

Οργανικός Άνθρακας στα Δασικά Εδάφη του Κόσμου και της Ελλάδας

Π. Μιχόπουλος, Γ. Νάκος, Κ. Καούκης, Α. Οικονόμου

ΕΛ.Γ.Ο. ΔΗΜΗΤΡΑ

**Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων
και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων**

Δασικά εδάφη διαφορετικών οικολογικών περιοχών



Βόρειος Ευρώπη και Β. Αμερική



Τροπικό δάσος



Μεσογειακή ζώνη Ελλάδας



Ζώνη ελάτης-οξυάς στην Ελλάδα

Αποθέματα Άνθρακα (C) στα Δασικά Εδάφη του Κόσμου

Τα δασικά εδάφη αποτελούν μία σημαντική αποθήκευση άνθρακα. Περίπου η μισή ποσότητα του άνθρακα στη στεριά είναι αποθηκευμένη σε δάση (1146×10^{15} g) και από αυτήν την ποσότητα τα δύο τρίτα είναι αποθηκευμένα στο έδαφος.

Τα αποθέματα άνθρακα στα εδάφη ποικίλλουν.

Γενικά είναι υψηλά στα ψυχρά κλίματα και ελαττώνονται στα θερμά και υγρά κλίματα. Στα δάση των ψυχρών περιοχών ο άνθρακας στο έδαφος μπορεί να φτάσει στο 80% του συνόλου του αποθηκευμένου άνθρακα σε φυτά και εδάφη, ενώ στα τροπικά δάση φτάνει το 50%. Στις εύκρατες περιοχές ο συνολικός άνθρακας φτάνει περίπου το 60%.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκράτηση του άνθρακα από τα δασικά εδάφη είναι:

- Η έκθεση μιας περιοχής
- Το δασοπονικό είδος
- Η μηχανική σύσταση του εδάφους

Εκτιμήσεις για τα μέσα αποθέματα C (tn/ha) σε φυτική βιομάζα και εδάφη σε δάση διαφορετικών οικολογικών ζωνών

	Φυτά	Εδάφη
Τροπικά Δάση	157	122
Δάση εύκρατης ζώνης	96	122
Δάση ψυχρών περιοχών	53	300

Εκτιμήσεις για τα συνολικά αποθέματα C (Pg) σε φυτική βιομάζα και εδάφη σε δάση διαφορετικών οικολογικών ζωνών

	Φυτά	Εδάφη
Τροπικά Δάση	340	213
Δάση εύκρατης ζώνης	139	153
Δάση ψυχρών περιοχών	57	338

Εκτιμήσεις για τα συνολικά αποθέματα C στα δασικά εδάφη της Ελλάδας

Ο υπολογισμός των αποθεμάτων άνθρακα έγινε από το έργο της Ταξινόμησης Γαιών που διήρκεσε 22 χρόνια (1978-2000). Εκτελέστηκε από το Υπουργείο Γεωργίας σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών Αθηνών.

Για τον υπολογισμό των αποθεμάτων του άνθρακα επεξεργαστήκανε πληροφορίες από 2260 εδαφοτομές.

Κύριες Ζώνες Φυσικής Βλάστησης στην Ελλάδα

1. *Η ζώνη των αειφύλλων πλατυφύλλων*

Απαντάται μεταξύ των υψομέτρων 0 και 300-1300 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εξάπλωση και καταλαμβάνει το 47,5% της έκτασης της χώρας. Η φυσική βλάστηση είναι κυρίως αείφυλλοι θάμνοι διαφόρων ειδών καθώς και τα υψηλά δάση κυρίως χαλεπίου και τραχείας πεύκης

2. *Η ζώνη των φυλλοβόλων δρυών*

Απαντάται μεταξύ των υψομέτρων 200-300 m και 1000-1300 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Είναι η δεύτερη σε έκταση ζώνη φυσικής βλάστησης και καταλαμβάνει το 39,2% της χώρας. Στη ζώνη αυτή απαντώνται κυρίως διάφορα είδη και υποείδη φυλλοβόλων δρυών

3. Η ζώνη της ελάτης (με τις υποζώνες της πεύκης και της οξιάς)

Απαντάται μεταξύ των υψομέτρων 700-800 m και 1600-1800 m από την επιφάνεια της θάλασσας στο κυρίως ορεινό τμήμα της χώρας. Είναι η σπουδαιότερη δασική ζώνη και καλύπτει το 11,8% της έκτασης της χώρας.

