

GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE

VOL: 13 - ISSUE II - No 1/2002

ISSN 1105-9478

1/2002

ΤΟΜΟΣ 13
ΣΕΙΡΑ II

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE

VOL: 13 - ISSUE II - No 1/2002

ISSN 1105-9478

1/2002

**ΤΟΜΟΣ 13
ΣΕΙΡΑ II**

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ

ΘΕΜΑΤΑ

ΔΑΣΟΛΟΓΙΚΟ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

CONTENTS

SCIENTIFIC PAPERS

- | | | |
|---|--|---------|
| <i>Z. Koukoura</i> | Effects of phytotechnic treatments on establishment and demography of herbaceous plant cover | 4 - 9 |
| <i>A. Kyriazopoulos, Z. Koukoura, C.N. Tsiouvaras, A. Nastis</i> | Interactions between trees and herbaceous vegetation in the early establishment stages in an agroforestry system | 4 - 16 |
| <i>A.G. Papaioannou, M.S. Vrahnakis, D.A. Alifragis, V.P. Papanastasis, I. Ispikoudis, D.G. Seilopoulos</i> | Impact of grazing on soil characteristics of the maquis vegetation zone of Northern Greece | 17 - 27 |
| <i>Viron Tantos, Athanasios Papaioannou, Sergios Gakis, Dimosthenis Seilopoulos</i> | Impact of grassland and forest vegetation on soil chemical properties forty years after a forest fire | 28 - 36 |

REVIEW ARTICLE

- | | | |
|--|--|---------|
| <i>Yannis Raftoyannis, Kalliopi Radoglou</i> | The effects of global climatic change on forest ecosystems | 37 - 46 |
|--|--|---------|

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

| | | |
|--|--|---------|
| <i>Z. Κούκουρα</i> | Επίδραση φυτοτεχνικών μεθόδων στην εγκατάσταση και στη δημογραφία λιβαδικού φυτοκαλύμματος | 4 - 9 |
| <i>A. Κυριαζόπουλος, Z. Κούκουρα, K. Τσιουβάρας, A. Νάστης</i> | Αλληλεπιδράσεις δέντρων-πούδους βλάστησης στα πρώτα στάδια εγκατάστασης ενός αγροδασολιβαδικού συστήματος | 10 - 16 |
| <i>A.Γ. Παπαϊωάννου, M.Σ. Βραχνάκης, Δ.Α. Αλιφραγκής, B.Π. Παπαναστάσης, I. Ισπικούδης, Δ.Γ. Σεϊλόπουλος</i> | Επίδραση της βόσκησης σε ορισμένα εδάφη της ζώνης αειφύλλων πλατυφύλλων στη Βόρεια Ελλάδα | 17 - 27 |
| <i>Βύρων Τάντος, Αθανάσιος Παπαϊωάννου, Στέργιος Γάκης, Δημοσθένης Σεϊλόπουλος</i> | Επίδραση της δασικής και λιβαδικής βλάστησης στις χημικές ιδιότητες του εδάφους σαράντα χρόνια μετά από πυρκαγιά | 28 - 36 |

ΑΡΘΡΟ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

| | | |
|--|---|---------|
| <i>Ιωάννης Ραντογιάννης, Καλλιόπη Ραδόγλου</i> | Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στα δασικά οικοσυστήματα | 37 - 46 |
|--|---|---------|

Επίδραση φυτοτεχνικών μεθόδων στην εγκατάσταση και στη δημογραφία λιβαδικού φυτοκαλύμματος

Z. Κούκουρα¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ερευνήθηκε η επίδραση διαφόρων φυτοτεχνικών μεθόδων στη δημογραφία των πληθυσμών πολυετών αγρωστωδών που εφαρμόζονται σε εργασίες αποκατάστασης διαταραγμένων περιοχών και αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητά τους. Οι χειρισμοί που χρησιμοποιήθηκαν ήταν Άχυρο - Μπετονίτης, Άχυρο - Ασφαλικό γαλάκτωμα και Μπετονίτης επί επιφανειακού στρώματος εδάφους. Στους διάφορους χειρισμούς μετρήθηκαν η πυκνότητα των ειδών (αριθμός ατόμων / m²), ο σχετικός ρυθμός θνησιμότητας (φυτά / ημέρα), οι ποσοτικές σχέσεις μέσου βάρους ανά άτομο και η συνολική παραγωγή στο τέλος της περιόδου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο χειρισμός Μπετονίτη μπορεί να μην εξασφαλίζει υψηλή πυκνότητα, σε σύγκριση με τους υπόλοιπους χειρισμούς, όμως φαίνεται να ευνοεί την παραγωγή των πολυετών αγρωστωδών.

Λέξεις κλειδιά: Πυκνότητα, θνησιμότητα ατόμων, παραγωγή

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις διαταραγμένες περιοχές που δημιουργούνται με την εκμετάλλευση των λατομείων η εγκατάσταση φυτοκαλύμματος με ποώδη φυτά είναι πρωταρχικής σημασίας για την εξασφάλιση ενός σταθερού και υψηλής παραγωγικότητας οικοσυστήματος. Η εγκατάσταση των ποωδών φυτών μπορεί να εξασφαλισθεί με την εφαρμογή διάφορων φυτοτεχνικών μεθόδων. Στη διαδικασία αυτή σημαντικό ρόλο, μεταξύ των άλλων παραγόντων, παίζει η εκλογή του είδους δεδομένου ότι πρέπει να συνδυασθούν οι αυξητικές απαιτήσεις των φυτών με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος των διαταραγμένων περιοχών. Τα αγρωστώδη έχουν αξιολογηθεί σαν τα καταλληλότερα είδη για την προστασία από την επιφανειακή διάβρωση και τη μείωση των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στις διαταραγμένες περιοχές (Hunter and Whiteman 1974, Lowrence 1981). Ωστόσο, αν και τα αγρωστώδη θεωρούνται ξηρανθεκτικά φυτά εν τούτοις πολλά από αυτά δεν επιβιώνουν εξαιτίας των δυσμενών συνθηκών του δεδομένου περιβάλλοντος (Currie and White 1982). Οι Nicholas and McGinnies (1982) αναφέρουν ότι η τοποθέτηση στρώματος εδάφους επάνω στα αδρανή υλικά ευνόησε την εγκατάσταση των αγρωστωδών σ' αυτά και αύξησε την παραγωγή της υπέργειας βιομάζας τους.

Στις εργασίες αποκατάστασης όταν η εγκατάσταση των φυτικών ειδών γίνεται με σπόρους τα στάδια βλάστησης των σπόρων και της επιβίωσης των αρτιφύτων κατά τη διάρκεια του πρώτου μετά τη σπορά έτους, είναι κρίσιμα και καθοριστικά για τη δημιουργία ενός επιτυχημένου και σταθερού φυτοκαλύμματος. Για τη βελτίωση των συνθηκών ανάπτυξης των φυτών στα στάδια αυτά έχουν προταθεί και εφαρμοστεί διάφορες φυτοτεχνικές μέθοδοι (Brown and Johnston, 1978) οι οποίες επικεντρώνονται κυρίως στην χρήση συνδυασμών διαφόρων υλικών και στην εξασφάλιση ευνοϊκότερων συνθηκών εγκατάστασης ενός φυτοκαλύμματος. Η περαιτέρω όμως αξιολόγηση της δυναμικής της αύξησης και ανάπτυξης του φυτοκαλύμματος εμφανίζεται στη σχετική βιβλιογραφία σαφώς περιορισμένη. Πάντως στο τομέα αυτό πρέπει να τονισθεί η λαμπρή συνεισφορά του Brofas and Varevides (2000) καθώς και των Schman et al. (1998).

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να μελετήσει την επίδραση διάφορων φυτοτεχνικών μεθόδων εγκατάστασης στη δημογραφία των πληθυσμών πολυετών αγρωστωδών και να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητά τους.

¹ *Αν.Καθηγήτρια, Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων (236), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη*

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή των λατομείων του εργοστασίου τσιμέντων «Τιτάν» Ανατολικά, Νότιο Ανατολικά της κοινότητας Νέας Ευκαρπίας Θεσ/νίκης. Η περιοχή ανήκει στη Σερβομακεδονική γεωλογική μάζα συνισταμένη από πετρώματα κυρίως ημιμεταμορφωμένα και ελάχιστα ιζηματογενή. Το βασικό πέτρωμα είναι ασβεστόλιθος. Το έδαφος είναι αργιλώδους υφής, αλκαλικής αντίδρασης, εφοδιασμένο με βάσεις Ca, Mg, K. Οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις της περιοχής είναι 477 mm με δύο μέγιστα το Δεκέμβριο και το Μάιο. Η ξηρή περίοδος διαρκεί 3 μήνες. Η μέση ημερησία θερμοκρασία είναι 16 °C με μια ελάχιστη τιμή τον Ιανουάριο 5,9 °C και μια μέγιστη τον Αύγουστο 26,5 °C. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 68%. Στην περιοχή κυρίως απαντάται το είδος *Quercus coccifera* καθώς και ποώδης βλάστηση στην οποία κυριαρχούν τα είδη της οικογένειας των αγρωστωδών.

Ο σχεδιασμός του πειράματος ήταν πλήρεις *πυκναιοποιημένες* ομάδες. Τα στοιχεία αναλύθηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη βοήθεια του SPSS προγράμματος. Για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (ΕΣΔ) (Steel and Torrie, 1960).

Σε αποθέσεις αδρανών υλικών του λατομείου που ήταν διαμορφωμένες σε βαθμίδες και καλυμμένες με στρώμα εδάφους πάχους 10 cm από γειτονικές μη λατομημένες περιοχές εφαρμόστηκαν 4 διαφορετικοί χειρισμοί σε τρεις επαναλήψεις. Σε κάθε χειρισμό χρησιμοποιήθηκαν πολυετή είδη της οικογένειας των αγρωστωδών (Πιν. 1), τα οποία σπάρθηκαν (Μάρτιος 1995) σε επιφάνεια 1 m² το καθένα. Η ποσότητα των σπόρων που χρησιμοποιήθηκε για κάθε είδος ήταν 20 gr. Οι επιφάνειες χωρίζονταν μεταξύ τους από διαδρόμους 20 cm και η κατανομή των ειδών σε κάθε χειρισμό ήταν τυχαία.

Πίνακας Ι. Είδη πολυετών αγρωστωδών που σπάρθηκαν

Agropyrum cristatum
Bromus inermis
Cynodon dactylon
Dactylis glomerata v. palestina
Dactylis glomerata v. chrysopigi
Festuca arudinacea
Lolium perenne
Phalaris aquatica

Οι χειρισμοί που εφαρμόστηκαν ήταν:

Χειρισμός 1: Ευρυσπορά με 20 g/m² σπόρων, κάλυψη των σπόρων με μπετονίτη σε μορφή σκόνης 20 g/m².

Χειρισμός 2: Ευρυσπορά με 20 g/m² σπόρων, κάλυψη των σπόρων με μπετονίτη σε μορφή σκόνης 20 g/m² και στρώμα άχυρου.

Χειρισμός 3: Ευρυσπορά με 20 g/m² σπόρων, κάλυψη των σπόρων με στρώμα άχυρου και διαβροχή του άχυρου με υδατοδιαλυτό ασφαλτικό γαλάκτωμα 200 L/στρ. (Brown and Johnston, 1978).

Χειρισμός 4: (Μάρτυρας) Ευρυσπορά με 20 g/m² σπόρων.

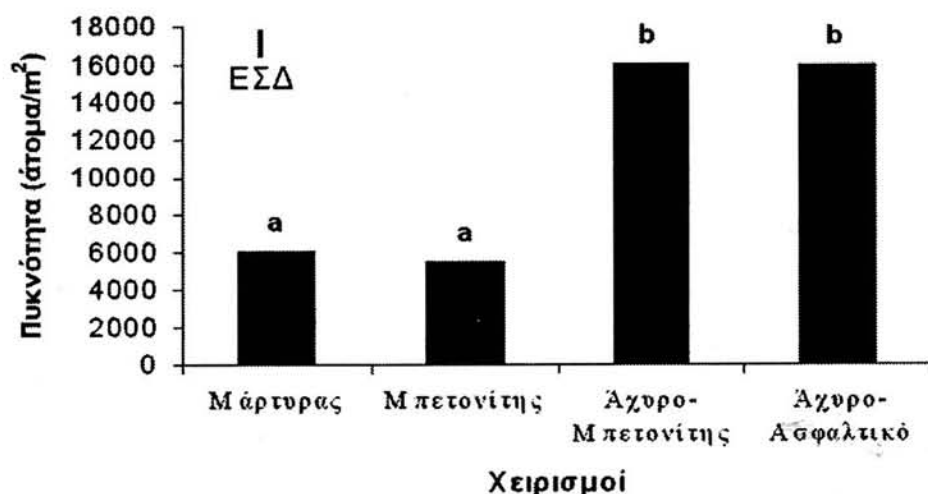
Μετά τη σπορά όλα τα είδη σε όλους τους χειρισμούς ποτίστηκαν και αφέθηκαν να αναπτυχθούν κάτω από φυσικές συνθήκες.

Η πυκνότητα (D, αριθμός ατόμων/ m²) κάθε είδους μετριοταν μια φορά το μήνα κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου με πλαίσια 10X10cm που τοποθετούνταν γύρω από σταθερούς πασσάλους που είχαν τοποθετηθεί στις επιφάνειες 1m² κάθε είδους σ' όλους τους χειρισμούς.

Από την εξίσωση $P\Theta = dD/dt$, όπου dD η διαφορά στις πυκνότητες για χρονικό διάστημα dt, υπολογίστηκε ο ρυθμός θνησιμότητας (PΘ) των ειδών στους χειρισμούς. Συγχρόνως με τη μέτρηση της πυκνότητας μετρούνταν το συνολικό ύψος του φυτού και ο συνολικός αριθμός των βλαστών του (tillers) σε 5 τυχαία επιλεγμένα άτομα από τις επιφάνειες 1 m² κάθε είδους. Μετά την τελευταία μέτρηση της πυκνότητας (20 Ιουλίου) τα άτομα κάθε είδους που περιλαμβάνονταν στο πλαίσιο 10X10cm ξεριζώθηκαν και η υπέργεια βιομάζα τους μετά από ξήρανση στους 65°C για 48 ώρες ζυγίστηκε και προσδιορίστηκε το ξηρό βάρος/ m² κάθε είδους καθώς και το ξηρό βάρος/ άτομο κάθε είδους σε όλους τους χειρισμούς.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

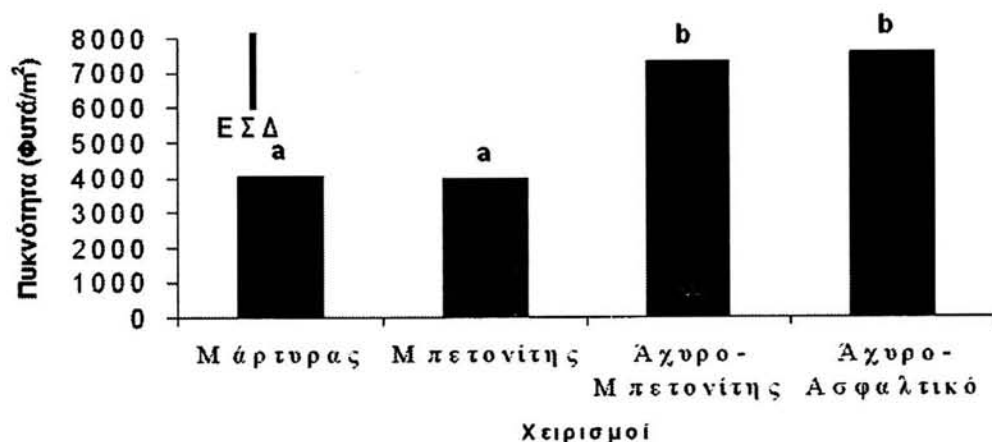
Τα αποτελέσματα έδειξαν (Εικ. 1) ότι στους χειρισμούς Άχυρο-Μπετονίτη και Άχυρο-Ασφαλικό γαλάκτωμα η βλάστηση των σπόρων και η ανάπτυξη των αριφύτων ευνοήθηκαν σε σχέση με το χειρισμό Μπετονίτη και μάρτυρα. Η μέση πυκνότητα των ειδών στην αρχή της βλαστικής περιόδου (20 Απριλίου) ήταν σημαντικά (ΕΣΔ=1645) υψηλότερη στους χειρισμούς αυτούς. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στο στρώμα αχύρου με το οποίο καλύφθηκαν οι σπόροι στους χειρισμούς αυτούς δεδομένου ότι η τοποθέτηση άχυρου μειώνει την εξάτμιση της υγρασίας του εδάφους και βελτιώνει τις συνθήκες θερμοκρασίας του, (Johnston et al. 1975, Schuman et al. 1998). Από την άλλη μεριά το στρώμα αχύρου επιτρέπει επαρκή ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει ως τα σπέρματα και να συντελέσει στη διέγερση του εμβρύου (Cumming 1963).



Εικ. 1. Πυκνότητα στην αρχή της αυξητικής περιόδου (20/4) στους διάφορους χειρισμούς

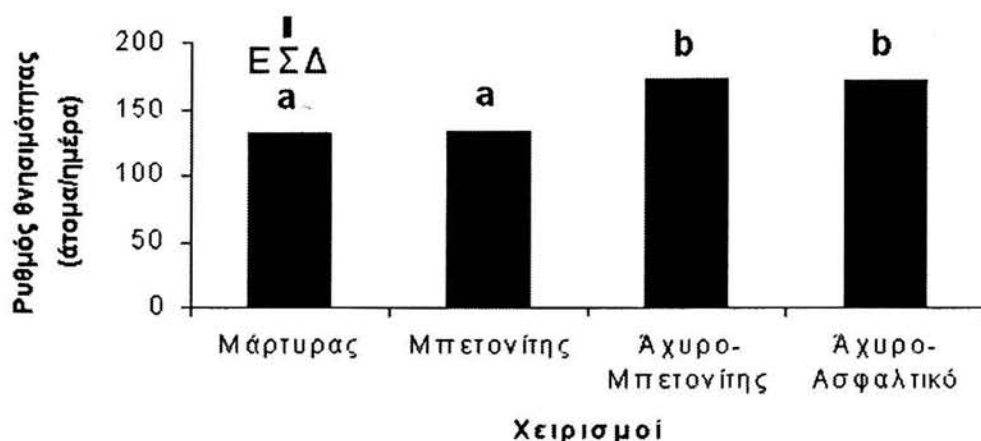
Αυτή η στατιστικώς σημαντική διαφοροποίηση των πυκνοτήτων μεταξύ των φυτοτεχνικών μεθόδων του Μπετονίτου και Άχυρο-Μπετονίτου, Ασφαλικού διατηρήθηκε μέχρι το τέλος της αυξητικής περιόδου (20 Ιουλίου) (Εικ. 2).

Αν υποθέσουμε ότι η επιτυχής εγκατάσταση ενός φυτοκαλύμματος εκφράζεται από το ρυθμό θνησιμότητας των ατόμων, αυτός εμφανίζεται στατιστικώς σημαντικά αυξημένος στους χειρισμούς Άχυρο-Ασφα-



Εικ. 2. Μέση πυκνότητα για όλη την αυξητική περίοδο (άτομα/μ²) στους διάφορους χειρισμούς.

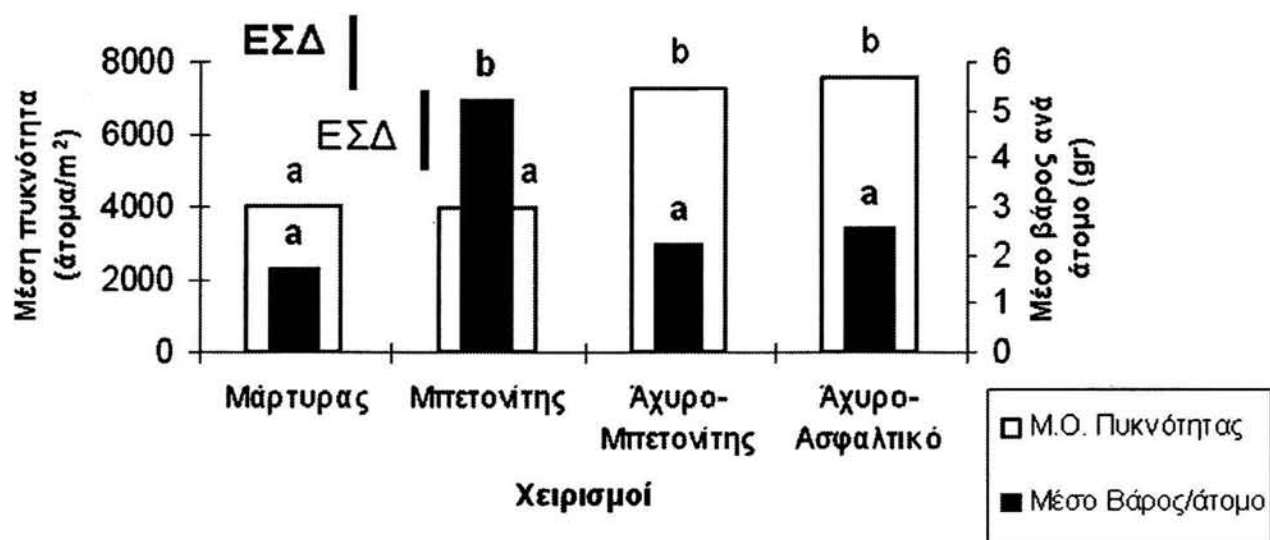
τικό γαλάκτωμα και Άχυρο - Μπετονίτη σε σύγκριση με το χειρισμό Μπετονίτη και το Μάρτυρα (Εικ.3). Ακόμη περισσότερο, θα περίμενε κανείς ότι η παρουσία του αχύρου, που συνέβαλε στην αύξηση της βλαστήσεως και της πυκνότητας να βοηθούσε και στην επιτυχή εγκατάσταση των ατόμων (Schuman et al. 1998) δια μέσου της μειωμένης θνησιμότητας στους προαναφερθέντες χειρισμούς. Ο αυξημένος αριθμός ατόμων σε συνδυασμό με τον αυξημένο σχετικό ρυθμό θνησιμότητας στους χειρισμούς Άχυρο- Ασφαλικό



Εικ. 3. Μεταβολή του ρυθμού θνησιμότητας (φυτά/ημέρα) στους διάφορους χειρισμούς

γαλάκτωμα και Άχυρο-Μπετονίτη οδηγεί στην υπόθεση ότι εκδηλώθηκε ενδοειδικός ανταγωνισμός μεταξύ των ατόμων των πληθυσμών που μελετήθηκαν (Harper 1977, Morris and Myerscough 1991).

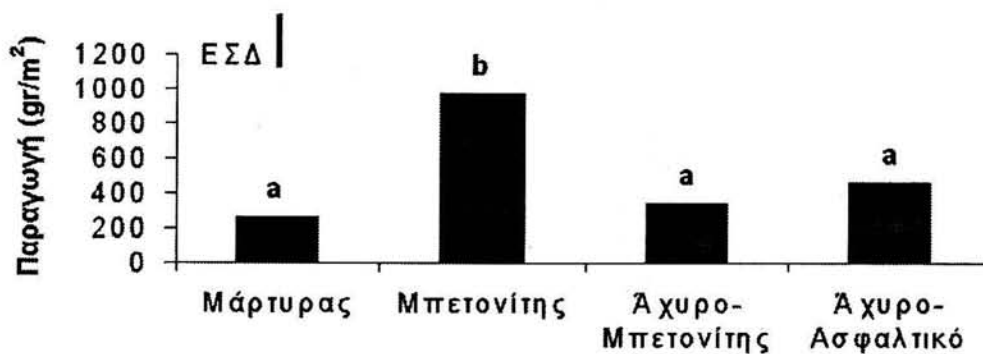
Είναι γνωστό ότι η δυναμική του νόμου των $-3/2$ στην εγκατάσταση πληθυσμών εφαρμόζεται συνήθως κατά μήκος διαβαθμισμένων παραμέτρων όπως είναι: ο χρόνος, η ηλιακή ακτινοβολία, τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους (Silvertown 1982, Morris and Myerseough 1991). Το ενδιαφέρον στην έρευνά μας είναι ότι η χρήση των διάφορων φυτοτεχνικών μεθόδων, για την εγκατάσταση φυτοκαλύμματος, είχε ως αποτέλεσμα η σχέση βάρους-πυκνότητας να μην ακολουθεί ακριβώς το νόμο $-3/2$ αλλά να τον προσεγγίζει (Εικ. 4). Αυτό θα μπορούσε ν' αποδοθεί στο γεγονός ότι η εφαρμογή του χειρισμού Άχυρο - Μπετονίτη και Άχυρο - Ασφαλτικό γαλάκτωμα δεν διαφοροποίησε το μέσο βάρος ανά άτομο σε σύγκριση με το μάρτυρα



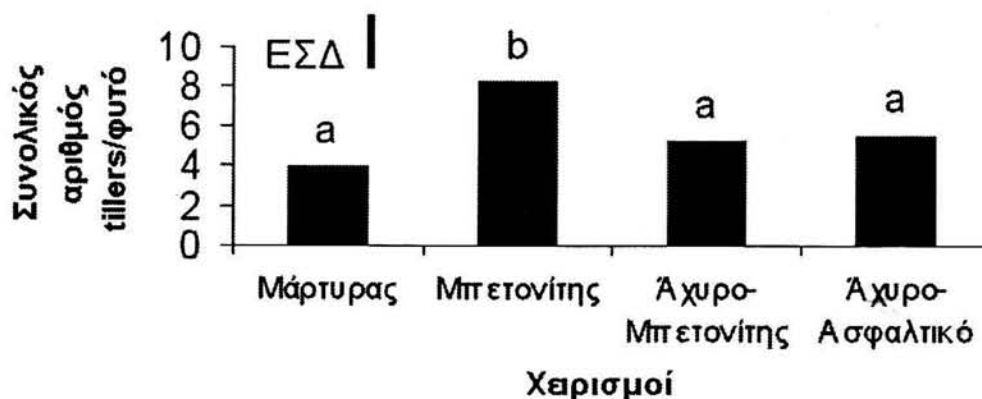
Εικ. 4. Ποσοτικές σχέσεις πυκνότητας και μέσου βάρους ανά άτομο στους διάφορους χειρισμούς

αλλά άλλαξε μόνο την πυκνότητά τους. Αντίθετα στο χειρισμό του Μπετονίτη το βάρος αυξήθηκε σημαντικά αλλά η πυκνότητα διατηρήθηκε σταθερή σε σχέση πάντα με το μάρτυρα. Το ερώτημα που προκύπτει είναι αν στη συνολική παραγωγή των ειδών που μελετήθηκαν και η οποία είναι το γινόμενο της πυκνότητας με το μέσο βάρος ανά άτομο στο τέλος της περιόδου, παίζει σημαντικό ρόλο η πυκνότητα ή το μέσο βάρος ανά άτομο. Προφανώς η συνολική παραγωγή ήταν στατιστικά μεγαλύτερη στο χειρισμό Μπετονίτη σε σύγκριση με τους άλλους χειρισμούς (Εικόνα 5).

