη διαφορετική θέση της πλαγιάς σε σχέση με τα ρεύματα αέρος που ξεκινούν από τη θάλασσα.

Αντίθετα δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές για το K, καθώς και για τα βαρέα μέταλλα Fe, Cu, Mn και Zn στο επιφανειακό στρώμα 0-10 cm. Και στην περίπτωση των στοιχείων αυτών, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εναλλάσσονται μεταξύ των ηλικιών 10 και 40 ετών σε σχέση με την ηλικία των 20 ετών.

Στο βάθος 10-20 cm, φαίνεται ότι αρχίζει να παρατηρείται μια εξομάλυνση στην περιεκτικότητα τόσο της οργανικής ουσίας όσο και του N. Και στο βάθος αυτό οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου εξακολουθούν να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά με τις μεγαλύτερες τιμές στις συστάδες των 10 και 40ετών σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή στις συστάδες των 20 ετών. Ακριβώς την ίδια συμπεριφορά με το στρώμα βάθους 0-10 cm παρατηρούμε στο Ca και Mg, εμφανίζονται δηλαδή υψηλότερες τιμές στην ηλικία των 10 ετών, ενδιάμεσες στις συστάδες των 40 ετών και μικρότερες στην ηλικία των 20 ετών. Η διαφοροποίηση αυτή στο Ca και Mg μεταξύ των τριών ηλικιών μπορεί να αποδοθεί στους ίδιους λόγους που αναφέραμε για το στρώμα βάθους 0-10 cm. Η συγκέντρωση του καλίου υπολείπεται στην ηλικία των 40 ετών σε σχέση με τις νεώτερες συστάδες καστανιάς. Στην περίπτωση του K οι μειωμένες τιμές στις μεγαλύτερες ηλικιακά συστάδες φαίνεται ότι προέρχεται από τις ευνοϊκότερες συνθήκες αποσύνθεσης που επικρατούν σε αυτές τις συστάδες εξ αιτίας του ανοίγματος της κομοστέγης σε συνδυασμό με την μεγαλύτερη κινητικότητα του στοιχείου αυτού. Παρόμοια συμπεριφορά με την επιφανειακή στρώση παρουσιάζουν και τα στοιχεία Mg και Na. Ακόμα και στα βαρέα μέταλλα, ενώ και εδώ δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές, φαίνεται ότι τις υψηλότερες συγκεντρώσεις τους τις συναντάμε πλέον στην ηλικία των 40 ετών και τις μικρότερες στην ηλικία των 20 ετών.

Πίνακας 2. Εδαφικά χαρακτηριστικά (μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα) στη στρώση 10-20 cm

Table 2. Soil characteristics (means \pm standard error) at the 10-20 cm soil layer

	Ηλικία 10 ετών	Ηλικία 20 ετών	Ηλικία 40 ετών	F	p
pH	5.63 ± 0.19	5.39 ± 0.45	5.35 ± 0.49	0.371	0.705
OM (%)	2.09 ± 0.34	1.84 ± 0.58	2.70 ± 0.64	0.681	0.542
N (%)	0.08 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.12 ± 0.01	2.047	0.210
P (mg/100g)	1.28 ± 0.06 a*	0.91 ± 0.62 b	1.37 ± 0.51 a	9.624	0.013
Ca (cmolc/kg)	8.91 ± 2.68 a	2.04 ± 0.48 c	4.39 ± 2.36 b	8.817	0.013
Mg (cmolc/kg)	2.59 ± 0.36 a	1.11 ± 0.16 b	2.14 ± 0.66 a	8.932	0.012
K (cmolc/kg)	0.57 ± 0.02	0.54 ± 0.10	0.36 ± 0.12	1.454	0.306
Na (cmolc/kg)	0.63 ± 0.02 a	0.54 ± 0.03 a	0.40 ± 0.03 b	17.545	0.003
Fe (mg/kg)	35.52 ± 5.33	30.47 ± 10.94	56.07 ± 2.81	3.363	0.105
Cu (mg/kg)	0.26 ± 0.01	0.18 ± 0.06	0.83 ± 0.35	3.008	0.125
Mn (mg/kg)	5.89 ± 0.66	4.90 ± 1.99	6.65 ± 1.27	0.383	0.697
Zn (mg/kg)	0.69 ± 0.06	0.58 ± 0.13	0.88 ± 0.17	1.391	0.319

