

Ορισμός του εδάφους

Το έδαφος αποτελεί ένα πολύ σημαντικό φυσικό πόρο από το οποίο εξαρτάται όχι μόνο η οικονομία, σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα, αλλά και η διατήρηση τουλάχιστον της χερσαίας ζωής στον πλανήτη μας. Για το έδαφος ως φυσικός σχηματισμός της επιφάνειας της γης έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί, επειδή χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο με ποικίλους τρόπους. Δηλαδή το έδαφος ορίζεται ανάλογα με τις εκάστοτε χρήσεις του από τον άνθρωπο. Για παράδειγμα, ένας μεταλλειολόγος αντιλαμβάνεται το έδαφος ως αδρανές υλικό, που πρέπει να απομακρύνει προκειμένου να εξορύξει τα επιθυμητά μεταλλεύματα. Ένας πολιτικός μηχανικός αντιλαμβάνεται το έδαφος ως υπόστρωμα των δομικών δραστηριοτήτων του και τον ενδιαφέρουν οι ιδιότητες του εδάφους που σχετίζονται με τη συνοχή, συνάφεια και σταθερότητα αυτού του υποστρώματος στα διάφορα δομικά φορτία. Ο γεωπόνος αντιλαμβάνεται το έδαφος ως υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών και τον ενδιαφέρουν κυρίως οι ιδιότητες που σχετίζονται με τη γονιμότητα του εδάφους, την άρδευση, κ.λπ.. Ο διαχειριστής φυσικών πόρων αντιλαμβάνεται το έδαφος ως “ζωντανό” οργανισμό που επιδρά στο περιβάλλον και δέχεται επιδράσεις από αυτό. Τον ενδιαφέρει το σύνολο των εδαφικών ιδιοτήτων και η αλληλεξάρτηση αυτών με τις διάφορες χρήσεις της γης, όπως γονιμότητα, εδαφική υποβάθμιση και διάβρωση, εδαφική προστασία, εδαφογένεση και εξέλιξη. Επίσης συσχετίζει το έδαφος με τους υπόλοιπους φυσικούς πόρους και μελετά την αλληλεξάρτηση μεταξύ τους.

Εν γένει, το έδαφος είναι ο φυσικός σχηματισμός, που δημιουργείται στην επιφάνεια της γης από τα προϊόντα αποσάθρωσης των πετρωμάτων με την μακρόχρονη επίδραση του κλίματος και των ζώντων οργανισμών (Εικ. 1). Το έδαφος είναι ένα φυσικό, ανοικτό σύστημα, που δέχεται επιδράσεις από το περιβάλλον και επιδρά στο περιβάλλον. Υπάρχει μια δυναμική ενεργειακή ισορροπία μεταξύ του εδάφους και του περιβάλλοντος. Έτσι το έδαφος συνεχώς μεταβάλλει τις ιδιότητές του και άρα τα δομικά του χαρακτηριστικά. Επομένως, το έδαφος μπορεί να “περιγραφεί” ως ακολούθως:

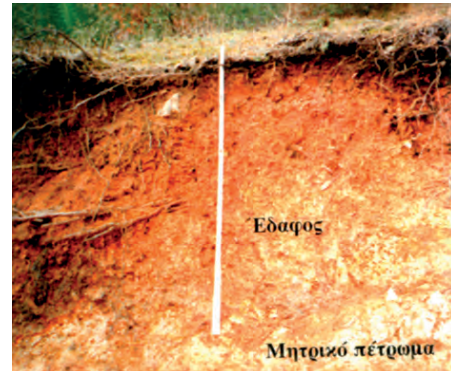
$$s = f(p, c, o, r, t) \text{ όπου: } s = \text{εδαφική ιδιότητα}$$



Παράγοντες
εδαφογένεσης

p = μητρικό υλικό
 c = κλίμα
 o = οργανισμοί
 r = τοπογραφία
 t = χρόνος

Όταν ένας από τους παράγοντες εδαφογένεσης διαφοροποιηθεί, προκύπτει διαφορετικός τύπος εδάφους. Επειδή υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία για καθένα από τους παράγοντες εδαφογένεσης για αυτό άπειρος αριθμός διαφορετικών τύπων εδαφών μπορεί να δημιουργηθεί.



Εικόνα 1. Έδαφος που σχηματίστηκε στην επιφάνεια ηφαιστειακής λάβας.

1 Μητρικό υλικό

Με τον όρο μητρικό υλικό εννοούμε το πέτρωμα ή ορυκτό από το οποίο θα προκύψει με σταδιακή αποσάθρωση (φυσική και χημική) το έδαφος. Η φύση του μητρικού υλικού, δηλαδή η δομή και το μέγεθος των πετρωμάτων και ορυκτών αλλά και η χημική και ορυκτολογική τους σύσταση, επηρεάζει το ρυθμό της “ανάπτυξης” του εδάφους, το ρυθμό εξέλιξής του και τη δράση των άλλων παραγόντων εδαφογένεσης.

2 Κλίμα

Είναι ίσως ο σπουδαιότερος από τους παράγοντες εδαφογένεσης. Η βροχή και η θερμοκρασία επηρεάζουν τόσο καθοριστικά το ρυθμό και την κατεύθυνση των χημικών και βιοχημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο έδαφος, ώστε τα εδάφη κάθε κλιματικής ζώνης να αποκτούν κοινά χαρακτηριστικά και σε διαφορετικά ακόμα μητρικά υλικά.

3 Οργανισμοί

Από τους ζωντανούς οργανισμούς το σημαντικότερο ρόλο παίζει η βλάστηση. Ο ρόλος των κατώτερων οργανισμών όπως οι λειχήνες, τα βρύα και οι μικροοργανισμοί είναι πολύ σημαντικός. Οι οργανισμοί αυτοί επιταχύνουν την φυσική και χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων, δημιουργώντας κατάλληλο υπόβαθρο (έδαφος), για την ανάπτυξη βλάστησης.

Οι ζωικοί οργανισμοί επιδρούν στην εδαφογένεση αποσυνθέτοντας την οργανική ύλη, αναμιγνύοντας τα εδαφικά υλικά και συμβάλλοντας στη δημιουργία δομής στο έδαφος.

4 Τοπογραφικό ανάγλυφο

Το τοπογραφικό ανάγλυφο επηρεάζει τις διεργασίες της εδαφογένεσης και την εξέλιξη του εδαφικού συστήματος κατά πολλούς τρόπους. Επηρεάζεται κυρίως η υγρασία και η θερμοκρασία του εδαφικού υλικού. Η επίδραση του τοπογραφικού αναγλύφου πάνω στο σχηματισμό των εδαφών έγκειται κυρίως στο υψόμετρο και στην κλίση της επιφάνειας του εδάφους. Π.χ., οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ διαφόρων ορεινών περιοχών δημιουργούν κλιματικές διαφοροποιήσεις οι οποίες στη συνέχεια προκαλούν διαφορές στη σύνθεση της βλάστησης. Με αυτό τον τρόπο, το τοπογραφικό ανάγλυφο δρα έμμεσα στο εδαφικό σύστημα.

5 Χρόνος

Ηλικία ενός εδαφικού συστήματος είναι ο χρόνος ο οποίος παρήλθε από τη στιγμή κατά την οποία το μητρικό υλικό βρέθηκε κάτω από την επίδραση του κλίματος, των οργανισμών και του τοπογραφικού αναγλύφου και άρχισε να μετατρέπεται σε έδαφος. Η παραπάνω στιγμή θεωρείται ως ηλικία ίση με το μηδέν. Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του συστήματος, τόσο πιο εξελιγμένο είναι το έδαφος και τόσο περισσότερο διαφέρει η μορφολογία και η σύστασή του από το μητρικό υλικό.

Ιδιότητες του εδάφους

Το έδαφος αποτελείται από τρεις “φάσεις”, δηλαδή την αέρια, την υγρή και την στερεά φάση. Ο όγκος που καταλαμβάνει η καθεμία από αυτές τις υλικές φάσεις στο συνολικό όγκο του εδάφους διαφοροποιείται από έδαφος σε έδαφος, ανάλογα με τις φυσικές και βιοχημικές ιδιότητές του. Σε γενικές γραμμές ο όγκος που καταλαμβάνει η στερεά φάση ανέρχεται στο 50%. Τον υπόλοιπο όγκο καταλαμβάνουν η υγρή και αέρια φάση, δηλαδή το νερό και ο εδαφικός αέρας.

Όπως έμμεσα αναφέρθηκε παραπάνω οι εδαφικές ιδιότητες χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τις φυσικές και τις χημικές. Η σημασία των εδαφικών ιδιοτήτων είναι πολύ μεγάλη, επειδή βάσει αυτών επιτυγχάνεται η κατανόηση της φύσης και συγκρότησης του εδάφους, με αποτέλεσμα τον καθορισμό εκείνων των χρήσεων γης που μεγιστοποιούν το κέρδος και ελαχιστοποιούν την υποβάθμιση του εδαφικού περιβάλλοντος.

1 Φυσικές εδαφικές ιδιότητες

Φυσικές ιδιότητες του εδάφους θεωρούνται οι ιδιότητες εκείνες που σχετίζονται με τη φυσική κατάσταση του εδάφους, ενώ διέπονται και διερευνώνται από τους νόμους της φυσικής. Οι σπουδαιότερες από αυτές είναι η κοκκομετρική σύσταση, η δομή, το εδαφικό πορώδες, η εδαφική θερμοκρασία και το χρώμα του εδάφους.

Κοκκομετρική σύσταση

Το έδαφος είναι ένας σχηματισμός από θρυμματισμένα και διαμερισμένα ορυκτά, οργανική ύλη και πόρους που περιέχουν αέρα και νερό. Δηλαδή η στερεά φάση περιλαμβάνει *ανόργανα* και *οργανικά* συστατικά. Τα ανόργανα συστατικά του εδάφους καταλαμβάνουν σε ένα μέσο έδαφος το 90% με 98% του συνολικού όγκου της στερεάς φάσης. Τα συστατικά αυτά προέρχονται από τη φυσική και χημική αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων και διαφέρουν μεταξύ τους τόσο ως προς το μέγεθος των κόκκων τους, όσο και ως προς την ορυκτολογική τους σύσταση.

Οι κόκκοι των ανόργανων συστατικών του εδάφους χωρίζονται ανάλογα με το μέγεθός τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) Χάλικες, πέτρες: διάμετρος > 2 χιλ. και β) Λεπτή γη: διάμετρος < 2 χιλ.

Η κατηγορία των εδαφικών υλικών με διάμετρο > 2 χιλ. αντιπροσωπεύει το **σκελετό του εδάφους** και η συμβολή τους είναι ελάχιστη στη θρέψη των φυτών. Η **λεπτή γη** περιλαμβάνει τρία κλάσματα: άμμο, ιλύ, άργιλλο.

Άμμος: 2χιλ. $>$ διάμετρος > 0.05 χιλ.

Ιλύς: 0.05χιλ. $>$ διάμετρος > 0.002 χιλ.

Άργιλλος: διάμετρος < 0.002 χιλ.

Κοκκομετρική σύσταση ορίζεται ως η εκατοστιαία αναλογία της άμμου, της ιλύος και της αργίλλου στο σύνολο της λεπτής γης. (π.χ. ένα έδαφος έχει κοκκομετρική σύσταση που ορίζεται από τις ακόλουθες εκατοστιαίες αναλογίες: 30% άργιλλος, 45% άμμος, 25% ιλύς, στο σύνολο της λεπτής γης.). Η άμμος (Sand) αποτελείται από κόκκους αποστρωγγυλευμένους, γωνιώδεις ή ακανόνιστους. Συγκρατεί ελάχιστο νερό, λόγω του μεγάλου πορώδους μεταξύ των κόκκων της. Δεν συγκρατεί θρεπτικά στοιχεία, επειδή έχει μικρή επιφάνεια, και δεν υπάρχουν θετικά ή αρνητικά φορτία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αδυνατεί να σχηματίσει ετεροπολικούς δεσμούς με τα θρεπτικά στοιχεία, όταν αυτά βρίσκονται υπό μορφή ιόντων. Το νερό διέρχεται μέσα από την άμμο με μεγάλη ταχύτητα και δημιουργεί πολύ καλές συνθήκες αερισμού και στράγγισης για την ανάπτυξη των φυτών. Λόγω της μικρής επιφάνειας των κόκκων της, σε σχέση με τον όγκο τους, δεν έχει πλαστικότητα και συνοχή. Όταν π.χ. οι διαστάσεις ενός

τεμαχίου γίνουν 10 φορές μικρότερες σχηματίζονται 1000 νέα σωματίδια με ολική επιφάνεια δεκαπλάσια αυτής του αρχικού.

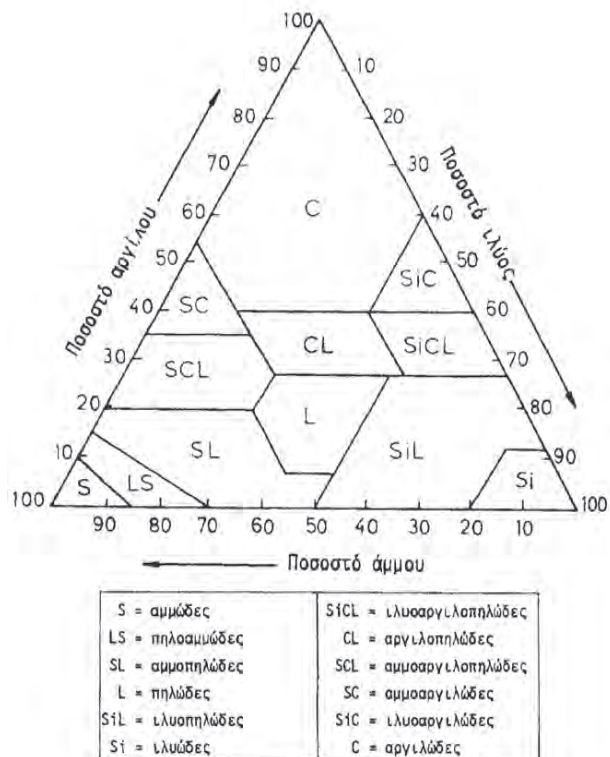
Η ιλύς (Silt) αποτελείται από κόκκους ακανόνιστους. Δημιουργεί λεπτούς πόρους και συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού. Δεν συγκρατεί θρεπτικά στοιχεία. Προκαλεί δυσμενείς συνθήκες αερισμού για την ανάπτυξη των φυτών. Εμφανίζει πλαστικότητα και συνοχή που οφείλονται στο γεγονός, ότι η πληθώρα των κόκκων της ιλύος περιβάλλονται από άργιλλο.

Η άργιλλος (Clay) αποτελείται από κόκκους πεπλατυσμένους. Συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού και σε πολλές περιπτώσεις (τριχοειδείς πόροι) με τόσο μεγάλες δυνάμεις, που το νερό έχει ιδιότητες πάγου, δηλαδή ιδιότητες στερεού σώματος. Συγκρατεί θρεπτικά στοιχεία λόγω της μεγάλης χημικής της επιφάνειας η οποία είναι ως επί το πλείστον αρνητικά φορτισμένη. Δημιουργούνται έτσι ετεροπολικό δεσμοί μεταξύ αυτής και των θετικών ιόντων (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} κ.λπ.), μορφή που βρίσκονται τα θρεπτικά στοιχεία στο εδαφικό διάλυμα. Η ταχύτητα κίνησης του νερού είναι πολύ μικρή λόγω των πολύ μικρών πόρων μεταξύ των τεμαχιδίων της αργίλλου. Επίσης δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες αερισμού και έχει μεγάλη πλαστικότητα και συνοχή. Κατά τη διαβροχή της διαστέλλεται και καθίσταται κολλώδης αποβάλλοντας θερμότητα καλούμενη ως *θερμότητα διαβροχής*. Το σύνολο των ορυκτών της αργίλλου σε ένα έδαφος χαρακτηρίζεται εδαφικό κολλοειδές, ενώ το νερό που εμπλουτισμένο με θρεπτικά στοιχεία κυκλοφορεί μεταξύ του εδαφικού πορώδους καλείται εδαφικό διάλυμα.

Ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής της άμμου, ιλύος και αργίλλου στο έδαφος, τα διάφορα εδάφη διακρίνονται σε κλάσεις *κοκκομετρικής σύστασης*, που φαίνονται στο τρίγωνο των κλάσεων της κοκκομετρικής σύστασης των εδαφών (Εικ. 2).

Δομή

Τα εδαφικά κλάσματα δεν βρίσκονται στο έδαφος μεμονωμένα αλλά συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας *εδαφικά συσσωματώματα*. Η ύπαρξη των εδαφικών συσσωματωμάτων οφείλεται στις δυνάμεις συνοχής και συνάφειας του εδάφους. Οι δυνάμεις συνοχής οφείλονται στην έλξη μεταξύ των ορυκτών της αργίλλου, ενώ οι δυνάμεις συνάφειας οφείλονται στην έλξη μεταξύ του νερού και των εδαφικών κόκκων. Συνεπώς, η δομή του εδάφους αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο οι μεμονωμένοι κόκκοι της άμμου, ιλύος και αργίλλου είναι συνδεδεμένοι και τοποθετημένοι μεταξύ τους στη φυσική κατάσταση του εδάφους.



Εικόνα 2 Διάγραμμα χαρακτηρισμού των κλάσεων κοκκομετρικής σύστασης των εδαφών.

Επιθυμητή εδαφική δομή είναι η δομή εκείνη η οποία μεγιστοποιεί τα οφέλη για κάποια συγκεκριμένη χρήση γης. Δηλαδή διαφορετική είναι η επιθυμητή δομή για την καλλιέργεια σιτηρών, την καλλιέργεια ρυζιού, την εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού ή την ανέγερση δομικών στοιχείων (δρόμοι, κτίρια κ.ά.).

Παράγοντες που επηρεάζουν την εδαφική δομή

Όλα τα εδάφη δεν παρουσιάζουν εξίσου καλή δομή. Ο σχηματισμός της δομής είναι μια πολύπλοκη διεργασία που επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εδαφική δομή και καθορίζουν το βαθμό “ανάπτυξης” της είναι η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους, η οργανική ύλη, τα αργιλλικά ορυκτά και τα προσροφημένα κατιόντα, το νερό, και ο άνθρωπος.

• **Κοκκομετρική σύσταση του εδάφους:** επηρεάζει σημαντικά το σχηματισμό της δομής. Σε καθαρά αμμόδη εδάφη δεν υπάρχει δομή, αλλά επικρατεί μια κατάσταση μεμονωμένων κόκκων. Αντίθετα, στα αργιλώδη εδάφη, επειδή υπάρχει μεγάλη ποσότητα κολλοειδούς υλικού (αργίλλου), είναι δυνατός ο σχηματισμός διαφόρων τύπων δομής.

• **Οργανική ύλη:** είναι ίσως ο σπουδαιότερος παράγοντας σχηματισμού σταθερής δομής. Τα οργανικά κολλοειδή συνδέουν τους κόκκους του εδάφους μεταξύ

τους και δημιουργούν τις σταθερότερες μορφές δομής. Ο ρόλος της οργανικής ύλης είναι ιδιαίτερα σημαντικός στο επιφανειακό έδαφος που περιέχει σημαντικά ποσοστά αυτής.