Στο χειρισμό αυτό παρατηρήθηκε υψηλότερο βάρος ανά φυτό και χαμηλότερη πυκνότητα, γεγονός που συνηγορεί στην άποψη ότι το βάρος ανά φυτό παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της συνολικής παραγωγής. Ο αυξημένος αριθμός βλαστών ανά φυτό (Εικ. 6) που βρέθηκε στον ίδιο χειρισμό (Μπετονίτης) ενισχύει ακόμη περισσότερο την άποψη αυτή. Παρόλο που η φυτοτεχνική μέθοδος του Μπετονίτη δημιουργεί ένα πυκνό φυτοκάλυμμα εν τούτοις φαίνεται ότι ευνοεί το μέσο βάρος ανά άτομο και τη



Εικ. 5. Παραγωγή (gr/m²) σε συνάρτηση με τους χειρισμούς που εφαρμόστηκαν



Εικ. 6. Συνολικός αριθμός tillers ανά φυτό στους διάφορους χειρισμούς

συνολική παραγωγή. Σύμφωνα με τους Watson and Casper (1984) ένα κρίσιμο και καθοριστικό στάδιο για τη μελλοντική διατήρηση ενός φυτοκαλύμματος που εγκαθίσταται με σπορά είναι η δημιουργία φυτοκαλύμματος με ικανοποιητική παραγωγή την πρώτη αυξητική περίοδο και απ' αυτή την άποψη φαίνεται ότι ο μπετονίτης ανταποκρίνεται στην αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Κάλυψη των σπόρων με σκόνη Μπετονίτη εξασφαλίζει τη δημιουργία ικανοποιητικού και περισσότερο σταθερού φυτοκαλύμματος.
- Η θνησιμότητα ή μη ατόμων και η συνακόλουθη επιτυχής εγκατάσταση πιθανόν να οφείλεται εκτός των ειδικών συνθηκών των διαταραγμένων περιοχών και σε ενδοειδικό ανταγωνισμό.

Effects of phytotechnic treatments on establishment and demography of herbaceous plant cover

Z. Koukoura¹

SUMMARY

The effect of various phytotechnic methods, which are used in rehabilitation processes of disturbed areas, on the demography of perennial grass populations was studied and their effectiveness was evaluated. The applied treatments were: Straw – Bentonite, Straw –Asphaltic emulsion, Bentonite and control, on a layer of surface soil. The plant species density (number of individuals / m²), the relative mortality rate (plants / day), the quantitative relation between mean weight per individual and the production at the end of the growing season

¹ Associate professor, Range Science Laboratory (236) Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki

were assessed to the various treatments. The results showed that the Bentonite treatment probably doesn't ensure high density compared to the other treatments, but it seems to favor the production of the perennial grasses.

Key words: Density, relative mortality rate, production

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Brofas, G. and Varelides, C. 2000. Hydro-seeding and mulching for establishing vegetation on mining spoils in Greece. *Land Degradation and Development* 11: 375-382.
- Brown, R. W. and Johnston, R. S., 1978. Rehabilitation of a high elevation mine disturbance. For. Sci. Logan, Utah. In: *Proceedings: High altitude revegetation Workshop No 3*. Ed. By Kenny. Colorado Water Resources Research Institute, Information Series. Colorado. Pp. 116-130.
- Cumming, J. 1963. Evolutionary processes in populations of copper tolerant *Agrostis tunuis* Scoth. *Evolution* 22: 108-116.
- Currie, P.O. and White, R.S. 1982. Drought survival of selected forage grasses commonly seeded in the Northern Great Plains. *Can. J. Plant Sci.* 62: 949-955.
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academy Press. New York.
- Hunter, G., Whiteman, P.C. 1974. Problems associated with the revegetation of metal mining wastes. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*. 40: 270-278.
- Johnston, R.S., Brown, R.W. and Cravens, J. 1975. Acid mine rehabilitation problems at high elevations. p. 66-79. In: *Watershed Managmt. Sympos. Amer. Soc. Civil. Eng. Logan, Utah*.
- Lowrence, T.C. 1981. Intermediate Wheatgrass. *Can. J. Plant Sci.* 61:467-469.
- Morris, E.C. and Myerscough P.J. 1991. Self-thinning and competition intensity over a gradient of nutrient availability. *Journal of Ecology*, 79:903-923.
- Nicholas, P. and McGinnies, W. 1982. An evaluation of 17 grasses and 2 legumes for revegetation of soil and spoil on a coal strip mine. *J. Range Management* 35(3): 288-293.
- Schuman, G.E., Booth, D.T., Cockerell, J.R. 1998. Cultural methods for establishing Wyoming big sagebrush on mined lands. *Journal of Range Management* 51: 223-230.
- Sivertown J.W. 1982. *Introduction to plant population ecology*. Longman Inc., New York.
- Steel, R.G. and Torrie, J.H. 1960. *Principles and procedures of statistics*. McGraw Hill Book Co. New York pp. 481.
- Watson, M.A. and Casper, B.B. 1984. Morphogenetic constraints on patterns of carbon distribution in plants. *Annuals Review of Ecology and Systematics*. 15: 233-258.

Αλληλεπιδράσεις δέντρων-ποώδους βλάστησης στα πρώτα στάδια εγκατάστασης ενός αγροδασολιβαδικού συστήματος

Α. Κυριαζόπουλος¹, Ζ. Κούκουρα², Κ. Τσιουβάρας³ και Α. Νάστης³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της αλληλεπίδρασης της ποώδους και δενδρώδους βλάστησης σε βοσκόμενο αγροδασολιβαδικό σύστημα αγριοκερασιάς (*Prunus avium* L.). Μελετήθηκε η επίδραση της βόσκησης και τριών μεθόδων περιορισμού της ποώδους βλάστησης (μηχανική απομάκρυνση, χημική καταπολέμηση και αποτροπή ανάπτυξης με την τοποθέτηση ειδικού μαύρου πλαστικού καλύμματος) στην επιβίωση των δενδρυλλίων, καθώς και η επίδραση των δενδρυλλίων στην παραγωγή της ποώδους βλάστησης. Η βόσκηση σε συνδυασμό με τους προστατευτικούς σωλήνες συνετέλεσαν στην αυξημένη επιβίωση των δενδρυλλίων. Όλες οι μέθοδοι περιορισμού της ποώδους βλάστησης μείωσαν σημαντικά τη φυτοκάλυψη και αύξησαν το ποσοστό επιβίωσης των δενδρυλλίων της αγριοκερασιάς. Η τοποθέτηση ειδικού πλαστικού καλύμματος στην επιφάνεια του εδάφους γύρω από τα δέντρα αύξησε σημαντικά περισσότερο σε σχέση με τις άλλες μεθόδους την επιβίωση των δενδρυλλίων ένα χρόνο μετά την εγκατάστασή τους.

Λέξεις κλειδιά: Αγροδασολιβαδικό σύστημα, *Prunus avium* (L), εγκατάσταση δενδρυλλίων.

Εισαγωγή

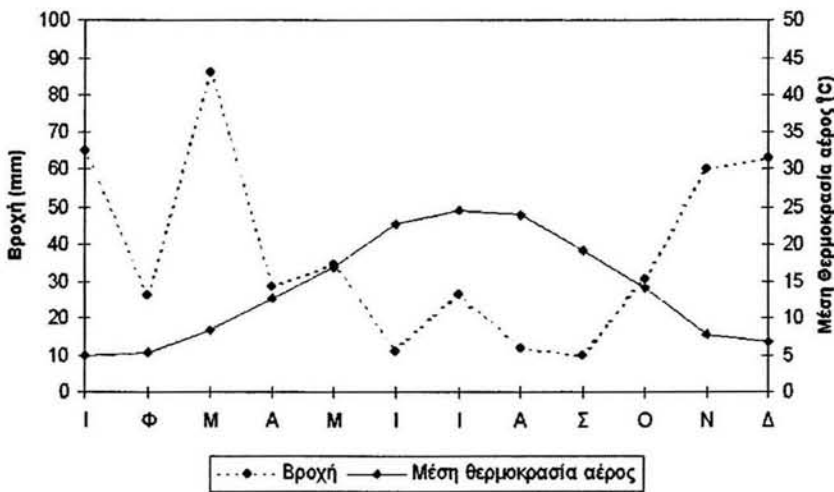
Αγροδασοπονία (*agroforestry*) είναι ένα αειφόρο σύστημα διαχείρισης της γης που διασφαλίζει τόσο τον άριστο συνδυασμό παραγωγής της ποώδους και της δενδρώδους βλάστησης όσο και την αυξημένη απόδοση των αγροτικών ζώων καθώς και την ταυτόχρονη παραγωγή άλλων αγαθών και υπηρεσιών (Mac Dicken and Vergara 1990). Έχει τεκμηριωθεί για διάφορα περιβάλλοντα ότι, τα συνολικά οφέλη από τη συνύπαρξη ποώδους και δενδρώδους βλάστησης σε μια επιφάνεια είναι σχεδόν πάντα μεγαλύτερα από εκείνα κάθε μιας από τις παραπάνω κατηγορίες βλάστησης χωριστά (MacDicken and Vergara 1990, Rathore and Mathur 1994).

Το ύψος της παραγωγής βιομάζας ενός οικοσυστήματος εξαρτάται άμεσα από την αποτελεσματικότητα αξιοποίησης των περιβαλλοντικών παραμέτρων του συστήματος. Γι' αυτό, η γνώση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ ποώδους και δενδρώδους βλάστησης στα αγροδασολιβαδικά συστήματα, είναι ένα αναγκαίο στοιχείο για τη διαφοροποίηση των οικολογικών παραγόντων (Rao et al. 1998) με διαχειριστικές παρεμβάσεις ώστε να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότερη αξιοποίησή τους. Είναι τεκμηριωμένο ότι η παραγωγή της ποώδους βλάστησης επηρεάζεται τόσο από τον περιορισμό της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας από την κομοστέγη των δένδρων (Sibbald et al. 1991, Braziotis and Papanastasis 1995) που διαφοροποιεί το μικροκλίμα, όσο και από τον ανταγωνισμό για τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους και το νερό (Rao et al. 1998, Κυριαζόπουλος 2001). Είναι προφανές επίσης, ότι η επιβίωση των δένδρων, ιδιαίτερα στα πρώτα στάδια της εγκατάστασής τους, εξαρτάται άμεσα από τον ανταγωνισμό της ποώδους βλάστησης κυρίως όσο αφορά το εδαφικό νερό (Minotta et al. 2001). Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της αλληλεπίδρασης της ποώδους και δενδρώδους βλάστησης σε βοσκόμενο αγροδασολιβαδικό σύστημα αγριοκερασιάς (*Prunus avium* L.).

¹ Διδάκτορας Λιβαδοπονίας, Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων (236), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη

² Αν. Καθηγήτρια, Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων (236), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη

³ Καθηγητής, Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων (236), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη



Εικ. 1. Ομβροθερμικό διάγραμμα Αριδαίας για χρονική διάρκεια 5 ετών (1993-1997).

Fig. 1. Ombrothermic diagram from Aridaia area (1993-1997).

ριόδου 1993-1997, που πραγματοποιήθηκαν στην ευρύτερη περιοχή του πειράματος το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων ανήλθε σε 453 mm, ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία σε 13,9°C (Εικ. 1).

Από φυτοκοινωνιολογική άποψη η βλάστηση στην ευρύτερη περιοχή ανήκει στα χαμηλότερα όρια εξάπλωσης της οξιάς (υποζώνη *Fagion Moesiaca*, αυξητικός χώρος *Fagetum submontanum*) (Αθανασιάδης 1986).

Η πειραματική επιφάνεια είχε έκταση 30 στρέμματα και πριν την εγκατάσταση του πειράματος βόσκοταν με ελαφράς έντασης βόσκηση όλη τη διάρκεια του χρόνου. Στη σύνθεση της παρεδαφιαίας βλάστησης κυριαρχούσαν τα πολυετή αγρωστώδη και πλατύφυλλα είδη (Πίνακας Ι). Η επιφάνεια χωρίστηκε με περίφραξη σε δύο ίσα τμήματα, από τα οποία στο ένα εφαρμόστηκε βόσκηση, ενώ στο άλλο η προστασία από τη βόσκηση (μάρτυρας). Κάθε ένα από τα τμήματα αυτά χωρίστηκε σε τέσσερα ίσα υποτμήματα στα οποία φυτεύτηκαν μονοετή δενδρύλλια αγριοκερασιάς (*Prunus avium* L.) σε τέσσερις φυτευτικούς συνδέσμους: 10X10μ., 7X7μ., 4X4μ. και 2X2,5μ. το Φεβρουάριο του έτους 1993. Το μέσο ύψος των δενδρυλλίων ήταν 116,4 ± 5,5 εκ. Στο τμήμα που εφαρμόστηκε βόσκηση τα δενδρύλλια προστατεύτηκαν από τα αγροτικά ζώα με ειδικούς ημιδιαφανείς πλαστικούς σωλήνες ύψους 2μ. Οι σωλήνες αυτοί επέτρεπαν τη διέλευση επαρκούς ηλιακής ακτινοβολίας για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των δενδρυλλίων. Από το 1993, έτος εγκατάστασης του πειράματος, μέχρι και το 1997 εφαρμόστηκε βόσκηση από ένα κοπάδι 200 αιγών τοπικής φυλής στις αρχές του καλοκαιριού. Η συνολική βοσκοφόρτωση ήταν 3,2 αιγές/εκτ./έτος. Σκοπός αυτής της βόσκησης ήταν να ελεγχθεί η ποώδης βλάστηση και να περιορισθεί ο ανταγωνισμός με τα δενδρύλλια της αγριοκερασιάς.

Εφαρμόστηκαν τρεις μέθοδοι περιορισμού της ποώδους βλάστησης (επεμβάσεις) γύρω από τα δενδρύλλια: α) μηχανική απομάκρυνση της ποώδους βλάστησης (σκάλισμα) στην αρχή της βλαστικής περιόδου σε ένα κύκλο διαμέτρου 130εκ. γύρω από κάθε δενδρύλλιο, β) χημική καταπολέμηση (ράντισμα) γύρω από κάθε δενδρύλλιο με το μη επιλεκτικό ζιζανιοκτόνο "Roundup" (Franz et al. 1997) σε κύκλο διαμέτρου 130εκ. και γ) τοποθέτηση ειδικού μαύρου πλαστικού καλύμματος εμβαδού 1,0τ.μ., που επιτρέπει τη διείσδυση του νερού αλλά εμποδίζει την ανάπτυξη της ποώδους βλάστησης. Κάθε επέμβαση εφαρμόστηκε σε έξι δενδρύλλια με τρεις επαναλήψεις σε κάθε φυτευτικό σύνδεσμο και στους δύο χειρισμούς βόσκησης, ενώ χρησιμοποιήθηκε για σύγκριση αντίστοιχος αριθμός δενδρυλλίων χωρίς επέμβαση περιορισμού της ποώδους βλάστησης (μάρτυρας). Σε όλους τους χειρισμούς περιορισμού της ποώδους βλάστησης μετρήθηκαν τα παρακάτω: 1) Το ποσοστό επιβίωσης των δενδρυλλίων της αγριοκερασιάς στο τέλος της βλαστικής περιόδου του έτους 1994. 2) Η φυτοκάλυψη της ποώδους βλάστησης στη συγκεκριμένη επιφάνεια επέμβασης την ίδια χρονική περίοδο με την οπτική μέθοδο του Daubenpire (1959) όπως περιγράφεται από τους Cook and Stubbendieck (1986). 3) Η παραγωγή της υπέργεια βιομάζας της ποώδους βλάστησης μετρήθηκε με πλαίσια 0,5x0,5μ. στα οποία η περιεχόμενη υπέργεια βιομάζα κόπηκε σε ύψος 3 εκ. από το έδαφος στα μέσα του μηνός Ιουλίου μετά την εφαρμογή της βόσκησης σε τέσσερις επαναλήψεις σε

Υλικά και μέθοδοι

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Λαγκαδιάς του νομού Πέλλας που βρίσκεται κοντά στα σύνορα Ελλάδας-FYROM. Ο βιοκλιματικός χαρακτήρας της περιοχής βάσει των ομβροθερμικών διαγραμμάτων και των ξηροθερμικών δεικτών στην Ελλάδα κατατάχθηκε σαν υπομεσογειακός ($X < 40$), όπου (X) ο αριθμός βιολογικών ξηρών ημερών κατά τη θερμή και ξηρά περίοδο. Ενώ με βάση το κλιματικό διάγραμμα του Emberger υπάγεται στον υγρό βιοκλιματικό όροφο με δριμύ χειμώνα ($M < 0^\circ C$) όπου (M) ο μέσος όρος των ελάχιστων θερμοκρασιών του ψυχρότερου μήνα (Μαυρομματίης 1980). Με βάση τις μετρήσεις της πε-

Πίνακας Ι. Σύνθεση της ποώδους βλάστησης (%) πριν την έναρξη του πειράματος.

Table I. Species composition of the herbaceous vegetation (%) before the beginning of the experiment.

| Είδη Φυτών | Σύνθεση % | Είδη φυτών | Σύνθεση % |
|---------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| Ετήσια αγρωστώδη | | Πολυετή ψυχανθή | |
| <i>Bromus mollis</i> | 1,1 | <i>Dorycnium herbaceum</i> | 0,5 |
| <i>Bromus sterilis</i> | 2,3 | <i>Vicia cracca</i> | 18,2 |
| Σύνολο | 3,4 | <i>Vicia hybrida</i> | 4,7 |
| Πολυετή αγρωστώδη | | <i>Trifolium repens</i> | 0,5 |
| <i>Agropyrum caninum</i> | 1,0 | Σύνολο | 23,9 |
| <i>Agrostis alba</i> | 8,9 | Πλατύφυλλα | |
| <i>Agrostis canina</i> | 1,0 | <i>Achillea millefolium</i> | 3,1 |
| <i>Cynodon dactylon</i> | 1,0 | <i>Galium verum</i> | 2,0 |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 2,0 | <i>Geranium robertianum</i> | 4,7 |
| <i>Holcus mollis</i> | 12,8 | <i>Plantago lanceolata</i> | 5,2 |
| <i>Phleum pratense</i> | 11,4 | <i>Rumex acetosela</i> | 5,7 |
| <i>Poa pratensis</i> | 7,3 | <i>Sanguisorba minor</i> | 3,1 |
| Σύνολο | 45,4 | <i>Potentilla recta</i> | 2,4 |
| Ετήσια ψυχανθή | | <i>Fragaria vesca</i> | 0,6 |
| <i>Medicago lupulina</i> | 0,5 | Σύνολο | 26,8 |
| Σύνολο | 0,5 | | |

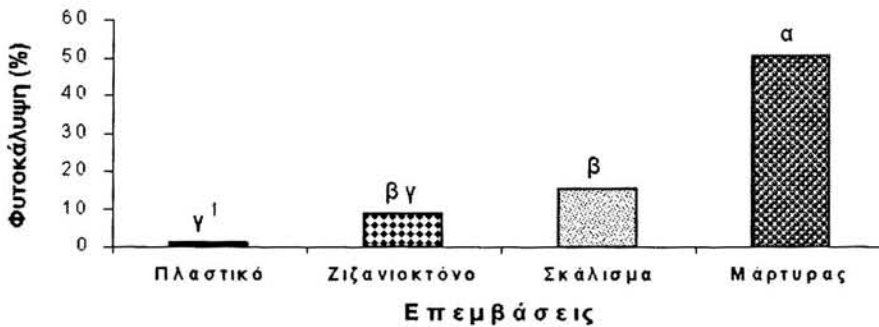
κάθε χειρισμό. Όλα τα δείγματα ξηράθηκαν για 48 ώρες σε πυριαντήριο στους 65°C και στη συνέχεια ζυγίστηκαν. Το βάρος τους εκφράστηκε σε χιλιογράμματα ξηρής ουσίας ανά εκτάριο (χλγ./εκτ.).

Το σχέδιο του πειράματος ήταν συνδυασμένοι παράγοντες σε ομάδες με υπό-υποομάδες (split-split-plot experiment) (Snedecor and Cochran 1967). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου MSTAT. Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων ελέγχθηκαν με το Duncan's New Multiple Range Test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Στις βοσκημένες επιφάνειες το ποσοστό επιβίωσης των δενδρυλλίων αγριοκερασιάς ήταν πολύ υψηλότερο σε σχέση με αυτό που καταγράφηκε στις επιφάνειες που δε βοσκήθηκαν (Πίνακας ΙΙ). Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στη μείωση του ανταγωνισμού μεταξύ της ποώδους βλάστησης και των δενδρυλλίων όσο αφορά την υγρασία του εδάφους, καθώς με τη βόσκηση περιορίστηκε η ποώδης βλάστηση. Ένας άλλος παράγοντας που προφανώς συνετέλεσε στην αυξημένη επιβίωση των δενδρυλλίων του χειρισμού αυτού ήταν οι ειδικοί προστατευτικοί σωλήνες (Potter 1991) που είχαν τοποθετηθεί για προστασία από τη βόσκηση. Έχει τεκμηριωθεί ότι οι σωλήνες αυτοί δημιουργούν ευνοϊκότερο μικροκλίμα στο εσωτερικό τους, όσο αφορά τη σχετική υγρασία και θερμοκρασία, για την ανάπτυξη των δενδρυλλίων (Noitsakis and Nastis 1995). Ακόμη έχει βρεθεί ότι ο αριθμός και το βάρος των πλάγιων κλαδιών καθώς και η αναλογία υπόγειου / υπέργειου τμήματος των δενδρυλλίων που αναπτύσσονται μέσα σε αυτούς τους σωλήνες είναι συγκριτικά μικρότερα από εκείνα των δενδρυλλίων που αναπτύσσονται χωρίς σωλήνες (Dupraz et al. 1994, Eason et al. 1994). Ωστόσο το ποσοστό επιβίωσης των δενδρυλλίων με σωλήνα στις βοσκημένες επιφάνειες σε σχέση με αυτά χωρίς σωλήνα στις μη βοσκημένες όταν εφαρμόστηκε χημική επέμβαση (Πίνακας ΙΙ) ήταν σημαντικά μικρότερο. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στο ότι το ζιζανιοκτόνο επηρέασε το μικρότερο βάθος ριζικό σύστημα των δενδρυλλίων με τους σωλήνες. Το ποσοστό βιωσιμότητας των δενδρυλλίων δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των φυτευτικών συνδέσμων.

Όλες οι μέθοδοι περιορισμού της ποώδους βλάστησης μείωσαν σημαντικά τη φυτοκάλυψη σε σχέση με το μάρτυρα. Αποτελεσματικότερη όμως επίδραση είχε η μέθοδος που τοποθετήθηκε το ειδικό μαύρο πλαστικό κάλυμμα γύρω από τα δενδρύλλια (Εικ. 2). Το ποσοστό της φυτοκάλυψης που μετρήθηκε κάτω από το πλαστικό ήταν μικρότερο κατά 97,4% σε σχέση με το μάρτυρα. Δεύτερη σε αποτελεσματικότητα μέθοδος



Εικ. 2. Φυτοκάλυψη (%) γύρω από κάθε δενδρύλλιο κάτω από διαφορετικές επεμβάσεις καταπολέμησης της ποώδους βλάστησης ένα χρόνο μετά την εγκατάσταση της αγριοκερασιάς.

Fig 2. Plant cover (%) around each tree under different methods of controlling the herbaceous vegetation one year after the wild cherry trees planting.

¹ Χειρισμοί καταπολέμησης με το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά ($P \leq 0,05$).

δενδρυλλίων εξηγείται κατά 60,6% από τη μεταβολή της φυτοκάλυψης, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό της επιβίωσης οφείλεται σε άλλους παράγοντες.

Πίνακας ΙΙ. Επιβίωση δενδρυλλίων αγριοκερασιάς (%) ανάλογα με το χειρισμό βόσκησης και τους χειρισμούς περιορισμού του ανταγωνισμού.

Table II. Survival of wild cherry trees (%) in relation to grazing treatment and methods of controlling the herbaceous vegetation.

| Επέμβαση | Βόσκηση | | Μ.Ο. |
|--------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| | (Δενδρύλλια με πλαστικό σωλήνα) | (Δενδρύλλια χωρίς πλαστικό σωλήνα) | |
| Πλαστικό | 81,2 | 60,0 | 70,6 α ¹ |
| Ζιζανιοκτόνο | 43,7 | 55,0 | 49,3 β |
| Σκάλισμα | 66,0 | 38,0 | 52,0 β |
| Μάρτυρας | 63,0 | 21,0 | 42,0 γ |
| Μ.Ο. | 60,8 α | 44,1 β | |

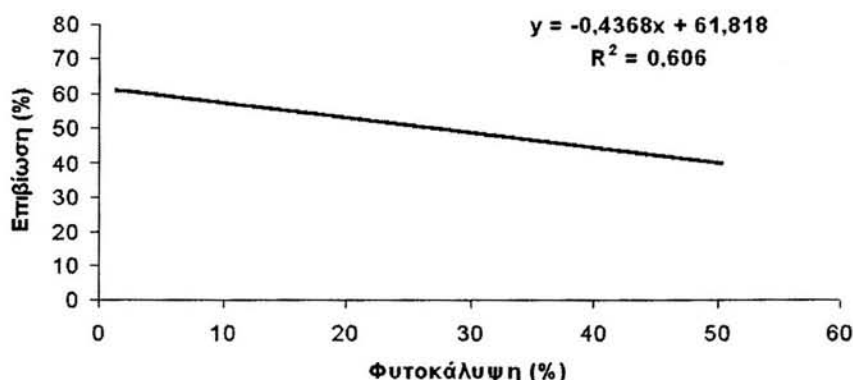
¹ Μέσοι όροι στην ίδια στήλη και σειρά που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα της αλφαβήτου δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$).

Ειδικότερα όσο αποτελεσματικότερος ήταν ο περιορισμός της ποώδους βλάστησης, τόσο υψηλότερο ήταν το ποσοστό επιβίωσης των δενδρυλλίων (Πίνακας ΙΙ). Υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης βρέθηκε στο χειρισμό που τοποθετήθηκε το ειδικό πλαστικό κάλυμμα. Πιθανότατα στο χειρισμό αυτό η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία διατηρήθηκε υψηλότερη διότι η κάλυψη του εδάφους με πλαστικό μείωσε σημαντικά την εξατμισιοδιαπονή προς όφελος της δεινρώδους βλάστησης.

Η παραγωγή της ποώδους βλάστησης στο χειρισμό βόσκησης δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτευτικών συνδέσμων (Πίνακας ΙΙΙ). Αντίθετα, στο χειρισμό μη βόσκησης η παραγωγή της ποώδους βλάστησης ήταν σημαντικά υψηλότερη στο φυτευτικό σύνδεσμο 2Χ2,5μ. σε σχέση με τους υπόλοιπους, όπου κανονικά θα αναμενόταν λόγω μειωμένης εντάσεως ακτινοβολίας, χαμηλότερη παραγωγή. Πέρα πάντως από το αξίωμα της αυξητικής δυναμικής: υψηλότερη ακτινοβολία-υψηλότερη φωτοσύνθεση-υψηλότερη παραγωγή πολλά νεότερα βιβλιογραφικά δεδομένα τείνουν να περιορίσουν την ισχύ του. Έτσι ευρέως αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία υψηλότερη παραγωγή ποώδους βλάστησης σε υπορόφους δέντρων ως αποτέλεσμα ευνοϊκότερων βιοκλιματικών συνθηκών στον υπόροφο καθώς επίσης φυσικοχημικών και εδαφικών (Holland 1979,1980, Κούκουρα και Νάσσης 1989, Frost and McDougald 1989, Duller 1998). Εκτός όμως των οικολογικών ερμηνειών υπάρχουν και φυσιολογικά δεδομένα στα

επέμβασης ήταν η χημική καταπολέμηση όπου η φυτοκάλυψη μειώθηκε κατά 82,3% ενώ η μηχανική απομάκρυνση μείωσε τη φυτοκάλυψη κατά 68,6%.