4. Η ψευδαλπική ζώνη

Απαντάται από τα 1600 m περίπου από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι τις κορυφές των υψηλότερων ορέων και καλύπτει το 1,5% της συνολικής έκτασης της χώρας.



Μεσογειακή ζώνη (αείφυλλα πλατύφυλλα)



Υπομεσογειακή ζώνη (φυλλοβόλες δρυς)



Ορεινή ζώνη (ελάτη)

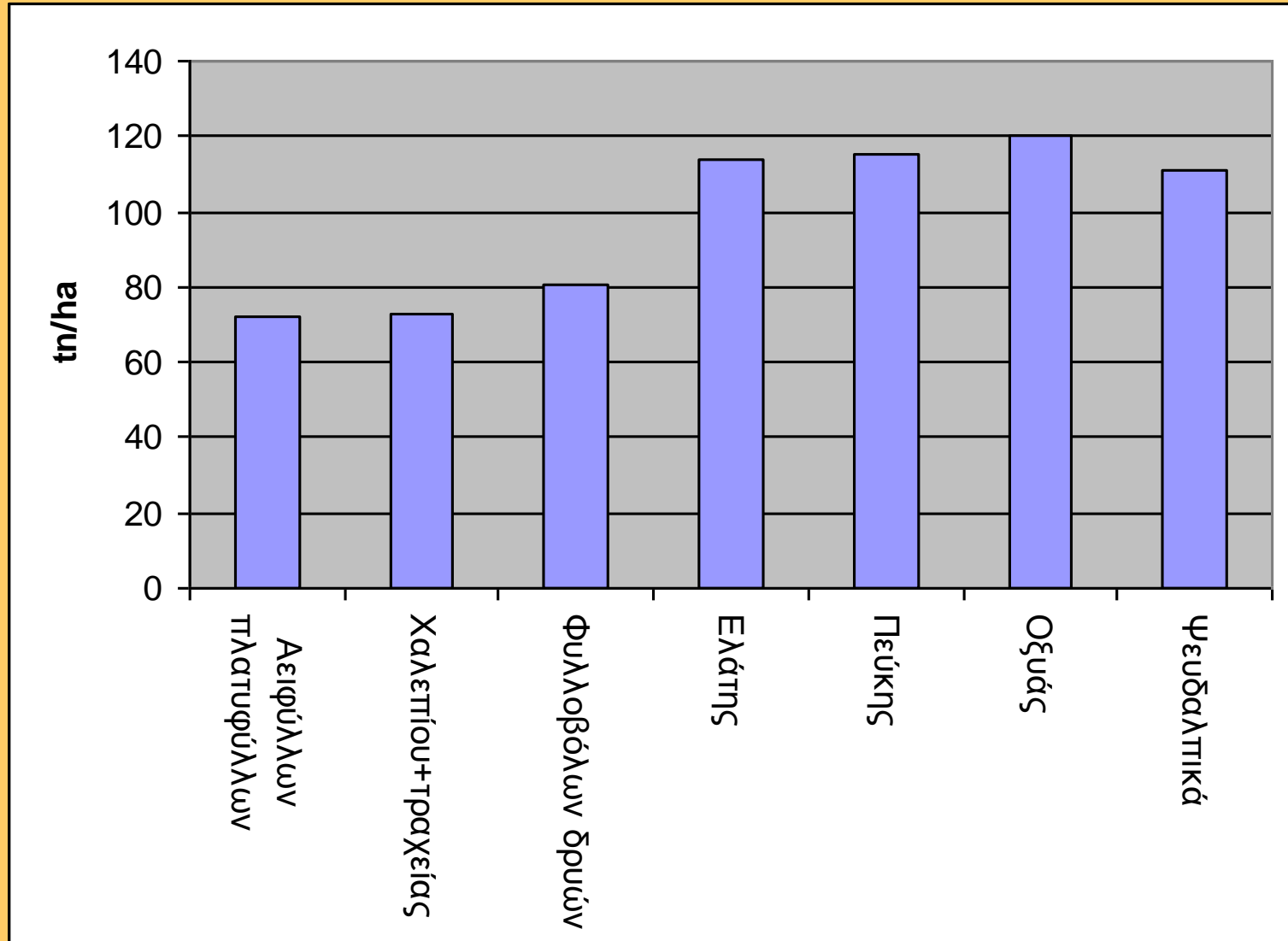


Ψευδαλπική ζώνη (θαμνώδης βλάστηση)

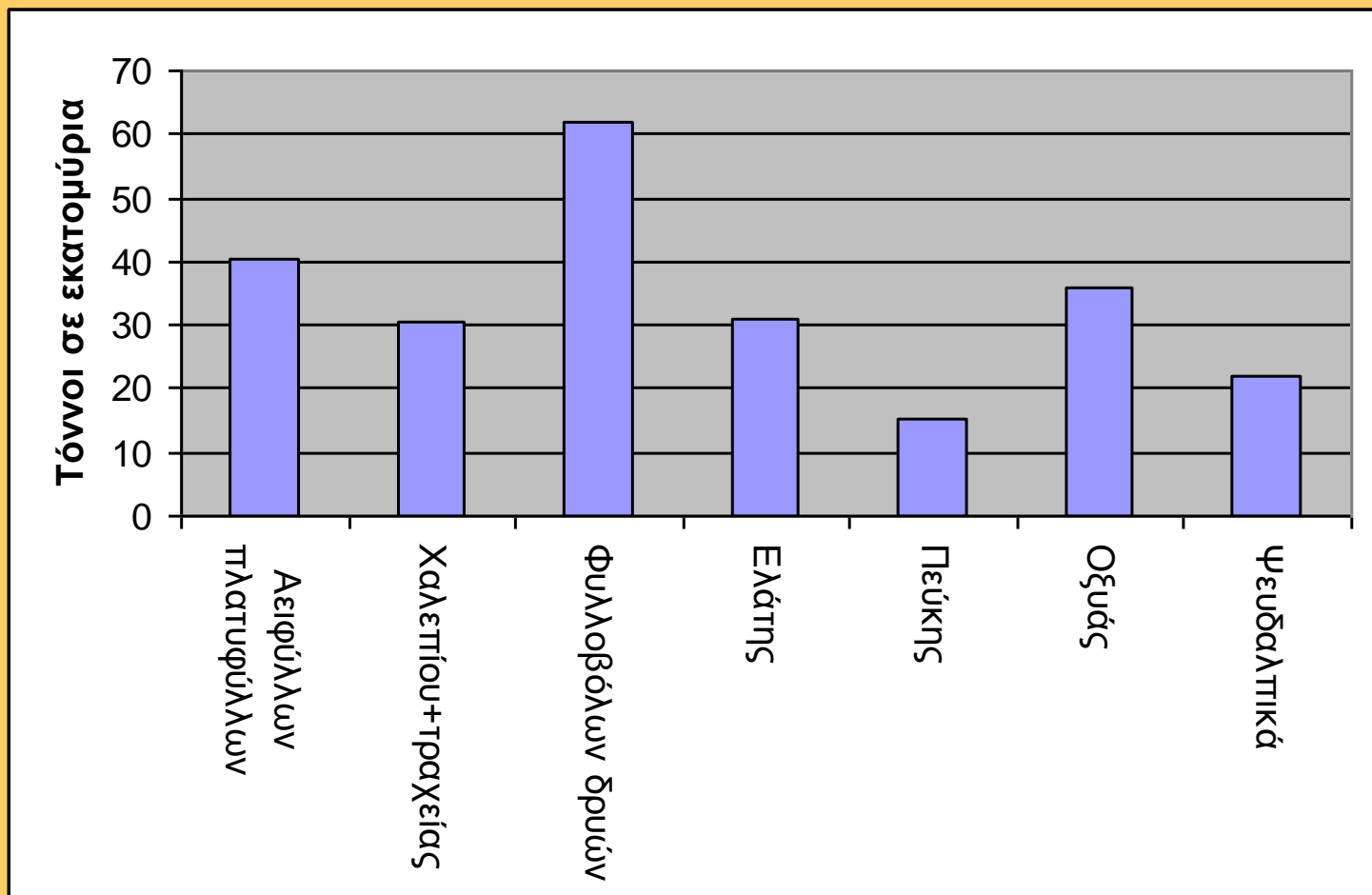
Κατανομή συνολικών αποθεμάτων άνθρακα (tn/ha) σε δασικά εδάφη στις 4 οικολογικές ζώνες