• **Αργιλικά ορυκτά και ανταλλάγμα κατιόντα:** τα σωματίδια της αργίλλου είναι πεπλατυσμένα με μεγάλη χημική επιφάνεια. Έτσι δημιουργούνται μεταξύ τους μεγάλες δυνάμεις συνοχής με αποτέλεσμα την αύξηση της συνεκτικότητας του εδάφους και τη δημιουργία εδαφικής δομής. Όσο περισσότερα αργιλλικά ορυκτά υπάρχουν σε ένα έδαφος, και μάλιστα όσο πιο λεπτόκοκα είναι αυτά, τόσο μεγαλύτερη συνεκτικότητα έχει το έδαφος.

Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει η άργιλλος να είναι θρομβωμένη. Δηλαδή να είναι κορεσμένη από κατιόντα μεγάλου σθένους και μικρής ακτίνας ενυδάτωσης όπως Ca^{2+} , Mg^{2+} και Fe^{3+} . Όταν η άργιλος είναι κορεσμένη από ιόντα μικρού σθένους και μεγάλης ακτίνας ενυδάτωσης, όπως το Na^+ , προκαλείται διασπορά της αργίλλου και καταστροφή του εδαφικού κολλοειδούς.

Επομένως η άργιλλος που είναι κορεσμένη με κατιόντα μεγάλου σθένους και μικρής ακτίνας ενυδάτωσης έχει μεγαλύτερη συνεκτικότητα από την κορεσμένη άργιλλο με κατιόντα μικρού σθένους και μεγάλης ακτίνας ενυδάτωσης. Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους:

1. Λόγω του μεγάλου φορτίου των ιόντων οι δυνάμεις μεταξύ αυτών και των ορυκτών της αργίλλου είναι μεγαλύτερες και κατά συνέπεια τα ορυκτά της αργίλλου συγκρατούνται πιο ισχυρά.
2. Λόγω της μικρής ακτίνας ενυδάτωσης: τα ορυκτά της αργίλλου είναι πιο κοντά με αποτέλεσμα η διασπορά τους να είναι πιο δύσκολη.

• **Νερό:** με την εναλλαγή ύγρανσης-ξήρανσης τα σωματίδια της αργίλλου προσανατολίζονται με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να έρχονται σε καλύτερη επαφή μεταξύ τους αυξάνοντας έτσι τις δυνάμεις συνοχής.

Το νερό ευνοεί την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και της οργανικής ύλης, παράγοντες οι οποίοι βελτιώνουν την εδαφική δομή.

Η απότομη εναλλαγή τήξης-πήξης καταστρέφει την εδαφική δομή. Όταν το νερό που υπάρχει στο εδαφικό πορώδες παγώσει επέρχεται διαστολή με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι αποστάσεις μεταξύ των αργιλλικών ορυκτών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διάσπαση των εδαφικών συσσωματωμάτων. Με την απότομη τήξη ο πάγος λιώνει. Στο έδαφος τότε επέρχεται υδάτινος κορεσμός. Δεδομένου ότι τα εδαφικά συσσωματώματα έχουν διασπαστεί, το εδαφικό κολλοειδές διασπείρεται.

• **Άνθρωπος:** με τις δραστηριότητές του υποβαθμίζει ή και καταστρέφει την εδαφική δομή. Με την καλλιέργεια

του εδάφους με βαριά γεωργικά μηχανήματα, την ισοπέδωση, την επιλογή ακατάλληλης καλλιέργειας, την υπερκαλλιέργεια, την καλλιέργεια του εδάφους, όταν είναι πολύ υγρό ή πολύ ξηρό, τη λίπανση με ουσίες ακατάλληλες για το συγκεκριμένο έδαφος (π.χ. σε ένα όξινο έδαφος προσθήκη $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ προκαλεί περαιτέρω οξύνιση με αποτέλεσμα την καταστροφή της εδαφικής δομής) υποβαθμίζεται και καταστρέφεται η εδαφική δομή με αποτέλεσμα το έδαφος να χάνει την πρωτογενή παραγωγικότητά του.

Ταξινόμηση της δομής των εδαφών

Η συνδυασμένη δράση των παραγόντων που αναφέρθηκαν παραπάνω δημιουργεί μεγάλη ποικιλία μορφών συσσωμάτωσης στο έδαφος. Για την περιγραφή της εδαφικής δομής χρησιμοποιούνται τρία χαρακτηριστικά των εδαφικών συσσωματωμάτων: η ευκρίνεια, το σχήμα και το μέγεθος αυτών.

• Ευκρίνεια

Αναφέρεται στο πόσο ευδιάκριτα είναι τα συσσωματώματα μεταξύ τους. Βάσει της ευκρίνειας η δομή χωρίζεται σε 4 κατηγορίες:

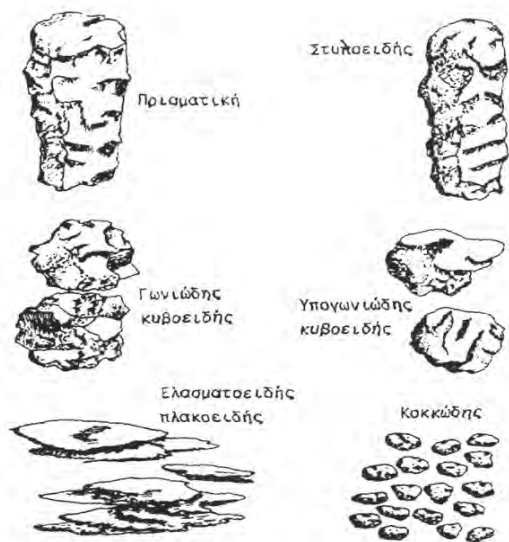
- Καμιά δομή. Στην περίπτωση αυτή δεν παρατηρούνται εδαφικά συσσωματώματα.
- Ασθενής δομή. Τα συσσωματώματα είναι ασθενή και δυσδιάκριτα όταν το έδαφος είναι αδιατάρακτο.
- Μέτρια δομή. Τα συσσωματώματα είναι μέτριας συνεκτικότητας, που διακρίνονται στο αδιατάρακτο έδαφος, αλλά όχι ευκρινώς.
- Ισχυρή δομή. Τα συσσωματώματα είναι συνεκτικά και εμφανή στο αδιατάρακτο έδαφος.

• Σχήμα

Αναφέρεται στο σχήμα που έχουν τα εδαφικά συσσωματώματα. Το σχήμα αυτό μπορεί να είναι στυλοειδές, πλακοειδές, πρισματικό, γωνιώδες, κυβικό, αποστρογγυλεμένο, κοκκώδες, ψιχοειδές, μονόκοκο και συμπαγές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα σχημάτων δομής εμφανίζονται στην Εικ. 3.

• Μέγεθος

Ανάλογα με το μέγεθος των εδαφικών συσσωματωμάτων διακρίνονται πέντε κατηγορίες εδαφικής δομής: πολύ λεπτή, λεπτή, μέση, αδρομερής, πολύ αδρομερής. Οι διαστάσεις κυμαίνονται ανάλογα με το σχήμα και λαμβάνουν τιμές από μικρότερο του 1 χιλιοστού, μέχρι μεγαλύτερο των 10 εκατοστών.



Εικόνα 3 Χαρακτηριστικά σχήματα δομής εδάφους.

Εδαφικό πορώδες

Ως το πορώδες του εδάφους θεωρείται το εκατοστιαίο ποσοστό του όγκου του εδάφους σε φυσική κατάσταση που δεν καταλαμβάνεται από συμπαγή στερεά υλικά (οργανικά και ανόργανα). Το εδαφικό πορώδες αποτελείται από την αέρια και την υγρή φάση του εδάφους. Η σημασία του είναι τεράστια επειδή με αυτό μεταφέρονται τα θρεπτικά στοιχεία και το νερό, παράγοντες αναντικατάστατοι για την ύπαρξη των φυτών.

Το μέγεθος των εδαφικών πόρων, η κατανομή τους και ο συνολικός όγκος τους εξαρτάται από τη δομή και την υφή του εδάφους.

Τα πολύ χονδρόκοκα εδάφη χαρακτηρίζονται από την παρουσία μεγάλων πόρων, ενώ τα πολύ λεπτόκοκα από την παρουσία πολλών λεπτών τριχοειδών πόρων. Τα υπόλοιπα εδάφη φέρουν μεγάλους, μέσους και τριχοειδείς πόρους.

Η δομή επηρεάζει την κατανομή των πόρων με τον τύπο, το μέγεθος και την κατανομή των συσσωματωμάτων στο χώρο. Πόροι δεν σχηματίζονται μόνο μεταξύ των εδαφικών συσσωματωμάτων αλλά και μέσα σ' αυτά. Οι εσωτερικοί των συσσωματωμάτων πόροι είναι κατά κανόνα μικρότεροι των εξωτερικών.

Το επιθυμητό πορώδες εξαρτάται από την εκάστοτε χρήση της γης. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι επιθυμητό πορώδες είναι το πορώδες που περιλαμβάνει τόσο ευμεγέθεις, όσο μέσους και τριχοειδείς πόρους. Τέτοιο πορώδες επιτυγχάνεται σε εδάφη με μέση κοκκώδη ή ψιχοειδή δομή, πλούσια σε οργανική ύλη και κατεργασμένη από γαιοσκώληκες. Για τις γεωργικές καλλιέργειες το επιθυμητό πορώδες προκύπτει μετά από τη μελέτη τεσσάρων παραγόντων: α) το είδος του φυτού, β) το κλίμα, γ) την καλλιεργητική τεχνική και δ) το τοπογραφικό ανάγλυφο.

Οι μεγάλοι πόροι εξασφαλίζουν την αποστράγγιση και τον εξαερισμό του εδάφους, οι μέσοι την κίνηση του υδατικού διαλύματος (νερό και θρεπτικά στοιχεία) και τη μεταφορά αυτού στις ρίζες των φυτών και οι τριχοειδείς αποθηκεύουν νερό και θρεπτικά στοιχεία.

Εδαφική θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του εδάφους είναι ένας σημαντικός παράγοντας τόσο για την εξέλιξη του, όσο και για την συμπεριφορά του ως μέσου ανάπτυξης των φυτών. **Θερμότητα εδάφους** είναι το ποσό της ενέργειας που μεταφέρεται εντός του εδάφους και προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας. **Εδαφική θερμοχωρητικότητα** είναι το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία μιας δεδομένης μάζας εδάφους κατά ένα συγκεκριμένο ποσοστό. **Εδαφική θερμοαγωγιμότητα** είναι η ικανότητα του εδάφους να μεταφέρει θερμότητα από το ένα του άτομο στο άλλο. Η μονάδα θερμοαγωγιμότητας είναι: Cal / sec cm deg.

Εδαφική θερμοκρασία είναι το αποτέλεσμα μεταφοράς της θερμότητας και σε καμιά περίπτωση δεν αποτελεί ιδιότητα των σωμάτων. Στο εξής θα αναφερόμαστε στον όρο εδαφική θερμοκρασία θεωρώντας την ως εδαφική ιδιότητα, επειδή με αυτήν ερμηνεύονται και γίνονται αντιληπτές οι επιδράσεις της μεταφοράς της θερμότητας στο εδαφικό σύστημα.

Σημασία της εδαφικής θερμοκρασίας

Η εδαφική θερμοκρασία επηρεάζει την ταχύτητα των χημικών και βιοχημικών αντιδράσεων του εδάφους, την υγρασία, τη δομή, τον εξαερισμό, τη φυσική αποσάθρωση, τη γένεση και εξέλιξη των εδαφών. Επηρεάζει άμεσα την επιλογή των καλλιεργειών και γενικότερα των χρήσεων γης. Για παράδειγμα, για την πρωίμηση μιας καλλιέργειας πρέπει το έδαφος να έχει μικρή θερμοχωρητικότητα και θερμοαγωγιμότητα. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους:

- Η μικρή θερμοαγωγιμότητα δεν επιτρέπει τη διαρροή της θερμότητας σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα και συντελεί στη συγκράτησή της στον επιφανειακό ορίζοντα. Ο αέρας που έρχεται σε επαφή με τον επιφανειακό ορίζοντα θερμαίνεται ευνοώντας την πρωίμηση των καλλιεργειών.
- Η μικρή θερμοχωρητικότητα έχει ως αποτέλεσμα τη θέρμανση του εδάφους νωρίς την άνοιξη. Έτσι το χρονικό διάστημα που ο υπερκείμενος στο έδαφος αέρας θερμαίνεται με τη μεταφορά θερμότητας από το έδαφος στον αέρα, είναι μεγαλύτερο.

Τέτοιες συνθήκες επικρατούν στα καλώς αποστραγγιζόμενα εδάφη που περιέχουν μικρό ποσοστό της υγρής φάσης. Εδάφη με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και θερμοαγωγιμότητα αργούν να θερμανθούν, είναι ψυχρά κατά τους πρώτους μήνες της άνοιξης και οι παγετοί είναι συνήθεις.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του εδάφους

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του εδάφους χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στους παράγοντες που αναφέρονται στο εξωτερικό περιβάλλον και σε εκείνους που αναφέρονται στο εσωτερικό εδαφικό περιβάλλον.

Παράγοντες εξωτερικού περιβάλλοντος:

- **Ακτινοβολία:** η κύρια πηγή θερμότητας του εδάφους είναι η προσπίπτουσα σε αυτό ηλιακή ακτινοβολία.
- **Εξάτμιση:** με την εξάτμιση μεταφέρεται θερμότητα του εδάφους στην ατμόσφαιρα με τους υδρατμούς.
- **Βροχή:** αν η θερμοκρασία της βροχής που προσπίπτει στο έδαφος είναι μεγαλύτερη του εδάφους, τότε μεταφέρεται θερμότητα από τη βροχή στο έδαφος με αποτέλεσμα την αύξηση της εδαφικής θερμοκρασίας.
- **Αν η θερμοκρασία της βροχής είναι μικρότερη του εδάφους, τότε μεταφέρεται θερμότητα από το έδαφος στο νερό της βροχής, με αποτέλεσμα τη μείωση της εδαφικής θερμοκρασίας.**
- **Πήξη του νερού:** Μεταφέρεται θερμότητα στο περιβάλλον με αποτέλεσμα τη μείωση της εδαφικής θερμοκρασίας.
- **Διαβροχή των αργιλλικών ορυκτών:** με τη διαβροχή των αργιλλικών ορυκτών παράγεται θερμότητα με αποτέλεσμα την αύξηση της εδαφικής θερμοκρασίας.
- **Μεταφορά θερμότητας από τον αέρα στο έδαφος και αντιστρόφως:** θερμές ή ψυχρές μάζες αέρα, με την επαφή τους με την εδαφική επιφάνεια, προσθέτουν ή αφαιρούν θερμότητα από το έδαφος, αυξάνοντας ή μειώνοντας αντίστοιχα την εδαφική θερμοκρασία.
- **Συμπύκνωση των υδρατμών:** μεταφέρεται θερμότητα στο περιβάλλον με αποτέλεσμα τη μείωση της εδαφικής θερμοκρασίας.
- **Βλάστηση:** η βλάστηση ασκεί ρυθμιστικό ρόλο στην εδαφική θερμοκρασία. Αποτελεί ένα θερμομονωτικό μανδύα, μειώνοντας το εύρος των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων εντός του εδάφους.

Λόγω της φωτοσύνθεσης και της εδαφικής κάλυψης που παρέχει σε ένα πλήρως καλυμμένο έδαφος, το 15-40% της ηλιακής ακτινοβολίας (αναλόγως της εποχής και του φυτού), το οποίο θα αποθηκευόταν στο

έδαφος με τη μορφή θερμότητας προσλαμβάνεται από τα φυτά.

Παράγοντες εσωτερικού εδαφικού περιβάλλοντος:

• **Ειδική θερμότητα του εδάφους:** είναι ο λόγος της θερμοχωρητικότητας μιας μάζας εδάφους προς το λόγο της θερμοχωρητικότητας ίσης μάζας ύδατος. Όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμότητα του εδάφους, τόσο μεγαλύτερα ποσά θερμότητας μπορούν να αποθηκευτούν σ' αυτό με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του.

Η οργανική ύλη και το εδαφικό νερό αυξάνει τη θερμοχωρητικότητα του εδάφους με αποτέλεσμα την αύξηση της ειδικής θερμότητας αυτού.

• **Μέση εδαφική θερμοαγωγιμότητα:** η θερμοαγωγιμότητα δεν είναι ίδια σε όλο το εδαφικό σώμα. Η μέση θερμοαγωγιμότητα εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση, τη δομή, το ποσοστό της οργανικής ύλης, της υγρής και της αέριας φάσης του εδάφους.

Όσο μεγαλύτερη είναι η μέση εδαφική θερμοαγωγιμότητα, τόσο ομαλότερες είναι οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις εντός του εδάφους και τόσο ευκολότερα διαχέεται η θερμότητα από το επιφανειακό στρώμα του εδάφους στα κατώτερα στρώματα.

• **Εδαφική θερμική ακτινοβολία:** το έδαφος όπως και κάθε φυσικό σώμα ή σύστημα εκπέμπει θερμική ακτινοβολία. Η εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας από το έδαφος έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμότητας του εδάφους συνεπώς και της θερμοκρασίας του.

Έλεγχος εδαφικής θερμοκρασίας

Ο άνθρωπος μπορεί να επηρεάσει την εδαφική θερμοκρασία και τις διακυμάνσεις της. Αυτό γίνεται κυρίως με τη ρύθμιση της εδαφικής υγρασίας. Η μικρή έστω ρύθμιση της θερμοκρασίας του εδάφους, ιδιαίτερα στην αρχή της βλαστικής περιόδου, έχει ευεργετικά αποτελέσματα.

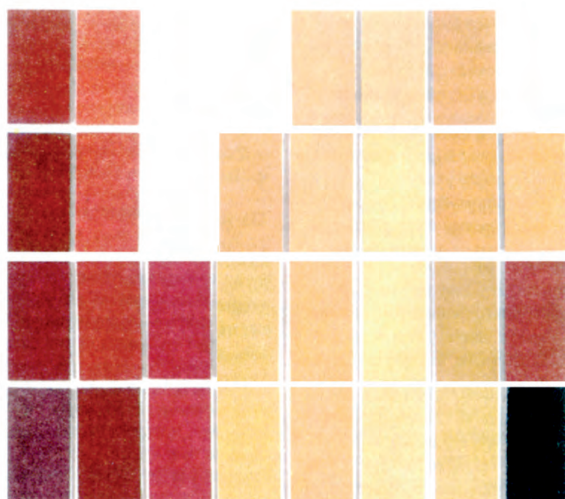
Ενέργειες με τις οποίες επιτυγχάνουμε πρόωπη θέρμανση των εδαφών είναι η στράγγιση, η άροση και η επίστρωση της επιφάνειας του εδάφους με άμμο.

Η επίστρωση της εδαφικής επιφάνειας με φυτικά υπολείμματα (π.χ άχυρα) και το χιόνι μετριάξει τις ακραίες εδαφικές θερμοκρασίες.