Στην εικόνα 3 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού επιβίωσης των δενδρυλλίων και της κάλυψης της ποώδους βλάστησης. Η άριστη συσχέτιση (Εικ.3) μεταξύ ποσοστού επιβίωσης και φυτοκάλυψης αποδόθηκε με εξίσωση πρώτου βαθμού με συντελεστή προσδιορισμού ($R^2 = 0,606$) (Snedecor 1967). Δηλαδή η επιβίωση των



Εικ. 3. Επιβίωση δενδρυλλίων αγριοκερασιάς σε σχέση με τη φυτοκάλυψη γύρω από κάθε δέντρο, ένα χρόνο μετά την εγκατάστασή τους.

Fig. 3. Survival of the wild cherry trees in relation to the herbaceous cover around each tree, one year after

Πίνακας ΙΙΙ. Μέσοι όροι παραγωγής της ποώδους βλάστησης (χλγ./εκτ.) για κάθε χειρισμό βόσκησης, στους τέσσερις φυτευτικούς συνδέσμους κατά τα έτη 1996-1997.

Table III. Mean herbage production (kg/ha) during 1996-1997 in the four tree spacings under the grazing treatments.

| | 10X10 | 7X7 | 4X4 | 2X2,5 |
|-------------------|--------------------|-------|-------|-------|
| Βόσκηση | 3388β ¹ | 2733β | 3808β | 3647β |
| Μη βόσκηση | 3173β | 3461β | 4197β | 7700α |

¹ Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά (P<0,05).

planting.

οποία θα μπορούσε να αποδοθεί η αυξημένη παραγωγή στον υπόροφο. Έτσι κάτω από μειωμένη ένταση ακτινοβολίας το χλωροφυλλικό περιεχόμενο αυξάνεται όπως επίσης και η φωτοσυνθετική ικανότητα αναγόμενη στη μονάδα παραγωγής ξηρής ουσίας (Valladares et al. 2000). Αλλά και η μεταφορά ηλεκτρονίων κατά τη μονοφωτοχημική φάση αντιδράσεως επιταχύνεται γεγονός που ευνοεί την αύξηση της αποτελεσματικότητας χρησιμοποίησης N₂. (Thayet and Bjorkman 1990, Johnson et al. 1993, Logan et al. 1996).

Συμπεράσματα

1. Ο συνδυασμός βόσκησης και προστασίας των δενδρυλλίων με ειδικούς προστατευτικούς πλαστικούς σωλήνες αύξησε σημαντικά το ποσοστό επιβίωσης των δενδρυλλίων.
2. Όλες οι μέθοδοι περιορισμού της ποώδους βλάστησης μείωσαν σημαντικά τη φυτοκάλυψη και αύξησαν το ποσοστό επιβίωσης των δενδρυλλίων της αγριοκερασιάς.
3. Η τοποθέτηση ειδικού πλαστικού καλύμματος στην επιφάνεια του εδάφους γύρω από τα δενδρύλλια αγριοκερασιάς αύξησε σημαντικά περισσότερο την επιβίωση τους σε σχέση με τις άλλες μεθόδους περιορισμού της ποώδους βλάστησης.
4. Η ελαφρά σκίαση που δημιούργησαν τα δενδρύλλια της αγριοκερασιάς και η πυκνότητα των ατόμων της στο στενό φυτευτικό σύνδεσμο 2X2,5μ συνετέλεσαν στην αύξηση της παραγωγής της ποώδους βλάστησης.

Ευχαριστίες

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του χρηματοδοτούμενου από την Ευρωπαϊκή Ένωση ερευνητικού προγράμματος ALWAYS "Alternative Land Use With Fast Growing Trees" (AIR-CT92-0134).

Interactions between trees and herbaceous vegetation in the early establishment stages in an agroforestry system

A. Kyriazopoulos¹, Z. Koukoura², C.N. Tsiouvaras³ and A. Nastis³

SUMMARY

The objective of this paper was to study the effects of the herbaceous vegetation on the survival of the wild cherry trees (*Prunus avium* L.) in an agroforestry system one year after planting. The effects of grazing and three control methods of the herbaceous vegetation (mechanical removal, herbicide application and averting of the development with the placement of a special plastic sheet on the ground around the trees) on tree survival were studied. The combined effect of grazing and protection of trees with plastic tubes favored tree survival. All methods reduced drastically herbaceous plant cover and increased the survival of the wild cherry trees. The placement of the special plastic sheet on the ground around the trees though, depressed herbaceous vegetation more drastically and consequently the survival of cherry trees was significantly higher compared to the other two methods.

Key words: Agroforestry system, *Prunus avium* (L), tree establishment

Βιβλιογραφία

- Aθανασιάδης, Ν. Η., 1986. Δασική Φυτοκοινωνιολογία. Θεσσαλονίκη.
- Braziotis, D. C. and V.P. Papanastasis, 1995. Seasonal changes of understory herbage yield in relation to light intensity and soil moisture content in a *Pinus pinaster* plantation. *Agroforestry System* 29: 91-101.
- Cook, W. C. and J. Stubbendieck, 1986. *Range Research: Basic Problems and Techniques*. Soc. Range Manage., Denver, Colorado.
- Daubenmire, R.F., 1959. A canopy-coverage method of vegetational analysis. *Northwest Sci.* 33:43-64.
- Duller, C., 1998. Herbage production and utilization under hybrid larch. *Agroforestry Forum*. 9: 23-25.
- Dupraz, C., J. L. Guitton, H. Rapey, J. E. Bergez and F. X. de Montard, 1994. Broad leaved tree plantations on pastures: the tree shelter issue. 4th International Symposium on Windbreaks and Agroforestry. pp. 106-111. Hedeselskabet, Viborg, Denmark.
- Eason, W. R., G. Hoppe, J. E. Bergez, J. E. Roberts, C. Harrison, H. Carlisle, A. R. Sibbald, J. H. McAdam, J. Simpson and Z. Teklehaimanot, 1994. Tree root development in Agroforestry systems. *Agroforestry Forum* 5: 36-44.
- Franz, J. E., M. K. Mao and J. K. Sikorski, 1997. *Glyphosate: A unique Global Herbicide*, ACS Monograph, No 189. Am. Chem. Soc. (ASC), Washington, DC.
- Frost, W. E. and N. K. McDougald, 1989. Tree canopy effects on herbaceous production of annual rangeland during drought. *Journal of Range management* 42: 281-283.
- Johnson, G., J. Scholes, P. Horton, A. Young, 1993. Relationships between carotenoid composition and growth habit in British plant species. *Plant, Cell and Environment* 16: 681-686
- Holland, V. L., 1979. Effect of blue oak on rangeland forage production in Central California. In: *Ecology, management and utilization of California oaks*. USDA For. Serv. Pacific southwest Forest and Range Exp. Sta. Gen. Tech. Rep. PSW-44.
- Holland, V. L., 1980. Effect of blue oak on rangeland forage production in Central California. In: *Symposium on Ecology, Management and utilization of California Oaks* USDA Forest and Range Exp. Sta. Gen. Tech. Reo. PSW 44. pp 314-318.
- Κούκουρα, Ζ. και Α. Σ. Νάστις, 1989. Επίδραση του βαθμού σκίασης στην παραγωγή και στην ποιότητα της

¹ *Phd, Laboratory of Range Science (236), Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece*

² *Associate professor, Laboratory of Range Science (236), Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece*

³ *Professor, Laboratory of Range Science (236), Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece*

- βοσκήσιμης ύλης ποωδών φυτών. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 1: 17-25.
- Κυριαζόπουλος, Α. Κ., 2001. Επιδράσεις της σκίασης και της βόσκησης στην ποώδη βλάστηση σε Αγροδοσολιβαδικά συστήματα. Διδακτορική Διατριβή. Θεσσαλονίκη.
- Logan, B. A., D. H. Barker, B. Demmig-Adams, Adams WWIII, 1996. Acclimation of leaf carotenoid composition and ascorbate levels to gradients in the light environment within an Australian rainforest. *Plant, Cell and Environment* 19: 1083-1090
- Μαυρομάτης, Γ., 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδος- σχέσεις κλίματος και φυτικής βλαστήσεως- Βιοκλιματικοί χάρτες. Δασική Έρευνα, Τόμος 1 (Παράρτημα).
- MacDicken, K. G. and N. T. Vergara, 1990. In: *Agroforestry: Classification and management*. John Wiley & Sons. New York.
- Minnotta, G., L. Cantoni, G. Tonon and U. Bagnaresi, 2001. Effects of grass and legume species on early growth of sycamore and wild cherry in silvopastoral systems of the northern Apennines (Italy). In: *Forest research: A Challenge for an Integrated European Approach*.
- Noitsakis, B. and A. Nastis, 1995. Seasonal changes of water potential stomatal conductance and transpiration in the leaf of cherry trees grown in shelter. *Cahiers Options Mediterraneennes: Silvopastoral Systems*. 12: 267-270.
- Potter, M. J., 1991. Tree shelters. *Forestry Commission Handbook No. 7*, p. 48 HMSO, London, UK.
- Rao, M. R., P. K. R. Nair and C. K. Ong, 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38: 3-50.
- Rathore, N. and A. Mathur, 1994. *Forestry for Arid Regions*, Agrotech Publishing Academy, Udaipur (India).
- Sibbald, A. R., J. H. Griffiths and D. A. Elston, 1991. The effects of the presence of widely spaced conifers on understory herbage production in the UK. *Forest Ecology and Management*, 45: 71-77.
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran, 1967. *Statistical Methods*, 6th edition. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA.
- Thayer, S., O. Björkman, 1990. Leaf xanthophyll content and composition in sun and shade determined by HPLC. *Photosynthesis Research* 23: 331-343
- Valladares F., E. Martinez- Ferri, L. Balaguer, E. Perez-Corona and E. Manrique, 2000. Low leaf level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource strategy? *Research New Phytologist*. 148: 79-91

Επίδραση της βόσκησης σε ορισμένα εδάφη της ζώνης αειφύλλων πλατυφύλλων στη Βόρεια Ελλάδα

Α.Γ. Παπαϊωάννου¹, Μ.Σ. Βραχνάκης², Δ.Α. Αλιφραγκής¹, Β.Π. Παπαναστάσης²
Ι. Ισπικούδης² και Δ.Γ. Σεϊλόπουλος¹

Περίληψη

Στην περιοχή της Τορώνης (Χαλκιδική), η οποία κυριαρχείται από μακκία βλάστηση, επιλέχθηκε ένα αντιπροσωπευτικό μαντρί, περιφερειακά του οποίου διακρίθηκαν τρεις περιοχές βόσκησης αναλόγως με την απόστασή τους από αυτό, θεωρώντας ότι η ένταση της βόσκησης μειώνεται γραμμικά καθώς απομακρυνόμαστε από το μαντρί. Σε κάθε μία από αυτές τις περιοχές ελήφθησαν δείγματα εδάφους με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης της βόσκησης στις φυσικές και χημικές ιδιότητές του. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε ότι η βόσκηση μειώνει τις ποσότητες της οργανικής ουσίας, P, K, Ca και Na στο επιφανειακό έδαφος. Σημαντική κρίνεται η προστατευτική επίδραση της βλάστησης στις συγκεντρώσεις των στοιχείων N, P, Ca και Na στο επιφανειακό έδαφος. Η συμπίεση του εδάφους, ο κίνδυνος διάβρωσης και η έκπλυση των θρεπτικών στοιχείων βρέθηκε ότι αυξάνονται ανάλογα με την ένταση της βόσκησης, ενώ η γονιμότητα του εδάφους μειώνεται.

Λέξεις κλειδιά: ένταση βόσκησης, ιδιότητες του εδάφους, θρεπτικά στοιχεία, μακκία βλάστηση

Εισαγωγή

Η πλειονότητα των θαμνωδών εκτάσεων της Βόρειας Ελλάδας, που χαρακτηρίζονται με τον όρο *μακκία* βλάστηση, προέρχονται κυρίως από την υποβάθμιση των αειφύλλων πλατυφύλλων. Στο νομό Χαλκιδικής η έκταση αυτή ανέρχεται σε 1.034.810 στρ. και αποτελεί το 14,2% του συνόλου των εκτάσεων των θαμνώνων αειφύλλων πλατυφύλλων της Βόρειας Ελλάδας (Υπ. Γεωργίας 1992). Οι εκτάσεις αυτές έχουν μικρή παραγωγική ικανότητα χωρίς ιδιαίτερο οικονομικό ενδιαφέρον αφού δεν αποδίδουν εμπορεύσιμα προϊόντα ξύλου, και χρησιμεύουν κυρίως για την προστασία υδρολογικών λεκανών από τη διάβρωση και για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας. Παράλληλα ένα μικρό ποσοστό της βιομάζας τους χρησιμοποιείται για κάλυψη ενεργειακών αναγκών των κατοίκων.

Πολλές από τις εκτάσεις αυτές έχουν μεγαλύτερη αξία όταν χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι. Η βοσκήσιμη ύλη που παράγουν αποτελεί τη σπουδαιότερη πηγή διατροφής για τα αγροτικά (αλλά και άγρια) ζώα και ιδιαίτερα για τις αίγες. Η παραγωγή βοσκήσιμης ύλης στα ποολίβαδα της Βόρειας Ελλάδας και γενικότερα της χώρας μας παρουσιάζει εποχιακό χαρακτήρα. Είναι ικανοποιητική κατά το φθινόπωρο, περιορισμένη κατά το χειμώνα, άφθονη κατά την άνοιξη και πολύ περιορισμένη ή ανύπαρκτη κατά το θέρος (Παπαναστάσης 1996). Αντίθετα, καθώς η παραγωγή βοσκήσιμης ύλης των αειφύλλων πλατυφύλλων διατηρείται καθόλη τη διάρκεια του έτους, η συμβολή των θαμνολίβαδων αυτών στην κάλυψη των διατροφικών αναγκών των αγροτικών ζώων κατά την κρίσιμη θερινή περίοδο είναι πολύ σημαντική. Η συμβολή τους είναι ανάλογη με το ύψος και την κατανομή στο χρόνο των βροχοπτώσεων, ενώ η σπουδαιότητά τους αυξάνεται όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της ξηρής περιόδου (Αϊναλής 1996).

Η βόσκηση επιδρά άμεσα στις ιδιότητες του εδάφους με τη συμπίεση που ασκείται από τα ποδοπατήματα των ζώων. Ο βαθμός συμπίεσης του εδάφους εξαρτάται από τη μηχανική σύσταση και τη δομή του, από το σημείο πλαστικότητας και την περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία και επηρεάζεται άμεσα από την αρχική φαινομενική πυκνότητα του εδάφους (Παπαμίχος 1996). Οι θετικές ή αρνητικές επιδράσεις της βόσκησης που σχετίζονται έμμεσα με τη συμπίεση του εδάφους σχετίζονται επιπλέον και με την ένταση και το σύστημα βόσκησης. Υπό συνθήκες κανονικής βόσκησης η συμπίεση του εδάφους μπορεί να θεωρηθεί ήπια με αποτελέ-

¹ Εργαστήριο Δασικής Εδαφολογίας, Τ.Θ. 271, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

² Εργαστήριο Λιβαδικής Οικολογίας, Τ.Θ. 286, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

σμα την εκδήλωση μερικών ευεργετικών επιδράσεων τόσο στο έδαφος (αύξηση του μικροπορώδους και της ταχύτητας αποσύνθεσης του δασικού τύφτηα) όσο και στη βλάστηση («θάψιμο» των σπόρων) (Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης 1992).

Η βόσκηση σχετίζεται έμμεσα και με τη διάβρωση του εδάφους, καθώς με την απομάκρυνση της βλάστησης μειώνονται οι ευεργετικές επιδράσεις στη συγκράτηση των εδαφών. Έτσι υπό έντονη βόσκηση, έχουμε συμπίεση των επιφανειακών στρωμάτων του εδάφους με συνέπεια την ελάττωση του πορώδους και ιδίως των μακροπόρων και την αύξηση της φαινομενικής πυκνότητας και της επιφανειακής απορροής. Η επιφανειακή απορροή έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια νερού και ταυτόχρονα τη διάβρωση του εδάφους (Παπαμίχος 1996). Με κατάλληλη διαχείριση και ορθή κατά χώρο και χρόνο ρύθμιση της βόσκησης μειώνεται ο κίνδυνος απογύμνωσης του εδάφους και κατά συνέπεια μεταβάλλεται η δράση των υπολοίπων αποτρεπτικών παραγόντων της διάβρωσης, τους οποίους σαφώς περιγράφει η Εξίσωση Απώλειας Εδάφους (Universal Soil Loss Equation) (Renard and Foster 1985). Για τα εδάφη της ζώνης των αιψύλλων πλατυφύλλων η διάβρωση σε συνδυασμό με την έντονη κλίση που συνήθως παρουσιάζουν και το διαφορετικό βαθμό φυτοκάλυψής τους επιτείνουν την οικολογική υποβάθμιση και αυξάνουν τον κίνδυνο ερημοποίησης. Ειδικότερα για τα ποολίβαδα της Μακεδονίας προτείνεται το μέσο ύψος των ποωδών φυτών μετά το τέλος της περιόδου βόσκησης να είναι 6 cm (Papanastasis 1985).

Τέλος, η βόσκηση μπορεί να επιδρά θετικά ή αρνητικά στη γονιμότητα του εδάφους, ανάλογα με τη χρονική διάρκεια της άσκησής της (Marss *et al.* 1989, Senft 1996). Έτσι, υπό καθεστώς κανονικής χρήσης, η επίδραση στη γονιμότητα του εδάφους θεωρείται θετική, αφού αυξάνονται οι ρυθμοί ανακύκλωσης και ανακατανομής της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος (Νάστης και Τσιουβάρας 1989). Στην περίπτωση αυτή, η βελτίωση της γονιμότητας αποδίδεται τόσο στην ταχύτερη επιστροφή των θρεπτικών ανόργανων στοιχείων από τη βλάστηση στην επιφάνεια του εδάφους, διαμέσου των περιττωμάτων των ζώων (Floate 1981, Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης 1992), όσο και στην καλύτερη ανάμειξη των οργανικών υπολειμμάτων των φυτικών ιστών με το επιφανειακό έδαφος. Αντίθετα, υπό καθεστώς μη κανονικής χρήσης μπορεί να παρατηρηθεί μείωση της γονιμότητας και υποβάθμιση του εδάφους συνεπεία απώλειας θρεπτικών στοιχείων, λόγω υπερκατανάλωσης της βιομάζας και διάβρωσης του επιφανειακού εδάφους.

Σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη των μεταβολών που παρατηρούνται στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους των υποβαθμισμένων περιοχών της ζώνης των αιψύλλων πλατυφύλλων της Βόρειας Ελλάδας κάτω από διαφορετικές εντάσεις βόσκησης.

Υλικά και μέθοδοι

Περιοχή έρευνας

Η έρευνα διεξήχθη στο νότιο τμήμα της χερσονήσου της Σιθωνίας Χαλκιδικής βορειοδυτικά του οικισμού της Τορώνης (Δήμος Τορώνης) σε υψόμετρο 40 μέτρων. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από μεσόθερμο μεσογειακό κλίμα. Στον πίνακα I παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των σημαντικότερων κλιματικών παραμέτρων για την περίοδο 1978 – 1996 που κατέγραψε ο (πλησιέστερος) μετεωρολογικός σταθμός της Κασσάνδρας (Τσιόντης 1996). Τα πετρώματα της ευρύτερης περιοχής της χερσονήσου είναι κυρίως πυριγενή και κρυσταλλοσχιστώδη και μόνο ένα μικρό τμήμα καλύπτεται από ιζηματογενείς σχηματισμούς (Σαπουντζής και συν. 1976). Το μητρικό πέτρωμα στην περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από γρανοδιορίτες με σχετικά προχωρημένο βαθμό αποσάθρωσης και με μεγάλους σε μέγεθος κρυστάλλους. Το βάθος του εδάφους στην ευρύτερη περιοχή κυμαίνεται από λίγα εκατοστά σε θέσεις με έντονη βόσκηση έως 70 cm στις ελαφρώς βοσκημένες ή αβόσκητες περιοχές.

Το 39,3% της διοικητικής έκτασης του Δήμου Τορώνης (19.397 ha) καλύπτεται από μακκία βλάστηση (Ελευθερούδης και συν. 1998). Η βλάστηση κυριαρχείται από ακανόνιστα διάσπαρτους θάμνους των ειδών *Quercus coccifera* L., *Erica arborea* L., *Erica manipuliflora* Salisb., *Arbutus unedo* L., *Olea europaea* L. ssp. *oleaster* Fiori, *Phillyrea latifolia* L., *Cistus incanus* L ssp. *creticus* L. και *Calicotome villosa* (Poiret) Link. Ο υπόροφος κυριαρχείται κυρίως από πλατύφυλλα ποώδη των οικογενειών Liliaceae, Compositae, Leguminosae, Ranunculaceae και Cruciferae, ενώ τα σημαντικότερα αγρωστώδη είναι τα *Poa bulbosa*, *Dactylis glomerata*

Πίνακας Ι. Μέσες τιμές των σημαντικότερων παραμέτρων του κλίματος της περιοχής έρευνας (1978-1996).

| | |
|---|------------|
| Μέση ετήσια βροχόπτωση | 590 mm |
| Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος | 16,2 °C |
| Θερμότερος μήνας | Ιούλιος |
| Ψυχρότερος μήνας | Ιανουάριος |
| Μέση μέγιστη θερμ. αέρος θερμότερου μήνα | 30,3 °C |
| Μέση ελάχιστη θερμ. αέρος ψυχρότερου μήνα | 4,6 °C |
| Ετήσιο θερμομετρικό εύρος | 25,6 °C |
| Ομβροθερμικό πηλίκο (Q2) EMBERGER | 79,3 |

και *Festuca* sp.

Το ζωικό κεφάλαιο της περιοχής συνίσταται από 24.000 αίγες και 3.450 πρόβατα. Τα θαμνώδη είδη της περιοχής και ιδίως το πουρνάρι (*Quercus coccifera* L.) βόσκονται κυρίως από τις αίγες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με ρυθμούς που ποικίλλουν. Ως περίοδος κατανάλωσής τους θεωρείται ο χρόνος από τις αρχές του καλοκαιριού έως και το φθινόπωρο (Παπαχρήστου 1990). Η μέση βοσκοφόρτωση της ευρύτερης περιοχής είναι 2,28 μζμ/στρ. (μικρές μηνιαίες ζωικές μονάδες), ενώ η εκτιμώμενη βοσκοϊκανότητα είναι 1,00 μζμ/στρ. Στην περιοχή μελέτης βόσκουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους 300 μικρές ζωικές μονάδες (αίγες).

Για το σκοπό της έρευνας η περιοχή μελέτης χωρίστηκε σε τρεις υποπεριοχές, με βάση τόσο την απόσταση από τις μόνιμες εγκαταστάσεις διαμονής των ζώων όσο και από την κάλυψη των θάμνων, η οποία σχετίζεται άμεσα με την ένταση της βόσκησης (Liacos 1982). Οι τρεις κατηγορίες υποπεριοχών που διακρίθηκαν ήταν: α) υπερβοσκημένο (απόσταση 40 - 200 m από τις εγκαταστάσεις και με βαθμό κάλυψης 35-40%), β) μετρίως βοσκημένο (απόσταση 400 - 700 m και με βαθμό κάλυψης 50-60%) και γ) ελαφρώς βοσκημένο (απόσταση μεγαλύτερη των 1000 m και με βαθμό κάλυψης >70%). Κατά την επιλογή των δειγματοληπτικών θέσεων ελήφθη μέριμνα ώστε αυτές να έχουν παρόμοιες τοπογραφικές συνθήκες (έκθεση ΝΑ, κλίση 20-30%).

Μέθοδος δειγματοληψίας

Τόσο τα εδάφη όσο και η βλάστηση της περιοχής παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιογένεια γιατί έχουν υποστεί έντονη ανθρωπογενή επίδραση, η οποία οφείλεται κυρίως στη βόσκηση. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στα δασικά εδάφη εμφανίζονται μεγάλες διακυμάνσεις στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά τους (Beckett and Webster 1971, Blyth και Mc Lead 1978, Παπαμίχος 1982, Αλιφραγκής και συν. 1996), σε κάθε υποπεριοχή εφαρμόστηκε η μέθοδος της συστηματικής δειγματοληψίας σε παράλληλες γραμμές σύμφωνα με τις χωροσταθμικές της κλιτύς και απόσταση μεταξύ των γραμμών 15 m. Έτσι αποφεύχθηκε η υποκειμενικότητα στην επιλογή λήψης των δειγμάτων εδάφους και κατά συνέπεια έγινε ακριβέστερη εκτίμηση των εδαφικών χαρακτηριστικών.

Σε κάθε σημείο δειγματοληψίας των υπερβοσκημένων και μετρίως βοσκημένων υποπεριοχών ελήφθησαν δείγματα από δύο εδαφοτομές τον Οκτώβριο του 1999, μια σε γυμνή από βλάστηση θέση (μονοπάτι) και μια κάτω από τον πλησιέστερο θάμνο, με σκοπό να διαπιστωθεί η επίδραση της βλάστησης στην προστασία των εδαφικών πόρων. Τα σημεία δειγματοληψίας (εδαφοτομές) ήταν 30 για την υπερβοσκημένη και μετρίως βοσκημένη υποπεριοχή, εντός των οποίων οι 15 εδαφοτομές αναφερόταν σε μονοπάτι και οι υπόλοιπες 15 κάτω από θάμνο. Στην ελαφρώς βοσκημένη υποπεριοχή ελήφθησαν δείγματα από 15 εδαφοτομές επειδή ο βαθμός κάλυψης από τη βλάστηση ήταν μεγαλύτερος από 70% και επειδή δεν υπήρχε σαφής διάκριση μονοπατιών μέσα στην υποπεριοχή. Το βάθος της εδαφοτομής έφτανε ως το μητρικό πέτρωμα. Ως επιφανειακά θεωρήθηκαν τα δείγματα (οριζόντες) από βάθος 0-10 cm και ως υποεπιφανειακά τα δείγματα που είχαν βάθος >10 cm. Σε καμία περίπτωση το βάθος του εδάφους δεν υπερέβει τα 25 cm στις υπερβοσκημένες και μετρίως βοσκημένες υποπεριοχές, ενώ στις ελαφρά βοσκημένες το βάθος έφθασε μέχρι τα 51 cm. Συνολικά ελήφθησαν 150 δείγματα εδάφους.

Για τον υπολογισμό των θρεπτικών στοιχείων που συσσωρεύονται στο έδαφος μετρήθηκε η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σε κάθε οριζόντα με τη μέθοδο της εκσκαφής (bulk density meter). Συνυπολογίζοντας το πάχος κάθε εδαφικού οριζόντα, την περιεκτικότητά του σε λίθους, τη φαινομενική του πυκνότητα και τη

χημική του σύσταση υπολογίσθηκαν οι ποσότητες της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων και εκφράστηκαν σε kg/Ha.

Εργαστηριακές αναλύσεις

Πριν από την έναρξη των εδαφολογικών αναλύσεων τα δείγματα του εδάφους αποξηράνθηκαν σε συνθήκες περιβάλλοντος.

Ο προσδιορισμός της αντίδρασης του εδάφους έγινε ηλεκτρομετρικά σε αιώρημα εδάφους-νερού αναλογίας 1:1 (Mc Lean 1982). Η μηχανική ανάλυση, για τον προσδιορισμό της μηχανικής σύστασης, έγινε με τη μέθοδο του υδρομέτρου του Βουγιούκου (Gee and Bauder 1982). Ο προσδιορισμός του οργανικού άνθρακα έγινε σε λεπτά κονιοποιημένα δείγματα με τη μέθοδο της υγρής οξείδωσης (Nelson and Sommers 1982). Το οργανικό άζωτο προσδιορίστηκε σε λεπτά κονιοποιημένα δείγματα με τη μέθοδο Kjeldahl (Stevenson 1982). Για τον υπολογισμό του εκχυλίσιμου φωσφόρου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Olsen (Olsen and Sommers 1982). Η μέτρηση του εκχυλισθέντος φωσφόρου έγινε χρωματομετρικά με φασματοφωτόμετρο ορατού φωτός με τη μέθοδο του μπλε του μολυβδαινικού αμμωνίου (Αλιφραγκής και Παπαμίχος 1995). Τέλος, τα ανταλλάξιμα κατιόντα προσδιορίστηκαν μετά από εκχύλιση του εδάφους με διάλυμα $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, 1N, pH 7 (Grant 1982). Τα εκχυλισθέντα ιόντα K^+ , Na^+ , Mg^{++} και Ca^{++} μετρήθηκαν με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης.