	Μεσογειακή ζώνη	Ζώνη φυλλοβόλων δρυών	Ζώνη ελάτης	Ψευδαλπική ζώνη
Μέση τιμή	72,3	80,3	116	111
Συντελεστής παραλλακτικότητας %	54,5	48,3	51,7	58
Αριθμός εδαφοτομών	859	700	618	82

Μέσες τιμές (tn/ha) των συνολικών αποθεμάτων οργανικού άνθρακα στο έδαφος (μέχρι το βάθος του μητρικού πετρώματος) κατά δασικό είδος και ζώνη βλάστησης



Συνολικά αποθέματα (εκατομμύρια τόνοι) άνθρακα κατά δασικό είδος και ζώνη βλάστησης



Εκτιμήσεις για τα μέσα αποθέματα C (tn/ha) από το Ευρωπαϊκό δίκτυο του ICP Forests Level I

Εκτός από το εθνικό δίκτυο της ταξινόμησης γαιών υπάρχει και ένα άλλο Ευρωπαϊκό 16 km x 16 km. Οι περισσότερες χώρες το έχουν ήδη εκτελέσει, ενώ η χώρα μας το εκτελεί τώρα και ευρίσκεται προς το τέλος. Οι θέσεις δειγματοληψίας που προκύπτουν είναι 102, αρκετά λιγότερες από το παλιό αλλά υπάρχουν ορισμένα πλεονεκτήματα.