Εδαφικό χρώμα

Το χρώμα των εδαφών είναι μία από τις σπουδαιότερες ιδιότητές του και πολλές φορές δηλώνει τη γονιμότητά του και τη φυσική του κατάσταση. Οι ιδιότητες αυτές ήσαν γνωστές στους Έλληνες από την επο-

χή του Ομήρου. Το χρώμα που προτιμούσαν ήταν το μαύρο. Έτσι η Δήμητρα η οποία ήταν η θεά της Γεωργίας ονομαζόταν και Μελαίνη. Στα εδάφη υπάρχουν όλα τα χρώματα της ίριδος. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως το χρώμα του εδάφους δεν είναι ένα αλλά μείγμα πολλών χρωμάτων και κυρίως του τεφρού, κίτρινου, καστανού και ερυθρού. Το καθένα από τα συστατικά του εδάφους έχει ιδιαίτερο χρώμα και η επίδρασή τους στο χρώμα είναι ανάλογη της ολικής του επιφάνειας. Έτσι τα λεπτόκοκκα συστατικά επηρεάζουν το χρώμα του εδάφους περισσότερο από ότι τα χονδρόκοκκα συστατικά. Κolloειδή υδροξείδια του τριθενούς σιδήρου και οξείδια του μαγγανίου δίνουν κίτρινες, καστανές, ερυθροκαστανές και ερυθρές αποχρώσεις στο έδαφος. Οξείδια του διθενούς σιδήρου έχουν κυανοπράσινες αποχρώσεις. Ο εδαφικός χούμος έχει μαύρο ή καστανό χρώμα. Ο χαλαζίας είναι συνήθως λευκός. Τα ορυκτά της αργίλλου είναι λευκά ή τεφρόχρα. Στην Εικ. 4 εμφανίζεται μια σειρά χρωμάτων οξειδίων του σιδήρου που επικρατούν στο έδαφος με αποχρώσεις που μεταβάλλονται από βαθύ ερυθρό σε ανοικτό ερυθρό, από ερυθροκίτρινο σε ανοικτό κίτρινο και μαύρο.



Εικόνα 4 Τυπικά χρώματα των οξειδίων του σιδήρου που επικρατούν στο έδαφος.

Γενικά το χρώμα του εδάφους είναι αποτέλεσμα εδαφογενετικών διεργασιών. Έτσι τα εδάφη των ηπειρωτικών υγρών περιοχών έχουν καστανότεφρα χρώματα. Εδάφη τροπικών περιοχών είναι κιτρινέρυθρα ή ερυθρά. Τα εδάφη των κοιλωμάτων είναι σκουρότερα από τα εδάφη των κυρτών περιοχών.

Ο επιστημονικός καθορισμός του χρώματος του εδάφους απαιτεί ποσοτικές μετρήσεις του φάσματος του φωτός που ανακλάται όταν πέσει επάνω του. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδικούς φασματογράφους. Στην πράξη το χρώμα του εδάφους καθορίζεται συνήθως συγκριτικά με τους πίνακες χρωμάτων του Munsell.

2 Χημικές ιδιότητες

Η χημεία του εδάφους ασχολείται κυρίως με τη φύση, τη χημική σύσταση, τις ιδιότητες και αντιδράσεις που συμβαίνουν στα εδάφη. Οι χημικές ιδιότητες τροποποιούν τις φυσικές και η χημική φύση του εδάφους επηρεάζει άμεσα τον εφοδιασμό των φυτών με θρεπτικά στοιχεία. Οι σπουδαιότερες χημικές ιδιότητες του εδάφους που θα εξετασθούν είναι η ορυκτολογική σύσταση, η εναλλακτική ικανότητα και η αντίδραση του εδάφους.

Ορυκτολογική σύσταση

Πολλές από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους καθορίζονται, σε μεγάλο βαθμό, από την ορυκτολογική σύσταση του πετρώματος ή του ορυκτού από το οποίο σχηματίζεται το έδαφος. Μια σύντομη περιγραφή της δομής και της σύστασης των κυριότερων ορυκτών θα βοηθούσε σημαντικά την καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο επηρεάζουν το έδαφος. Τα εδαφικά υλικά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη σύσταση και την προέλευση:

- Ορυκτά συστατικά που είναι τα τελικά προϊόντα αποσάθρωσης των πετρωμάτων και αποτελούν το 90-99% του εδάφους.
- Οργανικά συστατικά που είναι τα τελικά προϊόντα αποσύνθεσης των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων και αποτελούν το 1-10% του εδάφους. Δίνουν στο έδαφος χαρακτηριστικό μαύρο χρώμα.

Οι δύο κατηγορίες ορυκτών συστατικών του εδάφους:

• **Πρωτογενή ορυκτά συστατικά:** προέρχονται από θραύσματα των πυριγενών πετρωμάτων χωρίς να έχουν υποστεί χημικές αλλοιώσεις ή μεταβολές. Αποτελούν το κύριο συστατικό της άμμου και της ιλύος.

• **Δευτερογενή ορυκτά συστατικά:** είναι προϊόντα της μετατροπής και αποσύνθεσης των πρωτογενών ορυκτών. Έχουν υποστεί φυσικές και χημικές μεταβολές λόγω της επίδρασης των παραγόντων της εδαφογένεσης:



Τα δευτερογενή ορυκτά προέρχονται από την μερική αποσάθρωση ή ανακρυστάλλωση των προϊόντων αποσάθρωσης των πρωτογενών ορυκτών και έχουν πολύ μεγάλη σημασία για το έδαφος. Τα δευτερογενή ορυκτά αποτελούν τις κύριες πηγές θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά. Τα σπουδαιότερα από αυτά είναι ο ασβεστίτης, ο δολομίτης, τα οξείδια του σιδήρου και αργιλίου και τα αργιλλοπυριτικά ορυκτά. Τα σημαντικότερα από τα αργιλλοπυριτικά ορυκτά είναι οι βερμικουλίτες, οι μοντομοριλλονίτες και οι καολινίτες.

Εναλλακτική Ικανότητα

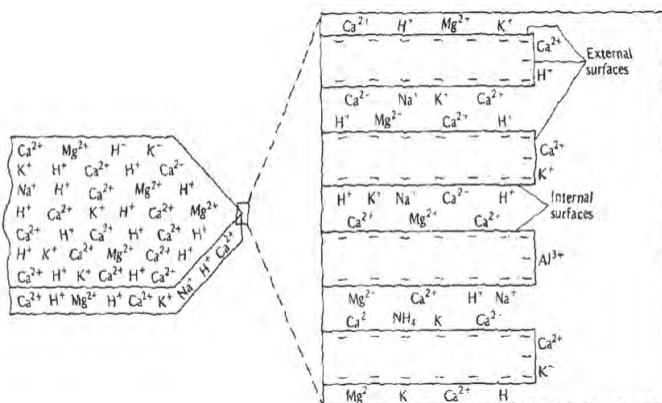
Αν όλα τα διαλυτά στοιχεία του εδάφους βρίσκονταν στα εδαφικά διαλύματα με απλή μοριακή μορφή, τα στοιχεία αυτά θα εκπλύνονταν και θα απομακρύνονταν τελείως κατά τη μεγάλη χρονική διάρκεια σχηματισμού των εδαφών αφήνοντας μόνο το αδιάλυτο μέρος του εδάφους, το οποίο είναι ακατάλληλο για τη θρέψη των φυτών. Τα κolloειδή του εδάφους είναι συνήθως αρνητικά φορτισμένα και μπορεί να θεωρηθούν ως πολύ μεγάλα αδιάλυτα ανιόντα. Επειδή τα κolloειδή είναι αρνητικά φορτισμένα, έλκουν και συγκρατούν τα κατιόντα που υπάρχουν στο εδαφικό διάλυμα (Εικ. 5). Η ιδιότητα αυτή των κolloειδών να προσροφούν και να συγκρατούν τα κατιόντα σε ανταλλάξιμη μορφή ονομάζεται εναλλακτική ικανότητα κατιόντων (ΙΑΚ). Η ποσότητα εκφράζεται σε χιλιοστοϊσodύναμα ανά 100 γρ. ξηρού εδάφους.

Η φυσική σημασία της ΙΑΚ έγκειται στο ότι μας δίνει το μέτρο που δύναται να ανταλλάξει κατιόντα το φυτό με το έδαφος. Δηλαδή να δώσει το φυτό H^+ στο έδαφος και να προσλάβει στη θέση του άλλα κατιόντα, όπως Ca^{2+} , Mg^{2+} κ.ά., απαραίτητα για τη θρέψη του. Η ΙΑΚ οφείλεται στα αρνητικά φορτία, που βρίσκονται στην επιφάνεια των ορυκτών του εδάφους και την οργανική ουσία.

Η ΙΑΚ εξαρτάται από:

- Τη μηχανική σύσταση του εδάφους (ανάλογα με την αναλογία των μηχανικών κλασμάτων στο έδαφος έχουμε περισσότερα ή λιγότερα αρνητικά φορτία).
- Την ισόμορφη αντικατάσταση
- Το pH
- Την ορυκτολογική σύσταση του εδάφους

Τα διαστελλόμενα ορυκτά έχουν μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, επειδή κατά τη διαστολή τους μπορούν να προσροφήσουν κατιόντα. Στα μη διαστελλόμενα ορυκτά, η ΙΑΚ είναι μικρή.



Εικόνα 5 Σχηματική παράσταση των προσροφημένων κατιόντων σε ένα ορυκτό της αργίλλου.

Πίνακας 1. Διακύμανση της ΙΑΚ για τα διάφορα συστατικά του εδάφους.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΙΑΚ (χιλ./100γρ. εδάφους)
Οργανική ουσία	200
Μοντοριλλονίτης	80-100
Βερμικουλίτης	100-150
Ιλλίτης	10-40
Καολινίτης	3-15
Οξείδια Fe, Al	4

Αντίδραση του εδάφους

Ένα από τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά του εδάφους και του εδαφικού διαλύματος είναι η αντίδραση του. Ως αντίδραση του εδάφους χαρακτηρίζεται ο βαθμός οξύτητας ή αλκαλικότητάς του, ή η σχέση μεταξύ των ποσοστών των ιόντων H^+ και OH^- του εδάφους. Η αντίδραση του εδάφους συνήθως εκφράζεται με το pH που ορίζεται ως ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων του H^+ σε ένα διάλυμα.

$pH = -\log_a[H^+]$, όπου α: είναι η ενεργότητα των ιόντων.

Σχετικά με την αντίδραση του εδάφους (Πίνακας 2, μπορούν να διακριθούν τα όξινα εδάφη, όταν στο εδαφικό διάλυμα επικρατούν τα ιόντα H^+ , τα αλκαλικά, όταν στο εδαφικό διάλυμα επικρατούν τα ιόντα OH^- , και τα ουδέτερα, όταν στο εδαφικό διάλυμα επικρατούν ιόντα H^+ και OH^- .

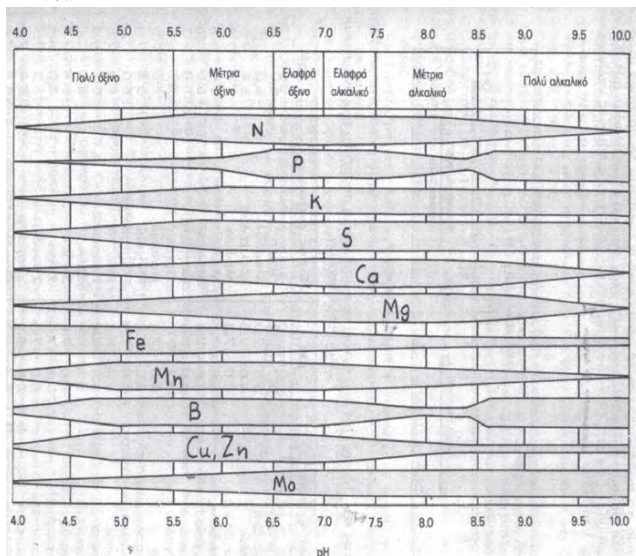
Το pH είναι πολύ σημαντική εδαφική ιδιότητα. γιατί επηρεάζει άμεσα τη γονιμότητα των εδαφών. Η οξύτητα των εδαφών εξαρτάται από τα περιεχόμενα συστατικά του εδάφους και τις αντιδράσεις τους. Σε μικρές τιμές του pH (πολύ όξινα εδάφη) υπερισχύει η ιοντική μορφή των στοιχείων Al, Mn, Zn, κ.λπ. με αποτέλεσμα την εμφάνιση αντίστοιχων τοξικοτήτων στα φυτά. Σε μεγάλες τιμές του pH ιδιαίτερα τα ιχνοστοιχεία δεσμεύονται ισχυρά στο έδαφος με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να προσληφθούν από τα φυτά με αποτέλεσμα την εμφάνιση τροφοπενιών στα φυτά.

Πίνακας 2 Χαρακτηρισμός των εδαφών ανάλογα με την τιμή του pH.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΩΝ	pH
Ισχυρώς όξινα	< 5,5
Μετρίως όξινα	5,5-6,5
Ουδέτερα	6,5-7,5
Αλκαλικά	7,5-8,5
Νατρικά (με Na)	8,5-9,5

Οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που μπορεί το φυτό να προσλάβει από το έδαφος εξαρτώνται από την τιμή του pH. Έτσι το άζωτο αφομοιώνεται καλύτερα από τα φυτά σε pH = 6-8, ο φώσφορος σε pH 6.5 - 7.5, κ.λπ. (βλέπε Εικ. 6).

Γενικά, τα περισσότερα φυτά αφομοιώνουν καλύτερα τα θρεπτικά στοιχεία που είναι διαλυμένα στο εδαφικό νερό στην ελαφρά όξινη περιοχή (pH 6.5-7). Συμπερασματικά, η γνώση του pH ενός εδάφους συμβάλλει στην καλύτερη αξιοποίησή του και στην καλλιέργεια των καταλληλότερων για αυτό φυτών. Επίσης συμβάλλει στη χρήση των καταλληλότερων λιπασμάτων.



Εικόνα 6 Αφομοίωση θρεπτικών στοιχείων με τη μεταβολή του pH.

Το έδαφος ως συντελεστής παραγωγής

Η σημασία του εδάφους ως συντελεστή πρωτογενούς παραγωγής είναι καθοριστική. Το εδαφικό σώμα και οι ιδιότητες αυτού ασκούν σημαντικό ρόλο στην ύπαρξη και ανάπτυξη των φυτικών και ζωικών οργανισμών.

Το έδαφος τροφοδοτεί τα φυτά με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και το νερό και γενικώς αποτελεί το υπόστρωμα για τη διατήρηση και ανάπτυξή τους. Το έδαφος αποτελείται περίπου 82% (κατά βάρος) από οξυγόνο, πυρίτιο και αργίλιο. Τα στοιχεία αυτά δεν ασκούν άμεση επίδραση στη θρέψη του φυτού. Το οξυγόνο που χρειάζεται το φυτό το προσλαμβάνει από τον ατμοσφαιρικό αέρα και το νερό, ενώ το αργίλιο και το πυρίτιο δεν θεωρούνται απαραίτητα για το φυτό στοιχεία. Ο σίδηρος που καταλαμβάνει το 5% του εδάφους χρησιμοποιείται σε πολύ μικρές ποσότητες (ίχνη) από το φυτό. Άρα, μόνο το 13% του εδάφους, κατά βάρος, περιλαμβάνει τα βασικά στοιχεία, για τη θρέψη του φυτού.

Τα στοιχεία του εδάφους που χρησιμεύουν στη θρέψη του φυτού χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την ποσότητα που κατέχουν στους φυτικούς ιστούς:

• **Μακροστοιχεία:** C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg

Τα στοιχεία που βρίσκονται στους φυτικούς ιστούς σε μεγάλες ποσότητες.

• **Ιχνοστοιχεία:** Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl

Τα στοιχεία που βρίσκονται στους φυτικούς ιστούς συνήθως σε μικρές ποσότητες (ίχνη).

Το γεγονός ότι τα ιχνοστοιχεία βρίσκονται σε μικρές ποσότητες στο φυτό, σε σχέση με τα μακροστοιχεία, δεν σημαίνει ότι έχουν και μικρότερη σπουδαιότητα για τη θρέψη του φυτού. Πολλές φορές έλλειψη ενός ιχνοστοιχείου μπορεί να έχει δυσμενέστερα αποτελέσματα από έλλειψη μακροστοιχείου.

Τα στοιχεία C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S μπορούν να χαρακτηρισθούν ως θρεπτικά, ενώ τα S, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo και Cl ως ρυθμιστικά της βιολογικής δραστηριότητας των φυτών. Ειδικότερα, κάθε θρεπτικό στοιχείο έχει το δικό του φυσιολογικό ρόλο στη θρέψη του φυτού.

Τα θρεπτικά στοιχεία μπορούν να διαιρεθούν σε τέσσερις μεγάλες ομάδες, η κάθε μία των οποίων έχει στοιχεία συγγενή όσον αφορά τη βιοχημική τους δράση και το φυσιολογικό τους ρόλο στα φυτά:

* **1η ομάδα:** C, H, O, N, S

Αποτελούν κύρια συστατικά των οργανικών ενώσεων. Ο μεταβολισμός τους γίνεται με οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις.

* **2η ομάδα:** P, B, Si

Σχηματίζουν εστέρες με αλκοολικές ομάδες. Οι φωσφορικοί εστέρες λαμβάνουν μέρος στις αντιδράσεις μεταφοράς και χρησιμοποίησης της ενέργειας.

* **3η ομάδα:** Ca, Mg, Mn, K, Na, Cl

Είναι ρυθμιστές της δράσης των ενζύμων, της περατότητας των βιολογικών μεμβρανών και της οσμωτικής πίεσης και εξουδετερώνουν τα οργανικά οξέα.

* **4η ομάδα:** Cu, Fe, Zn, Mo

Μεταβάλλουν το σθένος τους κατά τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα να συμμετέχουν στη μεταφορά ηλεκτρονίων. Σχηματίζουν χηλικές ενώσεις, δηλαδή οργανικά σύμπλοκα με μέταλλα. Οι χηλικές ενώσεις προσλαμβάνονται εύκολα από τα φυτά με αποτέλεσμα να είναι σχετικά εύκολη και η πρόσληψη αυτών των στοιχείων από τα φυτά.

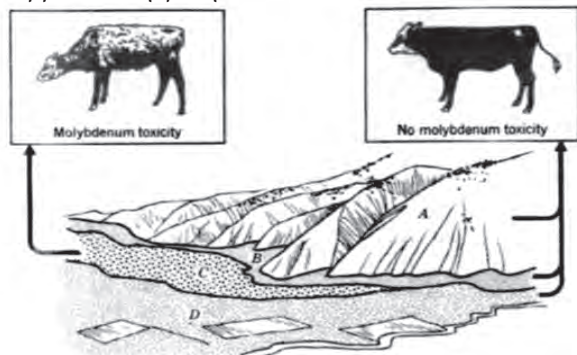
Ως **γονιμότητα** του εδάφους ορίζεται η φυσική δυνατότητά του να εφοδιάζει τα φυτά με θρεπτικά στοιχεία

σε ικανοποιητικές ποσότητες και σε κατάλληλη αναλογία. Έδαφος φτωχό σε θρεπτικά στοιχεία προκαλεί μείωση της φυτικής παραγωγής και σε πολλές περιπτώσεις καταστροφή της φυτικής μάζας με την εμφάνιση **τροφοπενίας**, δηλαδή την ανεπάρκεια θρεπτικών στοιχείων στο υδατικό διάλυμα του φυτού. Μεγάλη ανεπάρκεια σε θρεπτικά στοιχεία μπορεί να προκαλέσει και την ξήρανση, ενώ μικρή ανεπάρκεια μπορεί να μην έχει ορατά συμπτώματα. Συνήθη συμπτώματα τροφοπενίας είναι η περιφερειακή χλώρωση και ξήρανση των φύλλων, οι φελοποιημένες κηλίδες στους καρπούς, οι εσχάρωσεις στο φλοιό των βλαστών, κ.ά..