Για την καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις εδαφικές αναλύσεις, καθώς και για την εκτίμηση του ρόλου της βλάστησης και της βόσκησης στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, τα εδάφη των τριών υποπεριοχών χωρίστηκαν, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε επιφανειακά (0-10 cm) και υποεπιφανειακά (>10 cm). Με βάση τον παραπάνω διαχωρισμό μελετήθηκαν οι συγκεντρώσεις των διαφόρων στοιχείων στα δύο βάθη του εδάφους.

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε ανάλυση διακύμανσης (Sokal and Rohlf 1995). Κύριοι παράγοντες αποτέλεσαν η ένταση της βόσκησης (τρία επίπεδα) και η θέση της δειγματοληψίας (δύο επίπεδα). Στις περιπτώσεις που οι επιδράσεις των παραγόντων ήταν στατιστικώς σημαντικές, έγιναν περαιτέρω συγκρίσεις των μέσων όρων με το κριτήριο του Duncan για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, ενώ οι συγκρίσεις δύο μέσων όρων έγιναν με το *t*-κριτήριο.

Αποτελέσματα - Συζήτηση

Η αλληλεπίδραση της έντασης της βόσκησης vs. θέση δειγματοληψίας (μονοπάτια ή κάτω από θάμνους) σε καμία περίπτωση δεν επηρέασε στατιστικώς σημαντικά τις τιμές των εδαφολογικών χαρακτηριστικών ($P>0,05$). Αντίθετα, η επίδραση των παραπάνω κύριων παραγόντων διαφοροποιούνταν κατά εδαφολογικό χαρακτηριστικό τόσο για το επιφανειακό έδαφος όσο και για το υποεπιφανειακό.

α) Επιφανειακό έδαφος

Οι τιμές του pH του επιφανειακού εδάφους των τριών υποπεριοχών φαίνεται να μην επηρεάζονται στατιστικώς σημαντικά από την ένταση της βόσκησης ($P=0,618$) και από την κάλυψη του εδάφους από τη βλάστηση ($P=0,230$) (Πίνακες Ια, Ιβ). Αντίθετα άλλοι ερευνητές παρατήρησαν σημαντικές αυξήσεις στις τιμές του pH με την αύξηση της έντασης της βόσκησης σε περιοχές της ίδιας ζώνης, αποδίδοντας την αύξηση αυτή στην προσθήκη της ουρίας στο έδαφος και την τάση δημιουργίας συνθηκών αλκαλικής αντίδρασης (Holland and During 1977, Μακέδος 1995, Παπαθεοδώρου 1996).

Η ένταση της βόσκησης επιδρά στατιστικώς σημαντικά ($P=0,025$) στην ποσότητα της οργανικής ουσίας που συσσωρεύεται στο έδαφος. Η ποσότητα αυτή είναι σημαντικά μεγαλύτερη στην ελαφρώς βοσκημένη υποπεριοχή (9,20%) σε σχέση με την υπερβοσκημένη και μετρίως βοσκημένη (6,43%, και 6,77% αντίστοιχα) (Πίνακας Ια). Παρόμοια μείωση της οργανικής ουσίας του εδάφους αναφέρουν και οι Κούκουρα (1978), Dagar (1987) και Μακέδος (1995). Η μείωση της οργανικής ουσίας του εδάφους με την αύξηση της βόσκησης αποδίδεται κυρίως στη ελάττωση της ετήσιας παραγωγής φυτικών υπολειμμάτων από τη βλάστηση και παράλληλα στην ταχύτερη αποσύνθεση των οργανικών υλικών, λόγω της καλύτερης ανάμειξής τους με το επιφανειακό ανόργανο έδαφος που προκαλεί η βόσκηση και στην απομάκρυνση οργανικών υλικών κυρίως με τη

Πίνακας Πα. Μέσες τιμές των εδαφικών στοιχείων στα επιφανειακά εδάφη των τριών υποπεριοχών (Μ.Ο.: Μέσοι Όροι).

| | Υπερβοσκημένο | | | Μετρίως βοσκημένο | | | Ελαφρώς βοσκημένο |
|--------------------------|----------------|----------|---------------|-------------------|----------|---------------|-------------------|
| | κάτω από θάμνο | μονοπάτι | Μ.Ο. | κάτω από θάμνο | μονοπάτι | Μ.Ο. | |
| pH 1:1 | 5,79 | 5,65 | 5,72α | 5,76 | 5,79 | 5,78α | 5,56α |
| Οργ. ουσία (%) | 6,69 | 6,17 | 6,43β | 6,75 | 6,78 | 6,77β | 9,20α* |
| N (%) | 0,38 | 0,32 | 0,35α | 0,39 | 0,29 | 0,34α | 0,47α |
| P (mg/100g) ¹ | 1,70 | 1,08 | 1,39β | 1,59 | 1,26 | 1,43β | 2,38α*** |
| K (meq/100g) | 0,50 | 0,64 | 0,57α | 0,44 | 0,39 | 0,42β | 0,49α,β** |
| Na (meq/100g) | 1,46 | 1,85 | 1,66α | 1,22 | 1,76 | 1,49β | 1,59α,β* |
| Ca (meq/100g) | 12,38 | 8,06 | 10,22β | 13,93 | 10,72 | 12,33α | 11,32α,β* |
| Mg (meq/100g) | 2,66 | 2,17 | 2,42α | 3,58 | 2,89 | 3,24α | 3,38α |

¹ Κατά Olsen and Somers (1982)

* : P<0,05, ** : P<0,01, *** : P<0,001

Πίνακας Πβ. Μέσες τιμές των εδαφικών στοιχείων στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των επιφανειακών εδαφών, κάτω από θάμνους και μονοπάτια.

| | Κάτω από θάμνους ² | Μονοπάτι |
|--------------------------|-------------------------------|----------|
| pH 1:1 | 5,70α | 5,72α |
| Οργ. ουσία (%) | 7,55α | 6,48α |
| N (%) | 0,41α* | 0,31β |
| P (mg/100g) ¹ | 1,89α*** | 1,17β |
| K (meq/100g) | 0,48α | 0,52α |
| Na (meq/100g) | 1,42β | 1,81α*** |
| Ca (meq/100g) | 12,54α*** | 9,39β |
| Mg (meq/100g) | 3,21α | 2,53α |

¹Κατά Olsen and Somers (1982)²Συμπεριλαμβάνονται οι τιμές της ελαφρώς βοσκημένης υποπεριοχής

* : P<0,05, *** : P<0,001

Η ύπαρξη ή όχι της βλάστησης δεν φαίνεται να επιφέρει αλλαγές στην ποσότητα της οργανικής ουσίας ($P=0,740$) του επιφανειακού εδάφους (Πίνακας Πβ). Αυτό πιθανόν αποδίδεται στον εμπλουτισμό του γυμνού εδάφους (μονοπάτι) με οργανική ουσία από τη συνεχή εναπόθεση περιττωμάτων στα μονοπάτια.

Η ένταση βόσκησης δεν επιδρά στατιστικώς σημαντικά ($P=0,154$) στην περιεκτικότητα του εδάφους σε N (%), παρόλο που υπάρχει σαφής τάση μείωσης της περιεκτικότητας του επιφανειακού εδάφους καθώς αυξάνεται η ένταση βόσκησης (Πίνακας Πα). Η μείωση αυτή αποδίδεται στην απώλεια του αζώτου, είτε εξ' αιτίας της διάβρωσης από το νερό της βροχής, είτε λόγω απομάκρυνσης μέρους του επιφανειακού στρώματος του εδάφους, που είναι πλούσιο σε οργανική ουσία, με την αιολική διάβρωση τους θερινούς μήνες. Μείωση του επιφανειακού οργανικού N του εδάφους με την αύξηση της έντασης της βόσκησης αναφέρουν και άλλοι ερευνητές (Dagar 1987, Μακέδος 1995).

Αντίθετα η ύπαρξη βλάστησης φαίνεται να επιδρά στατιστικώς σημαντικά ($P=0,038$) στην περιεκτικότητα σε N (%) του επιφανειακού εδάφους καθώς τα ψυχανθή (κυρίως τριφύλλια αλλά και η *Calicotome villosa*) συμμετέχουν με υψηλά ποσοστά στο φυτοκάλυμμα (Πίνακας Πβ). Οι τιμές του N που μετρήθηκαν στην παρούσα έρευνα για τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με αυτές που αναφέρονται για παρόμοια εδάφη αιιφύλλων σκληροφύλλων ειδών στην Καλιφόρνια, όπου το N κυμαινόταν μεταξύ 0,02 - 0,20% (Marion *et al.* 1981).

Η περιεκτικότητα του επιφανειακού εδάφους σε εκχυλίσμο P (mg/100g εδάφους) επηρεάζεται στα-

τιστικώς σημαντικά τόσο από την ένταση της βόσκησης, όσο και από την ύπαρξη βλάστησης ($P < 0,001$ για αμφοτέρους τους παράγοντες) (Πίνακες Ια, Ιβ). Στην ελαφρώς βοσκημένη υποπεριοχή η περιεκτικότητα ($2,38 \text{ mg}/100\text{g}$ εδάφους) είναι στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη από τους μέσους όρους των άλλων δύο χειρισμών (Πίνακας ΙΙ). Η συγκέντρωση του εκχυλίσμου Ρ που προσδιορίστηκε στη παρούσα έρευνα για το επιφανειακό έδαφος κυμαίνεται μεταξύ $1,08 - 2,38 \text{ mg}/100\text{g}$ εδάφους. Η ποσότητα αυτή θεωρείται ικανοποιητική έως καλή για τις περιοχές που βόσκονται, εάν λάβουμε υπόψη ότι οι Papanastasis and Koukoulakis (1988) καθόρισαν ως οριακή μέση τιμή Ρ για τα ποολίβαδα της χώρας μας αυτή των 5 ppm περίπου ($0,50 \text{ mg}/100\text{g}$ εδάφους).

Η περιεκτικότητα του επιφανειακού εδάφους σε ανταλλάξιμο Κ ($\text{meq}/100\text{g}$ εδάφους) επηρεάζεται στατιστικώς σημαντικά από την ένταση της βόσκησης ($P = 0,006$) (Πίνακας Ια) και όχι από την ύπαρξη βλάστησης ($P = 0,316$) (Πίνακας Ιβ). Η ποσότητα αυτή είναι στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη κάτω από έντονη βόσκηση ($0,57 \text{ meq}/100\text{g}$ εδάφους) σε σχέση με τη συγκέντρωση του Κ στο επιφανειακό έδαφος κάτω από μέτρια και ελαφρά βόσκηση ($0,42$ και $0,49 \text{ meq}/100\text{g}$ εδάφους, αντίστοιχα). Αυτό είναι αναμενόμενο, αν ληφθεί υπόψη η μεγαλύτερη αφθονία του Κ στα περιττώματα των ζώων, σε συνδυασμό με την υψηλή διαθεσιμότητά του, η οποία φθάνει τα 60% του συνόλου, σε αντίθεση με το Ν του οποίου η διαθεσιμότητα ανέρχεται μόνο στο 20% της συνολικής ποσότητας (Pain 2000).

Οι αυξημένες ποσότητες Να στην περιοχή έρευνας αποδίδονται στη μακρόχρονη επίδραση που ασκεί η θάλασσα στην ευρύτερη περιοχή και επιπλέον στην ύπαρξη νατριούχων αστρών (αλβίτη) στη δομή των γρανодиוריτών (Πίνακες Ια, Ιβ). Η ένταση της βόσκησης επηρεάζει στατιστικώς σημαντικά τις συγκεντρώσεις τόσο του Ca ($P = 0,016$) όσο και του Na ($P = 0,035$) του επιφανειακού εδάφους. Ανάλογη επίδραση ασκεί και η βλάστηση ($P < 0,001$ για αμφοτέρους τα στοιχεία). Οι Παπαϊωάννου (1993) και Τάντος (2000) για τους συγκεκριμένους τύπους εδαφών συσχετίζουν τις συγκεντρώσεις των στοιχείων αυτών με τη φύση του μητρικού πετρώματος.

Τέλος η περιεκτικότητα σε Mg του επιφανειακού εδάφους δεν επηρεάζεται στατιστικώς σημαντικά τόσο από την ένταση βόσκησης ($P = 0,078$) όσο και από την ύπαρξη βλάστησης ($P = 0,107$) (Πίνακες Ια, Ιβ).

β) Υποεπιφανειακό έδαφος

Η μέση τιμή του pH του υποεπιφανειακού εδάφους επηρεάζεται στατιστικώς σημαντικά από την ένταση της βόσκησης ($P = 0,041$), ενώ αντίθετα η ύπαρξη βλάστησης δεν επηρεάζει σημαντικά τις τιμές του pH ($P = 0,367$) (Πίνακες ΙΙα, ΙΙβ). Τα υποεπιφανειακά εδάφη των μετρίως βοσκημένων υποπεριοχών έχουν pH ($5,71$) σημαντικά μεγαλύτερο σε σύγκριση με την αντίστοιχη τιμή των ελαφρώς βοσκημένων ($5,30$), ενώ το pH των υπερβοσκημένων ($5,53$) δεν παρουσιάζει διαφορές από τους προηγούμενους μέσους όρους. Το εύρος τιμών στο οποίο κυμαίνεται το pH σε όλο το βάθος του υποεπιφανειακού εδάφους στην περιοχή έρευνας θεωρείται ευνοϊκό για την ανάπτυξη θαμνώδους βλάστησης (Αλιφραγκής 1988).

Το ποσοστό της οργανικής ουσίας του υποεπιφανειακού εδάφους δεν επηρεάζεται στατιστικώς σημαντικά τόσο από τη βόσκηση ($P = 0,263$) όσο και από την ύπαρξη βλάστησης ($P = 0,277$) (Πίνακες ΙΙα, ΙΙβ). Στο φαινόμενο αυτό δεν μπορεί να δοθεί πλήρης εξήγηση, φαίνεται όμως ότι τα εδάφη της ευρύτερης περιοχής είναι νέα και γενετικά ανώριμα με ενδείξεις συνεχούς υποβάθμισης από πυρκαγιές. Επιπλέον, η μηχανική σύσταση (έλλειψη σχεδόν αργίλου) δεν διευκολύνει το σχηματισμό σταθερών αργιλοχουμικών ενώσεων που θα παραμείνουν για πολύ χρόνο, με αποτέλεσμα να επικρατεί η ορυκτοποίηση σε σχέση με τη χουμοποίηση. Αντίθετα οι Marrs *et al.* (1989) αναλύοντας υποεπιφανειακούς οριζόντες εδάφους σε υποβαθμισμένες περιοχές των αειφύλλων πλατυφύλλων διαπίστωσαν ότι επηρεάζονται λίγο ή ελάχιστα από την ένταση της βόσκησης όταν αυτή ασκείται για ένα σχετικά περιορισμένο χρονικό διάστημα.

Η περιεκτικότητα του υποεπιφανειακού εδάφους σε Ν, Ρ, Κ και Mg δεν μεταβάλλεται σημαντικά στα τρία επίπεδα βόσκησης ($P = 0,080$, $P = 0,475$, $P = 0,381$ και $P = 0,058$, αντίστοιχα), ούτε φαίνεται να επηρεάζεται από την ύπαρξη βλάστησης ($P = 0,051$, $P = 0,327$, $P = 0,790$ και $P = 0,084$, αντίστοιχα) (Πίνακες ΙΙα, ΙΙβ). Αντίθετα, όπως και στην περίπτωση του επιφανειακού εδάφους, οι ποσότητες του Ca και Na επηρεάζονται στατιστικώς σημαντικά τόσο από την ένταση βόσκησης ($P = 0,001$ και $P < 0,001$, αντίστοιχα) όσο και από την ύπαρξη βλάστησης ($P = 0,005$ και $P < 0,001$, αντίστοιχα) (Πίνακες ΙΙα, ΙΙβ).

Πίνακας ΠΙα. Μέσες τιμές των εδαφικών στοιχείων στα υποεπιφανειακά εδάφη των τριών υποπεριοχών (Μ.Ο.: Μέσοι Όροι).

| | Υπερβοσκημένο | | | Μετρίως βοσκημένο | | | Ελαφρώς βοσκημένο |
|----------------|----------------|----------|--------------------------------------|-------------------|----------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| | κάτω από θάμνο | μονοπάτι | Μ.Ο. | κάτω από θάμνο | μονοπάτι | Μ.Ο. | |
| pH 1:1 | 5,44 | 5,62 | 5,53α,β | 5,68 | 5,74 | 5,71α^* | 5,30β |
| Οργ. ουσία (%) | 3,30 | 3,91 | 3,61α | 4,04 | 4,60 | 4,32α | 3,75α |
| N (%) | 0,25 | 0,18 | 0,22α | 0,23 | 0,20 | 0,22α | 0,22α |
| P (mg/100g) | 0,91 | 0,71 | 0,81α | 0,82 | 0,78 | 0,80α | 1,23α |
| K (meq/100g) | 0,36 | 0,39 | 0,38α | 0,34 | 0,28 | 0,31α | 0,36α |
| Na (meq/100g) | 1,14 | 1,83 | 1,49β | 1,21 | 1,79 | 1,50β | 1,82α^{***} |
| Ca (meq/100g) | 8,89 | 5,87 | 7,38β | 11,38 | 8,89 | 10,14α^{***} | 8,38β |
| Mg (meq/100g) | 2,67 | 1,83 | 2,25α | 3,65 | 2,95 | 3,30α | 2,72α |

¹Κατά Olsen and Somers (1982)

*: P<0,05, ***: P<0,001

Πίνακας ΠΙβ. Μέσες τιμές των εδαφικών στοιχείων στις δειγματοληπτικές επιφάνειες των υποεπιφανειακών εδαφών, κάτω από θάμνους και μονοπάτια.

| | Κάτω από θάμνους ² | Μονοπάτι |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------|
| pH 1:1 | 5,47 α | 5,68 α |
| Οργ. ουσία (%) | 3,70 α | 4,26 α |
| N (%) | 0,23 α | 0,19 α |
| P (mg/100g) ¹ | 0,99 α | 0,75 α |
| K (meq/100g) | 0,35 α | 0,34 α |
| Na (meq/100g) | 1,39 β | 1,81 α^{***} |
| Ca (meq/100g) | 9,55 α^{**} | 7,38 β |
| Mg (meq/100g) | 3,01 α | 2,39 α |

¹Κατά Olsen and Somers (1982)²Συμπεριλαμβάνονται οι τιμές της ελαφρώς βοσκημένης υποπεριοχής

: P<0,01, *: P<0,001

γ) Εδαφικές ιδιότητες - Συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος

Το έδαφος στην περιοχή έρευνας είναι αμμοαργιλοπηλώδους υφής με ποσοστά άμμου από 55,1% έως 70,0%, ενώ συχνή είναι η εμφάνιση του C ορίζοντα στην επιφάνεια του εδάφους (Πίνακας IV). Είναι δε γνωστός ο ρόλος της μηχανικής σύστασης του εδάφους στην αντοχή του στη διάβρωση. Οι ποσότητες του επιφανειακού εδάφους που χάνονται κάθε χρόνο σε δασικά εδάφη παρόμοιων κλιματεδαφικών περιοχών μεταβάλλονται ανάλογα με την εποχή του έτους. Ο βαθμός διάβρωσης επηρεάζεται από την ένταση της βροχής, τη φυτοκάλυψη, την προέλευση και τις ιδιότητες του εδάφους καθώς και από την παρουσία ή απουσία δασικού τάπητα. Σύμφωνα με την Παπαθεοδώρου (1996), οι υψηλές τιμές διάβρωσης που μετρήθηκαν στο Χορτιάτη Θεσσαλονίκης κατά την καλοκαιρινή περίοδο αποδίδονται στη μεταβολή των εδαφικών ιδιοτήτων λόγω της ξηρασίας, στη μείωση της υπέργειας βιομάζας των θάμνων και στην ένταση των βροχοπτώσεων. Αντίθετα κατά τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο η διάβρωση παρουσιάζεται μικρή και αποδίδεται στην αύξηση της φυλλικής επιφάνειας της βλάστησης, και κατ' επέκταση στην αύξηση της προστατευτικής της δράσης.

Η μέση φαινομενική πυκνότητα κυμαίνεται για τις υπερβοσκημένες περιοχές από 1,081 gr/cm³ κάτω από τη βλάστηση σε 1,406 gr/cm³ στο γυμνό έδαφος. Οι αντίστοιχες τιμές κάτω από μέτρια βόσκηση είναι 1,101 και 1,226 gr/cm³, ενώ στις ελαφρώς βοσκημένες περιοχές οι μέσες τιμές κυμαίνονται από 0,967 gr/cm³ στους επιφανειακούς ορίζοντες σε 1,383 gr/cm³ στους βαθύτερους ορίζοντες. Οι τιμές αυτές φανερώνουν την επίδραση που ασκεί η ένταση της βόσκησης στο βαθμό συμπίεσης του εδάφους.

Στον πίνακα V παρουσιάζονται οι ποσότητες της οργανικής ουσίας (ton/Ha) και των θρεπτικών στοιχείων (kg/Ha) που είναι αποθηκευμένες στο ανόργανο έδαφος, χωριστά για τις επιμέρους κατηγορίες (γυμνό έδαφος, έδαφος κάτω από βλάστηση) και συνολικά. Γενικά παρατηρείται μια φθίνουσα τάση στις ποσότητες της οργανικής ουσίας, του N, P, Ca, και Mg με την αύξηση της έντασης βόσκησης, και μόνο οι ποσότητες του K και λιγότερο του Na εμφανίζονται αυξημένες στις υπερβοσκημένες περιοχές. Οι συνολικές ποσότητες της

Πίνακας IV. Μέση μηχανική σύσταση εδάφους.

| | Άργιλος (%) | Ίλύς (%) | Άμμος (%) | Υφή |
|-------------------|-------------|----------|-----------|-----|
| Υπερβοσκημένο | 21,9 | 8,8 | 70,0 | SCL |
| Μετρίως βοσκημένο | 28,3 | 16,6 | 55,1 | SCL |
| Ελαφρώς βοσκημένο | 24,1 | 14,6 | 61,3 | SCL |

οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων φαίνεται να βρίσκονται σε σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα από τις ποσότητες που αναφέρονται από άλλους ερευνητές για διάφορα δασικά οικοσυστήματα της Χαλκιδικής (Αλιφραγκής 1984, Seiloropoulos *et al.* 1995).

Πίνακας V. Οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία του εδάφους.

| | Οργ. ουσ. (ton/Ha) | N (ton/Ha) | P (Kg/Ha) | K (Kg/Ha) | Ca (Kg/Ha) | Mg (Kg/Ha) | Na (Kg/Ha) |
|--------------------------------|-----------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Υπερβοσκ. κάτω από βλάστηση | 37,89 | 2523,24 | 9,65 | 141,79 | 1699,67 | 288,51 | 255,39 |
| Υπερβοσκ. σε μονοπάτι | 49,48 | 2402,44 | 8,96 | 194,92 | 1386,81 | 244,59 | 449,39 |
| Μετρίως βοσκ. κάτω από θάμνους | 45,96 | 2592,87 | 9,94 | 135,59 | 2220,38 | 401,62 | 251,45 |
| Μετρίως βοσκ. σε μονοπάτι | 58,83 | 2487,52 | 10,79 | 137,57 | 2032,61 | 370,11 | 436,81 |
| Ελαφρώς βοσκημένο | 55,83 | 3073,22 | 16,28 | 186,43 | 2180,95 | 494,61 | 576,99 |
| <u>Μέσοι όροι</u> | | | | | | | |
| Υπερβοσκημένο | 43,69 | 2462,84 | 9,30 | 168,36 | 1543,24 | 266,55 | 352,39 |
| Μετρίως βοσκημένο | 52,39 | 2540,20 | 10,36 | 136,58 | 2126,50 | 385,87 | 344,13 |
| Ελαφρώς βοσκημένο | 55,83 | 3073,22 | 16,28 | 186,43 | 2180,95 | 494,61 | 576,99 |

Συμπεράσματα

- Το έδαφος στη γενικότερη περιοχή έρευνας εμφανίζει μέτριες έως υψηλές τιμές οργανικού N, ενδιάμεσες τιμές οργανικής ουσίας και χαμηλές τιμές διαθέσιμου P.
- Η βόσκηση επηρεάζει αρνητικά την περιεκτικότητα του επιφανειακού εδάφους σε οργανική ουσία, P, K, Ca και Na. Επίσης, επηρεάζει αρνητικά το pH και την περιεκτικότητα του υποεπιφανειακού εδάφους σε Ca και Na.
- Η ύπαρξη βλάστησης επηρεάζει θετικά την περιεκτικότητα του επιφανειακού εδάφους σε N, P, Ca και Na. Επίσης, επηρεάζει θετικά την περιεκτικότητα του υποεπιφανειακού εδάφους σε Ca και Na.
- Οι ποσότητες K που είναι αποθηκευμένες στο έδαφος των μονοπατιών είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες ποσότητες K του εδάφους που καλύπτεται από βλάστηση των υπερβοσκημένων και μετρίως βοσκημένων περιοχών.
- Μικρές διαφορές παρουσιάζονται στις ποσότητες της οργανικής ουσίας μεταξύ των θέσεων που βρίσκονται κάτω από τους θάμνους και στα μονοπάτια.
- Η θαμνώδης βλάστηση παρέχει περιορισμένη προστασία των εδαφικών πόρων στις υπερβοσκημένες περιοχές.

Ευχαριστίες

Η παρούσα έρευνα υποστηρίχθηκε και χρηματοδοτήθηκε από το ερευνητικό πρόγραμμα "Desertification Risk Assessment in Silvopastoral Mediterranean Ecosystems (DRASME)" (Project IC18-CT98-039).

Impact of grazing on soil characteristics of the maquis vegetation zone of Northern Greece

A.G. Papaioannou¹, M.S. Vrahnakis², D.A. Alifragis¹, V.P. Papanastasis²,
I. Ispikoudis², and D.G. Seilopoulos¹

Summary

In the area of Toroni (Chalkidiki, North Greece), dominated by maquis vegetation, a representative shed was selected and three grazing pressure levels were identified in relation to the distance from the shed, assuming that the grazing pressure decreases as we move away from the shed. In each of the above three test areas a sufficient number of soil samples were taken in order to study the impact of grazing on the soil condition of the shrubland. It was found that grazing negatively affected the organic matter, P, K, Ca and Na contents of the surface soil. On the other hand, vegetation was found to be an important factor positively associated with high levels of organic matter, N, P, Ca and Na in the surface soil. The soil compaction, the erosion risk and the nutrient leaching increased in response to the grazing pressure, while the soil fertility declined.