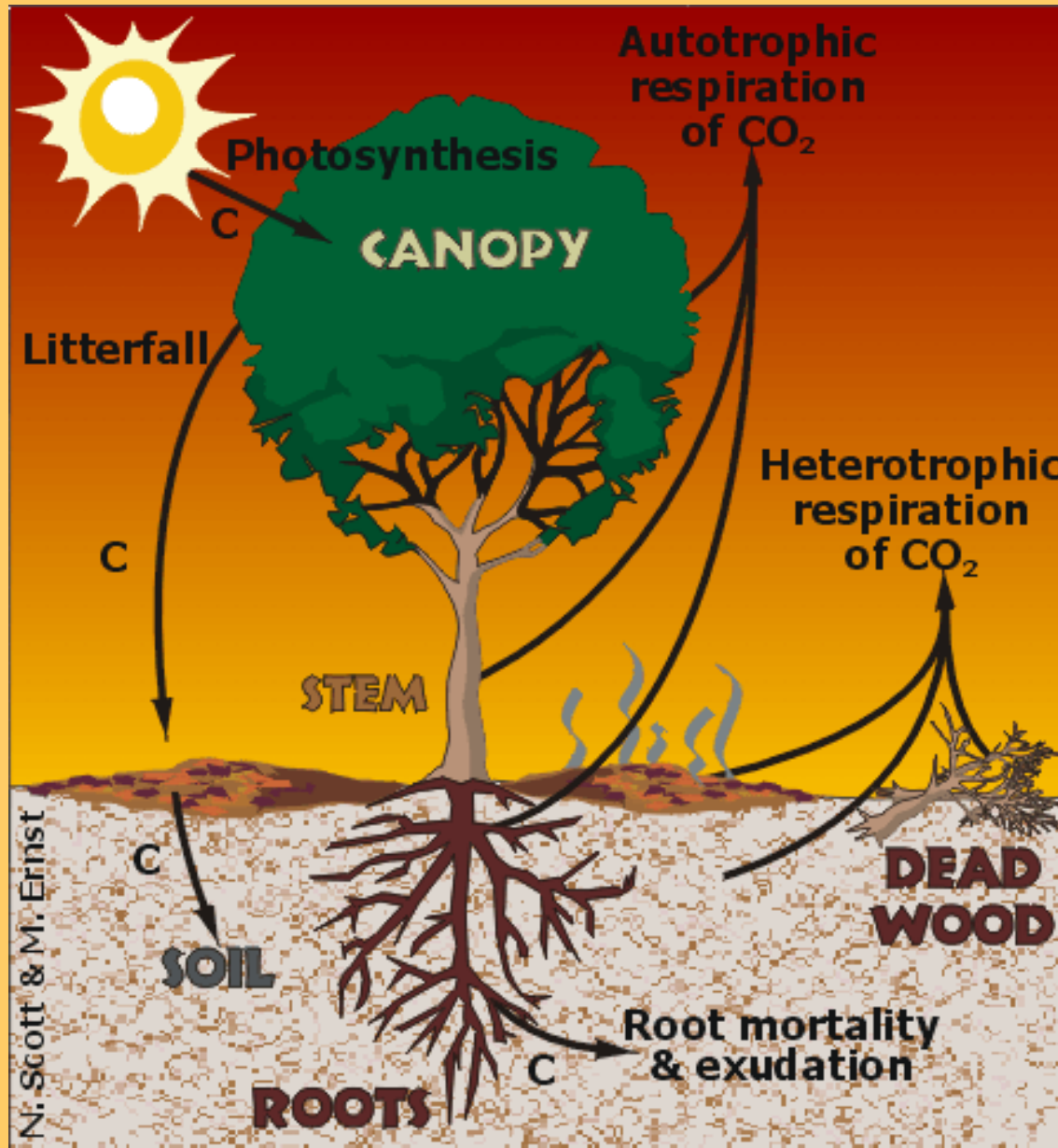
1. Οι σύγχρονες θέσεις δειγματοληψίας έχουν εντοπιστεί με μεγάλη ακρίβεια (σε σχέση με τη διαθέσιμη τεχνολογία 30 χρόνια πριν και συνεπώς μπορεί να γίνει καινούργια δειγματοληψία με σκοπό τις αλλαγές στις συγκεντρώσεις και τα αποθέματα του άνθρακα.
2. Τα αποτελέσματα της καινούργιας δειγματοληψίας θα συσχετιστούν με εκείνα των άλλων χωρών της Ευρώπης και θα εξαχθούν συμπεράσματα από τη σύγκριση.

Επίδραση της Κλιματικής Μεταβολής στα Αποθέματα Άνθρακα του Εδάφους

Η κλιματική μεταβολή επιδρά στα δασικά εδάφη μέσω των αλλαγών στη δυναμική του άνθρακα.

Πιο συγκεκριμένα, η αυξημένη συγκέντρωση CO_2 επιδρά στα προϊόντα της φωτοσύνθεσης που καταλήγουν στο έδαφος και η αύξηση της θερμοκρασίας στην αναπνοή των μικροοργανισμών του εδάφους.