* Μέσοι όροι που βρίσκονται στην ίδια γραμμή και ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά για $p < 0.05$

* Means within a row, marked with the same letter are not significantly different for $p < 0.05$

Από τη μέχρι τώρα ερμηνεία των αποτελεσμάτων για τα δύο επιφανειακά στρώματα του εδάφους μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι, αν και οι συστάδες καστανιάς ηλικίας 10 ετών έχουν υποστεί μια έντονη διατάραξη στην αρχή της διαδρομής τους, οι καλλιεργητικές επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν στην ηλικία των 7 ετών αύξησαν κατά πολύ τα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του ανοργάνου εδάφους. Αυτή η αύξηση των υπολειμμάτων, είχε σαν αποτέλεσμα τον συνεχή εφοδιασμό των επιφανειακών στρωμάτων του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία, τουλάχιστον μέχρι την ηλικία των 10 έως 11 ετών. Αντίθετα, καθώς τα δένδρα της καστανιάς αυξάνουν ηλικιακά και κατά τον ίδιο τρόπο αυξάνουν και οι ανάγκες τους σε θρεπτικά στοιχεία, παρουσιάζεται μια μείωση στην συσσώρευση φυτικών υπολειμμάτων στις επιφάνειες των συστάδων ηλικίας 20 ετών. Η θετική επιλογή που πραγματοποιήθηκε στην ηλικία των 15 ετών φαίνεται ότι δεν μπόρεσε να εφοδιάσει το έδαφος εκ νέου με οργανική ουσία και αυτό αποδίδεται στην μικρότερη ποσότητα φυτικών υπολειμμάτων που προέκυψαν κατά τις επεμβάσεις της θετικής επιλογής. Διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι, σε παρόμοιες καταστάσεις διαχείρισης εμφανίζονται μειωμένες συγκεντρώσεις οργανικής ουσίας και περιορισμένη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων για ηλικίες 15-30 ετών, ενώ η σταθερότητα και η ισορροπία στο οικοσύστημα επέρχεται τουλάχιστον μετά από 35-40 χρόνια έτη (Boyle, 1976; Covington, 1981; Gordon, 1983; Martin, 1985). Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πως, εάν συνεχιστεί να εφαρμόζεται ο ίδιος τρόπος διαχείρισης στα δάση της καστανιάς του Αγίου Όρους, με περίτροπο χρόνο τα 20-22 έτη, βραχυπρόθεσμα φαίνεται ότι, θα προκύψει σοβαρή υποβάθμιση των εδαφικών πόρων.

Συμπεράσματα

Οι συγκεντρώσεις της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων και στα δύο εδαφικά στρώματα παρουσιάζονται υψηλότερες στις ηλικίες των 10 και 40 ετών σε σχέση με την ηλικία των 20 ετών.

Οι καλλιεργητικές επεμβάσεις (αρνητική επιλογή) που πραγματοποιούνται περίπου στην ηλικία των 7 ετών, φαίνεται ότι βοηθούν στην διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Αντίθετα η θετική επιλογή που γίνεται στη ηλικία των 15 ετών δε φαίνεται να είναι ικανή να διατηρήσει την γονιμότητα μέχρι την ηλικία των 20 έως 22 ετών, εξ αιτίας των αυξημένων θρεπτικών αναγκών των δένδρων καστανιάς σε αυτή την ηλικία.