Key words: grazing pressure, soil characteristics, nutrients, maquis vegetation

Βιβλιογραφία

- Αϊναλής, Α.Β. 1996. Δυναμική της αυξήσεως, παραγωγή και θρεπτική αξία της βοσκήσιμης ύλης ορισμένων θαμνομόρφων ειδών σε σχέση με την κατανομή τους στο χώρο και με τη βόσκηση. Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Αλιφραγκής, Δ.Α. 1984. Δυναμική των θρεπτικών στοιχείων και παραγωγή οργανικής ουσίας σε οικοσυστήματα δρυός (*Q. conferta* Kit). Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Αλιφραγκής, Δ.Α. 1988. Θρεπτικά στοιχεία του εδάφους στα δασικά οικοσυστήματα. Υπηρεσία δημοσιευμάτων. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Αλιφραγκής, Δ. και Ν. Παπαμίχος. 1995. Περιγραφή-Δειγματοληψία και εργαστηριακές αναλύσεις δασικών εδαφών και φυτικών ιστών. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Αλιφραγκής, Δ., Α. Παπαϊωάννου και Α. Τσιόντσης. 1996. Μεταβλητότητα των ιδιοτήτων στα δασικά εδάφη κάτω από την επίδραση της δασικής βλάστησης. Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Εδαφολογικής Εταιρείας, σελ. 345-355, Ναύπλιο.
- Beckett, P.H. and R. Webster. 1971. Soil variability: a review. *Soils and Fertilizers* 34:1-15.
- Blyth, J.F. and D.A. Mc Lead. 1978. The significance of soil variability for forest soil studies in North-East Scotland. *Journal of Soil Science* 29:419-430.
- Dagar, J.C. 1987. Species composition and plant biomass on an ungrazed and grazed grassland at Ujjain, India. *Tropical Ecology* 28(2):208-215.
- Ελευθερούδης, Ι., Α. Ζούνης και Μ. Τριγώνη. 1998. Προφίλ Δήμου Τορώνης. σελ. 37. Πολύγυρος.
- Floate, M.J.S. 1981. Effects of grazing by large herbivores on nitrogen cycling in agricultural ecosystems. In: *Terrestrial Nitrogen Cycles, Processes, Ecosystem Strategies and Management Impacts*. F.E. Clarke and T. Rosswal (eds.). *Ecological Bulletin* (Stockholm) 33:585-601.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1982. Particle - size analysis. pp. 383-409. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 1. A. Klute (ed.). Amer. Soc. of Agronomy and Soil Sci., Madison, Wisconsin, USA.
- Grant, E.G. 1982. Exchangeable cations. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 2. pp. 159-164. A.L. Page (ed.).

¹ Laboratory of Forest Soils, P.O. Box 271, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece

² Laboratory Range Ecology, P.O. Box 286, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece

- Amer. Soc. of Amer. and Soil Sci., Madison, Wisconsin, USA.
- Holland, P.T. and C. Daring. 1977. Movement of nitrate-N and transformations of urea-N under field conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 20: 479-488.
- Κούκουρα, Ζ. 1978. Μακροχρόνιες επιδράσεις της βόσκησης σ' ένα λιβάδι της χαμηλής ζώνης στη Β. Ελλάδα. Υποβαθμισμένες περιοχές της ζώνης των αειφύλλων πλατυφύλλων Επιστημ. Επετηρ. της Γεωπον. και Δασολ. Σχολής Α. Π. Θ. Τομ. 21, Νο8, 1978.
- Liacos, L. 1982. Grazing management of evergreen bushlands in Greece. pp. 264-269. *In*: E.C. Conrad and W.C. Oechel (eds) Dynamics and Management of Mediterranean-type Ecosystems. Gen. Techn. Rep. PSW-58, Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S.D.A.
- Μακέδος, Ι.Δ. 1995. Επίδραση της λίπανσης και της έντασης βόσκησης στην παραγωγικότητα ποολίβαδων. Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Marion, G.M., Kummerow J. and P.C. Miller. 1981. Predicting nitrogen mineralization in chaparral soils. *Soil Science Society of America Journal* 45(5):956-961.
- Marrs R.H., Rizard A. and A.F. Harrison. 1989. The effects of removing sheep grazing on soil chemistry, above-ground nutrients distribution, and selected aspects of soil fertility in long-term experiments at Moor House National nature reserve. *Journal of Applied Ecology* 26:647-661.
- Mc Lean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement *In*: Methods of Soil Analysis. Part 2. pp. 199-223. A.L. Page (ed.). Amer. Soc. of Amer. and Soil Sci., Madison, Wisconsin, USA.
- Νάσσης, Α.Σ. και Κ.Ν. Τσιουβάρας. 1989. Διαχείριση και Βελτίωση Λιβαδιών. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter requirement. *In*: Methods of Soil Analysis. Part 2. pp. 539-577. A.L. Page (ed.). Amer. Soc. of Amer. and Soil Sci., Madison, Wisconsin, USA.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. *In*: Methods of Soil Analysis. Part 2. pp. 403-427. A.L. Page (ed.). Amer. Soc. of Amer. and Soil Sci., Madison, Wisconsin, USA.
- Pain, B.F. 2000. Control and utilization of livestock manures. *In*: Grass. Its Production & Utilization. pp. 343-364. A. Hopkins (ed.). Blackwell Science, Oxford, U.K.
- Παπαθεοδώρου, Ε. 1996. Επίδραση της βόσκησης στη δομή και δυναμική της βλάστησης και στη δυναμική των θρεπτικών σε οικοσύστημα αειφύλλων σκληροφύλλων του Χορτιάτη. Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Παπαϊωάννου, Α.Γ. 1993. Σχέσεις παραγωγικότητας με μορφές και χαρακτηριστικά του δασικού χούμου σε δάση μαύρης πεύκης και οξυάς στη Βόρεια Ελλάδα. Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Παπαμίχος, Ν.Θ. 1982. Μεταβολές κατά έκταση ιδιοτήτων δασικών εδαφών και επίδρασή των στη δειγματοληψία και ακρίβεια προσδιορισμού των. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ. Τόμος ΚΕ/ΚΖ (2):107-120.
- Παπαμίχος, Ν.Θ. 1996. Δασικά Εδάφη. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Papanastasis, V. 1985. Stubble height, basal cover, and herbage production relationships in grasslands of northern Greece. *Journal of Range Management* 38(3):247-250.
- Papanastasis, V. P. and P. H. Koukoulakis. 1988. Effects of fertilizer application to grasslands in Greece. *Grass and Forage Science* 43:151-158.
- Παπαναστάσης, Β.Π. και Β.Ι. Νοϊτσάκης. 1992. Λιβαδική Οικολογία. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Παπαναστάσης, Β.Π. 1996. Αξιοποίηση ξυλωδών φυτών για λιβαδο-κτηνοτροφικούς σκοπούς σε ξηροθερμικές περιοχές. σελ.382-389. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου, 11-13 Οκτωβρίου, Καρδίτσα.
- Παπαχρήστου, Θ.Γ. 1990. Βοτανική σύνθεση και θρεπτική αξία της τροφής των γιδιών που βόσκουν σε θαμνολίβαδα με διαφορετική αναλογία σε θαμνώδη και ποώδη φυτά. Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Renard, K.G. and G.R. Foster. 1985. Managing rangelands soil resources: the Universal Soil Loss Equation. *Rangelands* 7(3):118-122.
- Σαπουντζής, Η., Κ. Σολδάτος, Γ. Ελευθεριάδης και Γ. Χριστοφίδης. 1976. Συμβολή εις την μελέτην του πλουτωνίου της Σιθωνίας. ΙΙ. Πετρογραφικόν-Πετρογενετικόν μέρος. *Ann. Geol. des Pays Hellen* (υπό εκτύπωσιν).

- Seilopoulos, D., N. Papamichos, A. Papaioannou and D. Alifragis. 1995. How forest vegetation improves deteriorated soils of abandoned hilly fields in Mediterranean area. *Red Mediterranean Soils*. Chalkidiki.
- Senft, D. 1996. A seeming paradox: soil condition best after grazing. *Agriculture research* 44(8):22.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. (eds). 1995. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3rd edition. Freeman and Co, USA.
- Stevenson, F.J. 1982. Nitrogen – organic forms. *In: Methods of Soil Analysis. Part 2*. pp. 625-641. A.L. Page (ed.). Amer. Soc. of Amer. and Soil Sci. Soc. of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Τάντος, Β.Α. 2000. Κατανομή της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων σε οικοσυστήματα υβριδογενούς ελάτης (*Abies borisii regis* Matf.). *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα* (υπό δημοσίευση).
- Τσιόντης, Α. 1996. Δασικοί μετεωρολογικοί σταθμοί Βόρειας Ελλάδας. *Κλιματολογικά στοιχεία 1978-1995*. σελ. 108. ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Θεσσαλονίκη.
- Υπουργείο Γεωργίας, 1992. Αποτελέσματα Πρώτης Εθνικής Απογραφής Δασών. σελ. 134. Δ/ση Δασικού Κτηματολογίου Δασολογίου Χαρτογράφησης, Απογραφής & Ταξινόμησης Δασών & Δασικών Εκτάσεων, Αθήνα.

Επίδραση της δασικής και λιβαδικής βλάστησης στις χημικές ιδιότητες του εδάφους σαράντα χρόνια μετά από πυρκαγιά

Βύρων Τάντος¹, Αθανάσιος Παπαϊωάννου², Στέργιος Γάκης² και Δημοσθένης Σεϊλόπουλος²

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκαν τα χημικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών οριζόντων του εδάφους σε φυτεία μαύρης πεύκης (*Pinus nigra* Am.) και σε γειτονικό λιβάδι. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας διερευνήθηκαν οι μεταβολές στη συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στις δύο αυτές εκτάσεις, σαράντα χρόνια μετά από πυρκαγιά που έκαψε το δάσος της ελάτης που υπήρχε ενιαία σε αυτές.

Στο επιφανειακό έδαφος (0-10 cm) της φυτείας της μαύρης πεύκης, σαράντα χρόνια μετά από την πυρκαγιά, βρέθηκαν συσσωρευμένα ανά εκτάριο 100,3 tn οργανικής ουσίας, 3887,0 kg N, 31,1 kg P, 214,6 kg K, 274,6 kg Mg και 2689,6 kg Ca. Στο επιφανειακό έδαφος του λιβαδιού βρέθηκαν συσσωρευμένα ανά εκτάριο 99,6 tn οργανικής ουσίας, 4717,8 kg N, 16,8 kg P, 397,7 kg K, 419,3 kg Mg και 2877,2 kg Ca. Στο δασικό τάπητα της φυτείας της μαύρης πεύκης βρέθηκαν συσσωρευμένα ανά εκτάριο 37,9 tn οργανικής ουσίας, 496,4 kg N, 33,4 kg P, 120,8 kg K, 159,7 kg Mg και 183,3 kg Ca.

Σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν στο επιφανειακό έδαφος μεταξύ των δύο εκτάσεων και αφορούσαν την τιμή του pH και τη συσσώρευση N, P, K και Mg. Βρέθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές μεταξύ των οριζόντων του δασικού τάπητα (A₀₀ και A₀) στις ποσότητες της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων.

Λέξεις κλειδιά: Δασικός τάπητας, Οργανική ουσία, *Pinus nigra*, Συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων.

Εισαγωγή

Η αλόγιστη και εξαντλητική πολλές φορές εκμετάλλευση των δασών της χώρας μας, σε συνδυασμό με δασικές πυρκαγιές και ληστρικές υλοτομίες, είχαν σαν αποτέλεσμα την σημαντική μείωσή τους και την υποβάθμιση των εδαφικών πόρων κυρίως στην ορεινή και ημιορεινή περιοχή (Σεϊλόπουλος, 1996). Η αύξηση του πληθυσμού που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες, έχει ανάγκη και απαιτεί την παράλληλη αύξηση της παραγωγικότητας των δασών. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού τα τελευταία χρόνια είναι, να καταβάλλεται προσπάθεια αποκατάστασης των κατεστραμμένων δασικών εκτάσεων με προστασία από την διάβρωση, με αναδασώσεις κυρίως κωνοφόρων ειδών και ορισμένες φορές με τη δημιουργία μικτού τύπου εκμεταλλεύσεων όπως για παράδειγμα η αγροδασοπονία (Γάκης, 2000). Πολλές από τις υποβαθμισμένες δασικές εκτάσεις τόσο στο παρελθόν όσο και σήμερα χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι. Η βοσκήσιμη ύλη που παράγουν αποτελεί τη σπουδαιότερη πηγή διατροφής για την ορεινή κτηνοτροφία αλλά και για τα άγρια ζώα.

Η υποβάθμιση που επιφέρει μια πυρκαγιά στο έδαφος μετά την καταστροφή της δασικής βλάστησης, ποικίλλει και επηρεάζει διαφορετικά τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητές του (Παπαμίχος, 1996). Άμεση και σημαντική επίδραση ασκούν οι δασικές πυρκαγιές στην οικονομία των θρεπτικών στοιχείων με την απώλεια μεγάλων ποσοτήτων από την αποτέφρωση της υπέργειας βιομάζας και του δασικού τάπητα. Ο Σεϊλόπουλος (1991) βρήκε ότι σε οικοσύστημα χαλεπίου πεύκης με υπόροφο θαμνώνα αείφυλλων πλατύφυλλων, ένα χρόνο μετά την πυρκαγιά, οι απώλειες στα συνολικά αποθέματα των θρεπτικών στοιχείων λόγω της καύσης της βιομάζας, ήταν 680 kg N, 31 kg P, 102 kg K, 250 kg Ca και 98 kg Mg. Στη συνέχεια με τη διάβρωση χάθηκαν 332 kg N, 15 kg P, 58,5 kg K, 117 kg Ca και 67 kg Mg. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει αλλαγές στις βιολογικές διεργασίες των εδαφών μειώνοντας την δραστηριότητα των μικροοργανισμών. (Mroz et al.,

¹ ΤΕΙ Λάρισας, Τμήμα Δασοπονίας, Τέρμα Μανρομιχάλη, 43100 Καρδίτσα.

² Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Εδαφολογίας, 54006, Θεσσαλονίκη.

1980, De Bano, 1991). Η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει αλλαγές στις βιολογικές διεργασίες των εδαφών μειώνοντας τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών (Mroz et al., 1980, De Bano, 1991). Διαταραχές στην ισορροπία της μικροβιακής δραστηριότητας στην επιφάνεια και στο εσωτερικό του εδάφους μετά από πυρκαγιά, έχουν σαν αποτέλεσμα μερικές φορές την αλλαγή της μορφής και της διαθεσιμότητας ορισμένων θρεπτικών στοιχείων (Weston and Attiwill, 1990, 1991).

Γενικά είναι παραδεκτό ότι το οικολογικό κόστος και η υποβάθμιση των εδαφικών πόρων μετά από μια καταστροφή της δασικής βλάστησης και μέχρι την επανεγκατάσταση οποιασδήποτε μορφής βλάστησης είναι απροσδιόριστα. Σε αρκετές περιπτώσεις ακόμα και κατά το στάδιο προπαρασκευής του εδάφους για την αναδάσωση, μπορούν να χαθούν μεγάλες ποσότητες από θρεπτικά στοιχεία (Piatek and Allen, 2000).

Η επιστημονική μελέτη και τεκμηρίωση των αλλαγών που συμβαίνουν μετά την επανεγκατάσταση του δάσους στο γυμνό έδαφος έχουν πολλαπλά οφέλη τόσο οικολογικά όσο και οικονομικά (Τσιόντης και Αλιφραγκής, 1996). Η δασική βλάστηση αντιμετωπίζει δυσκολίες στην εγκατάστασή της τα πρώτα χρόνια μετά από μια πυρκαγιά κυρίως λόγω της μειωμένης παραγωγικότητας του σταθμού (Παπαϊωάννου και Σεϊλόπουλος, 2000). Η σημαντικότερη αλλαγή που συμβαίνει μετά από κάθε αναδάσωση αφορά την δημιουργία και συνεχή συσσώρευση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων που προέρχονται από την αύξηση των δένδρων και της παρεδαφιαίας βλάστησης. Έτσι με την αναδάσωση προκύπτει σταδιακά ένα ισορροπημένο οικοσύστημα συνεχώς βελτιούμενο και το σπουδαιότερο αυτόνομο.

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν η μελέτη και η καταγραφή των ποσοτήτων της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων, που εμφανίζονται κυρίως στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους τόσο μετά από την τεχνητή αναδάσωση μαύρης πεύκης, όσο και από την φυσική εγκατάσταση ποώδους και θαμνώδους βλάστησης σε καμένη δασική περιοχή.

Υλικά-Μέθοδοι

Περιοχή έρευνας

Η έρευνα έγινε στο δάσος Μούχας δυτικά της κοινότητας Καστανιάς του νομού Καρδίτσας σε υψόμετρο 850 m. Τα πετρώματα της ευρύτερης περιοχής έχουν ιζηματογενή προέλευση και είναι κυρίως φλύσχης και κατά θέσεις ασβεστόλιθοι. Τα εδάφη κάτω από αυτοφυή δασική βλάστηση παρουσιάζονται από αβαθή έως βαθιά, με ανεπτυγμένους επιφανειακούς οριζόντες πλούσιους σε οργανική ουσία. Ο δασικός τύπος είναι μετρίου πάχους και καλά διαμορφωμένος. Τη βλάστηση της περιοχής συνθέτουν στα χαμηλότερα υψόμετρα είδη της παραμεσογειακής ζώνης βλάστησης και συγκεκριμένα της υπο-ζώνης *Quercion confertae*, όπου επικρατούν δάση πλατύφυλλου δρυός και πλατύφυλλου δρυός - καστανιάς, ενώ η περιοχή έρευνας που βρίσκεται υψηλότερα ανήκει στη ζώνη των δασών οξιιάς-ελάτης, στον αυξητικό χώρο της υβριδογενούς ελάτης (*Abietum borisii-regis*). Την έκταση που επιλέχθηκε την αποτελούσαν δύο συνεχόμενες επιφάνειες με όμοια φυσιογραφικά χαρακτηριστικά. Στην πρώτη επιφάνεια τη βλάστηση συνθέτει σήμερα φυτεία μαύρης πεύκης ηλικίας 40 ετών, η οποία είχε εγκατασταθεί με τεχνητή αναδάσωση. Η φύτευση είχε γίνει σε λάκκους με φυτευτικό σύνδεσμο 2 x 1,5 (2 μέτρα μεταξύ των γραμμών και 1,5 μέτρο μέσα στη γραμμή). Η δεύτερη επιφάνεια στερείται δασικής βλάστησης αλλά σε αυτήν έχει εγκατασταθεί φυσικά ποώδης και αραιή θαμνώδης βλάστηση. Και οι δύο επιφάνειες στο παρελθόν καλύπτονταν από φυσικό δάσος ελάτης (*Abies borisii-regis*) που καταστράφηκε μετά από πυρκαγιά το έτος 1958.

Το μητρικό πέτρωμα στην περιοχή έρευνας είναι φλύσχης της Πίνδου, έντονα αποσαθρωμένος. Το έδαφος εμφανίζεται σχετικά ομοιόμορφο, ενώ ταυτόχρονα διακρίνονται σημάδια επιφανειακής διάβρωσης, ιδίως στην δεύτερη επιφάνεια του λιβαδιού, γεγονός που πρέπει να συνέβη κατά τα πρώτα έτη μετά την πυρκαγιά. Η μέση κλίση του εδάφους κυμαίνεται από 8-10 % και η έκθεση της πλαγιάς είναι νοτιοδυτική. Στους Πίνακες I και II παρουσιάζονται τα εδαφικά χαρακτηριστικά στη φυτεία της μαύρης πεύκης (*Pinus nigra Arn*) και στο λιβάδι, αντίστοιχα.

Για το προσδιορισμό των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σήμερα στην περιοχή έρευνας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της ΔΕΗ, ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 800 m δίπλα στο τεχνητό φράγμα Ν. Πλαστήρα και σε απόσταση 10 χιλιομέτρων από την περιοχή έρευνας. Από τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού για την περίοδο 1979-1998 προκύπτει ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 12,1 °C,

Πίνακας Ι. Εδαφικές αναλύσεις φυτείας μαύρης πεύκης**Table I.** Black pine plantation soil analysis

| Οριζοντας | Βάθος (cm) | pH | Υφή | Οργανική ουσία % | N % | P mg/100gr | K meq/100gr | Mg meq/100gr | Ca meq/100gr |
|-----------------|------------|------|-----|------------------|------|------------|-------------|--------------|--------------|
| A ₁₁ | 0-2 | 5,28 | L | 5,36 | 0,36 | 3,0 | 0,63 | 1,64 | 13,59 |
| A ₁₂ | 2-17 | 5,32 | SL | 3,35 | 0,27 | 2,3 | 0,64 | 1,60 | 10,02 |
| B | 17-50 | 5,13 | L | 2,47 | 0,08 | 2,7 | 0,46 | 1,20 | 5,76 |
| C | 50-75 | 5,30 | L | 1,20 | 0,06 | 2,9 | 0,35 | 1,21 | 5,91 |

Πίνακας ΙΙ. Εδαφικές αναλύσεις λιβαδιού**Table I.** Grassland soil analysis

| Οριζοντας | Βάθος (cm) | pH | Υφή | Οργανική ουσία % | N % | P mg/100gr | K meq/100gr | Mg meq/100gr | Ca meq/100gr |
|-----------------|------------|------|-----|------------------|------|------------|-------------|--------------|--------------|
| A ₁₁ | 0-3 | 5,63 | SL | 8,04 | 0,68 | 1,6 | 0,65 | 4,01 | 21,37 |
| A ₁₂ | 3-11 | 5,46 | SL | 2,11 | 0,33 | 0,9 | 0,67 | 2,63 | 10,31 |
| B | 11-32 | 5,43 | L | 2,06 | 0,26 | 0,8 | 0,67 | 1,48 | 6,94 |
| C | 32-52 | 5,28 | SL | 0,86 | 0,16 | 0,8 | 0,38 | 1,73 | 9,31 |

η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα (Ιανουάριος) 3,4°C, η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (Ιούλιος) 23,1°C και το μέσο ετήσιο ύψος βροχής 1200,4 mm. Το κλίμα της περιοχής μπορεί να χαρακτηριστεί ως υπό-μεσογειακό με κύρια χαρακτηριστικά την μέτρια ξηρασία κατά την θερινή περίοδο και τις χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες κατά τον χειμώνα.

Πειραματικός σχεδιασμός

Κάθε μία από τις δοκιμαστικές επιφάνειες είχε έκταση 4 στρέμματα. Έγινε συστηματική δειγματοληψία του επιφανειακού εδάφους σε ευθείες γραμμές σε 30 θέσεις και σε δύο βάθη 0-5 cm και 5-10 cm. Επιπλέον, πάρθηκαν τα αντίστοιχα δείγματα του δασικού τύπητα από τη φυτεία της μαύρης πεύκης. Τέλος, σε κάθε επιφάνεια έγιναν από τρεις εδαφοτομές για τον υπολογισμό και την καταγραφή των εδαφικών συνθηκών σε όλο το βάθος του εδάφους. Κατά τη σύγκριση των δύο επιφανειών έγινε η παραδοχή ότι η χημική σύσταση του εδάφους αμέσως μετά από την πυρκαγιά και στις δύο περιπτώσεις ήταν παρόμοια.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη χρησιμοποίηση του στατιστικού πακέτου SPSS και χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με παράγοντα τη βλάστηση (μαύρη πεύκη, λιβάδι), ξεχωριστά για κάθε στρώση του εδάφους (0-5cm και 5-10cm).

Χημικές αναλύσεις

Οι χημικές αναλύσεις του δασικού τύπητα έγιναν σε κονιοποιημένο ομοιογενοποιημένο υλικό μετά από άλεση ξηρού δείγματος. Στα αλεσμένα δείγματα μετρήθηκε η οργανική ουσία με τη μέθοδο της αποτέφρωσης στους 550°C για 5 ώρες (Loss on ignition) και το οργανικό N με τη μέθοδο Kjeldahl. Τα θρεπτικά στοιχεία K, Ca και Mg προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της ατομικής φασματοφωτομετρίας σε διάλυμα που προέκυψε μετά από αποτέφρωση του κονιοποιημένου δείγματος στους 510°C για 4 ώρες και διάλυση της τέφρας με HCl πυκνότητας 1:1 v/v. Στο ίδιο διάλυμα προσδιορίστηκε ο P, με τη μέθοδο του μπλε του μολυβδαινικού αμμωνίου.

Στα δείγματα του εδάφους έγιναν οι ακόλουθες μετρήσεις: το pH προσδιορίστηκε ηλεκτρομετρικά, σε αιώρημα εδάφους - νερού 1:1 (Mc Lean, 1982), το οργανικό άζωτο με τη μέθοδο Kjeldahl (Stevenson, 1982), η οργανική ουσία με τη μέθοδο της υγρής οξειδωσης (Nelson and Sommers, 1982), ο εκχυλίσματος P με τη μέθοδο του Olsen (Olsen and Sommers, 1982), τα ανταλλάξιμα κατιόντα K, Ca, Mg με τη μέθοδο του CH₃COONH₄ pH 7 (Grant, 1982) και προσδιορισμό των συγκεντρώσεων στο εκχύλισμα με ατομική φασματοφωτομετρία.

Για τον υπολογισμό της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων που συσσωρεύονται στο έδαφος

μετρήθηκε η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σε κάθε στρώση. Για τη μέτρηση αυτή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της εκκαφής (Bulk density meter). Συνυπολογίζοντας το πάχος κάθε στρώσης (5 cm), την περιεκτικότητά του σε λίθους, την φαινομενική του πυκνότητα και τη χημική του σύσταση, υπολογίστηκαν οι ποσότητες της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων σε kg/ha.

Αποτελέσματα-Συζήτηση

Η χαρακτηριστικότερη αλλαγή σε ένα δασικό οικοσύστημα μετά από πυρκαγιά είναι η καταστροφή της οργανικής ουσίας. Η καταστροφή αυτή εξαρτάται από την ένταση της πυρκαγιάς και ποικίλλει από την ολοκληρωτική καύση της υπέργειας βλάστησης, ολόκληρου του δασικού τάπητα, και μέρους του αναμειγμένου με το έδαφος χούμου, μέχρι την καταστροφή μέρους μόνο του δασικού τάπητα, αν η πυρκαγιά συμβεί κατά τη διάρκεια του χειμώνα και το έδαφος είναι υγρό. Κατά την καύση της βλάστησης και του δασικού τάπητα ελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που είναι διαλυτά και επομένως μπορούν να χαθούν με την έκπλυση. Ορυκτά στοιχεία όπως K, P, Ca, Na, Mg παραμένουν στη στάχτη, ενώ ο C, το N και μικρές ποσότητες S, P και K διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα (Παπαμίχος 1996). Σύμφωνα με τους DeBano et al. (1979), ολόκληρη η ποσότητα του N της υπέργειας βλάστησης και του δασικού τάπητα χάνεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 500 °C, ενώ μικρότερες ποσότητες χάνονται όταν επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Στη παρούσα έρευνα σύμφωνα με τα δεδομένα της αρμόδιας Δασικής Υπηρεσίας, η μεγάλη ένταση της πυρκαγιάς είχε σαν αποτέλεσμα την ολοκληρωτική καταστροφή της δασικής βλάστησης και του δασικού τάπητα. Ενδιαφέρουσα επίσης φαίνεται, όπως αναφέρεται και παραπάνω, η παρατήρηση της ύπαρξης ακόμα και σήμερα επιφανειακής διάβρωσης, φαινόμενο που αναμφίβολα αυξάνει τις απώλειες των θρεπτικών στοιχείων.

Στους Πίνακες ΙΙΙ και ΙV παρουσιάζεται η τιμή του pH καθώς και η συσσώρευση οργανικής ουσίας και

Πίνακας ΙΙΙ. Συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων (μέσοι όροι και τυπική απόκλιση), καθώς και του pH στο επιφανειακό έδαφος (0-5 cm).