Ροές του άνθρακα μεταξύ δάσους και ατμόσφαιρας



Η πρόβλεψη της αντίδρασης των δασικών οικοσυστημάτων, συνεπώς και του εδάφους δεν είναι εύκολη δεδομένου ότι χρειάζονται παρατηρήσεις πολλών χρόνων. Έτσι οι απαντήσεις που έχουμε προέρχονται από:

1. Πειράματα σε εργαστήριο με τεχνητό εμπλουτισμό της ατμόσφαιρας με CO_2 .
2. Πειράματα με τεχνητό εμπλουτισμό της ατμόσφαιρας δασοσυστάδων με CO_2 .
3. Μακρόχρονη παρακολούθηση πειραματικών επιφανειών.

Τεχνητός εμπλουτισμός ατμόσφαιρας φυτών με CO₂



Τεχνητός εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας δασοσυστάδων με CO₂



Μόνιμη πειραματική επιφάνεια σε αείφυλλα πλατύφυλλα στην περιοχή της Αμφιλοχίας



Μόνιμη πειραματική επιφάνεια στην περιοχή Καρπενησίου



Μόνιμη πειραματική επιφάνεια στην περιοχή της Όσσας



Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα θα προκαλέσει αύξηση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης και λογικά αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους λόγω αυξημένης φυλλόπτωσης. Ωστόσο η αποθήκευση της οργανικής ουσίας στο έδαφος εξαρτάται από τη δράση των μικροοργανισμών αποικοδόμησης.

Τα περισσότερα πειράματα έχουν δείξει με αύξηση του CO₂ ότι θα υπάρξει αύξηση των λεπτών ριζών των δέντρων καθώς και της επιμόλυνσης με μυκόριζα. Αυτό που αλλάζει δηλαδή είναι οι διεργασίες του χώρου της ριζόσφαιρας.

Ριζόσφαιρα είναι το έδαφος που επηρεάζεται άμεσα από τη φυσιολογία των ριζών ενός φυτού