Αντίθετα έδαφος που το εδαφικό του διάλυμα περιέχει περίσσεια ορισμένων θρεπτικών στοιχείων όπως χαλκού, ψευδάργυρου, μαγγανίου, βόριου κ.ά. μπορεί να προκαλέσει τη μείωση της παραγωγής και την καταστροφή της φυτικής μάζας λόγω τοξικότητας. **Τοξικότητα** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ορισμένα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται σε υπερβολικές συγκεντρώσεις μέσα στο υδατικό διάλυμα του φυτού, με αποτέλεσμα την ανισορροπία μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων του φυτού. Αυτή η ανισορροπία των θρεπτικών στοιχείων διαταράσσει τις φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού με αποτέλεσμα την εμφάνιση συμπτωμάτων τοξικότητας, όπως μείωση της παραγωγής, κιτρίνισμα και ξήρανση των φύλλων, παραγωγή παραμορφωμένων καρπών, πτώση καρπών, κ.λπ..

Οι ζωικοί οργανισμοί που τρέφονται με τα φυτά ενός εδάφους που έχει ανισορροπία θρεπτικών στοιχείων είναι δυνατό να παρουσιάσουν διαταράξεις στην φυσιολογική τους ανάπτυξη και υγεία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η καχεξία των βοοειδών στην τοξικότητα του μολυβδαίνιου, πρόβλημα εντονότατο στη Νεβάδα των Η.Π.Α. (Εικ. 7).

Τέλος, στο έδαφος αναπτύσσεται μεγάλος αριθμός οργανισμών μικροπανίδας και μικροχλωρίδας αναντικατάστατος στην τροφική αλυσίδα και οικολογική ισορροπία στη φύση.



Εικόνα 7 Καχεξία βοοειδών σε πρόσφατο αλλουβιακό πεδίο στη Νεβάδα των Η.Π.Α. λόγω τοξικότητας μολυβδαίνιου (Α,Β και D περιοχές με μέτρια ως χαμηλή συγκέντρωση Μο, C περιοχή μεγάλης συγκέντρωσης Μο).

Έννοια γεωργικής γης

Γεωργική γη θεωρείται ο “πόρος γης” του οποίου τα χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις είναι τέτοια, ώστε να είναι δυνατή η εγκατάσταση γεωργικών εκμεταλλεύσεων με ικανοποιητική παραγωγή. Γεωργικές εκμεταλλεύσεις είναι εκείνες οι εκμεταλλεύσεις που σχετίζονται με την φυτική και ζωική παραγωγή π.χ. γεωργική εκμετάλλευση αποτελούν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις με φυτά μεγάλης καλλιέργειας ή οπωροφόρα δέντρα, οι κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες, οι υδατοκαλλιέργειες, οι δασικές εκτάσεις, τα λιβάδια προς βόσκηση αιγοπροβάτων και γενικώς κάθε εκμετάλλευση, που σχετίζεται άμεσα με τη γεωργία.

Πόρος γης

Ο πόρος γης ταυτίζεται με το φυσικό περιβάλλον μιας περιοχής. Επομένως περιλαμβάνει τη βλάστηση, την υδρολογία, το τοπογραφικό ανάγλυφο των εδαφών και το κλίμα. Ακόμη περιλαμβάνει και τα αποτελέσματα της παρελθούσης και της σημερινής δραστηριότητας του ανθρώπου, όπως εκχερσώσεις, αναβαθμούς, υποβαθμίσεις, κ.λπ..

Χαρακτηριστικά γης

Είναι ιδιότητες των πόρων γης που μπορούν να μετρηθούν ή να εκτιμηθούν, όπως π.χ. η βροχόπτωση, η εξατμισοδιαπνοή, η ηλιοφάνεια, η κοκκομετρική σύσταση και η κλίση της επιφάνειας του εδάφους.

Απαιτήσεις γης

Είναι οι αναγκαίες συνθήκες και ιδιότητες των πόρων γης για την ικανοποιητική απόδοση μιας γεωργικής εκμετάλλευσης. Παραδείγματα απαιτήσεων γης είναι: (α) οι απαιτήσεις σε νερό, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, γονιμότητα για την ανάπτυξη της ροδακινιάς και (β) απαιτήσεις συνθηκών μηχανικής καλλιέργειας του εδάφους, υγρασίας και κατάσταση επιφάνειας για τη βλάστηση των σπόρων.

Χρήσεις γης

Η γη ή ο πόρος γης εκφράζεται από το φυσικό περιβάλλον, τμήμα του οποίου είναι το έδαφος. Η ικανότητα ενός πόρου γης να υποστεί ορισμένες χρήσεις επωφελώς, χωρίς να χάσει την παραγωγικότητά του, ονομάζεται **γαιοϊκανότητα**. Είναι θεμελιώδης ανάγκη να ταξινομηθεί κάθε πόρος γης για συγκεκριμένες χρήσεις, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα χωρίς ταυτόχρονα να μειώνεται η πα-

ραγωγικότητα του πόρου. Είναι δηλαδή απόλυτα απαραίτητο να εξασφαλίζεται η “αιφορία” των πόρων γης, δεδομένου ότι απαιτούνται αιώνες ή και χιλιετίδες για το σχηματισμό μερικών εκατοστών εδάφους από το μητρικό πέτρωμα. Η διατήρηση των εδαφικών πόρων μιας χώρας εξασφαλίζει την οικονομία και γενικότερα την ύπαρξη ενός έθνους. Για να περιγράψουμε τις χρήσεις γης ορίζουμε δύο έννοιες: το κύριο είδος χρήσης γης και τον τύπο χρησιμοποίησή της.

Κύριο είδος χρήσης γης (MKLU) είναι μια μεγάλη υποδιαίρεση της χρησιμότητας των εδαφικών πόρων. Μερικά παραδείγματα κύριων ειδών χρήσης γης είναι τα ακόλουθα: Αρδευόμενη γεωργία, μη αρδευόμενη γεωργία, υδροβιότοποι, βοσκή, δάσος, άγρια φύση, εκτάσεις αναψυχής, οικιστικές περιοχές, κ.ά..

Τύπος χρησιμοποίησης γης (LUT) είναι ένα συγκεκριμένο σύστημα χρήσης γης που περιγράφεται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια απ’ ότι το κύριο είδος χρήσης γης. Μερικά παραδείγματα τύπου χρησιμοποίησης γης είναι τα ακόλουθα:

✓ Μεγάλη αρδευόμενη έκταση με εσπεριδοειδή μέτριας έντασης εργασίας, μεγάλης οικονομικής απόδοσης, με ευρύ αγοραστικό κοινό, μέτρια εκμηχανισμένη, που αποτελεί οικογενειακή επιχείρηση.

✓ Επιδοτούμενη έκταση με ελαιώνες μέτριας οικονομικής απόδοσης, μη αρδευόμενη, με ανύπαρκτη εκμηχάνιση, μέτριας έντασης εργασίας.

✓ Έκταση με ξενοδοχειακή μονάδα μέτριας έντασης κεφαλαίου, μικρής οικονομικής απόδοσης.

✓ Έκταση με σιτηρά μεγάλης λοφώδους έκτασης, μέτριας έντασης κεφαλαίου και εργασίας, μικρής οικονομικής απόδοσης, που αποτελεί συνεταιριστική εκμετάλλευση.

✓ Έκταση με θερμοκήπια παραγωγής χρυσάνθεμου πλήρως εκμηχανισμένη, μεγάλη οικονομική απόδοση, ρύθμιση μικροκλίματος και φυτικού υποστρώματος με χρησιμοποίηση υψηλής τεχνολογίας (αισθητήρες, Η/Υ, κ.λπ.), μεγάλης έντασης κεφαλαίου, μικρής έντασης εργασίας.

✓ Εθνικός δρυμός για αναψυχή και τουρισμό.

✓ Υδροβιότοπος ανάπτυξης, διαβίωσης και προστασίας της μεσογειακής φώκιας, μη κερδοσκοπικός, επιδοτούμενος.

Γενικά, όπως φαίνεται από τα παραπάνω παραδείγματα, ο καθορισμός ενός τύπου χρήσης γης βασίζεται σε διάφορα δεδομένα και παραδοχές. Τα σπουδαιότερα από αυτά είναι τα ακόλουθα:

* Ένταση εργασίας, κεφαλαίου

* Οικονομική αποδοτικότητα

* Πηγές ενέργειας

* Τεχνικές γνώσεις και εφαρμοζόμενη τεχνολογία

* Μέγεθος ιδιοκτησίας και συγκρότησή της (αναδασμός-διασπορά)

* Εμπορία προϊόντων, επιδοτήσεις

* Είδος ωφέλειας (παραγωγή προϊόντων, παροχή υπηρεσιών, κ.ά.)

* Εγγειοδιαρθρωτικές συνθήκες (οικογενειακές επιχειρήσεις, συνεταιρισμοί, θεσμικοί επενδυτές κ.λπ.)

Διαχείριση - Αξιολόγηση πόρων γης

Η αύξηση του πληθυσμού της γης, η ανάπτυξη και ο αυξανόμενος καταναλωτισμός προβάλλουν έντονα την ανεπάρκεια των πόρων γης σε παγκόσμιο επίπεδο. Όσον αφορά τα καλλιεργούμενα εδάφη, η αύξηση του πληθυσμού αλλά και η άνιση κατανομή της γης οδηγούν εκατομμύρια αγρότες σε όλο τον κόσμο στην καλλιέργεια εδαφών οριακής παραγωγικότητας, που είναι επιρρεπή στην υποβάθμιση συνήθως λόγω διάβρωσης. Αυτά τα εδάφη δεν μπορούν να στηρίξουν επωφελώς για μακρό χρονικό διάστημα μια καλλιέργεια και η εντατική τους εκμετάλλευση οδηγεί στην εξάντλησή τους. Καθίσταται λοιπόν αναγκαία η αξιολόγηση των εδαφικών πόρων προκειμένου να επιτευχθεί η *ορθολογική διαχείρισή* τους. Δηλαδή ο κάθε πόρος γης πρέπει να δέχεται τέτοια χρήση ώστε να μεγιστοποιείται η παραγωγικότητά του και να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος υποβάθμισής του.

Αξιολόγηση πόρων γης είναι η διαδικασία εκτίμησης της συμπεριφοράς της γης, όταν αυτή χρησιμοποιείται για συγκεκριμένους σκοπούς. Η διαδικασία αυτή συμπεριλαμβάνει την εκτέλεση και ερμηνεία απογραφής και μελέτης των μορφών γης, των εδαφών, της βλάστησης, του κλίματος και άλλων χαρακτηριστικών γης με σκοπό τον προσδιορισμό και τη σύγκριση επωφελών τρόπων χρήσεων γης που να ανταποκρίνονται στις επιδιώξεις της αξιολόγησης.

Αρχές αξιολόγησης πόρων γης

Η ορθολογική διαχείριση των πόρων γης απαιτεί ορθολογική αξιολόγησή τους. Για να επιτευχθεί αυτό, η αξιολόγηση των πόρων γης πρέπει να ακολουθεί ορισμένες θεμελιώδεις αρχές:

* Η αξιολόγηση πρέπει να ακολουθήσει μια πολύπλευρη διαδικασία κατά την οποία συνεκτιμούνται οι επιδράσεις και αλληλεπιδράσεις φυσικών, τεχνολογικών, οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων στη συμπεριφορά και τη λειτουργία των πόρων γης. Οι παράγοντες αυτοί και οι επιδράσεις τους εκτιμούνται σε τοπική κλίμακα.

- * Η αξιολόγηση και η ταξινόμηση πρέπει να γίνεται σε συσχέτιση με συγκεκριμένες χρήσεις γης.
- * Η αξιολόγηση απαιτεί τη σύγκριση των ωφελειών και των απαιτούμενων δαπανών για την εκμετάλλευση των διαφόρων χρήσεων γης, για τον κάθε πόρο γης.
- * Η εκτίμηση της καταλληλότητας των πόρων γης για μια συγκεκριμένη χρήση γίνεται με βάση την εξασφάλιση της “αιφορίας” των πόρων αυτών. Δηλαδή δεν πρέπει να εκτιμάται για μια χρήση που βραχυπρόθεσμα είναι επωφελής, ενώ μακροπρόθεσμα καταστρέφει την παραγωγικότητα των πόρων γης.
- * Κατά την αξιολόγηση πρέπει να γίνει σύγκριση καταλληλότητας των πόρων γης για διάφορα είδη χρήσης γης.

Καταλληλότητα πόρων γης

Είναι η προσαρμοστικότητα ενός τύπου γης για μια συγκεκριμένη χρήση. Για τον καθορισμό της καταλληλότητάς τους οι πόροι γης εξετάζονται είτε κάτω από τις υφιστάμενες συνθήκες ή ύστερα από τη βελτίωσή τους. Συνήθως χρησιμοποιούνται τέσσερις τρόποι χαρακτηρισμού της καταλληλότητας των πόρων γης:

- * Ποιοτική αξιολόγηση: Βασίζεται σε ποιοτικά χαρακτηριστικά, σε εμπειρίες και διαπιστώσεις που αναφέρονται στις σχέσεις φυσικών παραμέτρων της γης και διαφόρων χρήσεων γης, χωρίς υπολογισμό των σχέσεων μεταξύ δαπανών και ωφελημάτων. Χρησιμοποιείται σε αναγνωριστικές μελέτες γενικής αξιολόγησης μεγάλων εκτάσεων.
- * Ποσοτική αξιολόγηση: Βασίζεται στη συλλογή επακριβών δεδομένων παραγωγής και κοινωνικών συνθηκών και σε οικονομικά κριτήρια επενδύσεων και παραγωγής, για χρήση σε αναπτυξιακά προγράμματα.
- * Παρούσα καταλληλότητα: Αναφέρεται στη σημερινή κατάσταση των πόρων γης χωρίς σημαντικές βελτιώσεις για μια συγκεκριμένη χρήση γης. Μπορεί να λάβει υπ’ όψη της βελτιώσεις στα συστήματα διαχείρισης των πόρων γης.
- * Δυνητική καταλληλότητα: Αναφέρεται στην καταλληλότητα των πόρων γης για μια συγκεκριμένη μελλοντική χρήση γης, όταν θα έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις.

Μέθοδοι αξιολόγησης πόρων γης

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι διάφορες χρήσεις γης μπορούμε να ακολουθήσουμε δύο κατευθύνσεις, την κατεύθυνση των δύο σταδίων και την παράλληλη κατεύθυνση. Στην πρώτη περίπτωση γίνεται η ποιοτική και στη συνέχεια η ποσοτική αξιολόγηση, ενώ στη δεύ-

τερη γίνονται ταυτόχρονα. Στην Ελλάδα, επειδή λείπουν τα απαραίτητα δεδομένα, ακολουθούμε την κατεύθυνση των δύο σταδίων.

Εδαφική υποβάθμιση - Διαβρώσεις

Κατά τη διάρκεια μεγάλων γεωλογικών περιόδων, ο σχηματισμός εδάφους υπερέβαινε τη φυσιολογική διάβρωση οδηγώντας στη δημιουργία ενός πλούσιου και γόνιμου επιφανειακού εδαφικού στρώματος. Όμως συχνά ανθρώπινες παρεμβάσεις, όπως η αποδάσωση, η υπερβόσκηση και η επέκταση της γεωργίας σε εδάφη εύκολα διαβρώσιμα αντέστρεψαν αυτή τη μακροχρόνια διαδικασία εμπλουτισμού του επιφανειακού εδάφους οδηγώντας σε σταδιακή υποβάθμισή του.

Οι αγρότες των ΗΠΑ χάνουν κάθε χρόνο 2 δισεκατομμύρια τόνους επιφανειακού εδάφους, ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο τουλάχιστον 26 δισεκατομμύρια τόνοι χάνονται, στο ίδιο χρονικό διάστημα. Οι μελέτες λένε, ότι οι χώρες της Κεντρικής και Λατινικής Αμερικής έχουν χάσει από 35 έως 50% της παραγωγικής γης τους, ενώ στην Τουρκία το 54% του εδάφους έχει αχρηστευθεί εξαιτίας της διάβρωσης. Μια μελέτη στην Ινδία βρήκε ότι το 39% των εδαφών της χώρας είναι σοβαρά υποβαθμισμένο.

Ορισμός εδαφικής υποβάθμισης

Εδαφική υποβάθμιση είναι η μείωση της παραγωγικότητας του εδάφους για μία ή περισσότερες χρήσεις γης, που μπορεί να προκληθεί από φυσικά φαινόμενα και να επιταχυνθεί από ανθρώπινες παρεμβάσεις.

Η **εδαφική διάβρωση** αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες μορφές εδαφικής υποβάθμισης προκαλώντας πολύ δυσμενή αποτελέσματα στην πρωτογενή παραγωγή. Το ανώτερο και γονιμότερο τμήμα του εδάφους χάνεται με τη διάβρωση. Μεγάλες εδαφικές μάζες ή γεωλογικοί σχηματισμοί αποκολλούνται με άμεσα δυσμενή αποτελέσματα, όπως καταστροφή περιουσιών, δομικών έργων, πλήρωση ταμιευτήρων νερού, κ.ά..

Η διάβρωση χωρίζεται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: την υδατική, την αιολική, τις κατολισθήσεις και τη μηχανική διάβρωση.

Η απορροή του νερού, η πύξη και η τήξη του εδαφικού νερού, οι υδατικές κατακρημνίσεις, οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας μεταξύ μέρας και νύχτας και οι ισχυροί άνεμοι δρουν στο έδαφος και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, όπως η κλίση του εδάφους και η γεωλογία (πετρώματα λιγότερο ή περισσότερο επιδεκτικά στη διάβρωση), προκαλούν εδαφική διάβρωση.

Υδατική διάβρωση

Χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την επιφανειακή διάβρωση και τις μετακινήσεις μαζών. Επιφανειακή είναι η υδατική διάβρωση η οποία αποτελείται από μετακινήσεις ανεξάρτητων εδαφικών σωματιδίων της εδαφικής επιφάνειας, λόγω της επίδρασης διαβρωτικών παραγόντων στην επιφάνεια του εδάφους. Μετακινήσεις μαζών είναι η μορφή διάβρωσης που περιλαμβάνει μεταφορά μαζών εδάφους και πετρωμάτων, λόγω της επίδρασης διαβρωτικών παραγόντων μέσα στη μάζα του εδάφους.

Μηχανισμός γένεσης επιφανειακής διάβρωσης

Ο μηχανισμός γένεσης της επιφανειακής διάβρωσης περιλαμβάνει τη φάση της απόσπασης και τη φάση της μεταφοράς.

* Φάση απόσπασης

Η κινητική ενέργεια που έχουν αποκτήσει οι σταγόνες της βροχής κατά την ελεύθερη πτώση που πραγματοποιούν είναι μέγιστη τη χρονική στιγμή της πρόσκρουσής τους στα εδαφικά συσσωματώματα. Η κινητική αυτή ενέργεια κατά την πρόσκρουση των σταγόνων στο έδαφος μετατρέπεται στο μεγαλύτερο μέρος της σε δυναμική, η οποία τείνει να διασπάσει τα εδαφικά συσσωματώματα σε μικρότερα τεμάχια.

Όταν τα επιφανειακά εδαφικά συσσωματώματα κορεστούν με νερό, ένα λεπτό στρώμα νερού τα περιβάλλει εξωτερικά. Η συνοχή των εδαφικών συσσωματωμάτων γίνεται μικρότερη με αποτέλεσμα μικρότερα ποσά ενέργειας να είναι ικανά να διασπάσουν το εδαφικό συσσωμάτωμα. Επομένως οι σταγόνες της βροχής που προσκρούουν σ' αυτά τα εδαφικά συσσωματώματα αναπηδούν και διασπώνται σε σταγονίδια συμπαρασύροντας το λεπτόκοκκο εδαφικό υλικό.