Table ΙΙΙ. Organic matter and nutrient accumulation (means and standard deviation) on surface soil (0-5 cm)

| | <i>Pinus nigra</i> | Λιβάδι |
|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| pH | 5,12 b ¹ (0,27) | 5,46 a ^{***} (0,22) |
| Οργανική ουσία (t/ha) | 50,38 a ^{***} (2,23) | 48,31 b (1,93) |
| N (kg/ha) | 2085,98 b (45,08) | 2670,10 a ^{***} (41,85) |
| P (kg/ha) | 14,31 a ^{***} (3,10) | 8,81 b (6,31) |
| K (kg/ha) | 105,32 b (19,83) | 189,97 a ^{***} (30,06) |
| Mg (kg/ha) | 142,71 b (17,76) | 221,16 a ^{***} (23,45) |
| Ca (kg/ha) | 1458,66 a (43,53) | 1502,17 a (35,64) |

¹ Μέσοι όροι (n=30) που βρίσκονται στην ίδια γραμμή και ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (* P<0,05, ** P<0,01 και *** P<0,001).

Within a row means (n=30) followed by the same letter do not differ significantly (* P<0,05, ** P<0,01 and *** P<0,001).

θρεπτικών στοιχείων στο επιφανειακό (0-5 cm) και υπο-επιφανειακό (5-10 cm) έδαφος των δύο επιφανειών που μελετήθηκαν, αντίστοιχα.

Η αντίδραση του εδάφους (pH) στα πέντε επιφανειακά εκατοστά στη φυτείας μαύρης πεύκης είναι στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη (P<0,001) από την αντίστοιχη του λιβαδιού. Η διαφοροποίηση αυτή αποδίδεται στο ότι τα φυτικά υπολείμματα των κωνοφόρων δασοπονικών ειδών παράγουν οργανικά οξέα κατά την αποσύνθεση τους (Παπαμίχος, 1996), σε σχέση με τα φυτικά υπολείμματα των ποωδών φυτών που είναι εμπλουτισμένα με βάσεις (Προδρομού, 2000). Η διαφορά αυτή στην οξύτητα του επιφανειακού εδάφους μεταξύ των οικοσυστημάτων της μαύρης πεύκης και του λιβαδιού θεωρείται ουσιαστική διότι αναφέρεται σε τιμές (pH = 5,0 – 5,5) οι οποίες κρίνονται οριακές τόσο για την μεγαλύτερη αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών

Πίνακας IV. Συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων (μέσοι όροι και τυπική απόκλιση), καθώς και του pH στο υπο - επιφανειακό έδαφος (5-10 cm).

Table IV. Organic matter and nutrient accumulation (means and standard deviation) on sub-surface soil (5-10 cm)

| | <i>Pinus nigra</i> | Λιβάδι |
|-----------------------|----------------------------|---------------------|
| pH | 5,32 a ¹ (0,27) | 5,41 a (0,18) |
| Οργανική ουσία (t/ha) | 49,94 b (2,45) | 51,29 a* (1,71) |
| N (kg/ha) | 1800,98 b (34,70) | 2047,71 a* (19,42) |
| P (kg/ha) | 16,74 a*** (4,10) | 7,98 b (1,78) |
| K (kg/ha) | 109,28 b (20,95) | 207,73 a*** (45,20) |
| Mg (kg/ha) | 131,89 b (26,23) | 198,14 a*** (33,34) |
| Ca (kg/ha) | 1230,96 a (36,16) | 1375,04 a (21,65) |

¹ Μέσοι όροι (n=30) που βρίσκονται στην ίδια γραμμή και ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (* P<0,05, ** P<0,01 και *** P<0,001).

Within a row means (n=30) followed by the same letter do not differ significantly (* P<0,05, ** P<0,01 and *** P<0,001).

στοιχείων, όσο και για την εντονότερη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους (Αλεξανδρής, 1981). Στο βάθος 5-10 cm ενώ εξακολουθεί να υπάρχει τάση μείωσης της αντίδρασης του εδάφους από την επίδραση που ασκούν τα φυτικά υπολείμματα εντούτοις δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η σημαντικά υψηλότερη ποσότητα οργανικής ουσίας (P<0,001) στο επιφανειακό έδαφος της φυτείας μαύρης πεύκης, είναι αποτέλεσμα της συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων οργανικής ουσίας στο δασικό τάπητα και της σταδιακής αποσύνθεσής του. Το αντίθετο συμβαίνει, σε μικρότερη όμως ένταση (P<0,05), στη συσσώρευση οργανικής ουσίας στο υπο-επιφανειακό έδαφος με αυξημένη την ποσότητα στο λιβάδι, γεγονός που πρέπει να προέρχεται από την ύπαρξη και διαρκή ανανέωση του ριζικού συστήματος των ποωδών φυτών.

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα III φαίνεται ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις ποσότητες του N (P<0,001) για βάθος εδάφους 0-5cm. Συγκεκριμένα η ποσότητα του οργανικού αζώτου στο λιβάδι είναι υψηλότερη κατά 28% στα πρώτα 5 cm. Η αυξημένη αυτή τιμή θα πρέπει να αποδοθεί αποκλειστικά στην υψηλή περιεκτικότητα των ριζών σε άζωτο. Ο Spedding (1971) αναφέρει τιμές περιεκτικότητας αζώτου στις ρίζες αγρωστωδών κυμαινόμενες μεταξύ 1,0 και 1,8%, ενώ ο Coupland (1979) αναφέρει εύρος τιμών μεταξύ 0,57 και 2,25%. Ο Παπαναστάσης (1982) αναλύοντας τους ριζικούς κόμβους λιβαδικών φυτών, βρήκε ποσοστά από 0,64% έως 0,97% σε ποολίβαδα της Μακεδονίας. Μικρότερες εμφανίζονται οι διαφορές του N στο βάθος 5-10 cm, συνεχίζει όμως πάλι να υπάρχει αυξημένη συσσώρευση (P<0,05) στο έδαφος του λιβαδιού.

Η υψηλή συσσώρευση φωσφόρου στο έδαφος της φυτείας μαύρης πεύκης (P<0,001) είναι πιθανό να οφείλεται στην ανακατανομή του στοιχείου αυτού εξαιτίας της πτώσης των φυτικών υπολειμμάτων, στη φύση και τη χημική σύσταση των υπολειμμάτων της μαύρης πεύκης, την εποχή της δειγματοληψίας αλλά και την ακινητοποίηση του στα επιφανειακά εδαφικά στρώματα εξαιτίας των λιγότερο ευνοϊκών συνθηκών αποσύνθεσης. Ο Τοιόντσης (1991) παρατήρησε την άνοιξη υψηλές συγκεντρώσεις N και P στα φυτικά υπολείμματα μαύρης πεύκης ηλικίας 40 ετών στα Πιέρια. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι αυτή την εποχή οι βελόνες που πέφτουν περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό πράσινων βελονών, οι οποίες είναι πλουσιότερες σε θρεπτικά στοιχεία. Η εποχή που έγινε η δειγματοληψία στην περιοχή έρευνας ήταν αρχές Μαΐου. Ο Pierrou, (1979) και οι Trettin et al., (1999), αναφέρουν ότι η διαχρονική μείωση της συγκεντρώσεως του φωσφόρου στο έδαφος μπορεί να οφείλεται μεταξύ άλλων και στη διάβρωση του εδάφους, κάτι που παρατηρήθηκε στο έδαφος του λιβαδιού. Σύμφωνα με τους Finkl and Simonson, (1979) η διαθεσιμότητα του εδαφικού P εξαρτάται μεταξύ άλλων από την τιμή του pH, την ποσότητα και το στάδιο αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών.

Στο έδαφος του λιβαδιού η συσσώρευση ασβεστίου είναι παρόμοια με αυτή του εδάφους της μαύρης πεύκης. Μια αιτιολογία του φαινομένου αυτού, μπορεί να αποτελεί το γεγονός της υψηλής συσχέτισης του Ca με την προέλευση του μητρικού υλικού και κατ' επέκταση του εδάφους, αφού στις συγκεκριμένες επιφάνειες η προέλευση του εδάφους είναι ίδια (Παπαϊωάννου, 1993, Τάντος και Παπαϊωάννου, 1999). Η υψηλότερη

όμως συσσώρευση των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων K και Mg και στα δύο βάθη του εδάφους ($P < 0,001$) στο λιβάδι πιθανόν να είναι αποτέλεσμα των ευνοϊκότερων συνθηκών αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και κατ' επέκταση της δημιουργίας καταλληλότερων συνθηκών απελευθέρωσης τους στο έδαφος. Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους σε συνδυασμό με ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας αυξάνει τους ρυθμούς αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και οδηγεί μεταξύ άλλων σε αύξηση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος (Bonan and Van Cleve, 1992, Jurgensen et al., 1992). Αντίθετα, η παρουσία των δένδρων στη φυτεία της μαύρης πεύκης και μάλιστα με πολύ μεγάλη πυκνότητα (2200 δένδρα/ha), περιορίζει την υγρασία κυρίως λόγω της κομοσυγκράτησης και παρεμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο έδαφος με αποτέλεσμα οι συνθήκες αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων να μην είναι τόσο ευνοϊκές όσο οι συνθήκες αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος του λιβαδιού. Συγκεκριμένα ο Johansson (1993), αναφέρει ότι η ύπαρξη, η χημική σύσταση και ο βιολογικός κύκλος της ποώδους βλάστησης είναι η αιτία της αυξημένης ποσότητας K στα δασικά εδάφη.

Χαρακτηριστικό ήταν το γεγονός της έντονης συσσώρευσης φυτικών υπολειμμάτων στο δασικό τάπητα της φυτείας της μαύρης πεύκης (Πίνακας V) σε ποσότητα 37,91 tn/ha. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει συχνά όταν η φυτεία βρίσκεται χρονικά πριν από το στάδιο της μέγιστης συγκόμωσης με αποτέλεσμα η ανακύκλωση με τα φυτικά υπολείμματα να είναι περιορισμένη (Nambiar, 1990). Ο Παπαμίχος (1980) σε συστάδες μαύρης πεύκης ηλικίας 30 ετών που αναδασώθηκαν φυσικά σε εγκαταλελειμμένους αγρούς βρήκε ποσότητες δασικού τάπητα που κυμάνθηκαν από 6,5 έως 29,0 tn/ha. Ταυτόχρονα η ύπαρξη μεγάλου αριθμού κορμών στο εκτάριο συμβάλλει στη μεγαλύτερη παραγωγή υπολειμμάτων, τουλάχιστον μέχρι το στάδιο της μέγιστης συγκόμωσης (Guo and Sims, 1990).

Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στη συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ($P < 0,001$) μεταξύ των δύο οργανικών οριζόντων Aoo και Ao (Πίνακας V). Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι η φυτεία αναπτύσσεται σε καλή ποιότητα τόπου, με έντονη πρωτογενή και δευτερογενή ανάπτυξη, αυξημένη ποσότητα φυτικών υπολειμμάτων, ενώ δεν φαίνεται να έχει επέλθει ισορροπία μεταξύ συσσώρευσης και αποσύνθεσης. Στις καλές ποιότητες τόπου η αποσύνθεση του Aoo ορίζοντα, ιδίως στα κωνοφόρα δασοπονικά είδη, ορισμένες φορές είναι περισσότερο ταχύτερη, σε σύγκριση με τον Ao ορίζοντα του οποίου το πάχος πολλές φορές είναι μεγάλο (Τσιόντσης, 1991, Παπαϊωάννου, 1993).

Οι συνολικές ποσότητες της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων (με εξαίρεση το ασβέστιο),

Πίνακας V. Συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων (μέσοι όροι και τυπική απόκλιση) στο δασικό τάπητα της φυτείας της μαύρης πεύκης.

Table V. Organic matter and nutrient accumulation (means and standard deviation) on forest floor of black pine plantation (0-5 cm)

| | Οργανική ουσία (t/ha) | N (kg/ha) | P (kg/ha) | K (kg/ha) | Mg (kg/ha) | Ca (kg/ha) |
|---------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Aoo | 6,19 b ¹ (1,60) | 92,00 b (34,00) | 4,45 b (1,52) | 7,41 b (2,45) | 9,62 b (2,62) | 66,18 b (18,02) |
| Ao | 31,72a*** (17,69) | 404,40 a*** (18,53) | 28,97 a*** (16,21) | 113,40a*** (21,04) | 150,08 a*** (14,68) | 117,16 a*** (28,34) |
| Σύνολο | 37,91 | 496,40 | 33,42 | 120,81 | 159,70 | 183,34 |

¹ Μέσοι όροι (n=30) που βρίσκονται στην ίδια στήλη και ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ και *** $P < 0,001$).

Within a column means (n=30) followed by the same letter do not differ significantly (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ and *** $P < 0,001$).

τόσο στο έδαφος και των δυο επιφανειών όσο και στο δασικό τάπητα της φυτείας της μαύρης πεύκης, υπερβαίνουν σε μέγεθος τις τιμές που αναφέρει ο Παπαϊωάννου (1993) για τέσσερα αδιατάρακτα οικοσυστήματα μαύρης πεύκης σε παρόμοιες ποιότητες τόπου (πρώτη ποιότητα) και ίδιας περίπου ηλικίας (40-70 ετών), στη Βόρεια Ελλάδα. Έχοντας λοιπόν υπόψη τις σημαντικότερες απώλειες σε οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία μετά από μια πυρκαγιά μπορούμε να πούμε ότι σαράντα χρόνια μετά την καταστροφή της υπέργειας

βιομάζας, έχει επέλθει αποκατάσταση της θρεπτικής ισορροπίας του οικοσυστήματος, τουλάχιστον όσο αφορά το έδαφος.

Συμπεράσματα

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εργασία αυτή είναι τα παρακάτω:

1. Σαράντα χρόνια μετά από την πυρκαγιά στο επιφανειακό έδαφος (0-10cm) της φυτείας μαύρης πεύκης είναι συσσωρευμένα ανά εκτάριο 100,3 tn οργανικής ουσίας, 3887 kg N, 31,1 kg P, 214,6 kg K, 274,6 kg Mg και 2689,6 kg Ca. Στο επιφανειακό έδαφος του λιβαδιού είναι συσσωρευμένα ανά εκτάριο 99,6 tn οργανικής ουσίας, 4717,8 kg N, 16,8 kg P, 397,7 kg K, 419,3 kg Mg και 2877,2 kg Ca.
2. Στο δασικό τάπητα της φυτείας της μαύρης πεύκης είναι συσσωρευμένα ανά εκτάριο 37,9 tn οργανικής ουσίας, 496,4 kg N, 33,4 kg P, 120,8 kg K, 159,7 kg Mg και 183,3 kg Ca.
3. Οι ευνοϊκότερες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας που επικρατούν στο λιβάδι έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και την απελευθέρωση μεγαλύτερων ποσοτήτων N, K και Mg στο έδαφος.
4. Η υψηλή συσσώρευση φωσφόρου στο έδαφος της φυτείας μαύρης πεύκης πιθανόν οφείλεται στην ανακατανομή του στοιχείου αυτού εξαιτίας της πτώσης των φυτικών υπολειμμάτων, στη φύση και στη χημική σύσταση των υπολειμμάτων της μαύρης πεύκης, αλλά και στην ακινητοποίηση του στα επιφανειακά εδαφικά στρώματα.
5. Οι σημαντικές διαφορές στη συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων μεταξύ των δύο οργανικών οριζόντων A₀₀ και A₀ οφείλονται στις ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης της φυτείας και επιπλέον το γεγονός ότι χρονικά η φυτεία βρίσκεται πριν το στάδιο της μέγιστης συγκόμωσης.
6. Η έγκαιρη κάλυψη δασικών περιοχών που καταστρέφονται από πυρκαγιές, με οποιαδήποτε μορφή βλάστησης, έχει σαν αποτέλεσμα την προστασία των εδαφικών πόρων των περιοχών και κατ' επέκταση την διατήρηση της παραγωγικότητάς τους.

Impact of grassland and forest vegetation on soil chemical properties forty years after a forest fire

Viron Tantos¹, Athanasios Papaioannou², Stergios Gakis² and Dimosthenis Seilopoulos²

Abstract

In the present research surface soil characteristics of a black pine plantation and of a neighbor grassland, were studied. The aim of this research was to investigate the changes on soil organic matter and nutrient accumulation forty years after the fire which had burned the fir forest which was existed on the study area. Forty years after the fire on the surface soil (0-10 cm) of the black pine plantation are accumulated per hectare 100,3 tn organic matter, 3887 kg N, 31,1 kg P, 214,6 kg K, 274,6 kg Mg and 2689,6 kg Ca. On the surface soil of the grassland are accumulated per hectare 99,6 tn organic matter, 4717,8 kg N, 16,8 kg P, 397,7 kg K, 419,3 kg Mg and 2877,2 kg Ca. On the forest floor of the black pine plantation are accumulated per hectare 37,9 tn organic matter, 496,4 kg N, 33,4 kg P, 120,8 kg K, 159,7 kg Mg and 183,3 kg Ca. Significant differences were observed on surface soil between the study areas concerning pH value and N, P, Mg and K accumulation. Significant differences were also observed between forest floor layers (A₀₀ and A₀) concerning organic matter and nutrient accumulation.

Key words: Forest floor, Nutrient accumulation, Organic matter, *Pinus nigra*.

¹ Technological Educational Institute of Larisa, Department of Forestry, 43100 Terma Mauromihali, Karditsa

² Aristotelian University of Thessaloniki, Department of Forestry and Natural Environment, Laboratory of Forest Soils, 54006, Thessaloniki

Βιβλιογραφία

- Αλεξανδρής, Σ.Γ., 1981. Συγκριτική έρευνα σε εδάφη με δασοσυστάδες οξυάς και δασικής πεύκης. Δασική Έρευνα, ΙΙ (4): 411-442.
- Bonan, G.B. and Van Cleve. K., 1992. Soil temperature, nitrogen mineralization and carbon source – sink relationships in boreal forests. Canadian Journal of Forest Research 22: 629-639.
- Γάκης, Σ.Φ. 2000. Δυναμική των θρεπτικών στοιχείων σε δασολιβαδικά οικοσυστήματα. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη. 154 σελ.
- Coupland, R.T., 1979. Grassland ecosystems of the world. Int. Biol. Program 18 (R.T. Coupland ed.). Cambridge Univ. Press. London, p. 401.
- De Bano, F. L., 1991. The effect of fire on soil properties. Proceedings of the Symposium “Management and Productivity of Western - Montana Forest Soil”. USDA, Forest Service and Intermountain Res. Station, Gen. Tech. Report Itn-280, pp 151-156.
- Finkl, C.W. and Simonson R.W., 1979. Phosphorous cycle. In: The Encyclopedia of Soil Science Part I: Physics, Chemistry, Biology, Fertility and Technology, Fairbridge R.W. and Finkl C.W. eds., Dowden, Hutchinson and Ross Ink., pp: 370-377.
- 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.
- Guo, L.B. and Sims, R.E.H., 1999. Litter production and nutrient return in New Zealand eucalyptus short – rotation forests: implications for land management. Agriculture, Ecosystems and Environment 73: 93-100.
- Johansson, M., 1993. Biomass, decomposition and nutrient release of *Vaccinium myrtillus* leaf litter in four forest stands. Scand. J.For.Res. 8: 466-479.
- Jurgensen, M.F., Graham, R.T., Larsen, M.J. and Harvey A.E., 1992. Clear cutting, woody residue removal and nonsymbiotic nitrogen fixation in forest soils of the Inland Pacific Northwest. Canadian Journal of Forest Research 22: 1172-1178.
- Mc Lean, E.O., 1982. Soil pH and Lime 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.
- Mroz, G. D., Jurgensen, M. F., Harvey, A. E., and Larsen, M. J., 1980. Effects of fire on Nitrogen in forest floor horizon. Soil Sci. Soc. Am. Jour. 44: pp 395-400.
- Nambiar, E.K.S., 1990. Interplay between nutrients, water, root growth and productivity in young plantations. Forest Ecology and Management 30: 213-237.
- 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.
- 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.
- Παπαϊωάννου, Α. Γ., 1993. Σχέσεις παραγωγικότητας με μορφές και χαρακτηριστικά του δασικού χούμου σε δάση μαύρης πεύκης και οξιάς στη βόρεια Ελλάδα. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη.
- Παπαϊωάννου, Α. Γ., και Σεϊλόπουλος Δ. Γ., 2000. Έδαφος και φυσική αναγέννηση σε συστάδες χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis* Mill) οκτώ χρόνια μετά από πυρκαγιά. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Κοζάνη 17-20 Οκτωβρίου 2000. (Υπό έκδοση)
- Παπαμίχος, Ν. Θ., 1980. Συγκέντρωση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στην επιφάνεια του εδάφους 30 ετών συστάδων μαύρης πεύκης έξι χρόνια μετά από αραίωση και λίπανση. Επιστημονική Επετηρίδα της Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής του Α.Π.Θ. 23(6):179-196.
- Παπαμίχος, Ν. Θ., 1996. Δασικά εδάφη. Σχηματισμός, Ιδιότητες, Συμπεριφορά. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Υπηρεσία δημοσιευμάτων. Θεσσαλονίκη.
- Παπαναστάσης, Β.Π., 1982. Παραγωγή των ποολίβαδων σε σχέση με τη θερμοκρασία αέρος και τη βροχή

στην Βόρεια Ελλάδα. (Διατριβή για υφηγεσία) . Θεσσαλονίκη.

- Piatec, K. B., and Allen, H. L., 2000. Site preparation effects on foliar N and P use, re - translocation and transfer to litter n 15-years old *Pinus taeda*. *Forest Ecology and Management* 129: 143-152.
- Pierrou, U., 1979. The phosphorous cycle: Quantitative aspects and the role of man. In: "Biogeochemical Cycling of mineral-forming Elements", P.A. Trudinger and Swaine D.J. eds., Elsevier, pp: 205-210.
- Προδρόμου, Π.Π., 2000. Γένεση και ταξινόμηση εδαφών. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.
- Σειλόπουλος Δ. Γ., 1991. Επίδραση των δασικών πυρκαγιών στις εδαφικές ιδιότητες. Διδακτορική διατριβή. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Σειλόπουλος Δ. Γ., 1996. Μεταβολές επιφανειακού εδάφους μετά από αραίωση και λίπανση σε αναδάσωσης παραθαλάσσιας πεύκης. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου. Ναύπλιο. 29/5-1/6/1996 σελ: 178-188.
- Spedding, C.R.W., and Dickmahns, E.C. 1972. Grasses and legumes in British agriculture. Bull. 49. commonw. Bur.Past.Fld Crops. Farnham Royal, Commonw. Agric. Bur.
- 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.
- Τάντος, Β. Α., και Παπαϊωάννου, Α. Γ., 1999. Επίδραση του δασοπονικού είδους στη συσσώρευση και κατανομή οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στο δασικό τάπητα. Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. Αλεξανδρούπολη 6-8 Απριλίου 1998. σελ. 129-138.
- Trettin, C.C., Johnson, D.W. and Todd, D.E., 1999. Forest nutrient and carbon pools at Walker Branch watershed: Changes during a 21-year period. *Soil Science Society of America Journal*, Vol 63, No. 5, pp:1436-1448.
- Τσιόντσης, Α., 1991. Παραγωγή και κατανομή οργανικής ουσίας και δυναμική των θρεπτικών στοιχείων σε οικοσύστημα μαύρης πεύκης (*Pinus nigra* Agr). Διδακτορική διατριβή. 143 σελ. Θεσσαλονίκη.
- Τσιόντσης, Α., και Αλιφραγκής Δ., 1996. Βελτίωση του τόπου μετά την εγκατάσταση του δάσους. Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Καρδίτσα 11-13 Οκτωβρίου 1996. σελ. 227-233.
- Weston, C.J. and Attiwill P.H., 1990. Effects of fire and harvesting on nitrogen transformation and ionic mobility in soils of *Eucalyptus regnans* forest of south - eastern Australia. *Oecologia*. 83: 20-26.
- Weston, C.J. and Attiwill, P.M., 1991. Recovery of nutrient cycling following disturbance in *Eucalyptus regnans* forest. In "Productivity in Respective" P.J. Ryan (Ed.) Proc. 3th Australian For. Soil and Nutrition Conference. Forestry Commission of NSW Sydney P.204.

Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στα δασικά οικοσυστήματα

Ιωάννης Ραυτογιάννης¹ και Καλλιόπη Ραδόγλου¹

Περίληψη

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες – καύση ορυκτών καυσίμων, αποδάσωση, γεωργία και βιομηχανία – έχουν προκαλέσει αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας. Η συγκέντρωση πολλών αερίων στη ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου και οι χλωροφθοράνθρακες. Οι αλλαγές αυτές επιδρούν στο παγκόσμιο κλιματικό σύστημα προκαλώντας πολλές και αλληλένδετες διαταραχές με βασικότερες την αύξηση της θερμοκρασίας και την αλλαγή της έντασης και κατανομής των βροχοπτώσεων. Οι αλλαγές των κλιματικών παραγόντων επηρεάζουν τη λειτουργία των φυτών, τα οποία αντιδρούν διαφορετικά ανάλογα με το γενότυπό τους και το εύρος προσαρμογής. Ο μηχανισμός απορρόφησης άνθρακα ανταποκρίνεται θετικά και σχεδόν άμεσα στην αύξηση του ατμοσφαιρικού CO₂, ενώ ο μηχανισμός αποικοδόμησης ανταποκρίνεται μόνο έμμεσα, διαμέσου αλλαγών στη θερμοκρασία, υγρασία και ποιότητα της φυλλάδας. Η σύνθετη επίδραση του αυξημένου CO₂, υψηλών θερμοκρασιών και απόθεσης αζώτου θα οδηγήσουν σε αύξηση της καθαρής πρωτογενούς παραγωγής και ορυκτοποίησης του αζώτου, ενώ θα μειωθεί η αποθήκευση του άνθρακα λόγω αύξησης της εδαφικής θερμοκρασίας. Παράγοντες καταπόνησης όπως ξηρασία, έντομα, ασθένειες, πυρκαγιές, θα ενταθούν στο μέλλον με αποτέλεσμα τη μείωση της σταθερότητας των οικοσυστημάτων. Οι ζώνες βλάστησης στο βόρειο ημισφαίριο θα μετακινηθούν υψηλότερα και βορειότερα λόγω της επίδρασης αύξησης θερμοκρασίας. Εξαιτίας των αλλαγών στις χρήσεις γης, τα χερσαία οικοσυστήματα του 21^{ου} αιώνα είναι πιθανόν να απολέσουν μέρος της βιοποικιλότητάς τους και να αναδιοργανωθούν ως αναφορά τη σύνθεσή τους, με απρόβλεπτες συνέπειες για την λειτουργία του οικοσυστήματος.