Biomasse aérienne
310 t/ha

Chute des feuilles

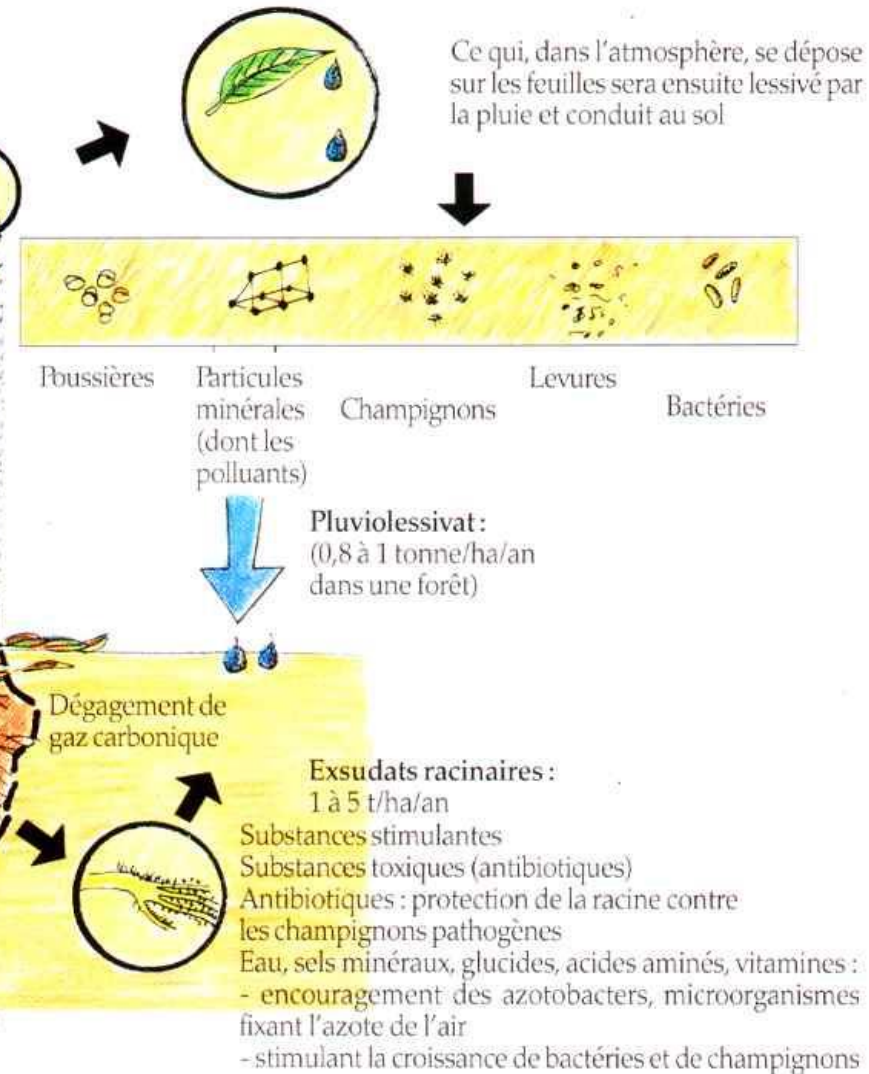
Litière:
3 à 4 t/ha/an

Biomasse racinaire
80 t/ha

Rhizosphère

Déchets morts racinaires:
2 à 4 t/ha/an

Association mycorhizienne avec un champignon qui pourvoit le système racinaire en matières minérales, en azote, en enzymes et vitamines, et le protège de microorganismes.



Η αύξηση των λεπτών ριζών και των μυκοριζικών μυκήτων οφείλεται στην αύξηση των φωτοσυνθετικών προϊόντων που φτάνουν στις ρίζες. Η έκκριση ουσιών από τις ρίζες και θάνατος των λεπτών ριζών και των μυκήτων προμηθεύει στους ετερότροφους μικροοργανισμούς ένα εύκολα αποικοδομήσιμο υλικό.

Η αύξηση όμως του αριθμού των ετερότροφων μικροοργανισμών δε μπορεί να συμβαίνει επ' άπειρον. Θα πρέπει οι μικροοργανισμοί να βρίσκουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά όπως άζωτο, φώσφορος κ.λ.π. Συνεπώς και η γονιμότητα του εδάφους παίζει μεγάλο ρόλο.

Η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας γενικά επιταχύνει το ρυθμό αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας του εδάφους αλλά η επίδρασή της δεν είναι η ίδια σε όλους τους τύπους εδαφών. Εδάφη που η χημική σύσταση της οργανικής ουσίας είναι ανθεκτική στη διάσπαση από μικροοργανισμούς δεν θα χάσουν μεγάλα αποθέματα άνθρακα.

Αντίθετα, εδάφη σε ψυχρά κλίματα έχουν μεγάλες ποσότητες αποικοδομήσιμης οργανικής ουσίας και συνεπώς αυτά θα γίνουν πηγή εκπομπών CO₂.

Τελικά η αποθήκευση του άνθρακα στα δασικά εδάφη εξαρτάται από τον ισολογισμό μεταξύ του ρυθμού μετατροπής των φυτικών υπολειμμάτων σε εδαφική οργανική ουσία και του ρυθμού αναπνοής των ετερότροφων μικροοργανισμών και των ριζών. Προς το παρόν τα δασικά εδάφη είναι αποθηκευτές άνθρακα.

Επίδραση των Αλλαγών Χρήσεως Γης και της Διαχείρισης των Δασών στην Αποθήκευση Άνθρακα στο έδαφος

Η μεταβολή των δασών σε αγρούς προκαλεί αλλαγή των ιδιοτήτων των εδαφών, ειδικότερα της συγκέντρωσης του οργανικού άνθρακα. Από τη διεθνή βιβλιογραφία υπολογίζεται ότι ένα απόθεμα της τάξης του 20-50% χάνεται. Η απώλεια αυτή οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα:

1. Στην ελάττωση της βιομάζας (υπέργειας και υπόγειας) που επιστρέφει στο έδαφος.
2. Στην αλλαγή της θερμοκρασίας και υγρασίας του εδάφους με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας.