Το λεπτόκοκκο αυτό εδαφικό υλικό πέφτει ξανά στην επιφάνεια του εδάφους φράζοντας τους εδαφικούς πόρους. Μειώνεται έτσι το πορώδες του εδάφους συνεπώς μειώνεται και η ταχύτητα διήθησης του νερού. Όταν η ένταση της βροχόπτωσης γίνει μεγαλύτερη από την ταχύτητα διήθησης του νερού, τότε το νερό της βροχόπτωσης -αν η εδαφική επιφάνεια είναι κεκλιμένη- απορρέει συμπαρασύροντας εδαφικό υλικό. Πραγματοποιείται δηλαδή η φάση της μεταφοράς.

Η συμπεριφορά των εδαφών κατά τη φάση της απόσπασης διαφοροποιείται από έδαφος σε έδαφος. Σε εδάφη με μεγάλες ποσότητες ανθρακικών αλάτων και φτωχά σε άργιλο, τα επιφανειακά εδαφικά συσσωματώματα κατά τη φάση της απόσπασης καταστρέφονται εξολοκλήρου δημιουργώντας μια παχύρρευστη μάζα στην επιφάνεια τους εδάφους. Αντίθετα σε όξινα εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο, τα εδαφικά

συσσωματώματα έχουν τόσο ισχυρή συνοχή, που η ενέργεια των σταγόνων δεν είναι ικανή να τα διασπάσει σε τέτοιο βαθμό, ώστε να είναι επιρρεπή στη μεταφορά.

* Φάση μεταφοράς

Το έδαφος δεν είναι επίπεδο αλλά παρουσιάζει γεωμορφολογικές διαφοροποιήσεις. Έτσι το νερό της απορροής δεν δημιουργεί ένα συνεχές στρώμα, αλλά κινείται σε μικρές υδάτινες φλέβες ακολουθώντας την μεγαλύτερη κλίση, που απαιτεί τη δαπάνη μικρότερης ενέργειας.

Μέσα στις υδάτινες φλέβες εξαιτίας της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ του νερού και του εδάφους σχηματίζονται μικροί στροβιλισμοί. Οι στροβιλισμοί αυτοί, λόγω της στροφορμής τους, αναπτύσσουν ανυψωτικές δυνάμεις, ανάλογες της ταχύτητας ροής του νερού απορροής. Τα εδαφικά υλικά που έχουν αποσπαστεί από το έδαφος, κατά τη φάση της απόσπασης, τείνουν να κινηθούν μαζί με το νερό εξαιτίας των αναπτυσσόμενων ανυψωτικών δυνάμεων.

Σε ταχύτητες της τάξεως των 0,06 m/sec το νερό μεταφέρει την ιλύ και την άργιλο που ως γνωστό είναι τα πιο λεπτόκοκα εδαφικά κλάσματα. Σε ταχύτητες της τάξεως των 0,2 m/sec μεταφέρεται σε αιώρηση και η λεπτή άμμος. Σε μεγαλύτερες ταχύτητες μεταφέρεται με αναπήδηση και η χονδρότερη άμμος. Τα πλέον χονδρόκοκα υλικά (χαλίκια, πέτρες) μεταφέρονται με μεγάλες ταχύτητες ροής κατά το κύλισμα στην επιφάνεια του εδάφους.

Παράγοντες γένεσης και εξέλιξης επιφανειακής υδατικής διάβρωσης

Οι παράγοντες αυτοί χωρίζονται, ανάλογα με τον τρόπο δράσης τους, στους παράγοντες γένεσης οι οποίοι προκαλούν την έναρξη του φαινομένου και στους παράγοντες εξέλιξης που σε συνδυασμό με τους πρώτους ευνοούν ή παρεμποδίζουν την εξέλιξη της διάβρωσης.

α. Βροχοπτώσεις

Οι βροχοπτώσεις και συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά των βροχών (το ύψος, η ένταση και η συχνότητα των βροχών) αποτελούν παράγοντες γένεσης της διάβρωσης. Το ύψος βροχής, ακόμη και αν η ένταση της βροχής είναι σχετικά μικρή, είναι δυνατό να προκαλέσει διάβρωση, όταν στο έδαφος επέλθει κορεσμός. Το νερό της βροχής το οποίο προσπίπτει στο έδαφος μετά τον κορεσμό απορρέει εξολοκλήρου με αποτέλεσμα την έντονη διάβρωση.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της βροχής, τόσο μεγαλύτερη είναι και η κινητική ενέργεια των σταγόνων που προσκρούουν στο έδαφος. Έτσι, η δυναμική ε-

νέργεια, που μεταφέρεται στα εδαφικά συσσωματώματα από τις σταγόνες της βροχής, είναι μεγαλύτερη με αποτέλεσμα την απόσπαση αυτών.

Η ένταση της βροχής δεν επηρεάζει μόνο την ποσότητα των λεπτόκοκκων υλικών που αποσπώνται από τα εδαφικά συσσωματώματα αλλά και την ένταση της απορροής. Όταν η ένταση της βροχής είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα διήθησης του νερού, η ποσότητα του νερού που δεν διηθείται απορρέει με αποτέλεσμα τη διάβρωση του εδάφους.

Η συχνότητα των βροχών μπορεί να συμβάλλει στην έξαρση της διάβρωσης των εδαφών. Αν οι βροχοπτώσεις μεγάλης έντασης έχουν και μεγάλη συχνότητα, προκαλούν έντονη διάβρωση, όπως συμβαίνει συχνά στις μεσογειακές κλιματικές ζώνες.

β. Βλάστηση

Η βλάστηση κατά κανόνα έχει προστατευτική δράση, όσον αφορά τη γένεση και εξέλιξη της διάβρωσης. Αυτή οφείλεται κυρίως στους παρακάτω λόγους:

- * Η βλάστηση συμβάλλει στη θραύση της ορμής των σταγόνων της βροχής, προστατεύοντας την επιφάνεια του εδάφους. Συγκρατείται μέρος των βροχοπτώσεων στην κόμη και το χλωροτάπητα (Εικ. 8).
- * Τα εδαφικά συσσωματώματα γίνονται ανθεκτικότερα λόγω της προσθήκης οργανικής ουσίας, της ανάπτυξης πληθώρας οργανισμών της μικροχλωρίδας και της μικροπανίδας, τη συνοχή μεταξύ του εδαφικού κολλοειδούς και των ριζιδίων.
- * Αύξηση του εδαφικού πορώδους λόγω της διείσδυσης των ριζών, της ύπαρξης γαιοσκωλήκων και των ριζιδίων τα οποία μετατρέπονται μετά το θάνατό τους σε υδάτινους αγωγούς.
- * Αυξάνεται η εξατμισοδιαπνοή. Έτσι το έδαφος για να κορεστεί με νερό και να επέλθει απορροή, πρέπει τα χαρακτηριστικά των βροχών να έχουν μεγαλύτερες τιμές.



Εικόνα 8 Ελαιώνας με πολύ καλά ανεπτυγμένο χλωροτάπητα που προστατεύει ικανοποιητικά το έδαφος από τη διάβρωση.

Τα πυκνά δάση, οι θάμνοι και τα λιβάδια προστατεύουν σε μεγάλο βαθμό το έδαφος από επικείμενη διάβρωση.

Τα δάση, οι θάμνοι μέτριας κάλυψης, οι αμπελώνες, οι δενδρώδεις καλλιέργειες, οι εγκαταλειμμένες αναβαθμίδες και τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας προσφέρουν μέτρια προστασία.

γ. Κλίση της επιφάνειας του εδάφους

Η κλίση της επιφάνειας του εδάφους παίζει καθοριστικό ρόλο στη διάβρωση. Εάν το έδαφος είναι οριζόντιο, τα εδαφικά τεμαχίδια που αποσπώνται αντισταθμίζονται ως προς τη μεταφορά τους. Αντίθετα εάν το έδαφος είναι επικλινές, τα νερά που απορρέουν στην εδαφική επιφάνεια υπό μορφή ρυακιών ή υδατικών στρώσεων, ακολουθώντας την κλίση του, παρασύρουν τα εδαφικά τεμαχίδια που αποσπώμενα μεταφέρονται σε μακρινές αποστάσεις.

δ. Έδαφος

Η σταθερότητα των εδαφικών συσσωματωμάτων, δηλαδή η ανάπτυξη και το είδος της εδαφικής δομής, επηρεάζουν σημαντικά την αντοχή του εδάφους στη διάβρωση. Όσο πιο καλά αναπτυγμένη είναι η δομή, τόσο πιο ανθεκτικό είναι το έδαφος στη διάβρωση.

Το βάθος του εδάφους επιδρά καθοριστικά στη διάβρωση. Γενικά όσο βαθύτερο είναι το έδαφος, τόσο περισσότερο νερό μπορεί να αποθηκευτεί και συνεπώς τόσο αργότερα εμφανίζεται η υδατική απορροή.

Τύποι επιφανειακής διάβρωσης

Ο τύπος της επιφανειακής διάβρωσης χαρακτηρίζεται βάσει των χαρακτηριστικών ιχνών, που σχηματίζει η επιφάνεια του εδάφους. Βάσει αυτών η επιφανειακή διάβρωση χωρίζεται στους παρακάτω τύπους:

*** Διάβρωση με εκτίναξη**

Είναι η διάβρωση που αποτελείται από τη φάση της απόσπασης. Δηλαδή το διαβρωμένο υλικό αποτελείται από το υλικό που μεταφέρθηκε προς τα “κατάντη” με αναπήδηση μαζί με τα σταγονίδια της βροχής, όπως περιγράφηκε κατά τη φάση της απόσπασης.

*** Διάβρωση κατά στρώσεις**

Αποτελεί το πρώτο στάδιο της επιφανειακής διάβρωσης. Προκαλεί μετακίνηση λεπτόκοκκων συστατικών (άργιλου, ιλύος και λεπτής άμμου) από τον επιφανειακό ορίζοντα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της υψής, του χρώματος και την εμφάνιση χαλικιών στον επιφανειακό ορίζοντα. Με την πάροδο του χρόνου, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες, απομακρύνεται ολόκληρος ο ορίζοντας και εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ο κατώτερος, λιγότερο γόνιμος ορίζοντας (Εικ. 9).



Εικόνα 9 Λοφώδης περιοχή που η έντονη διάβρωση κυρίως κατά στρώσεις είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση του μητρικού υλικού (ανοιχτόχρωμες περιοχές) στην επιφάνεια.

* Διάβρωση με αυλακώσεις

Πιθανά εμπόδια στην κίνηση του νερού προς τα κάτω έχουν ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση της υδατικής ροής σε υδάτινες φλέβες. Αμέσως μετά τα εμπόδια και μέσα στο νερό, δημιουργούνται μικροί στροβιλισμοί (εφ' όσον η ταχύτητα ροής του νερού είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης, δηλαδή των 3cm/sec για μέσα εδάφη), οι οποίοι “σκάβουν” το έδαφος δημιουργώντας μικρές στοές που εξελίσσονται σταδιακά σε μικρές υδάτινες φλέβες. Αυτές μεγαλώνουν κατά βάθος και πλάτος κατά τη φορά της ροής, ώστε να σχηματίσουν τελικά τις αυλακώσεις.

Ο γεωργός φέρει μεγάλο μερίδιο ευθύνης στη γένεση της διάβρωσης με αυλακώσεις, κυρίως όταν η άροση ακολουθεί την κλίση του εδάφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το νερό να κινείται στα αυλάκια άροσης διαβρώνοντας αυτά περαιτέρω (Εικ. 10).



Εικόνα 10 Διάβρωση εδάφους κατά αυλακώσεις όπου η κατεύθυνση της καλλιέργειας ευνοεί το σχηματισμό αυλάκων.

* Διάβρωση με χαραδρώσεις

Συνήθως αποτελεί εξέλιξη της διάβρωσης με αυλακώσεις. Εάν ο χειμώνας είναι πολύ υγρός και το καλοκαίρι ξηροθερμικό η διάβρωση με χαραδρώσεις δημιουργείται από την αρχή στο έδαφος, χωρίς να αποτελεί εξελικτικό στάδιο της διάβρωσης με αυλακώσεις (Εικ. 11).

Το μέγεθος της χαράδρας εξαρτάται από την διαβρωτική ικανότητα του νερού, την αντίσταση στη διάβρωση του εδαφικού υλικού και το μέγεθος της λεκάνης απορροής που δέχεται τα νερά της χαράδρας.



Εικόνα 11 Χαραδρωτική διάβρωση σε λοφώδη περιοχή με ημί ξηρο Μεσογειακό κλίμα.

Υποεπιφανειακή διάβρωση

Σ' αυτή την περίπτωση η διάβρωση δρα εντός του εδάφους προκαλώντας μετακινήσεις μαζών και όχι ανεξάρτητων εδαφικών σωματιδίων. Οι παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη αυτής της διάβρωσης είναι οι ακόλουθοι:

- ✓ Αργιλώδης εδαφική υφή.
- ✓ Ευδιάβρωτο μητρικό πέτρωμα.
- ✓ Υψηλή ποσότητα διηθούμενου νερού.
- ✓ Έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις μεταξύ ημέρας και νύχτας.
- ✓ Επικράτηση χαμηλών θερμοκρασιών.

Τύποι υποεπιφανειακής διάβρωσης

Ο τύπος της υποεπιφανειακής διάβρωσης χαρακτηρίζεται από την ταχύτητα μετακίνησης των μαζών και το βάθος του εδάφους που επηρεάζεται από τη μετακίνηση. Βάσει αυτών η υποεπιφανειακή διάβρωση χωρίζεται στους ακόλουθους τύπους:

- Ερπυσμός κορεσμένου εδάφους

Εξελίσσεται με βραδύτητα και εμφανίζεται σε επικλινείς περιοχές όπου ο χειμώνας είναι δριμύς με θερμοκρασίες μικρότερες των 0°C. Ο μηχανισμός γένεσης του ερπυσμού κορεσμένου εδάφους είναι ο ακόλουθος:

Κατά την χειμερινή περίοδο, όπου η θερμοκρασία κατέρχεται κάτω των 0°C, το νερό που υπάρχει στο εδαφικό πορώδες παγώνει με αποτέλεσμα τη διαστολή του και τη διάσπαση των εδαφικών συσσωματωμάτων. Την Άνοιξη, με την άνοδο της εδαφικής θερμοκρασίας πάνω από το μηδέν ο πάγος λιώνει με αποτέλεσμα στο έδαφος να επέρχεται κορεσμός με νερό.

- Ερπυσμός ακόρεστου εδάφους

Εκδηλώνεται με μεγάλη βραδύτητα και σε μικρότερο βάθος από τον ερπυσμό κορεσμένου εδάφους. Εμφανίζεται σε επικλινείς περιοχές της ημίξηρης μεσογειακής κλιματικής ζώνης στην οποία ανήκει και η Ελλάδα. Οφείλεται στη διαστολή και συστολή λόγω της έντονης θερμοκρασιακής διαφοροποίησης μεταξύ ημέρας και νύχτας ή στη διαστολή και συστολή λόγω της εναλλαγής της ύγρανσης και ξήρανσης του εδάφους. Ο μηχανισμός γένεσης του ερπυσμού ακόρεστου εδάφους είναι ο ακόλουθος: σε περίοδο διαστολής (είτε λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας την ημέρα είτε λόγω της ύγρανσης) αυξάνεται ο όγκος του εδάφους και το κέντρο βάρους μετατοπίζεται προς τα κατάντη, με αποτέλεσμα τη βραδεία μετακίνηση του εδάφους προς τα κάτω. Κατά την περίοδο συστολής (είτε λόγω μείωσης της θερμοκρασίας τη νύχτα είτε λόγω ξήρανσης) μειώνεται ο όγκος του εδάφους και το κέντρο βάρους μετατοπίζεται προς τα ανάντη, με αποτέλεσμα την παύση της μετακίνησης. Ακολούθως επαναλαμβάνεται η πρώτη φάση, κ.ο.κ..

Αιολική διάβρωση

Η αιτία γένεσης αυτού του είδους διάβρωσης είναι οι ισχυροί άνεμοι. Περιοχές με μικρό ύψος βροχοπτώσεων, ισχυρούς ανέμους και περιορισμένη ανάπτυξη της βλάστησης κατά την θερινή περίοδο (π.χ. τα νησιά των Κυκλάδων) είναι αρκετά επιρρεπείς στην αιολική διάβρωση.

Μηχανισμός γένεσης αιολικής διάβρωσης

Στην επιφάνεια του εδάφους η ταχύτητα του ανέμου είναι ελάχιστη. Αυτό οφείλεται στις δυνάμεις συνάφειας μεταξύ του εδάφους και του ανέμου. Από τα 2-3 mm έως και ύψους μερικών χιλιοστών από την επιφάνεια του εδάφους η κίνηση του αέρα είναι ευθύγραμμη και ομαλή. Σε μεγαλύτερα ύψη η κίνηση του αέρα είναι τυρβώδης με στροβιλισμούς οι οποίοι μετακινούν τα εδαφικά σωματίδια. Όσο αυξάνει το ύψος από την εδαφική επιφάνεια τόσο αυξάνει και η ταχύτητα του ανέμου.

Τα σωματίδια της τάξης των 0,1 mm είναι τα πρώτα που μετακινούνται. Τα μικρότερα σωματίδια παρουσιάζουν αυξημένη συνοχή και η μικρή διάμετρος που έχουν δεν τους επιτρέπει να φθάσουν τη ζώνη των στροβιλισμών. Τα μεγαλύτερα σωματίδια μετακινούνται μόνο με πολύ ισχυρούς ανέμους. Τα χονδρότερα σωματίδια κυλούν ή γλιστρούν, τα μέσα αναπηδούν, ενώ τα λεπτόκοκκα μεταφέρονται σαν σκόνη.

Παράγοντες αιολικής διάβρωσης

Ενεργητικοί παράγοντες: είναι ο δυνατός άνεμος, που εφαρμόζεται σε μεγάλη έκταση.

Παθητικοί παράγοντες: αποτελούνται από τη βλάστηση και το έδαφος. Ξηρό έδαφος με μικρή συνεκτικότητα και αραιή ή ανύπαρκτη βλάστηση αποτελούν ιδανικό υπόστρωμα εφαρμογής της αιολικής διάβρωσης.

Κατολισθήσεις

Οι κατολισθήσεις δημιουργούν σημαντικότερα οικονομικά προβλήματα στον άνθρωπο. Η ταχεία εξέλιξη τους θέτει σε κίνδυνο ανθρώπους και ζώα. Οι κατολισθήσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στην κατολίπηση που λαμβάνει χώρα στο έδαφος και ονομάζεται χωματόρροια και στην κατολίπηση που λαμβάνει χώρα στους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Οι παράγοντες που συντελούν στη γέννηση και εξέλιξη της χωματόρροιας είναι οι ακόλουθοι:

Ενεργητικοί παράγοντες: η μεγάλη ποσότητα διηθούμενου νερού και ο αδιαπέραστος υποκείμενος ορίζοντας προτρέπουν το έδαφος που βρίσκεται πάνω από το αδιαπέραστο στρώμα να μετακινηθεί (Εικ. 12).