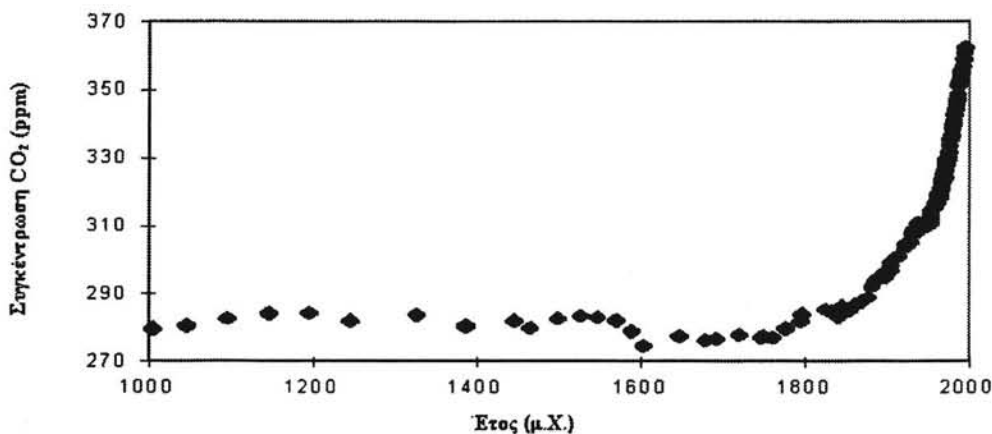
Λέξεις κλειδιά: Κλιματική αλλαγή, διοξείδιο του άνθρακα, φυσιολογική αύξηση, καταπόνηση, ζώνες βλάστησης, βιοποικιλότητα

Εισαγωγή

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες – καύση ορυκτών καυσίμων, αποδάσωση, γεωργία και βιομηχανία – έχουν προκαλέσει αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας (Manning κ.α. 1996). Η συγκέντρωση πολλών αερίων στη ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) και οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Η αύξηση του CO₂ και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου (greenhouse gases) είναι κοινά αποδεκτή και θα συνεχίσει να αυξάνεται τουλάχιστον κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα. Η τρέχουσα συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι περίπου 30% μεγαλύτερη από την προβιομηχανική εποχή και αυξάνει με ρυθμό περίπου 0.4% ετησίως, ενώ το CH₄ και το N₂O, έχουν αυξηθεί 145% και 15% αντίστοιχα (Σχήμα 1) (IPCC 1996). Όλα τα παραπάνω αέρια δεσμεύουν την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας και έτσι κάνουν τη γη θερμότερη. Αναλύσεις με τη χρήση παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων έχουν δείξει ότι οι αυξανόμενες συγκεντρώσεις αυτών των αερίων έχουν ήδη επηρεάσει το παγκόσμιο κλίμα (Cubasch κ.α. 1997, Rowntree 1998) και θα το επηρεάσουν περαιτέρω μελλοντικά (IPCC 1995). Αν και είναι δύσκολο να απομονωθεί το κομμάτι αυτών των αλλαγών που οφείλεται σε βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες φυσικές διακυμάνσεις από το ποσοστό που επηρεάζεται από την παγκόσμια αλλαγή, πολλές από τις παρατηρούμενες αλλαγές συμφωνούν σε γενικές γραμμές με τα αποτελέσματα κλιματικών μοντέλων που περιλαμβάνουν τις αλλαγές των αερίων του θερμοκηπίου.

Η διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων για την άμβλυνση των πιθανών επιπτώσεων από την κλιματική

¹ *Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Βασιλικά, 57006, Θεσσαλονίκη, τηλ.031-461172, e-mail: radoglou@fri.gr*



Σχήμα 1. Συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα από το 1000 μ.Χ. μέχρι σήμερα. Τα δεδομένα μέχρι το 1955 προέρχονται από δείγματα πάγου, ενώ μετά από το 1955 από άμεσες μετρήσεις στο σταθμό της Mauna Loa, στη Χαβάη (προσαρμοσμένο από διάφορες πηγές).

αλλαγή, πρέπει να γίνει στα πλαίσια των υπαρκτών κινδύνων και την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων διαχείρισης (Smit κ.α. 1999). Με άλλα λόγια, θα πρέπει να είναι γνωστή η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου και το μέγεθος των επιπτώσεων. Οι αλλαγές στη διαχείριση των δασών θα αρχίσουν όταν οι πιθανές επιπτώσεις της αλλαγής θα έχουν τέτοια πιθανότητα εμφάνισης και τόσο μέγεθος ώστε να είναι αναγκαία η άμεση δράση (Klein και MacIver 1999). Στην παρούσα εργασία γίνεται μία συνοπτική ανασκόπηση της πιο πρόσφατης παγκόσμιας βιβλιογραφίας (αρχές του 2000) στο τεράστιο ζήτημα της παγκόσμιας αλλαγής και των επιπτώσεών της στα φυσικά οικοσυστήματα.

Οι αλλαγές

Υπάρχουν ενδείξεις, από πολλές πηγές, ότι οι θερμοκρασίες αλλάζουν τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε τοπικό επίπεδο, από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα (IPCC 1996, Briffa κ.α. 1995, Pollack κ.α. 1998). Η παγκόσμια μέση ετήσια θερμοκρασία στα τέλη του 20^{ου} αιώνα ήταν υψηλότερη από το μέσο όρο του χρονικού διαστήματος 1880-1980 κατά 0.66 °C (Zheng κ.α. 1997). Η μέση ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία αυξάνεται ταχύτερα (περίπου 0.15 °C ανά δεκαετία) από ότι η μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία (περίπου 0.07 °C ανά δεκαετία), το οποίο σημαίνει ότι η διαφορά ημέρας-νύχτας (το ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας) έχει μειωθεί σε πολλές περιοχές, περισσότερο από 0.12 °C ανά δεκαετία (Kukla και Karl 1993, Salinger 1995, Zheng κ.α. 1997). Έχουν γίνει πολλές υποθέσεις ότι οι αλλαγές στη θερμοκρασία προκαλούνται από αλλαγές στην ηλιακή ακτινοβολία (Friis-Christensen και Lassen 1991), μείωση των αερίων της στρατόσφαιρας που προέρχονται από ηφαιστειακές εκρήξεις (Wu κ.α. 1990) και μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος (Gates 1993). Παρόλα αυτά, οι αναλύσεις των τελευταίων ετών συμπεραίνουν ότι ενώ οι προηγούμενοι παράγοντες έχουν κάποια επίδραση, οι αλλαγές στη συγκέντρωση των θερμοκηπιακών αερίων είναι ο πλέον πιθανός λόγος υπεύθυνος για τις θερμοκρασιακές αλλαγές που παρατηρούνται (Hegerl κ.α. 1997, Cubasch κ.α. 1997, Rowntree 1998, Mann κ.α. 1998, Tol και de Vos 1998). Μετά από διόρθωση για τις συνεπιδράσεις των ηφαιστειών και του El Niño, η θερμοκρασία στην τροπόσφαιρα έχει αυξηθεί κατά 0.1 °C ανά δεκαετία από το 1950 (Allen κ.α. 1994, Jones 1994). Η αυξητική τάση της παγκόσμιας θέρμανσης (global warming) γίνεται εμφανής και από δενδροκλιματολογικές μελέτες (Cook κ.α. 1991). Η τάση αύξησης της θερμοκρασίας έχει ήδη μειώσει τη συχνότητα και διάρκεια των παγετών ενώ αυξήθηκαν οι καύσωνες (Stone κ.α. 1996).

Η αλλαγή της έντασης και κατανομής των βροχοπτώσεων είναι ένα αναμενόμενο επακόλουθο της παγκόσμιας θέρμανσης (Gordon κ.α. 1992). Οι αλλαγές του ποσού και των άλλων χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων σε παγκόσμιο επίπεδο είναι δύσκολο να εντοπισθούν λόγω των ελλειψών και ανακριβών στοιχείων, παρόλα αυτά έχουν αναφερθεί σημαντικές αλλαγές σε περιφερειακό επίπεδο. Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, η βροχόπτωση από το 1970 έχει αυξηθεί κατά 5 με 10% σχετικά με προηγούμενες δεκαετίες, και στον Καναδά 15%, ιδιαίτερα στο βόρειο Καναδά 20% (Karl κ.α. 1995, Angel και Huff 1997, Dai κ.α. 1997) με αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής απορροής (Groisman και Easterling 1994). Αντίθετα, τάσεις μείωσης της βροχόπτωσης έχουν εντοπισθεί στον δυτικό και κεντρικό Αμαζόνιο, ενώ το ανατολικό μέρος έγινε υγρότερο (de Paiva και Clarke 1995). Στην Ευρώπη, τα τελευταία 40 χρόνια, έχει παρατηρηθεί αύξηση της ετήσιας βροχόπτωσης στη Σκωτία (Briffa κ.α. 1994) και τη δυτική Ισπανία (Onate Rubalcaba και

Rou Royo 1995), μείωση στην κεντρική και δυτική λεκάνη της Μεσογείου (Piervitali κ.α. 1997) και αύξηση της έντασης της βροχής στην Ελβετία (Rebetz κ.α. 1997).

Οι επιπτώσεις

Οι αλλαγές των κλιματικών παραγόντων επηρεάζουν τη λειτουργία των φυτών, τα οποία αντιδρούν διαφορετικά ανάλογα με το γενότυπό τους και το εύρος προσαρμογής τους. Σε συνθήκες υψηλής συγκέντρωσης CO₂ παρατηρείται μείωση της στοματικής αγωγιμότητας σε φυτάρια δένδρων αλλά όχι σε ώριμα άτομα, διότι ο έλεγχος της υδραυλικής αγωγιμότητας στα μεγάλα δένδρα δεν εξαρτάται τόσο πολύ από τη στοματική αγωγιμότητα (Radoglou και Jarvis 1990, Ceulemans κ.α. 1996, Ergon κ.α. 1996, Atkinson κ.α. 1997). Όμως η ταχύτερη αύξηση των νεαρών δένδρων δεν υποδηλώνει εάν τα δάση σαν ενότητα θα αποθηκεύσουν περισσότερο άνθρακα ή όχι (Overdieck 1993, Ceulemans και Mousseau, 1994). Επίσης, τα ποώδη φυτά όταν εκτίθενται σε αυξημένο CO₂, δείχνουν μία μείωση της στοματικής αγωγιμότητας, με αποτέλεσμα τη μειωμένη απώλεια της εδαφικής υγρασίας (Radoglou και Jarvis, 1992, Radoglou και Jarvis 1993). Η αύξηση του CO₂, γενικά αυξάνει το ποσοστό προϊόντων φωτοσύνθεσης που κατανέμονται στις ρίζες, το οποίο αυξάνει τις υπόγειες δεξαμενές άνθρακα (Bosac κ.α. 1995, Canadell κ.α. 1996, Jackson κ.α. 1996, Murray κ.α. 1996).

Ο μηχανισμός απορρόφησης άνθρακα ανταποκρίνεται θετικά και σχεδόν άμεσα στην αύξηση του ατμοσφαιρικού CO₂, ενώ ο μηχανισμός αποικοδόμησης ανταποκρίνεται μόνο έμμεσα, διαμέσου αλλαγών στη θερμοκρασία, υγρασία και ποιότητα της φυλλάδας, τα οποία περιλαμβάνουν και φαινόμενα υστέρησης (Cousteaux κ.α. 1996). Όμως οι σχέσεις μεταξύ αυτών των παραμέτρων δεν είναι πάντα ευθύγραμμες (Kellomäki και Kolström 1993). Αν και η δέσμευση άνθρακα αυξάνει με το αυξανόμενο ατμοσφαιρικό CO₂, αυτό γίνεται σε μειούμενο ρυθμό. Από την άλλη μεριά η σχέση αναπνοής και θερμοκρασίας χαρακτηρίζεται από μία εκθετικά αυξανόμενη σχέση (Overdieck και Forstreuter 1994, Kellomäki και Wang 1996). Έτσι, καθώς η παγκόσμια αλλαγή προχωρεί, ο ρυθμός αύξησης της δέσμευσης του CO₂ από τα χερσαία οικοσυστήματα θα ελαττώνεται, ενώ οι ρυθμοί της αναπνοής και αποσύνθεσης θα αυξάνονται (Grote και Erhard 1999). Βραχυπρόθεσμα, θα παρουσιαστεί μια θετική επίδραση στην αύξηση δέσμευσης του CO₂ αλλά σε μακρύτερα χρονικά πλαίσια αιώνων, το καθαρό αποτέλεσμα θα είναι μία ελάττωση στην ικανότητα της χερσαίας βιόσφαιρας να απορροφά CO₂ (Curtis και Wang 1998).

Τα πιο πολλά οικοσυστήματα όταν εκτίθενται σε αυξημένη συγκέντρωση CO₂ δείχνουν μια υψηλότερη απορρόφηση άνθρακα κατά τη διάρκεια της περιόδου με έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα (Mousseau και Saugier 1992, El Kohen κ.α. 1993). Για παράδειγμα, η παραγωγικότητα των λιβαδικών οικοσυστημάτων αυξάνεται αν και οι ανταποκρίσεις των επιμέρους λιβαδικών τύπων κυμαίνονται αρκετά και σε κάποια είναι αρνητικές (Walker και Steffen 1993). Οι αποκλίσεις των επιμέρους τύπων αντικατοπτρίζουν τη διαφορετική τους σύνθεση, τις σχέσεις μεταξύ των ειδών και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ανταπόκρισης στην αύξηση του CO₂ και τους άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως νερό, διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων και θερμοκρασίας (Scarascia-Mugnozza 1994, Schimel 1995). Τα ψυχρά οικοσυστήματα, όπως η τούνδρα και τα αλπικά λιβάδια, παρουσιάζουν την μικρότερη ανταπόκριση στην αύξηση CO₂ και σε μερικές περιπτώσεις καθόλου ανάπτυξη και προσαρμογή μέσα σε μερικά χρόνια (Lucia κ.α. 1999).

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι η συγκέντρωση CO₂ δεν θα αυξηθεί ανεξάρτητα από άλλες αλλαγές. Ειδικότερα, οι θερμοκρασίες και τα επίπεδα του ατμοσφαιρικού αζώτου θα αυξηθούν επίσης, και θα πρέπει να κατανοήσουμε την αλληλεπίδραση των τριών αυτών αλλαγών (Schulze κ.α. 1994, Kellomäki και Väisänen 1996). Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αλλάξει σημαντικά τον παγκόσμιο κύκλο του αζώτου, αυξάνοντας τη διαθεσιμότητα και κινητικότητα του αζώτου, με επακόλουθο μία μεγάλη σειρά επιπτώσεων (Vitousek κ.α. 1997). Ειδικότερα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες τις τελευταίες δεκαετίες έχουν διπλασιάσει το ρυθμό εισόδου του αζώτου στον χερσαίο κύκλο και αυτή η τάση είναι πιθανόν να συνεχιστεί και να αυξηθεί. Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης έδειξαν ότι η σύνθετη επίδραση του αυξημένου CO₂, υψηλών θερμοκρασιών και απόθεσης αζώτου θα οδηγήσουν σε αύξηση της καθαρής πρωτογενούς παραγωγής και ορυκτοποίησης του αζώτου, ενώ θα μειωθεί η αποθήκευση του άνθρακα λόγω αύξησης της εδαφικής θερμοκρασίας (El Kohen και Mousseau 1994, Friend και Cox 1996, Kellomäki και

Wang 1997). Ο κύκλος του άνθρακα είναι στενά συνδεδεμένος με άλλους κύκλους, ιδιαίτερα του αζώτου, φωσφόρου και θείου (Rastetter κ.α. 1997). Η ελλιπής παροχή αυτών των στοιχείων μειώνει την αποτελεσματικότητα απορρόφησης και αποθήκευσης άνθρακα σε επίπεδο οικοσυστήματος. Σε πολλά περιβάλλοντα όπου το εδαφικό άζωτο είναι περιορισμένο, η αύξησή του μπορεί να αυξήσει τη συγκέντρωση βιομάζας (Hunt κ.α. 1988, Holland κ.α. 1997), αν και αυτό μπορεί να αποβεί εις βάρος της ποικιλότητας του οικοσυστήματος αφού θα κυριαρχήσουν τα είδη που ανταποκρίνονται στο άζωτο (Aerts και Berendse, 1988). Οι σύνθετες επιδράσεις της χρήσης γης, απόθεσης αζώτου και λίπανσης CO₂ έχουν οδηγήσει σε αύξηση της ανάπτυξης των εύκρατων δασών και τον βασικό ρόλο έχει παίξει η απόθεση αζώτου (Auclair και Bedford 1995). Στα υψηλά επίπεδα απόθεσης αζώτου που παρατηρούνται στο βόρειο ημισφαίριο (συχνά 40-50 κιλά N/ha/έτος), παρατηρείται το φαινόμενο του αζωτο-κορεσμού, με αποτέλεσμα η αύξηση της παραγωγής να υποχωρεί πάνω από ένα όριο συγκέντρωσης N (Schulze 1989, Aber 1992, Pettersson και McDonald 1994). Σε κάποια δάση, η απόθεση αζώτου σχετίζεται με αύξηση της καθαρής πρωτογενούς παραγωγής. Όμως, η συνεχής απόθεση αζώτου θα οδηγήσει, μακροπρόθεσμα, σε αλλαγές στη σύνθεση των ειδών. Σε πολλές περιπτώσεις η απόθεση αζώτου μπορεί να οδηγήσει σε οξίνιση του εδάφους με συνεπακόλουθη μείωση της παραγωγής (Cramer και Field 1999).

Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ιδιαίτερη επίδραση στα βόρεια δάση όπου παρατηρείται μείωση των περιοχών που καλύπτονται με χιόνι κατά 10% καθώς επίσης σε λιώσιμο του χιονιού νωρίτερα με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής αυτών των δασών (Groisman κ.α. 1994, Keeling κ.α. 1996, Myneni κ.α., 1997). Στη Βόρεια Αμερική έχει παρατηρηθεί μία σοβαρή (περίπου 120 χλμ.) μετακίνηση της ζώνης μονίμου παγετού προς βορρά (Kwong και Gan 1994, Halsey κ.α. 1995). Η παγκόσμια αύξηση θερμοκρασίας φαίνεται ότι ήδη επηρεάζει τους κύκλους ζωής των εντόμων στα δάση, με αποτέλεσμα την αύξηση των ζημιών τόσο στα εύκρατα όσο και στα ψυχρά δάση (Fleming και Candau 1998). Οι έμμεσες συνέπειες της αυξημένης θερμοκρασίας θα είναι πιο σημαντικές από τις άμεσες, λόγω της θερμικής προσαρμογής των φυτών (Hänninen κ.α. 1993). Πιθανόν να εμφανισθεί επιτάχυνση της ανάπτυξης και της αποικοδόμησης της φυλλάδας. Με την άνοδο της θερμοκρασίας προβλέπεται να αυξηθεί η οξείδωση της οργανικής ουσίας του εδάφους. Παρατηρήσεις από τα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, όπου έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, δείχνουν ότι μερικά οικοσυστήματα στην Αλάσκα και τη Σιβηρία έχουν μετατραπεί από δεξαμενές άνθρακα σε πηγές, ή είναι περίπου σε ισορροπία, κυρίως λόγω της αυξανόμενης αποικοδόμησης του εδαφικού άνθρακα (Kellomäki κ.α. 1996).

Εφόσον η κλιματική αλλαγή επηρεάζει το περιβάλλον στο οποίο έχουν προσαρμοσθεί τα φυτά που συνθέτουν τα φυσικά οικοσυστήματα αναμενόμενο είναι να αυξηθούν οι καταπονήσεις στα φυτά (Sage 1996). Παράγοντες καταπόνησης όπως ξηρασία, έντομα, ασθένειες, πυρκαγιές, θα ενταθούν στο μέλλον με αποτέλεσμα τη μείωση της σταθερότητας των οικοσυστημάτων. Γενικά, όπου οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν μία άμεση και σημαντική επίδραση στους κύκλους του νερού και των θρεπτικών συστατικών με αποτέλεσμα την αύξηση των διαταραχών, η επίδραση αυτή θα υπεριοχυθεί έναντι των επιδράσεων της αύξησης του CO₂. Παρόλα αυτά, η συναγωγή συμπερασμάτων για την ανταπόκριση ολόκληρων οικοσυστημάτων από πειράματα στο επίπεδο φυτού, πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή (Köster 1995).

Οι επιπτώσεις στην σύνθεση και δομή της βλάστησης, σε κλίμακες από τη συστάδα μέχρι τον πλανήτη ολόκληρο, συμβαίνουν ήδη, είναι συνεχείς, πιθανόν να επιταχυνθούν, και το τέλος τους δεν είναι προβλεπόμενο (Friend κ.α. 1996). Οι ζώνες βλάστησης στο βόρειο ημισφαίριο θα μετακινηθούν υψηλότερα και βορειότερα λόγω της επίδρασης της αύξησης της θερμοκρασίας. Οι τύποι βλάστησης δεν θα μετακινηθούν σαν ολόκληρες ενότητες επειδή κάθε είδος ανταποκρίνεται διαφορετικά στους εξωτερικούς παράγοντες λόγω της ανταγωνιστικής ικανότητας, ταχύτητας μετανάστευσης, και επαναφοράς από διαταραχές (Kellomäki και Kolström 1992). Έτσι θα εμφανισθούν νέοι συνδυασμοί φυτών. Στοιχεία από την παλαιοβοτανική δείχνουν ότι πολλά είδη μπορούν να μεταναστεύσουν αρκετά γρήγορα ώστε να ανταποκριθούν στην προβλεπόμενη κλιματική αλλαγή, αλλά η μετανάστευση μπορεί να γίνει μόνον διαμέσου συνεχών, σχετικά αδιάταρακτων, φυσικών οικοσυστημάτων (Walker 1994). Από τα παραπάνω, γίνεται εμφανής η σπουδαιότητα του κατακερματισμού των φυσικών οικοσυστημάτων, ως ένα φαινόμενο της παγκόσμιας αλλαγής (Pitelka κ.α. 1997). Η εισβολή ξενικών ειδών στα φυσικά οικοσυστήματα είναι ένα υπάρχον πρόβλημα, το οποίο πιθανόν να ενταθεί λόγω των τάσεων που επικρατούν στις αλλαγές χρήσεις γης, της παγκοσμιοποίη-

σης του εμπορίου και της αύξησης των διαταραχών. Διαταραχές όπως φωτιά, ασθένειες θα αυξηθούν σε ορισμένες περιοχές όπως τα βόρεια δάση, και θα οδηγήσουν περισσότερα οικοσυστήματα σε αρχικά στάδια εξέλιξης (Stock κ.α. 1998). Από την άλλη μεριά, στις ανεπτυγμένες χώρες της βόρειας Ευρώπης οι αλλαγές στη διαχείριση θα αυξήσουν τα δάση σε ώριμα στάδια (Väisänen κ.α. 1994). Οι επιδράσεις των κλιματικών αλλαγών στη σύνθεση των τύπων βλάστησης θα διαφοροποιείται λόγω της ποικιλίας του εδάφους, χρήσεων γης και τοπογραφίας. Εξαιτίας των αλλαγών στις χρήσεις γης, τα χερσαία οικοσυστήματα του 21^{ου} αιώνα είναι πιθανόν να απολέσουν μέρος της βιοποικιλότητάς τους (Charin κ.α. 1998) και να αναδιοργανωθούν ως αναφορά τη σύνθεσή τους, με απρόβλεπτες συνέπειες για την λειτουργία του οικοσυστήματος. Αποτέλεσμα όλων αυτών των αλλαγών θα είναι ότι η βιόσφαιρα θα αποτελείται από λιγότερα οικοσυστήματα σε νεαρή «ασταθή» μορφή (Steffen κ.α. 1996).

Επίλογος

Η παγκόσμια αλλαγή συμβαίνει τώρα, θα συνεχίσει για το προβλεπόμενο μέλλον και είναι πιθανόν να ενταθεί. Είναι μια ανερχόμενη πραγματικότητα με αυξανόμενες επιπτώσεις στις πολιτικές διαδικασίες, τον περιφερειακό σχεδιασμό και την καθημερινή ζωή. Η γνώση του φαινομένου της παγκόσμιας αλλαγής και των επιπτώσεών της είναι αναγκαία για την αποφυγή μεγάλων καταστροφών και προσαρμογή στις νέες συνθήκες. Η γνώση πρέπει να βασίζεται στην συγκροτημένη και αντικειμενική επιστημονική κατανόηση των χερσαίων οικοσυστημάτων και των αλληλεπιδράσεών τους με την παγκόσμια αλλαγή (Koch κ.α. 1995, Lavorel κ.α. 1998).

Κάποιες παγκόσμιες διαδικασίες έχουν χρόνους υστέρησης από δεκαετίες έως αιώνες. Έτσι, οι συνέπειες της πολιτικής «μη-δράσης» τώρα ίσως δεν γίνουν φανερές μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα, αλλά όταν εμφανιστούν πιθανόν να είναι τόσο έντονες που η αντιμετώπισή τους να καταστεί πολύ δύσκολη. Για παράδειγμα, η ικανότητα των χερσαίων οικοσυστημάτων να απορροφούν άνθρακα μειώνεται καθώς η συγκέντρωση της ατμόσφαιρας σε CO₂ και η θερμοκρασία αυξάνονται. Η έλλειψη δράσης τώρα μπορεί να οδηγήσει σε μια περαιτέρω αύξηση του CO₂ σε έναν αιώνα από τώρα, λόγω αυξημένης αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας του εδάφους (Klein και MacIver 1999).

Η λεπτομερής μελέτη των επιπτώσεων της παγκόσμιας αλλαγής απαιτεί μια οργανωμένη ερευνητική προσπάθεια και συντονισμένες δράσεις με τη συμμετοχή όλων των χωρών. Κάποιοι ερευνητές θεωρούν ότι οι αλλαγές που παρατηρούνται στο κλίμα τα τελευταία χρόνια είναι αποτέλεσμα κυρίως μιας φυσικής ανωμαλίας και όχι εξολοκλήρου λόγω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Ανεξάρτητα από την αιτία της, όλοι συμφωνούν ότι παρατηρείται μια αλλαγή των κλιματικών δεδομένων η οποία θα έχει αντίκτυπο στα φυσικά οικοσυστήματα και χρειάζεται η ανάπτυξη μέτρων προσαρμογής.

The effects of global climatic change on forest ecosystems

Yannis Raftoyannis¹ and Kalliopi Radoglou¹

Abstract

Human actions – such as fossil fuel burning, deforestation, agriculture and industry – have caused major changes in the atmospheric composition. The concentration of many atmospheric gases has increased, such as CO₂, CH₄, N₂O and CFCs. Those changes affect the global climatic system resulting in many complex disturbances, mainly temperature increase and changes in rainfall intensity and distribution. Changes in climatic factors affect plant function, which exhibit a differential response depending on their genotype and their potential for adaptation. The carbon absorbing mechanism responds positively and almost immediately to the increase of atmospheric carbon dioxide, while the decomposition mechanism responds only indirectly with changes in temperature, moisture and quality of humus. The compound effect of increased CO₂, high temperatures and nitrogen deposition will increase the net primary production and nitrogen mineralization, while carbon storage will be reduced due to increased soil temperatures. Stress factors such as drought, insects,

¹ Forest Research Institute, Vasilika, 57006, Thessaloniki, tel: 031-461172, e-mail: radoglou@fri.gr

diseases, wildfires, will be intensified in the future leading to reduced ecosystem stability. The vegetation zones in the north hemisphere will move higher in altitude and to the north, mainly due to higher temperatures. Land ecosystems of the 21st century will lose part of their biodiversity and their composition will be restructured with unknown effects on ecosystem function.