Η διατάραξη που προκαλείται κατ' αρχάς από μια αποψιλωτική υλοτομία η οποία ακολουθείται από μια αρνητική επιλογή στην ηλικία των 7 ετών, για να συνεχιστεί με μια θετική επιλογή στην ηλικία των 15 ετών έτσι ώστε να παραμείνουν μόνο τα επιθυμητά πρεμνοβλαστήματα, είναι δύσκολο να αποκατασταθεί όταν ο περίτροπος χρόνος είναι 20-22 έτη.

Στις περιπτώσεις που ο περίτροπος χρόνος αυξάνεται, για λόγους παραγωγής ξυλείας μεγαλύτερων διαστάσεων, φαίνεται ότι, επέρχεται κάποια ισορροπία στις συγκεντρώσεις της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος των οικοσυστημάτων καστανιάς.

Effect of chestnut forest management upon the soil chemical properties in Mount Athos, Greece

**Papaoannou Athanasios¹, Gakis Stergios², Orfanoudakis Michail³,
Seilopoulos Dimosthenis¹, Kitikidou Kiriaki³, Pipinis Ilias⁴, Nikolaou Georgios⁵**

¹ Forest Soils Laboratory, School of Forestry and Natural Environment, AUTH 54124, Greece

² Forest Directorate of Magnesia Prefecture, Xenophontos 1 str., 38333 Volos, Greece

³ Department of Forestry and Management of the Environment and Natural Resources,
DUTH 68200, Orestiada, Greece

⁴ Forest Management Laboratory, School of Forestry and Natural Environment, AUTH 54124, Greece

⁵ Forest Genetics Laboratory, School of Forestry and Natural Environment, AUTH 54124, Greece

Abstract

The empirical method of managing coppice chestnut forests (*Castanea sativa* Mill.) by the monks of Mount Athos is a unique way of growing and harvesting chestnut wood products. The application of this method of management emerged in the early 20th century because of the need for restraints in the galleries of Kassandra mines and additional increased demand for chestnut wood of various sizes, especially for farming constructions. Continued management of this kind, it is reasonable to affect soil fertility and productivity of chestnut forests. Organic matter and nutrients concentrations were investigated in the soil of three different ages; 10, 20 and 40 years old coppice chestnut stands. Soil samples were taken from 0-10 and 10-20 cm depths. The results showed significant differences concerning organic matter and P, Ca, and Mg concentrations in the topsoil (0-10 cm) among 20 years old chestnut stands and those aged 10 and 40 years, while in the subsoil (10-20 cm) significant differences were observed in P, Ca and Mg concentrations. Generally, there is a trend of increased organic matter and nutrients

concentrations at the soil of 10 and 40 years old chestnut stands compared to those aged 20 years.

Keywords: coppice chestnut forests, empirical method of management, organic matter, nutrients.

Βιβλιογραφία

- Aerts, R. and Chapin, F.S. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: A reevaluation of processes and patterns. *Adv. in Ecol. Res.*, 30: 1–67.
- Berdkn, M., Nilsson, S.I., Rodn, K., Tyler, G. 1987. Soil acidification - extent, causes and consequences. National Swedish Protection Board, Report 3292.
- Boyle, J.R. 1976. A system for evaluating potential impacts of whole tree harvesting on site quality. *Tappi* 59: 79–81.
- Cornelissen, J.H.C. and Thompson, K. 1997. Functional leaf attributes predict litter decomposition in herbacious plants. *New Phytol.*, 135: 109–114.
- Covington, W.W. 1981. Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clearcutting in northern hardwoods. *Ecology*, 62: 41–48.
- Cunningham, S.A., Summerhays, B., Westoby, M. 1999. Evolutionary divergence in leaf structure and chemistry, comparing rainfall and soil nutrient gradients. *Ecol. Monog.* 69: 569–588.
- Davies, R.I., Coulson, C.B., Lewis, D.A. 1964. Polyphenols in plant, humus and soil. IV. Factors leading to increase in biosynthesis of polyphenol in leaves and their relation to mull and more formation. *J. Soil Sci.*, 15: 310–318.
- Dyck, W.J., Cole, D.W., Comerford, N.B. 1994. Impacts of forest harvesting on long-term site productivity, Chapman and Hall, London, p. 371.
- Gordon, A.G. 1983. Nutrient cycling in differing spruce and mixedwood ecosystems in Ontario and the effects of nutrient removals through harvesting. In: Wien, R.W., Riewe, R.R., Methuen, I.R. (Eds.), *Proceedings of the Association of Canadian University for Northern Studies: Thunder Resources and Dynamics of the Boreal Zone*, Bay, Ontario, 1982, pp: 97–118.
- Grant, E.G. 1982. Exchangeable cations. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2*, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp:159-164.
- Hattenschweiler, S., Hagermann, A.E., Vitousek, P.M. 2003. Polyphenols in litter from tropical montane forests across a wide range in soil fertility. *Biogeochemistry* 64: 129–148.
- Hendrickson, O.Q., Chatarpaul, L., Burgess, D. 1989. Nutrient cycling following whole-tree and conventional harvest in Northern mixed forest. *Can. J. For. Res.* 19: 725–735.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zink, iron, manganese and copper. *Soil Sci.Soc.Am.*, 42: 421-428.
- Martin, W.L. 1985. Post-clearcutting forest floor nitrogen dynamics and regeneration response in Coastal Western Hemlock wet subzone. Ph.D. Thesis. University of British Columbia, 350 pp.