Παθητικοί παράγοντες: αποτελούνται από τη βλάστηση και την τοπογραφία. Όταν οι δύο αυτοί παράγοντες είναι ευνοϊκοί τότε η μετακίνηση πραγματοποιείται. Για να πραγματοποιηθεί κατολίπηση η κλίση πρέπει να είναι μεγάλη και ο αδιαπέραστος ορίζοντας να ακολουθεί την κλίση. Αν η βλάστηση έχει επιφανειακό ριζικό σύστημα τότε η εδαφική μάζα που βρίσκεται πάνω από τον αδιαπέραστο ορίζοντα θα τείνει να μετακινηθεί συμπαρασύροντας και τη βλάστηση. Αν η βλάστηση έχει ριζικό σύστημα που εκτείνεται κάτω από τον επιφανειακό ορίζοντα (π.χ. δάση) τότε δεν εκδηλώνεται μετακίνηση, γιατί οι ρίζες συγκρατούν το έδαφος, που βρίσκεται πάνω από την άνω επιφάνεια του αδιαπέραστου ορίζοντα.

Όταν η βλάστηση είναι δενδρώδης και εκδηλωθεί κατολίπηση, τα δένδρα στην αρχή είναι κεκλιμένα και ο κορμός τους ευθύς. Επειδή όμως ο κορμός των δένδρων τείνει να είναι κατακόρυφος δημιουργείται στη βάση του κορμού μια κυρτότητα η οποία μας επιτρέπει να διαγνώσουμε αν μια περιοχή έχει υποστεί στο παρελθόν κατολίπηση.



Εικόνα 12 Αγρός καλλιεργούμενος με σιτηρά, όπου παρατηρούνται, κατά θέσεις, κατολισθήσεις.

Τα αίτια των κατολισθήσεων που λαμβάνουν χώρα στους γεωλογικούς σχηματισμούς είναι σύνθετα και αλληλεξαρτημένα. Αυτά είναι οι κλιματικές συνθήκες, η τεκτονική δραστηριότητα, η τοπογραφία, η λιθολογία, η βλάστηση, η κλίση των πρανών, η κατανομή και δομή των πετρωμάτων, κ.ά..

Οι γεωλογικές δομές στον Ελλαδικό χώρο που είναι ευνοϊκές για κατολίπηση είναι οι ακόλουθες:

- * Μάζες πετρωμάτων μεγαλύτερης αντοχής καλύπτουν σχηματισμούς με μικρότερη αντοχή.
- * Εναλλαγή στρωμάτων με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες. Τυπική περίπτωση αποτελεί ο σχηματισμός του φλύσχη.
- * Δομές που επηρεάζονται σημαντικά από την τεκτονική δραστηριότητα.

Μηχανική διάβρωση

Ως μηχανική διάβρωση ορίζεται η διάβρωση που προκύπτει από τη χρήση μηχανημάτων κατεργασίας εδάφους και παρατηρείται σαν μετακίνηση εδαφικής μάζας προς τα χαμηλότερα σημεία του λόφου (Εικ. 13). Η μηχανική διάβρωση μπορεί να θεωρηθεί σαν σημαντική διαδικασία υποβάθμισης του εδάφους. Μεγάλες ποσότητες εδάφους συσσωρεύονται στα χαμηλότερα μέρη των καλλιεργούμενων λοφωδών εδαφών. Οι περιοχές με τη μικρότερη κλίση εμπλουτίζονται με το εδαφικό υλικό που χάνεται από τις υπερκείμενες καλλιεργούμενες περιοχές με αποτέλεσμα τη μείωση του βάθους των τελευταίων, τη μείωση της παραγωγικότητάς τους και τη σταδιακή υποβάθμισή τους. Το υλικό που διαβρώνεται από τις υψηλότερες περιοχές συνήθως είναι φτωχότερο από το επιφανειακό υλικό των περιοχών που αποτίθεται. Άμεση συνέπεια των παραπάνω είναι η μείωση της παραγωγικότητας και των δύο περιοχών.



Εικόνα 13 Κατεργασία με τετράννο άροτρο σε λοφώδη περιοχή προκαλώντας μηχανική διάβρωση.

Επίσης, η μηχανική διάβρωση έχει ως συνέπεια την απώλεια επιφανειακού εδάφους, που συνεπάγεται απώ-

λεια οργανικής ουσίας στις πλαγιές και στις κορυφές. Η οργανική ουσία είναι πολυτιμότερο συστατικό του εδάφους, αφού συμβάλλει στη βελτίωση της δομής του και άρα στον καλύτερο αερισμό και στην ικανότητα συγκράτησης νερού. Αποτελεί επίσης παράγοντα που συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικότητας.

Εάν λάβουμε υπόψη μας τους υψηλούς ρυθμούς διάβρωσης που προκαλούνται από την κατεργασία του εδάφους, τότε η μηχανική διάβρωση θα έχει ένα σημαντικό αρνητικό αποτέλεσμα στις εδαφικές ιδιότητες και στη διατήρηση της παραγωγικότητας του εδάφους. Αυτό το αρνητικό αποτέλεσμα δεν αναφέρεται μόνο στο γεγονός της μετακίνησης εδαφικών τεμαχιδίων. Μεταφέρονται επίσης και θρεπτικά συστατικά και οργανική ουσία ακόμα και τοξικές ουσίες, όπως π.χ. φυτοφάρμακα, που μπορεί να αποβούν επιζήμιες για τις καλλιέργειες, όπου αυτές οι ουσίες αποτίθενται.

Οι αρνητικές συνέπειες της μηχανικής διάβρωσης δεν συνδέονται μόνο με την αλλοίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, αλλά με ανεπιθύμητες τοπογραφικές αλλαγές. Η μηχανική διάβρωση μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία εδαφικών ανυψώσεων, λόγω της σταδιακής μετακίνησης της εδαφικής μάζας από τις πιο επικλινείς περιοχές και συσσώρευσής της στις ομαλότερες κλίσεις, ή στα όρια του αγροτεμαχίου που καλλιεργείται με τον συγκεκριμένο τρόπο. Αυτές οι ανυψώσεις μπορεί να είναι και αρκετά μέτρα ψηλές και μπορεί να γίνουν ασταθείς ή ακόμα να αποτελέσουν τα αρχικά σημεία δημιουργίας χαραδρωτικής διάβρωσης (Εικ. 14).

Τέλος η κατεργασία του εδάφους παράλληλα προς την κλίση ενισχύει την υδατική διάβρωση με τη μορφή αυλακώσεων, γιατί το νερό που δεν διηθείται στο έδαφος συγκεντρώνεται στις αυλακιές που δημιουργεί το άροτρο και απορρέει εκεί επιταχύνοντας τη διεύρυνσή τους και αυξάνοντας την πιθανότητα να μετασχηματιστούν σε χαραδρώσεις.



Εικόνα 14 Έντονα διαβρωμένη περιοχή. Οι ρίζες των δένδρων συγκατατούν το έδαφος στην αρχική του θέση.

Παρά την μεγάλη ευαισθησία των επικλινών εδαφών στη διάβρωση και τη σταδιακή υποβάθμισή τους, πολύ συχνά η κατεργασία του εδάφους σε αυτές τις περιοχές γίνεται παράλληλα προς την κλίση. Ο τρόπος αυτός άροσης δεν ενδείκνυται για τις λοφώδεις περιοχές, γιατί το άροτρο κινούμενο παράλληλα στην κλίση προκαλεί μετακίνηση εδαφικής μάζας προς τα χαμηλότερα σημεία της πλαγιάς που οδηγεί στις συνέπειες που προαναφέρθηκαν.

Ανθρώπινες δραστηριότητες, που επιταχύνουν τη διάβρωση

Ο άνθρωπος επεμβαίνει στη φυσική ισορροπία του εδάφους με διάφορους τρόπους. Η διάβρωση είναι φυσική διεργασία που λαμβάνει χώρα από τη γένεση της γης και δεν αποτελεί φαινόμενο των ημερών μας. Ο ρυθμός διάβρωσης αντισταθμιζόταν και υπερκαλυπτόταν από το ρυθμό φυσικής εδαφογένεσης, δηλαδή ο ρυθμός απομάκρυνσης εδαφικών υλικών εξαιτίας της διάβρωσης υπερκαλυπτόταν από το ρυθμό σχηματισμού νέων εδαφικών υλικών. Η διάβρωση λοιπόν, ως φυσική διαδικασία, δεν έθετε κίνδυνο υποβάθμισης των εδαφών. Ο άνθρωπος με διάφορους τρόπους επέμβασης του στο φυσικό περιβάλλον επιταχύνει την υδατική διάβρωση και υποβαθμίζει τους φυσικούς πόρους.

Οι δραστηριότητες του ανθρώπου που ευνοούν την υδατική διάβρωση του εδάφους είναι η καταστροφή των δασών, η υπερβόσκηση και η μη ορθολογική καλλιέργεια των γεωργικών εκτάσεων.

Καταστροφή των δασών

Η καταστροφή των δασών λόγω “ηθελημένων” ή μη πυρκαγιών εκθέτει τα αντίστοιχα εδάφη σε υψηλό κίνδυνο διάβρωσης. Οι πυρκαγιές του καλοκαιριού, όταν η ξηρασία είναι μεγάλη, οι πρώτες καταρρακτώδεις βροχές του φθινοπώρου βρίσκουν το έδαφος ακάλυπτο από την προστασία της βλάστησης και εκτεθειμένο στην απευθείας δράση των σταγόνων της βροχής. Το επιφανειακό έδαφος παρασύρεται και σταδιακά μένει απογυμνωμένο το μητρικό υλικό.

Η χώρα μας, όπως και οι περισσότερες μεσογειακές χώρες, αντιμετωπίζει πολύ σημαντικά προβλήματα διάβρωσης και υποβάθμισης των εδαφών της. Άμεσοι στόχοι είναι η προστασία των δασών που αναγεννιούνται (δάση που έχουν καταστραφεί από πυρκαγιές και αναβλαστάνουν με φυσικό τρόπο). Η προστασία των τελευταίων αναφέρεται στην απαγόρευση βόσκησης αιγών μέσα σε αναγεννόμενα δάση, γιατί επιβραδύνουν τη βλάστηση των νεαρών δενδρυλλίων τρώγοντας τους νεαρούς βλαστούς ή ακόμα και τα καταστρέφουν.

ση συνέπεια είναι η έκθεση των εδαφών αυτών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στη διαβρωτική ενέργεια του νερού και άρα μεγαλύτερος κίνδυνος ολοκληρωτικής διάβρωσης και υποβάθμισής τους.

Υπερβόσκηση

Η κτηνοτροφία αποτελεί ένα σημαντικότερο παραγωγικό κλάδο της χώρας μας, που η ανάπτυξη και η ανταγωνιστικότητά του είναι σημαντική επιδίωξη της Ελληνικής αγροτικής πολιτικής. Ωστόσο όμως πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε η ανάπτυξη αυτού του κλάδου να μην θέτει σε κίνδυνο τα οικοσυστήματα στα οποία αναπτύσσεται. Ειδικότερα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η βόσκηση να μην ξεπερνά τα ορθολογικά όρια, γιατί τότε καταστρέφεται ο χλοοτάπητας και εξαφανίζονται κάποια φυτικά είδη που αποτελούν τροφή των αιγοπροβάτων. Επίσης η δομή του εδάφους υποβαθμίζεται καθώς οι χηλές των ζώων κονιορτοποιούν το έδαφος που σύντομα παρασύρεται με το νερό της βροχής. Η υποβάθμιση της δομής οδηγεί επίσης στη μείωση της διηθητικότητας του εδάφους, άρα στην αύξηση του όγκου της απορροής και κατ’ επέκταση σε μεγαλύτερη διάβρωση.

Μη ορθολογική καλλιέργεια γεωργικών εκτάσεων

Η υπερεντατική εκμετάλλευση του εδάφους έχει επίσης ως αποτέλεσμα την υποβάθμισή του. Τα θρεπτικά στοιχεία και η οργανική ουσία εξαντλούνται, οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους εξασθενούν και η εξυγιάνσή του είναι πολύ δύσκολη έως ανέφικτη. Η έλλειψη συστηματικών λιπάνσεων για την αντικατάσταση των θρεπτικών στοιχείων που εξαντλούνται, η απουσία οργανικής λίπανσης που θα βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, αλλά και οι τεχνικές καλλιέργειας που δεν είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες των εκάστοτε εδαφών έχουν ως συνέπεια τους εντεινόμενους ρυθμούς υποβάθμισης των γεωργικών εκτάσεων. Τυπικό παράδειγμα έντονης διάβρωσης που προκύπτει από λανθασμένες τεχνικές κατεργασίας του εδάφους είναι η άροση, παράλληλα προς την κλίση, στις λοφώδεις περιοχές, που όπως έχει επισημανθεί νωρίτερα προκαλεί μετακίνηση μεγάλων ποσοτήτων εδαφικών μαζών προς τα κατώτερα μέρη των πλαγιών.

Συντήρηση - Προστασία εδαφικών πόρων

Η διάβρωση είναι μία από τις σημαντικότερες μορφές υποβάθμισης του εδάφους που παγκοσμίως αλλά και στη χώρα μας έχει λάβει σοβαρές διαστάσεις. Η συντή-

ρηση και βελτίωση των εδαφικών πόρων αποτελεί επιτακτική ανάγκη, για την εξασφάλιση “αιφόρου” παραγωγικής γης.

Τα μέτρα προστασίας ανάλογα με τη δράση τους χωρίζονται σε τρεις ομάδες:

- Βιοκαλλιεργητικές τεχνικές
- Τεχνικές καλλιέργειας του εδάφους
- Αντιδιαβρωτικά τεχνικά έργα

Όλα τα μέτρα αποσκοπούν στη μείωση της απορροής και στην αύξηση της αντίστασης του εδάφους στη διάβρωση. Οι τεχνικές καλλιέργειας του εδάφους αλλά και τα αντιδιαβρωτικά τεχνικά έργα επιτρέπουν την ολική αντιμετώπιση της διάβρωσης ελέγχοντας την ενέργεια του νερού. Τα παραπάνω είναι απαραίτητα να συνδυάζονται με τεχνικές που μειώνουν ακόμα περισσότερο την απορροή σε επίπεδο αγροτεμαχίου και οι τεχνικές αυτές ονομάζονται βιοκαλλιεργητικές.

Βιοκαλλιεργητικές τεχνικές

Βιοκαλλιεργητικές τεχνικές ονομάζουμε τις τεχνικές καλλιέργειας του εδάφους που η δράση τους εστιάζεται:

- Στη σταθεροποίηση και συγκράτηση του εδάφους μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών. Η μεγαλύτερη δυνατή κάλυψη του εδάφους τόσο από άποψη χρόνου (δηλαδή το έδαφος καλύπτεται όσο το δυνατό μεγαλύτερο διάστημα) όσο και από έκταση (κατά το δυνατό μεγαλύτερη έκταση θα είναι καλυμμένη) συμβάλλει στην καλύτερη προστασία του. Για παράδειγμα σε δενδρώδεις καλλιέργειες, η πυκνή φυτοκάλυψη των διαστημάτων ανάμεσα στα δένδρα παίζει προστατευτικό ρόλο στη διάβρωση. Χρησιμοποιούνται για φυτοκάλυψη είτε φυτά που προστατεύουν το έδαφος με το υπέργειο τμήμα τους, είτε φυτά που ενσωματώνονται στο επιφανειακό εδαφικό στρώμα για εμπλουτισμό του με οργανική ουσία, είτε φυτικά υπολείμματα.
- Στη διατήρηση και προστασία της καλής δομής στο έδαφος. Η ύπαρξη ισχυρών συσσωματωμάτων εξασφαλίζει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα του επιφανειακού εδάφους στα κτυπήματα των σταγόνων της βροχής.
- Στη διατήρηση της γονιμότητας και της παραγωγικότητας του εδάφους που επιτυγχάνεται με:

α) Ενσωμάτωση υπολειμμάτων των καλλιεργειών στο έδαφος, ώστε να εμπλουτιστεί με οργανική ουσία. Η μετατροπή των φυτικών υπολειμμάτων σε οργανική ουσία είναι βραδεία διαδικασία και συνιστάται η προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων.

β) Χλωρές λιπάνσεις. Είναι η καλλιέργεια βελτιωτικών φυτών, όπως τα ψυχανθή, και η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος που γίνεται πριν την άνθισή τους. Στόχος είναι ο εμπλουτισμός του εδάφους με οργανική ουσία και η βελτίωση της γονιμότητάς του.

γ) Αγρανάπαυση. Είναι η περίοδος που τα γεωργικά εδάφη παραμένουν ακαλλιέργητα, ώστε να ανακτηθεί η γονιμότητά τους. Η τεχνική της αγρανάπαυσης είναι πολύτιμη, όταν επιτρέπει την γρήγορη και πυκνή φυσική αναπαραγωγή και ανάπτυξη αυτοφυών φυτών που θα προσφέρουν οργανική ουσία. Τα αγρωστώδη, που αναπτύσσονται ταχύτατα και δημιουργούν πλούσιο ριζικό σύστημα, δρουν εξαιρετικά ευνοϊκά γιατί με αυτό τον τρόπο συμβάλλουν στη βελτίωση της δομής.

δ) Λιπάνσεις συντήρησης. Η καλή γονιμότητα του εδάφους αποτελεί σημαντικό παράγοντα προστασίας του από τη διάβρωση, αφού ενισχύει την ανάπτυξη αφενός πλούσιας φυτικής μάζας για καλύτερη κάλυψη της επιφάνειας και αφετέρου ισχυρού ριζικού συστήματος που συγκρατεί και σταθεροποιεί τα συσσωματώματα.

Τεχνικές καλλιέργειας εδάφους

Οι τεχνικές καλλιέργειας του εδάφους παίζουν καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση ή καταστροφή της δομής του εδάφους. Οι τεχνικές καλλιέργειας πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της καλλιέργειας αλλά και να εξασφαλίζουν τη διατήρηση της παραγωγικότητας των εδαφών. Εξασφάλιση των παραπάνω προϋποθέσεων:

- Η κατεργασία του εδάφους να γίνεται όταν το έδαφος βρίσκεται στην κατάλληλη κατάσταση υγρασίας, δηλαδή ούτε πολύ υγρό, ούτε πολύ ξηρό. Στην αντίθετη περίπτωση, η κατεργασία είναι επιβλαβής για τη δομή του.
- Η χρήση βαριών μηχανημάτων κατεργασίας του εδάφους προκαλεί συμπίεσή του σε ορισμένο βάθος, καταστροφή της δομής του και σταδιακή υποβάθμισή του και θα πρέπει όσο είναι δυνατό να αποφεύγεται.
- Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις λοφώδεις περιοχές που είναι περισσότερο επιρρεπείς στη διάβρωση. Η κατεργασία του εδάφους πρέπει να γίνεται παράλληλα προς τις ισοϋψείς γραμμές, δηλαδή κάθετα στην κλίση του εδάφους. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της μηχανικής διάβρωσης, η κατεργασία του εδάφους παράλληλα προς την κλίση του έχει ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση εδαφικών μαζών προς τα χαμηλότερα μέρη των πλαγιών και τη σταδιακή υποβάθμιση των υψηλότερων τμημάτων.

Αντιδιαβρωτικά τεχνικά έργα

Η κλίση του εδάφους είναι ένας από τους καθοριστικότερους παράγοντες διάβρωσης. Όταν η κλίση του εδάφους είναι μεγαλύτερη του 2-3%, οι βιοκαλλιεργητικές τεχνικές και οι τεχνικές καλλιέργειας δεν είναι ικανές να προστατεύσουν το έδαφος. Σε αυτή την περίπτωση προτείνεται η συστηματοποίηση του εδάφους με αναβαθμίδες (Εικ. 15 & 16).