Βιβλιογραφία

- Aber, J.D. 1992. Nitrogen cycling and nitrogen saturation in temperate forest ecosystems. *Trends in Ecological Evolution* 7:220-224.
- Aerts, R., Berendse, F. 1988. The effect of increased nutrient availability on vegetation dynamics in wet heathlands. *Vegetatio* 76:63-69.
- Allen, M.R., Mutlow, C.T., Blumberg, G.M. 1994. Global change detection. *Nature* 370: 24-25.
- Angel, J.R., Huff, F.A. 1997. Changes in heavy rainfall in midwestern United States. *Journal of Water Resources Planning and Management* 123:246-249.
- Atkinson, C.J., Taylor, J.M., Wilkins, D. and Besford, R.T. 1997. Effects of elevated CO₂ on chloroplast components, gas exchange and growth of oak and cherry. *Tree Physiology* 17:319-325.
- Auclair, A.N.D., and J.A. Bedford. 1995. Recent shifts of annual net forest volume balance in boreal forest, and its implications for global carbon balance. *Ecosystems Research Report 10*, European Commission, Brussels, Luxembourg.
- Bosac, C., Gardener, S.D.L., Taylor, G. and Wilkins, D. 1995. Elevated CO₂ and hybrid poplar: a detailed investigation of root and shoot growth and physiology of *P. euramericana*. 'Primo' - *Forest Ecology and Management* 74:103-116.
- Briffa, K.R., Jones, P.D. and Hulme, M. 1994. Summer moisture variability across Europe, 1892-1991: an analysis based on the Palmer Drought Severity Index. *International Journal of Climatology* 14: 475-506.
- Briffa, K.R., Jones, P.D., Schweingruber, F.H., Shiyatov, S.G. and Cooks, E.R. 1995. Unusual twentieth-century summer warmth in a 1,000-year temperature record from Siberia. *Nature* 376:156-159.
- Canadell J, Pitelka L, Ingram J.S. 1996. The effects of elevated CO₂ on plant-soil carbon below-ground: a summary and synthesis. *Plant and Soil* 187: 391-400.
- Ceulemans, R. and Mousseau, M. 1994. Tansley Review No. 71. Effects of elevated atmospheric CO₂ on woody plants. *New Phytologist* 127:425-446.
- Ceulemans, R., Shao, B.Y., Jiang, X.N. and Kalina, J. 1996. First- and second-year aboveground growth and productivity of two *Populus* hybrids grown at ambient and elevated CO₂. *Tree Physiology* 16:61-68.
- Chapin FS III, Sala OE, Burke IC, Grime JP, Hooper DU, Lauenroth WK, Lombard A, Mooney HA, Mosier AR, Naeem S, Pacala SW, Roy J, Steffen WL, Tilman D. 1998. Ecosystem consequences of changing biodiversity. Experimental evidence and a research agenda for the future. *BioScience* 48:45-52.
- Cook, E., Bird, T., Peterson, M., Barbetti, M., Buckley, B., D'Arrigo, R., Francey, R. and Tans, P. 1991. Climatic change in Tasmania inferred from a 1089-year tree-ring chronology of Huon Pine. *Science*: 253:1266-1268.
- Couteaux, M.-M., Jocteur Monrozier, L. and Bottner, P. 1996. Increased atmospheric CO₂: chemical changes in decomposing sweet chestnut (*Castanea sativa*) leaf litter incubated in microcosms under increasing food web complexity. *Oikos* 76 : 553-563.
- Cramer W, Field CB (Eds). 1999. The Potsdam NPP Model Intercomparison. *Global Change Biology*, 5, Supplement 1: 1-76.
- Cubasch, U. Voss, R., Hegerl, G.C., Waszkewitz, J. and Crowley, T.J. 1997. Simulation of the influence of solar radiation variations on the global climate with an ocean-atmosphere general circulation model. *Climate Dynamics* 13: 757-767 .
- Curtis, P.S and Wang, X.Z. 1998. A meta-analysis of elevated CO₂ effects on woody plant mass, form and physiology. *Oecologia* 113:299-313.
- Dai, X. and Ding, Y. 1994. A modelling study of climatic change and its implication for agriculture in China

- Part 1: Climatic change in China. *Advances in Atmospheric Sciences* 11:343-352.
- de Paiva, E.M.C. and Clarke, R.T. 1995. Time trends in rainfall records in Amazonia. In: *Bulletin of Amazon Meteorological Society* 76:2203-2209.
- El Kohen, A. and Mousseau, M. 1994. Interactive effects of elevated CO₂ and mineral nutrition on the growth and CO₂ exchange of sweet chestnut seedlings (*Castanea sativa* Mill.). *Tree Physiology* 14:679-690.
- El Kohen, A., Venet, L. and Mousseau, M. 1993. Growth and photosynthesis of two deciduous forest tree species exposed to elevated carbon dioxide. *Functional Ecology* 7:480-486.
- Epron, D., Liozon, R. and Mousseau, M. 1996. Effects of elevated CO₂ concentration on leaf characteristics and photosynthetic capacity of beech (*Fagus sylvatica*) during the growing season. *Tree Physiology* 16:425-432.
- Fleming, R.A. and Candau, J.N. 1998. Influences of climate change on some ecological principles of an insect outbreak system in Canada's boreal forests and the implications for biodiversity. *Environmental Monitoring and Assessment* 49:235-249.
- Friend, A.D. and Cox, P.M. 1996. Modelling the effects of atmospheric CO₂ on vegetation-atmosphere interactions. *Agricultural and Forest Meteorology* 73:285-295.
- Friend, A.D., Stevens, A.K., Knox, R.G. and Cannell, M.G.R. 1996. A process-based, terrestrial biosphere model of ecosystem dynamics (Hybrid v3.0). *Ecological Modelling* 95:249-287.
- Friis-Christensen, E. and Lassen, K. 1991. Length of the solar cycle: An indicator of solar activity closely associated with climate. *Science* 254:698-700.
- Gates, D.M. 1993. Climate change: causes and evidence. In: *Climate Change and its Biological Consequences*, Sinauer Associates Inc., Massachusetts, U.S.A. pp. 1-35.
- Gordon, H.B., Whetton, P.H., Pittock, A.B., Fowler, A.M. and Haylock, M.R. 1992. Simulated changes in daily rainfall intensity due to the enhanced greenhouse effect: implications for extreme rainfall events. *Climate Dynamics* 8:83-102.
- Groisman, P.Y. and Easterling, D.R. 1994. Variability and trends in total precipitation and snowfall over the United States and Canada. *Journal of Climate* 7:184-205.
- Grote, R., Erhard, M. 1999. Simulation of tree and stand development under different environmental conditions with a physiologically based model. *Forest Ecology and Management* 120:59-76.
- Halsey, L.A., Vitt, D.H. and Zoltai, S.C. 1995. Disequilibrium response of permafrost in boreal continental western Canada to climate change. *Climatic Change* 30:57-73.
- Hänninen, H., Kellomäki, S., Laitinen, K., Pajarari, B. and Repo, T. 1993. Effect of increased temperature in winter on the onset of height growth of Scots pine: a field test of a phenological model. *Silva Fennica* 27:251-257.
- Hegerl, G.C., Hasselmann, K., Cubasch, U., Mitchell, J.F.B., Roechner, E., Voss, R. and Waszkewitz J. 1997. Multi-fingerprint detection and attribution analysis of greenhouse gas, greenhouse gas-plus-aerosol and solar forced climate change. *Climate Dynamics* 13:613-634.
- Holland, E.A., Braswell, B.H., Lamarque, J.F., Townsend, A., Sulzman, J., Muller, J.F., Dentener, F., Brasseur, G., Levy, H., Penner, J.E. and Roelofs, G.J. 1997. Variations in the predicted spatial distribution of atmospheric nitrogen deposition and their impact on carbon uptake by terrestrial ecosystems. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres* 102:15849-15866.
- Hunt, H.W., Ingham, E.R., Coleman, D.C., Elliott, E.T. and Reid, C.P.P. 1988. Nitrogen limitation of production and decomposition in prairie, mountain meadow and pine forest. *Ecology* 69:1009-1016.
- IPCC 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change – Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the IPCC*, (Houghton, J.T., Meira Filho L.G., Callander B.A., Harris N., Kattenberg, A. and Maskell, K. (eds)). Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- IPCC 1995. *Climate Change 1995 - The science of climate change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. J.T. Houghton, L.G.

- Meira Filho, B.A., Callander, N., Harris, A., Kattenberg, and K. Maskell editors. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jackson RB, Canadell J, Ehleringer JR, Mooney HA, Sala OE, Schulze E.D. 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: 389-411.
- Jones, P.D. 1994. Recent warming in global temperatures. *Geophysical Research Letters* 21:1149-1152.
- Karl, T.R., Knight, R.W. and Plummer, N. 1995. Trends in high-frequency climate variability in the twentieth century. *Nature* 377:217-220.
- Keeling, C.D., Chin, J.F.S. and Whorf, T.P. 1996. Increased activity of northern vegetation inferred from atmospheric CO₂ measurements. *Nature* 382:146-149.
- Kellomäki, S. and Kolström, M. 1992. Simulation of tree species composition and organic matter accumulation in Finnish boreal forests under changing climatic conditions. *Vegetatio* 102:47-68.
- Kellomäki, S. and Kolström, M. 1993. Computations on the productivity of Scots pine, Norway spruce, pendula birch and pubescent birch in Finland as influenced by changing climate. *Forest Ecology and Management* 59:237-255.
- Kellomäki, S. and Väisänen, H. 1996. Model computations on the effect of rising temperature on soil moisture and water availability in forest ecosystems dominated by Scots pine in the boreal zone in Finland. *Climatic Change* 32:423-445.
- Kellomäki, S. and Wang, K.Y. 1996. Photosynthetic responses to needle water potentials in Scots pine after a four-year exposure to elevated CO₂ and temperature. *Tree Physiology* 16:765-772.
- Kellomäki, S. and Wang, K.Y. 1997. Photosynthetic responses of Scots pine to elevated CO₂ and nitrogen supply: results of a branch-in-bag experiment. *Tree Physiology* 17:231-240.
- Kellomäki, S., Karjalainen, T. and Väisänen, H. 1996. More timber from boreal forest under changing climate? *Forest Ecology and Management* 94:195-208.
- Klein, R.J.T., MacIver, D.C. 1999: Adaptation to climate variability and change: methodological issues. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 1-10.
- Koch GW, Vitousek PM, Steffen WL, Walker BH (1995). Terrestrial transects for global change research. *Vegetatio* 121: 53-65.
- Körner, Ch. 1995. Towards a better experimental basis for upscaling plant responses to elevated CO₂ and climate warming. *Plant, Cell, and Environment* 18: 1101-1110.
- Kukla, G. and Karl, T.R. (1993). Nighttime warming and the greenhouse effect. *Environmental Science and Technology*, 27(8):1468-1474.
- Kwong, Y.T.T. and Gan, T.Y. 1994. Northward migration of permafrost along the Mackenzie Highway and climatic warming. *Climatic Change* 26:399-419.
- Lavorel S, Canadell J, Rambal S, Terradas J. 1998. Mediterranean terrestrial ecosystems: research priorities on global change effects. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7:157-166.
- Lucia EH, Thomas RB, Ward JK (Eds). 1999. Critical Assessment of the Response of Forest Ecosystems to Elevated Atmospheric Carbon Dioxide. *Tree Physiology* 19: 211-235.
- Mann, M., Bradley, R. and Hughtest, M.K. 1998. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature* 392:779-787.
- Manning, M.R., Pearman, G.I., Etheridge, D.M., Fraser, P.J., Lowe, D.C. and Steele, L.P. 1996. The changing composition of the atmosphere. In: Bouma, W.J., Pearman, G.I. and Manning, M.R. (eds) *Greenhouse: coping with climate change*. CSIRO, Collingwood, Australia. pp. 3-26
- Mousseau, M. and Saugier, B. 1992. The direct effect of increased CO₂ on photosynthesis and growth of forest tree species. *Journal of Experimental Botany* 43:1121-1130.
- Murray, M.B., Leith, I.D. and Jarvis, P.G. 1996. The effect of long term CO₂ enrichment on the growth, biomass partitioning and mineral nutrition of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). *Trees* 10:393-402.
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. and Nemani, R.R. 1997. Increased plant growth in the

- northern latitudes from 1981 to 1991. *Nature* 386:698-702.
- Onate Rubalcaba, J.J. and Pou Royo, A.P. 1995. Climatic change in Western Spain: are there any correlations with phytoclimates? *International Journal of Biometeorology* 39:22-18.
- Overdieck, D. 1993. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on CO₂ exchange rates of beech stands in small model ecosystems. *Water, Soil and Air Pollution* 70:259-277.
- Overdieck, D. and Forstreuter, M. 1994. Evapotranspiration of beech stands and transpiration of beech leaves subject to atmospheric CO₂ enrichment. *Tree Physiology* 14:997-1003.
- Pettersson, R. and McDonald, A.J.S. 1994. Effects of nitrogen supply on acclimation of photosynthesis to elevated CO₂. *Photosynthesis Research* 39:389-400.
- Piervitali, E. Colacino, M. and Conte, M. 1997. Signals of climate change in the central-western Mediterranean basin. *Theoretical and Applied Climatology* 58:211-219.
- Pitelka, L.F. and Plant Migration Workshop Group. 1997. Plant migration and climate change. *American Scientist* 85: 464-473.
- Pollack, H.N., Huang, S. and Shen, P. 1998. Climate change record in subsurface temperatures: a global perspective. *Science* 282:279-281.
- Radoglou, K.M. and Jarvis, P.G. 1990. Effects of CO₂ enrichment on four poplar clones. I. Growth and leaf anatomy. *Annals of Botany* 65:617-626.
- Radoglou, K.M. and Jarvis, P.G. 1992. The effects of CO₂ enrichment and nutrient supply on growth, morphology and anatomy of *Phaseolus vulgaris* seedlings. *Annals of Botany* 70:245-256.
- Radoglou, K.M. and Jarvis, P.G. 1993. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on early growth of *Vicia faba*, a plant with large cotyledons. *Plant, Cell and Environment* 16:93-98.
- Rastetter, E.B., G.I. Egren, and G.R. Shaver. 1997. Responses of N-limited ecosystems to increased CO₂: a balanced-nutrition, coupled-element-cycles model. *Ecological Applications* 7: 444-460.
- Rebetez, M., Lugon, R. and Baeriswyl, P.A. 1997. Climatic change and debris flows in high mountain regions - the case study of the ritigraben torrent (Swiss Alps). *Climatic Change* 36:371-89.
- Rowntree, P.R. 1998. Global average climate forcing and temperature response since 1750. *International Journal of Climatology* 18:355-377.
- Sage R.F. 1996. Atmospheric modification and vegetation responses to environmental stress. *Global Change Biology* 2:79-83.
- Salinger, M.J. 1995. Southwest Pacific temperatures: Trends in maximum and minimum temperatures. *Atmospheric Research* 37:87-100.
- Scarascia-Mugnozza, G., Valentini, R., Ceulemans, R. and Isebrands, J.G. (Editors). 1994. Ecophysiology and genetics of trees and forests in a changing environment. *Tree Physiology* 14:659-1095.
- Schimel, D.S. 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology* 1:77-91.
- Schulze E-D, Kelliher FM, Körner C, Lloyd J, Leuning R. 1994. Relationships among maximum stomatal conductance, ecosystem surface conductance, carbon assimilation rate, and plant nitrogen nutrition - a global ecology scaling exercise. *Ann. Rev. Ecol. and Systematics* 25:629.
- Schulze, E-D. 1989. Air pollution and forest decline in a spruce (*Picea abies*) forest. *Science* 244: 776-783.
- Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T., Street, R. 1999. The science of adaptation: a framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4:11-25.
- Steffen WL, Chapin III, F, Sala OE. 1996. Global change and ecological complexity: an international research agenda. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 186.
- Stock, B.J., Fosberg, M.A., Lynham, T.J., Mearns, L.O., Wotton, B.M., Yang, Q., Jin, J.Z., Lawrence, K., Hartley, G.R., Mason, J.A., McKenney, D.W. 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian Boreal Forests. *Climatic Change* 38:1-13.
- Stone, R., Nicholls, N. and Hammer, G. 1996. Frost in northeast Australia: trends and influences of phases of the southern oscillation. *Journal of Climate* 9:1896-1909.
- Tol, R.S. and de Vos, A.F. 1998. A bayesian statistical analysis of the enhanced greenhouse effect. *Climatic*

- Change 38:87-112.
- Väisänen, H., Strandman, H. and Kellomäki, S. 1994. A model to simulate the effects of changing climate on the functioning and structure of boreal forest ecosystem: An approach based on object-oriented design. *Tree Physiology* 14:1081-1095.
- Vitousek, P.M., Aber, J.D., Howarth, R.W., Likens, G.E., Matson, P.A., Schindler, D.W., Schlesinger, W.H. and Tilman, D. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications* 7:737-750.
- Walker B.H. 1994. Landscape to Regional-Scale Responses of Terrestrial Ecosystems to Global Change. *Ambio* 23:67-73.
- Walker BH, and Steffen W.L. 1993. Rangelands and Global Change. *Rangeland Journal* 15: 95-103.
- Wu, Z.E., Newell, R.E. and Hsiung, J. 1990. Possible factors controlling global marine temperature variations over the past century. *Journal of Geophysical Research* 95:11799-11810.
- Zheng, X., Basher, R.E. and Thompson, C.S. 1997. Trend detection in regional-mean temperature: maximum, minimum, mean temperature, diurnal range and SST. *Journal of Climate* 10:317-326.

Αρχές λειτουργίας και οδηγίες προς τους συγγραφείς επιστημονικών εργασιών του περιοδικού “ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ”

Γεωτεχνικοί και άλλοι επιστήμονες, που επιθυμούν να δημοσιεύσουν εργασίες στο επιστημονικό περιοδικό του ΓΕΩΤ.Ε.Ε. (ερευνητικές εργασίες ή άρθρα ανασκόπησης), πρέπει κατά τη σύνταξη των εργασιών να έχουν υπόψη τους τα εξής:

1. Οι προς δημοσίευση εργασίες πρέπει να είναι πλήρεις από κάθε άποψη και να είναι δακτυλογραφημένες σε διπλό διάστημα με ευρέα περιθώρια και αρίθμηση κάθε σειράς. Οι λέξεις (επιστημονικά ονόματα φυτών, ζώων, μικροβίων κλπ.) που πρέπει να τυπωθούν με λοξά γράμματα να υπογραμμίζονται. Θα υποβάλλεται το πρωτότυπο και δύο φωτοαντίγραφα.

Εφόσον κριθεί δημοσιεύσιμη θα πρέπει να σταλεί το τελικό κείμενο σε ένα αντίγραφο καθώς και δισκέτα 3.5" που θα το περιέχει σε μορφή αρχείου γραμμένου σε word for windows.

2. Το μέγεθος - έκταση των εργασιών δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 20 δακτυλογραφημένες σελίδες, συμπεριλαμβανομένων των πινάκων, διαγραμμάτων, φωτογραφιών κ.ά.

3. Τα σύμβολα και οι μονάδες διαφόρων μετρικών συστημάτων θα είναι τα διεθνώς χρησιμοποιούμενα του δεκαδικού διεθνούς συστήματος και όχι του αγγλοσαξωνικού.

4. Κάθε εργασία θα συνοδεύεται από μία ξεχωριστή σελίδα στην οποία θα αναγράφονται:

- Ο τίτλος της εργασίας

- Τα ονόματα των συγγραφέων

- Το ίδρυμα ή ο φορέας στον οποίο εργάζονται οι συγγραφείς

- Πλήρης διεύθυνση και τηλέφωνο του κύριου συγγραφέα.

5. Κάθε ερευνητική εργασία θα πρέπει να έχει ορισμένη δομή και θα πρέπει να περιλαμβάνει:

α) Ελληνική περίληψη εκτάσεως 15-30 σειρών στην αρχή του κειμένου.

β) Εισαγωγή

γ) Υλικά και μέθοδος

δ) Αποτελέσματα

ε) Συζήτηση - Συμπεράσματα.

στ) Ξενόγλωσση περίληψη (abstract, κατά προτίμηση στην αγγλική) με τον πλήρη τίτλο και τα ονόματα των συγγραφέων.

6. Οι πίνακες θα πρέπει να δακτυλογραφούνται σε ξεχωριστή σελίδα και να αριθμούνται κατά τη σειρά εμφανίσεώς τους στο κείμενο. Η αρίθμηση θα γίνεται με λατινικούς αριθμούς (I,II,III,IV, κλπ.). Στο επάνω μέρος του πίνακα θα υπάρχει συνοπτικός περιγραφικός τίτλος. Επεξηγήσεις θα δίνονται στο κάτω μέρος και θα αριθμούνται ως α,β,γ, κλπ. Θα πρέπει να αποφεύγεται η παράθεση ευμεγέθων πινάκων με πάρα πολλούς αριθμούς.

7. Τα γραμμικά σχέδια - σχήματα (επίσης χημικοί τύποι ή πολύπλοκες μαθηματικές σχέσεις) θα είναι επιμελώς σχεδιασμένα με σιλική μελάνη σε χαρτί σχεδιάσεως ή ριζόχαρτο. Τα γράμματα και οι αριθμοί θα πρέπει να είναι ανάλογου μεγέθους, ώστε να παραμένουν ευανάγνωστα σε περίπτωση σμίκρυνσης του σχήματος. Το ελάχιστο μέγεθος των σχεδίων πρέπει να είναι 9x12 εκ. και το μέγιστο 18.5x24 εκ.

Τα σχέδια πρέπει να αριθμούνται με αραβικούς αριθμούς ύστερα από τη λέξη “σχήμα” (π.χ. Σχήμα 1). Ο τίτλος (λεξάντα) των σχημάτων και των εικόνων (φωτογραφιών) θα δακτυλογραφείται σε ξεχωριστή σελίδα και όχι επάνω στο σχήμα.

Οι φωτογραφίες πρέπει να είναι καλής ποιότητας και να έχουν καλό κοντράστ και ευκρίνεια.

8. Οι λεξάντες των σχημάτων, των πινάκων και των φωτογραφιών που θα υπάρχουν στην εργασία θα πρέπει ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ να είναι γραμμένες εκτός από την ελληνική γλώσσα και στην ξένη γλώσσα την οποία ο συγγραφέας ή οι συγγραφείς έχουν χρησιμοποιήσει για να γράψουν και την περίληψη της εργασίας τους.

9. Η βιβλιογραφία, θα πρέπει να δίνεται - τόσο εντός κειμένου όσο και στο τέλος - με ορισμένο τρόπο. Συνιστάται να ακολουθείται το σύστημα HARVARD, οι βασικές αρχές του οποίου είναι:

α) Εντός του κειμένου οι βιβλιογραφικές αναφορές θα περιλαμβάνουν το όνομα του συγγραφέα και τη χρονολογία, αμφότερα εντός παρενθέσεως ή μόνο τη χρονολογία. Σε περίπτωση δύο συγγραφέων θα αναφέρονται και οι δύο (π.χ. Βασιλείου και Παύλου, 1988). Εάν οι συγγραφείς είναι περισσότεροι των δύο, τότε η καταχώρηση γίνεται ως Βασιλείου κ.α. (1988). Το ίδιο γίνεται και για τα ξένα ονόματα.

Εάν υπάρχουν περισσότερες της μίας βιβλιογραφικές αναφορές σε συνέχεια, τότε η παράθεσή τους γίνεται κατά χρονολογική σειρά (π.χ. Jones 1982, Reter 1984, Demeter και Peterson 1987).

Εάν υπάρχουν από τον ίδιο συγγραφέα περισσότερες από μία δημοσιεύσεις του ίδιου έτους, τότε αριθμούνται ως α,β,γ, (π.χ. Jones 1988α, Jones 1988β).

10. Η παράθεση της βιβλιογραφίας στο τέλος της εργασίας θα ακολουθεί τους εξής κανόνες:

α) Η σειρά παράθεσης θα γίνεται με απόλυτη αλφαβητική σειρά του ονόματος του ίδιου συγγραφέα. Δεν θα υπάρχει αρίθμηση.

β) Κάθε βιβλιογραφία θα έχει τα ονόματα των συγγραφέων, τη χρονολογία δημοσίευσής, τον τίτλο της εργασίας, τον τίτλο του περιοδικού (διεθνώς αναγνωρισμένο συντομευμένο τίτλο), τον τόμο και την πρώτη και τελευταία σελίδα.

Εργασίες μη δημοσιευμένες δεν θα καταχωρούνται ως βιβλιογραφική αναφορά, εκτός εάν έχουν γίνει αποδεκτές προς δημοσίευση σε κάποιο περιοδικό. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να αναφέρεται π.χ. "προς δημοσίευση Journal of Agriculture, Τεύχος 10".

Σε περίπτωση ανακοινώσεως σε Επιστημονικό Συνέδριο θα αναγράφεται ο τίτλος της εργασίας, το θέμα του συνεδρίου και ο τόμος και η σελίδα των πλήρων πρακτικών ή των περιλήψεων των πρακτικών στην οποία υπάρχει η ανακοίνωση.

Βιβλιογραφικές αναφορές από περιοδικό τύπο θα αναγράφουν τον τίτλο της δημοσίευσης, το όνομα του εντύπου, το έτος, τον αριθμό τεύχους και τον αριθμό σελίδας.

11. Οι εργασίες που συντάσσονται και υποβάλλονται στο ΓΕΩΤ.Ε.Ε. με βάση τις ισχύουσες "οδηγίες συγγραφής", παίρνουν κατά την εισαγωγή τους έναν αύξοντα αριθμό με τον οποίο και στη συνέχεια ακολουθούν την όλη διαδικασία κρίσης, δημοσίευσης.

12. Η Συντακτική Επιτροπή (Σ.Ε.), στην πρώτη μετά την υποβολή εργασίας συνεδρίαση, ορίζει δύο κριτές, εξειδικευμένους γεωτεχνικούς στο σχετικό με την εργασία ή το συγγενέστερο γνωστικό πεδίο.

Οι κριτές δεν επιτρέπεται να προέρχονται από τον ίδιο εργασιακό χώρο.

13. Στους ορισθέντες κριτές στέλνεται αντίγραφο της εργασίας καθώς και έντυπο ερωτηματολόγιο κρίσης - αξιολόγησής της, το οποίο συντάχθηκε από τη Σ.Ε.

14. Στους κριτές ορίζεται ημερομηνία παράδοσης - επιστροφής της κρίσης και της εργασίας και όποιων άλλων παρατηρήσεων και υποδείξεων.

15. Ενδεχόμενες παρατηρήσεις, υποδείξεις και προτάσεις, ενός ή και των δύο κριτών για διόρθωση και βελτίωση σημείων της εργασίας, στέλνονται στον συγγραφέα για κατάλληλη επεξεργασία, επαναδιατύπωση και διόρθωση.

16. Η διορθωμένη από τον συγγραφέα εργασία, εφόσον πρόκειται για σημαντικές διορθώσεις, στέλνεται και πάλι στον κριτή ή και στους δύο κριτές για να διαπιστωθεί εάν έχουν γίνει οι προταθείσες διορθώσεις.

17. Στις περιπτώσεις που μια από τις δύο κρίσεις είναι αρνητική, η εργασία συνοδευμένη και από τις δύο κρίσεις, στέλνεται σε τρίτο κριτή για τελική θετική ή αρνητική κρίση.

18. Στις περιπτώσεις απορριπτικών κρίσεων, επιστρέφεται στον συγγραφέα η εργασία, με διευκρινιστική επιστολή του προέδρου του ΓΕΩΤ.Ε.Ε. στην οποία επισυνάπτονται και τα κείμενα των κρίσεων.

19. Τα ονόματα των συγγραφέων και των κριτών δεν είναι σε καμία περίπτωση ανακοινώσιμα.

20. Μετά την ολοκλήρωση όλων των σταδίων προετοιμασίας εκτυπώνονται τα δοκίμια, τα οποία στέλνονται στον συγγραφέα για τελική διόρθωση. Κατά την διόρθωση των δοκιμίων δεν επιτρέπονται αλλαγές κειμένου.

Η σειρά δημοσίευσης εξαρτάται πλέον από την ταχύτητα διόρθωσης και επιστροφής των δοκιμίων από τον συγγραφέα.

21. Δεν επιτρέπεται η δημοσίευση εργασιών οι οποίες έχουν δημοσιευθεί σε άλλα περιοδικά ή πρακτικά συνεδρίων.

22. Τέλος σ' ότι αφορά το περιεχόμενο του κάθε τεύχους, παρ' ότι η Σ.Ε. επιδιώκει να υπάρχουν εργασίες όλων των κλάδων, συχνά ολοκληρώνεται η απαραίτητη ύλη για έκδοση τεύχους με περισσότερες εργασίες από ένα κλάδο. Αυτό δεν αποτελεί εμπόδιο για την Σ.Ε. στην προώθηση της έκδοσης των τευχών.