3. Στην αύξηση του ρυθμού αποικοδόμησης των αγροτικών υπολειμμάτων σε σχέση με τα υπολείμματα των δασικών φυτών εξαιτίας της χαμηλής αναλογίας C/N στα γεωργικά φυτά.

4. Στην υποβάθμιση της δομής του εδάφους που επιτείνεται από την έλλειψη του προστατευτικού καλύμματος του δασικού τάπητα και την αύξηση του ρυθμού διάβρωσης.



Δασικό έδαφος με
προστατευτικό τάπητα



Γεωργικό έδαφος χωρίς
προστατευτικό κάλυμμα

Αναδασώσεις εγκαταλειμμένων αγρών

Οι αναδασώσεις εγκαταλειμμένων αγρών δεν αυξάνουν αμέσως το ποσό του άνθρακα που δεσμεύεται από το έδαφος. Χρειάζεται να περάσουν μερικά χρόνια. Η ικανότητα των παλαιών αγροτικών εδαφών να αποθηκεύσουν περισσότερο άνθρακα με τη μετατροπή τους σε δασικά εδάφη εξαρτάται από την παρελθούσα βλάστηση, το δασικό είδος που θα εγκατασταθεί, το κλίμα καθώς και την υποβλάστηση που θα αναπτυχθεί στο καινούργιο δάσος.

Έτσι έχει βρεθεί ότι αναδάσωση με φυλλοβόλα είδη συνεισφέρει στην αποθήκευση του άνθρακα στο έδαφος περισσότερο από τα κωνοφόρα. Το αποτέλεσμα είναι καλύτερο όταν το ριζικό σύστημα των δασικών ειδών σχηματίζει συμβίωση με αζωτοδεσμευτικά βακτήρια. Το ίδιο ισχύει και για το ριζικό σύστημα της υποβλάστησης.

Με την πάροδο του χρόνου και με παράταση του χρόνου περιφοράς όλες οι αναδασώσεις συνεισφέρουν στη συγκράτηση άνθρακα.

Οι αναδασώσεις όμως ως εργαλείο για την αύξηση της αποθήκευσης του άνθρακα στο έδαφος περιορίζεται από τις διαθέσιμες αγροτικές επιφάνειες προς αναδάσωση. Έχει υπολογισθεί ότι περίπου 20% των αγροτικών εκτάσεων στην Ευρώπη μπορούν να είναι διαθέσιμες προς αναδάσωση.



Διαχείριση Δασών

Οι αραιώσεις των δασών αλλάζουν το μικροκλίμα. Περισσότερη ακτινοβολία φτάνει στο έδαφος και η εξατμισιοδιαπνοή ελαττώνεται.



Μορφές αραιώσεων

Το αποτέλεσμα είναι η επιτάχυνση της αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας του εδάφους και απώλεια άνθρακα. Το μικροκλίμα επιστρέφει στην πρώτη κατάσταση αρκεί οι αραιώσεις να μην είναι συχνές και σε μεγάλη έκταση.

Η χρήση μηχανημάτων στις αραιώσεις μπορούν να επιφέρουν μεγάλες απώλειες άνθρακα από το ανόργανο έδαφος γιατί το ανακατεύουν και το φέρνουν στην επιφάνεια.



Τα υπολείμματα των αραιώσεων, εφόσον δεν υπάρχει κίνδυνος φωτιάς, μπορούν να αφεθούν επιτόπου για τον εμπλουτισμό του εδάφους με άνθρακα

Για τις υλοτομίες ισχύει ότι και για τις αραιώσεις αλλά εδώ θα πρέπει να τονισθεί ότι βαριές υλοτομίες μπορεί να επιφέρουν ελάττωση του άνθρακα στο έδαφος ακόμα και 50% στις πρώτες δεκαετίες μετά την υλοτομία



Σας Ευχαριστώ