Στόχος των κατασκευών αυτών είναι:

- Η μείωση της ποσότητας του νερού της απορροής, που συνεπάγεται μεταφορά μικρότερων ποσοτήτων διαβρωμένου υλικού.
- Η διήθηση μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού στο έδαφος.
- Η δυνατότητα φύτευσης και καλλιέργειας των εκτάσεων, που έχουν συστηματοποιηθεί.
- Η δυνατότητα ομαλής διοχέτευσης του νερού της βροχής, που δεν μπορεί να απορροφηθεί.



Εικόνα 15 Ελαιώνας σε αναβαθμίδες με τοίχο αντιστήριξης (ξηρολιθιά).



Εικόνα 16 Συνδυασμός αναβαθμίδων με τοίχους αντιστήριξης και επιχωματώσεις.

Προβληματικά εδάφη και βελτίωση

Τα προβληματικά εδάφη είναι αυτά που έχουν μία ή περισσότερες φυσικές ή χημικές ιδιότητες μη ευνοϊκές στην ανάπτυξη του φυτού ή ακόμη κάποιο φυσικό παράγοντα που δρα περιοριστικά στην γεωργική ανάπτυξη. Προβληματικά θεωρούνται τα αλατούχα, τα μη αλατούχα - αλκαλιωμένα εδάφη, τα αλατούχα - αλκαλιωμένα εδάφη, τα ασβεστούχα και τα όξινα εδάφη, τα εδάφη που είναι φτωχά σε οργανική ουσία, τα εδάφη με κακή υφή ή με κακή

δομή, καθώς και εκείνα που έχουν υψηλή στάθμη υπόγειου νερού ή αδιαπέρατη στρώση.

Αλατούχα χαρακτηρίζονται τα εδάφη που περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις υδατοδιαλυτών αλάτων (NaCl , CaCl_2 κ.λπ.). Για το διαχωρισμό αυτών των εδαφών σε διάφορες κατηγορίες χρησιμοποιείται η ηλεκτρική αγωγιμότητα υγρού εδάφους και η εκατοστιαία αναλογία νατρίου σε σχέση προς το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων. Έτσι αλατούχα θεωρούνται τα εδάφη, που έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα μεγαλύτερη από 4 mmhos/cm και η εκατοστιαία αναλογία ανταλλάξιμου νατρίου προς το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι μικρότερη από 15.

Τα αλατούχα εδάφη σχηματίζονται σε ξηρά ή ημίξηρα κλίματα και όπου υπάρχουν αβαθή αλατούχα υπόγεια νερά ή όπου το αρδευτικό νερό είναι κακής ποιότητας. Το νερό κατά την ανοδική του πορεία προς την επιφάνεια του εδάφους, από όπου εξατμίζεται, συμπαρασύρει τα άλατα που είναι διαλυμένα σε αυτό. Στις ξηρές περιοχές η εξατμηση του νερού είναι έντονη και οι ποσότητες αλάτων που συγκεντρώνονται στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους μεγάλες (Εικ. 17). Η δυσμενής επίδραση των υδατοδιαλυτών αλάτων στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των καλλιεργειών οφείλεται κυρίως στο ότι: α) το εδαφικό διάλυμα γίνεται ιδιαίτερα πυκνό (οσμωτική πίεση) με άμεση συνέπεια τη δυσκολία πρόσληψης νερού από το ριζικό σύστημα των φυτών και

β) η μεγάλη συγκέντρωση χλωρίου είναι τοξική στη ρίζα.



Εικόνα 17 Αλατούχο έδαφος στην επιφάνεια του οποίου διακρίνεται η λευκή κρούστα των υδατοδιαλυτών αλάτων.

Μη αλατούχα - αλκαλιωμένα εδάφη ονομάζονται τα εδάφη που παρουσιάζουν ηλεκτρική αγωγιμότητα μικρότερη των 4mmhos/cm και η εκατοστιαία αναλογία ανταλλάξιμου νατρίου προς το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι μεγαλύτερη από 15. Στα εδάφη αυτά η ύπαρξη μεγάλης αναλογίας νατρίου δεν ευνοεί το σχηματισμό ανθεκτικής και μόνιμης δομής, δηλαδή σταθερών συσσωματωμάτων. Τέτοια εδάφη με τις πρώτες βροχές μετατρέπονται σε λάσπη και τα συσσωματώματα που τυχόν σχηματίστηκαν καταστρέφονται πολύ εύκολα.

Ως αλατούχα - αλκαλιωμένα εδάφη χαρακτηρίζονται τα εδάφη των οποίων η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μεγάλυ-

τερη από 4mmhos/cm και η εκατοστιαία αναλογία ανταλλάξιμου νατρίου προς το σύνολο των ανταλλάξιμων κατιόντων είναι μεγαλύτερη από 15. Τα εδάφη αυτά είναι ταυτόχρονα και αλατούχα και αλκαλιωμένα και συνδυάζουν τις ιδιότητες τόσο της αλατότητας όσο και της αλκαλίωσης.

Στους τρεις τύπους προβληματικών εδαφών που αναφέρθηκαν οι βασικές αιτίες που προκαλούν περιορισμό ή και μηδενισμό της παραγωγικότητάς τους είναι η μεγάλη συγκέντρωση διαλυτών αλάτων και η μεγάλη συγκέντρωση χλωρίου. Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται θα αποσκοπούν πρωταρχικά στην απομάκρυνση της “περίσσειας” των υδατοδιαλυτών αλάτων. Στα μέτρα πρόληψης της αλάτωσης των εδαφών περιλαμβάνεται η χρήση αρδευτικού νερού καλής ποιότητας, η κατασκευή στραγγιστικού δικτύου που θα απομακρύνει τα νερά της έκπλυσης και η χρήση κατάλληλων λιπασμάτων. Η βελτίωση των παθογενών αυτών εδαφών θα πρέπει να εστιάζεται στα εξής μέτρα:

- Διαδοχικές εκπλύσεις, ώστε να απομακρυνθούν από τη ριζόσφαιρα τα διαλυτά άλατα.
- Υποβίβαση της στάθμης των υπόγειων υδάτων σε ικανοποιητικό βάθος, εάν βρίσκεται πλησίον στην επιφάνεια του εδάφους.
- Χρήση βελτιωτικών εδάφους ώστε να αντικατασταθεί το ανταλλάξιμο νάτριο από άλλα κατιόντα κυρίως ασβεστίου.
- Δημιουργία και διατήρηση καλής δομής στο έδαφος.

Τα ασβεστούχα εδάφη περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 15%. Τα εδάφη αυτά προέρχονται από ασβεστολιθικά πετρώματα, έχουν μεγάλο pH και απαντώνται σε ξηροθερμικά κλίματα με χαμηλή βροχόπτωση και μεγάλη εξάτμιση. Εδάφη με ποσοστό CaCO_3 μικρότερο από 15% όχι μόνο δεν παρουσιάζουν προβλήματα, αλλά αντίθετα εμφανίζουν πολύ καλή δομή. Το CaCO_3 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 15% επηρεάζει δυσμενώς τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Η βελτίωση των εδαφών αυτών επιτυγχάνεται με διάφορους καλλιεργητικούς χειρισμούς. Τα ασβεστούχα εδάφη είναι συνήθως σκληρά και μπορούν να γίνουν πιο αφράτα με την καλλιέργεια του εδάφους ή την αύξηση της οργανικής ουσίας σε οποιαδήποτε μορφή. Οι χειρισμοί αυτοί διευκολύνουν τη διείσδυση των ριζών στο έδαφος και εξουδετερώνουν τη σκληρότητα της επιφανειακής κρούστας. Η μείωση της σκληρότητας ή η αποφυγή της εδαφικής κρούστας μπορεί να γίνει και με τη χρήση εδαφοβελτιωτικών που δρουν είτε βελτιώνοντας, είτε σταθεροποιώντας την υπάρχουσα δομή του εδάφους.

Τα όξινα εδάφη δημιουργούνται εκεί που υπάρχει μεγάλη αναλογία κατιόντων υδρογόνου, αργιλίου και μαγγανίου. Μερικά από αυτά τα εδάφη αναπτύχθηκαν πάνω σε όξινα μητρικά πετρώματα ή δημιουργήθηκαν με την επίδραση της έκπλυσης των κατιόντων σε κλίματα με

ετήσιες βροχοπτώσεις μεγαλύτερες των 550 mm. Το εδαφικό διάλυμα περιέχει κατιόντα υδρογόνου που προέρχονται από ασθενή οξέα, τα οποία αντικαθιστούν προσροφημένα κατιόντα, όπως Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , και Na^+ , που με τη σειρά τους, ως ευδιάλυτα, μετακινούνται σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Η βελτίωση των εδαφών μπορεί να γίνει με σταδιακή προσθήκη διαφόρων μορφών ασβεστίου, όπως ο ασβεστόλιθος, η καθαρή άσβεστος CaO , η ενυδατωμένη άσβεστος Ca(OH)_2 , η κιμωλία CaCO_3 , τα υπολείμματα επεξεργασίας σακχαρότευτλων κ.λπ.. Στην Εικ. 18 εμφανίζεται η εφαρμογή Ca(OH)_2 σε ένα όξινο έδαφος που η παραγωγή καπνού είχε μειωθεί σημαντικά.

Άλλη κατηγορία εδαφών που μπορούν να θεωρηθούν προβληματικά είναι τα εδάφη που έχουν μικρή περιεκτικότητα οργανικής ουσίας και κακή δομή. Η αύξηση της οργανικής ουσίας μπορεί να γίνει με την προσθήκη κοπριάς, τύρφης, κομποστών, υγρών αποβλήτων κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων και με χλωρή λίπανση που είναι η ενσωμάτωση στο έδαφος χλωρών φυτών.



Εικόνα 18 Βελτίωση όξινου εδάφους με την προσθήκη ασβέστου.

Τα εδάφη με κακή υφή είναι συνήθως εδάφη, είτε πολύ ελαφρά, αμμώδη, είτε πολύ βαριά, αργιλώδη. Η βελτίωσή τους συνίσταται στην προσθήκη αργίλου στα αμμώδη και άμμου στα αργιλώδη.

Τα εδάφη με κακή δομή παρουσιάζουν δυσμενείς φυσικές ιδιότητες, όπως κακό αερισμό, μικρή διηθητικότητα του νερού και ασταθή συσσωματώματα. Εδάφη με ασταθή συσσωματώματα συνήθως δημιουργούν το πρόβλημα της επιφανειακής κρούστας στις ξηρικές καλλιέργειες και της μείωσης της διηθητικότητας του εδάφους στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Για προσωρινή βελτίωσή τους χρησιμοποιούνται συνθετικά βελτιωτικά που σταθεροποιούν τη δομή, ενώ για μονιμότερη βελτίωση συστήνεται η αύξηση της οργανικής ουσίας ή του ασβεστίου, εάν είναι σε μικρά ποσοστά.

Στα εδάφη που είναι προβληματικά λόγω υψηλής στάθμης υπόγειου νερού, η βελτίωση έγκειται στην υποβάθμιση της στάθμης κάτω από το ριζόστρωμα, το βάθος του οποίου εξαρτάται από το είδος του καλλιεργούμενου φυτού.

Βελτίωση είναι δυνατό να γίνει και σε εδάφη που φέρουν σε κάποιο βάθος συμπαγή αδιαπέρατη στρώση στην ανάπτυξη των ριζών και στην κίνηση του ύδατος. Οι στρώσεις αυτές μπορεί να έχουν φυσική προέλευση ή να δημιουργούνται κάτω από το στρώμα που συνήθως καλλιεργείται το έδαφος, λόγω συμπίεσης του υγρού εδάφους από διάφορα γεωργικά μηχανήματα. Η βελτίωση γίνεται με ειδικό εδαφοκαλλιεργητή ο οποίος καταστρέφει τη συμπαγή στρώση.

Έδαφος και περιβάλλον

Το έδαφος είναι φυσικός σχηματισμός της επιφάνειας της γης ο οποίος αποτελεί το υπόστρωμα για τις ανθρώπινες δραστηριότητες και την ύπαρξη, ανάπτυξη και αναπαραγωγή των χερσαίων έμβιων οργανισμών. Οι δραστηριότητες του ανθρώπου στην σημερινή εποχή, όπου οι ανάγκες σε υλικά αγαθά είναι αυξημένες, εγκυμονούν πολλούς κινδύνους για το περιβάλλον.

Η αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, τα απόβλητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων (ελαιο-τριβεία, βιομηχανίες τροφίμων κ.ά.) και λοιπών βιομηχανιών (δυλιστήρια, βιομηχανίες επεξεργασίας μεταλλευμάτων κ.ά.) επιβαρύνουν το περιβάλλον με επιβλαβείς ουσίες, οι οποίες θέτουν σε κίνδυνο τη ζωή στη χερσαία γη, αλλά και στη θάλασσα, μιας και πληθώρα επιβλαβών ουσιών προστίθενται στη θάλασσα. Η ρύπανση των υδροφόρων οριζώντων από επιβλαβείς ουσίες, όπως τα βαρέα μέταλλα, τα νιτρικά, τα φυτοφάρμακα, καθιστούν το νερό, που αποτελεί πηγή ζωής τόσο για τους φυτικούς όσο για τους ζωικούς οργανισμούς και τον άνθρωπο, πολύ επικίνδυνο.

Ο ευτροφισμός, δηλαδή η υπερτροφοδότηση με ορισμένα θρεπτικά στοιχεία, όπως το άζωτο και ο φωσφόρος, των υδροφόρων λεκανών και αγωγών (κυρίως των λιμνών και των ποταμών), έχει ως αποτέλεσμα την έντονη ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης, η οποία είναι ανταγωνιστική προς τα άλλα είδη της τροφικής αλυσίδας που ζουν στο ίδιο υδατικό μέσο. Έτσι ψάρια και άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί εξαφανίζονται. Αυτό αποδίδεται κυρίως στην έλλειψη οξυγόνου που προκαλείται από την υπερκατάναλωση από τα υδρόβια φυτά που έχουν αναπτυχθεί λόγω του ευτροφισμού. Η ταχύτητα ανανέωσης του οξυγόνου είναι μικρότερη από την ταχύτητα κατανάλωσής του από τους οργανισμούς, με αποτέλεσμα τη συνεχή μείωση και εξάντλησή του. Ο ευτροφισμός των υδάτων είναι απόρροια κυρίως της αλόγιστης χρήσης λιπασμάτων και αποβλήτων γεωργικών βιομηχανιών. Η “περίσσεια” των λιπασμάτων και αποβλήτων μεταφέρονται μέσα στο έδαφος και με το εδαφικό νερό στους υπόγειους υδροφόρους ή με το νερό της επιφανειακής απορροής σε μεγάλες αποστάσεις καταλήγοντας σε λίμνες και ποταμούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ευτροφισμού αποτελεί η λίμνη των Ιωαννίνων.

Το έδαφος ασκεί σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση και προστασία του περιβάλλοντος. Με τις φυσικοχημικές του ιδιότητες εξουδετερώνει σε μεγάλο βαθμό την δυσμενή επίδραση τοξικών και γενικότερα επιβλαβών ουσιών που παράγονται από τις συνεχώς αυξανόμενες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Ειδικότερα το έδαφος δρα προστατευτικά στο περιβάλλον με τους εξής μηχανισμούς:

* Το έδαφος έχει την ικανότητα να συγκρατεί τα απόβλητα των ρευστών μέσων (κυρίως νερό και αέρα), όταν έρθουν σε επαφή με αυτό. Αυτό γίνεται με ενώσεις ανιονικής ή κατιονικής φύσης μεταξύ των ρυπαντών - ιόντων και του εδάφους. Οι ενώσεις αυτές λαμβάνουν χώρα στα ορυκτά της αργίλου και την οργανική ουσία. Επομένως τα αργιλώδη εδάφη έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα συγκράτησης επιβλαβών ουσιών απ’ ότι τα μέσης κοκκομετρικής σύστασης. Τα αμμώδη εδάφη λόγω του ότι είναι φτωχά σε άργιλο έχουν περιορισμένη δυνατότητα συγκράτησης των επιβλαβών ουσιών. Οι επιβλαβείς ουσίες δεν συγκρατούνται όλες στον ίδιο βαθμό από το έδαφος. Παρακάτω φαίνεται η σειρά μειούμενης συγκράτησης των επιβλαβών ουσιών τόσο της κατιονικής όσο και της ανιονικής φύσης:

Κατιονικής φύσης: Fe>Al>Pb>Cr>Hg>Cd>Cu>Zn>Ni>Co>Mn>Ca>Mg>K, NH₄>Na

Ανιονικής φύσης: As,P>Mo>F>Se>B>S0₄>Cl,NO₃

* Το έδαφος έχει την ικανότητα να ρυθμίζει τη διαλυτή μορφή των επιβλαβών ουσιών. Αυτό οφείλεται σε φαινόμενα προσρόφησης και εναλλαγής, όπως ακριβώς γίνεται με τις συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων που μπορεί να προσλάβει το φυτό. Δηλαδή αυτό αποδίδεται στην εναλλακτική του ικανότητα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα του εδάφους να ρυθμίζει τη διαλυτή μορφή των επιβλαβών ουσιών. Επομένως έδαφος πλούσιο σε άργιλο [ιδιαίτερα λεπτόκοκκη (βερμικουλίτης, μοντμοριλονίτης)] και οργανική ουσία έχει ενισχυμένη ικανότητα ρύθμισης της διαλυτής μορφής των επιβλαβών ουσιών.

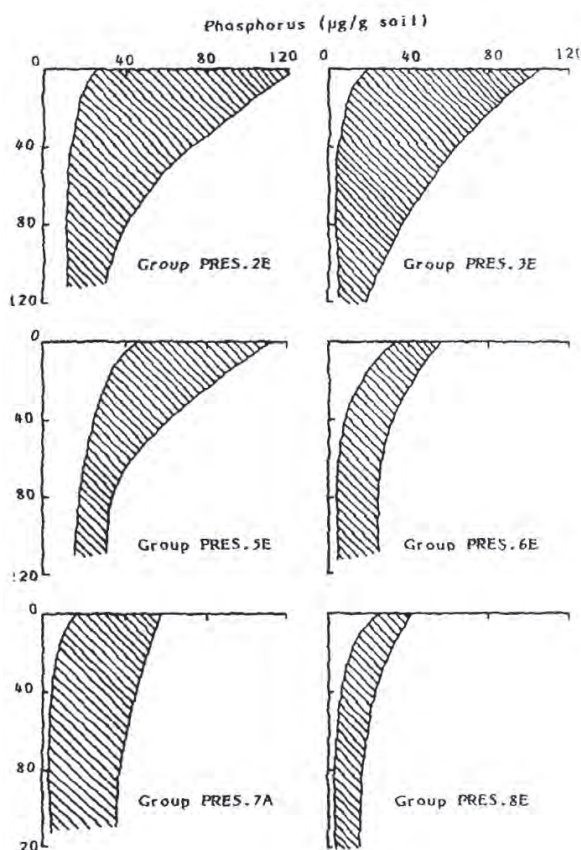
* Το έδαφος έχει την ικανότητα να καθιστά διάφορες επιβλαβείς ουσίες ανενεργές, “κατακρημνίζοντάς” τις με τη μορφή ιζήματος. Η “κατακρήμνιση” εξαρτάται από το pH και τις συνθήκες οξειδοαναγωγής που επικρατούν στο κάθε έδαφος.