- Mc Lean, E.O. 1982. Soil pH and Rime requirement. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp: 199-223.
- Μουλόπουλος, Χ. 1963. Η δασοκομία του Αγίου Όρους. Αθωνική πολιτεία.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp: 539-577.
- Nilsson, S.I., Miller, G.H., Miller J.D. 1982. Forest growth as a possible cause of soil and water acidification: an examination of the concepts. *Oikos*, 39: 40-49.
- Nykvist, N. and Rosen, K., 1985. Effect of clear-felling and slash removal on the acidity of northern coniferous forests. *For. Ecol. Manage.*, 11: 157-169.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp: 403-427.
- Παπαμίχος, Ν.Θ. 2006. Δασικά Εδάφη. Έκδοση β' Βελτιωμένη Α.Π.Θ. σελ. 414.
- Pastor, J., Aber, J.D., McLaugherty, C.A., Melillo, J.M. 1984. Above-ground production and N and P cycling along a nitrogen mineralization gradient on Blackhawk Island, Wisconsin. *Ecology*, 65: 256-268.
- Pritchett, W.L. and Fisher, R.F. 1987. Properties and Management of Forest Soils. Wiley, New York.
- Rubio, A. and Escudero, A. 2003. Clear-cut effects on chestnut forest soils under stressful conditions: lengthening of time-rotation, *For. Ecol. Manage.* 183: 195-204.
- Staaf, H. and Olsson, B.A. 1991. Acidity in four coniferous forestsoils after different harvesting regimes of logging residues. *J. For. Res.*, 6: 19-29.
- Stachurski, A. and Zimka, J.K., 1975. Methods of studying forest ecosystems: leaf area, leaf production and withdrawal from leaves of trees. *Ekol. Polska*, 23: 637-648.
- Stevenson, F.J. 1982. Nitrogen-Organic forms. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp: 625-641.
- Tresender, K.K and Vitousek, P.M. 2001. Potential ecosystem-level effects of genetic variation among populations of *Metrosideros polymorpha* from a soil fertility gradient in Hawaii. *Oecologia*, 126: 266-275.
- Van Breemen, N., Mulder, J., Driscoll, C.T. 1983. Acidification and alkalization of soils. *Plant Soil*, 75: 283-308.
- Wessmann, C.A., Abert, J.D., Peterson, D.L. Melillo, J.M. 1988. Remote sensing of canopy chemistry and nitrogen cycling in temperate forest ecosystems, *Nature* 335 (1988), pp: 154-156.
- Zak, D.R., Pregitzer, K.S., Curtis, P.S., Teeri, J.A., Fogel R., Randlett, D.L. 1993. Elevated atmospheric CO₂ and feedback between carbon and nitrogen cycles, *Plant Soil*, 151 : 105-117.