* Το έδαφος έχει την ικανότητα να μετασχηματίζει ιδίως τις επιβλαβείς ουσίες οργανικής φύσης που περιέχονται στα απόβλητα ή είναι προϊόντα της γεωργικής δραστηριότητας του ανθρώπου (κυρίως λιπάσματα). Οι επιβλαβείς αυτές ουσίες αποδομούνται σε αδρανή και αβλαβή προϊόντα με τη βοήθεια διάφορων μικροοργανισμών του εδάφους.

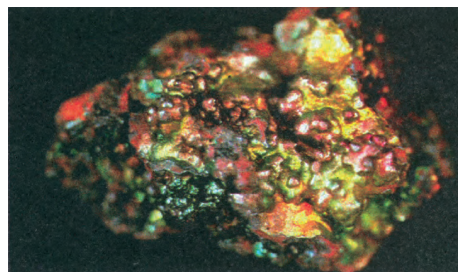
Το έδαφος δρα προστατευτικά στη ρύπανση και μόλυνση του περιβάλλοντος, αν η ικανότητά του για τις διεργασίες

Το έδαφος δρα προστατευτικά στη ρύπανση και μόλυνση του περιβάλλοντος, αν η ικανότητά του για τις διεργασίες που περιγράφηκαν δεν έχει κορεστεί και η βιολογική του δραστηριότητα διατηρείται. Δηλαδή το έδαφος, όπως και η θάλασσα, δεν έχει άπειρες δυνατότητες αποθήκευσης και αδρανοποίησης επιβλαβών ουσιών, αλλά μέχρι ένα όριο το οποίο δεν θα πρέπει να ξεπερνιέται, γιατί το αποτέλεσμα θα είναι ολέθριο με την υποβάθμιση των φυσικών πόρων και την εξαφάνιση των ζώντων οργανισμών.

Στην Εικόνα 19 εμφανίζεται ένα παράδειγμα προσρόφησης του φωσφόρου που μετρήθηκε στα διάφορα εδάφη του Εθνικού Δρυμού Πρεσπών. Τα εδάφη των ομάδων 1, 2 και 3 περιέχουν σημαντικές ποσότητες αργίλου με σχετικά μεγάλη ικανότητα συγκράτησης του φωσφόρου που προστίθεται με τις λιπάνσεις. Συνεπώς (Εικόνα 20), ο φώσφορος συγκρατείται στις ανώτερες εδαφικές στρώσεις προστατεύοντας έτσι τα υπόγεια ύδατα. Αντίθετα, τα εδάφη των ομάδων 4, 5 και 6 περιέχουν μικρό ποσοστό αργίλου και οργανικής ύλης με αποτέλεσμα να μη συγκρατείται ο φώσφορος στο έδαφος λόγω κορεσμού και η συγκέντρωση να είναι μικρότερη, αν και η ποσότητα των λιπασμάτων που προστίθεται είναι η ίδια με τα προηγούμενα εδάφη. Αυτά τα εδάφη δεν μπορούν περαιτέρω να συγκρατήσουν τον προστιθέμενο φώσφορο και συνεπώς ο φώσφορος μεταφέρεται στα υπόγεια νερά με όλες τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον.



Εικόνα 19 Κατανομή συγκέντρωσης διαθέσιμου φωσφόρου ανάλογα με το βάθος, σε εδάφη του Εθνικού Δρυμού Πρεσπών.



Εικόνα 20 Μαγνητίτης. Ορυκτό οξειδίου του σιδήρου με έντονες μαγνητικές ιδιότητες.

Ορυκτά - Πετρώματα

1 Ορυκτά

Ορυκτά είναι φυσικά, στερεά και ομογενή σώματα της λιθόσφαιρας που κάτω από ορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας έχουν σταθερές φυσικές ιδιότητες, χημική σύσταση και κρυσταλλική δομή (Εικ. 21).

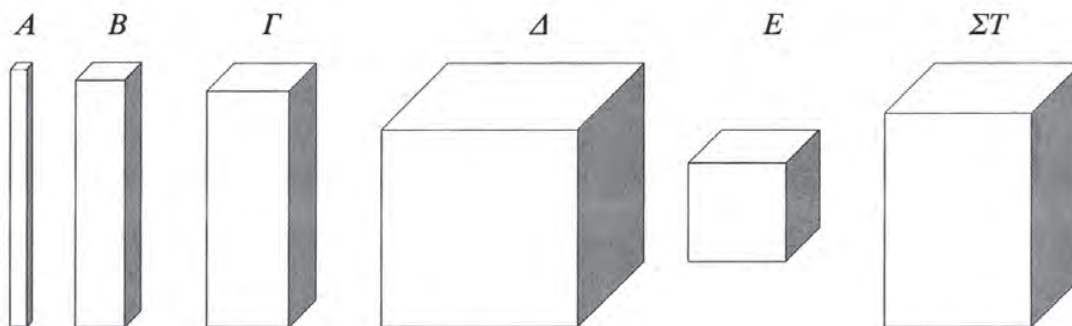
Οι φυσικές ιδιότητες των ορυκτών χρησιμοποιούνται ως κριτήρια στην αναγνώριση και ταξινόμησή τους:

Κρυσταλλικό σχήμα - μορφή: τα ορυκτά κάτω από ορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας είναι δυνατό να εμφανιστούν με συγκεκριμένα γεωμετρικά σχήματα και κρυσταλλική δομή (Εικ. 22).

Χρώμα: τα ορυκτά πολλές φορές μπορούν να αναγνωριστούν από το χρώμα τους. Αν τα ορυκτά παρουσιάζουν πάντα το ίδιο χρώμα ονομάζονται ιδιοχρωματικά (π.χ. χρυσός, άργυρος, κ.λπ.). Τα ορυκτά που οφείλουν το χρώμα τους σε ξένες προσμίξεις ονομάζονται αλλοχρωματικά (π.χ. τα ορυκτά της αργίλου χωρίς προσμίξεις είναι διάφανα. Το κόκκινο και κίτρινο χρώμα που φέρουν συνήθως οφείλεται στις προσμίξεις οξειδίων του σιδήρου και αργιλίου.)

Σκληρότητα: αναφέρεται στο πόσο σκληρό είναι το ορυκτό. Δηλαδή στην ένταση των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων των ορυκτών. Για να επιτευχθεί βαθμονόμηση της σκληρότητας των ορυκτών χρησιμοποιείται η σκληρομετρική κλίμακα του Mohs, η οποία θεωρεί ως πιο σκληρό ορυκτό το διαμάντι και το βαθμονομεί ως 10. Ακολούθως βαθμονομεί άλλα 9 ορυκτά ανάλογα με τον βαθμό σκληρότητάς τους έναντι του διαμαντιού (Πίνακας 3). Τα υπόλοιπα ορυκτά βαθμονομούνται ανάλογα με τη σχετική σκληρότητά τους έναντι των δέκα ορυκτών, που αναφέρονται στην σκληρομετρική κλίμακα του Mohs.

Σχισμός: ορισμένα ορυκτά μετά από μηχανική επίδραση (κρούση με σφυρί, κ.λπ.) διασπώνται σε ομαλές επίπεδες επιφάνειες. Αυτή η ικανότητά τους χαρακτηρίζεται σχισμός. Ανάλογα με τη σαφήνειά του ο σχισμός χαρακτηρίζεται ως πολύ τέλειος, τέλειος, σαφής και ασαφής.



Εικόνα 21 Σχηματική παράσταση κρυσταλλικών μορφών. Α: βελονοειδής, Β: πρισματική, Γ: λεπιδοειδής, Δ: πλακώδης, Ε: ισομετρική, ΣΤ: φυλλώδης.

Πίνακας 3 Σκληρομετρική κλίμακα του Mohs.

ΟΡΥΚΤΟ	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ
Τάλκης	1
Γύψος	2
Ασβεστίτης	3
Φθορίτης	4
Απατίτης	5
Ορθόκλαστο	6
Χαλαζίας	7
Τοπάζιο	8
Κορούνδιο	9
Διαμάντι	10

Πυκνότητα - ειδικό βάρος: η πυκνότητα των ορυκτών εξαρτάται από τη χημική σύσταση και κρυσταλλική δομή τους. Η πυκνότητα των ορυκτών βαθμονομείται βάσει του πόσο γρήγορα καταβυθίζεται το ορυκτό στο καθαρό νερό.

Τρόπος έκφρασης της πυκνότητας των ορυκτών είναι το ειδικό τους βάρος το οποίο εκφράζεται σε gr/cm^3 .

Τα ορυκτά ανάλογα με τον τρόπο εμφάνισής τους στο στερεό φλοιό της γης χωρίζονται σε μεταλλογενετικά και πετρογενετικά. Τα μεταλλογενετικά ορυκτά συγκροτούν τα μεταλλεύματα, έχουν χρώμα μεταλλικό και μεγάλο ειδικό βάρος. Τα πετρογενετικά ορυκτά συγκροτούν τα πετρώματα, στερούνται μεταλλικού χρώματος και έχουν μικρότερο ειδικό βάρος από τα μεταλλογενετικά.

Στον Πίνακα 4 δίνονται οι σημαντικότερες ομάδες ορυκτών, ανάλογα με τη χημική τους σύσταση, καθώς και τα σπουδαιότερα ορυκτά που εντάσσονται σ' αυτές.

2 Πετρώματα

Πετρώματα είναι φυσικά και στερεά σώματα της λιθόσφαιρας, που αποτελούνται από παραγενέσεις (συσσωμάτωση ορυκτών και δόμηση αυτών σαν ενιαίο σώμα) διαφό-

ρων ορυκτών (πολύμικτα πετρώματα) ή συσσωματώματα ενός μόνο ορυκτού (μονόμικτα πετρώματα), τα οποία παρουσιάζουν σχετική ομοιομορφία σε όλη τους την έκταση.

Τα πετρώματα ανάλογα με την προέλευση και τις συνθήκες γένεσής τους χωρίζονται στα εκρηξιγενή, μεταμορφωμένα και ιζηματογενή.

→ Εκρηξιγενή πετρώματα

Προέρχονται από την κρυστάλλωση του μάγματος. Η κρυστάλλωση του μάγματος επιτυγχάνεται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και της πίεσης κατά την άνοδο του μάγματος προς την επιφάνεια. Αν το μάγμα φθάσει στην επιφάνεια χωρίς να προλάβει να κρυσταλλωθεί τότε ονομάζεται λάβα.

Βάσει της γεωχημικής τους σύστασης τα εκρηξιγενή πετρώματα χωρίζονται σε όξινα, ουδέτερα, βασικά και υπερβασικά.

Τα εκρηξιγενή πετρώματα διαφοροποιούνται μεταξύ τους ανάλογα με τη σύσταση του μάγματος και τις φυσικές συνθήκες (κυρίως πίεση και θερμοκρασία) που επικρατούσαν κατά την κρυστάλλωση του μάγματος. Οι φυσικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά την κρυστάλλωση του μάγματος εξαρτιόνταν κυρίως από το βάθος, τη μορφολογία και την κατάσταση των περιβαλλόντων πετρωμάτων που έγινε αυτή. Βάσει αυτού τα εκρηξιγενή πετρώματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τα πλουτώνια, τα φλεβικά και τα ηφαιστειακά πετρώματα.

→ Πλουτώνια πετρώματα

Προέρχονται από την κρυστάλλωση του μάγματος σε μεγάλα βάθη μέσα στη λιθόσφαιρα. Τα πετρώματα αυτά είναι τέλεια κρυσταλλωμένα, παρουσιάζονται σε μεγάλη έκταση και έχουν ομοιογενή ορυκτολογική σύσταση. Τα συνηθέστερα πλουτώνια πετρώματα, η ορυκτολογική τους σύσταση και η αντίδρασή τους δίνονται στον Πίνακα 5.

→ Φλεβικά πετρώματα

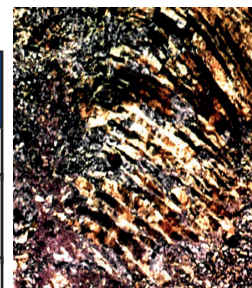
Προέρχονται από την κρυστάλλωση του μάγματος μέσα σε ρωγμές των πετρωμάτων της λιθόσφαιρας. Το μήκος προέρχονται από την κρυστάλλωση του μάγματος μέσα σε ρωγμές των πετρωμάτων της λιθόσφαιρας. Το μήκος τους

Πίνακας 4 Ομάδες ορυκτών ανάλογα με τη χημική τους σύσταση και ορυκτά που εντάσσονται σ' αυτές.

Ομάδες ορυκτών	Ορυκτά
Ανθρακικά άλατα Ενώσεις ασβεστίου, μαγνησίου, σιδήρου με την ανθρακική ρίζα.	Ασβεστίτης, Δολομίτης, Μαγνησίτης, Σιδηρίτης.
Θειικά & φωσφορικά άλατα Ενώσεις της θειικής και φωσφορικής ρίζας με ασβέστιο, βάριο, χλώριο και φθόριο.	Γύψος, Ανυδρίτης, Βαρύτης, Απατίτης.
Πυριτικά άλατα Ενώσεις της πυριτικής ρίζας με μέταλλα ή οξείδια.	Ολιβίνης, Πυρόξενοι, Αμφίβολοι, Μαρμαρυγίες, Άστριοι, Γρανάτες, Επίδοτα.
Οξείδια και υδροξείδια Ενώσεις στοιχείων με οξυγόνο ή νερό.	Χαλαζίας, Αιματίτης, Βωξίτης, Λατερίτης.
Αργιλιοξείδια και σιδηροξείδια Ενώσεις ριζών αργιλίου, σιδήρου, χρωμίου, μαγνησίου και μαγγανίου.	Χρωμίτης, Μαγνητίτης.
Θειούχες ενώσεις Ενώσεις στοιχείων με θείο.	Σιδηροπυρίτης, Μαγνητοπυρίτης, Γαληνίτης, Χαλκοπυρίτης, Σφαλερίτης.
Χλωριούχες & φθοριούχες ενώσεις Ενώσεις χλωρίου και φθορίου κυρίως με κάλιο ή νάτριο.	Ορυκτό άλας.
Αυτοφυή στοιχεία Χημικά στοιχεία αυτούσια.	Χρυσός, Άργυρος, Υδράργυρος, Θείο, Γραφίτης.

Πίνακας 5 Πλουτώνια πετρώματα, γεωχημική και ορυκτολογική κατάταξή τους.

Πλουτώνια Πετρώματα	Χημική Αντίδραση	Ορυκτολογική σύσταση
Γρανίτης	Όξινο	Χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες.
Γρανодиוריτης	Ουδέτερο	Χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες, αμφίβολοι.
Διορίτης	Ουδέτερο	Άστριοι, αμφίβολοι, χαλαζίας.
Γάββρος	Βασικό	Άστριοι, αμφίβολοι, πυρόξενοι.
Περιδοίτης	Υπερβασικό	Ολιβίνης, πυρόξενοι.



Εικόνα 25 Λάβες της πρώτης ηφαιστειακής περιόδου στην Αίγινα.

είναι μεγάλο σχετικά με το πάχος και το πλάτος τους. Είναι τέλεια κρυσταλλωμένα και η ορυκτολογική τους σύσταση διαφοροποιείται με το βάθος κρυστάλλωσης.

→ Ηφαιστειακά πετρώματα

Προέρχονται από την ψύξη της λάβας κατά την έκχυση της στην επιφάνεια της λιθόσφαιρας. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών και πιέσεων που επικρατούν στην επιφάνεια είναι ατελώς κρυσταλλωμένα ή άμορφα (χωρίς κρυσταλλική δομή) (Εικόνα 25). Παράδειγμα άμορφων ηφαιστειακών πετρωμάτων είναι οι ηφαιστειακοί ύελοι (Πίνακας 6).

Μεταμορφωμένα πετρώματα

Προέρχονται από τη μεταμόρφωση προϋπαρχόντων πετρωμάτων. Τα πετρώματα όπως και όλα τα συστατικά της ύλης τείνουν να έχουν τη σταθερότερη δομή. Δηλαδή τη δομή εκείνη που η αταξία των μορίων τους είναι ελάχιστη και η ενέργεια συγκρότησης του κρυσταλλικού πλέγματος η μικρότερη δυνατή. Η δομή αυτή για κάθε πέτρωμα δεν είναι πάντα η ίδια, αλλά εξαρτάται από τις φυσικές συνθήκες του περιβάλλοντος (κυρίως τη θερμοκρασία και την πίεση) που βρίσκεται το πέτρωμα. Έτσι σε μεγάλα βάθη υπό την επίδραση μεγαλύτερων πιέσεων και

Πίνακας 6 Ηφαιστειακά πετρώματα, γεωχημική και ορυκτολογική κατάταξή τους.

Ηφαιστειακά Πετρώματα	Χημική Αντίδραση	Ορυκτολογική σύσταση
Ρυόλιθος	Όξινο	Χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες.
Δακίτης	Ουδέτερο	Χαλαζίας, άστριοι, μαρμαρυγίες, αμφίβολοι.
Ανδεσίτης	Ουδέτερο	Άστριοι, αμφίβολοι, χαλαζίας.
Βασάλτης	Βασικό	Άστριοι, αμφίβολοι, πυρόξενοι.
Πικριτικός βασάλτης	Υπερβασικό	Ολιβίνης, πυρόξενοι.

θερμοκρασιών από αυτές τις επιφάνειες, τα πετρώματα μεταμορφώνονται. Δηλαδή μεταπίπτει η κρυσταλλική τους δομή σε μια άλλη, η οποία είναι πιο σταθερή για τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν εκεί.

Αν τα μεταμορφωμένα πετρώματα (Πίνακας 7) αποτελούνται από ένα ορυκτό ή το ποσοστό ενός από τα ορυκτά τους ξεπερνά σε ποσοστό το 90% ονομάζονται μονόμικτα, αλλιώς ονομάζονται πολύμικτα.

Πίνακας 7 Τα σημαντικότερα μεταμορφωμένα ορυκτά, ο χαρακτηρισμός τους και η ορυκτολογική τους σύσταση.

Μεταμορφωμένα Πετρώματα	Χαρακτηρισμός	Ορυκτολογική σύσταση
Μάρμαρο	Μονόμικτο	Ασβεστίτης σε ποσοστό >90%
Χαλαζίτης	Μονόμικτο	Χαλαζίας σε ποσοστό >90%
Σχιστόλιθος	Πολύμικτο	Χαλαζίας, μαρμαρυγίες, αμφίβολοι, άστριοι.
Γνεύσιος	Πολύμικτο	Άστριοι, χαλαζίας, μαρμαρυγίες, αμφίβολοι.
Αμφιβολίτης	Πολύμικτο	Άστριοι, αμφίβολοι.
Φυλλίτης	Πολύμικτο	Χαλαζίας, χλωρίτης, σερικίτης.

Ιζηματογενή πετρώματα

Προέρχονται από την καθίζηση (ιζηματογένεση) ουσιών που βρίσκονται σε αιώρηση ή διάλυση σε ρευστό μέσο (κυρίως νερό και αέρα) και στη συνέχεια μετατρέπονται σε συμπαγές σώμα μέσω της διαγένεσης.

Διαγένεση είναι η διαδικασία μετατροπής ενός ψαθυρού μέσου σε συμπαγές. Επιτυγχάνεται κυρίως με την πίεση των υπερκείμενων σχηματισμών, με τη συνοδεία πολλών φαινομένων τα οποία καλούνται διαγενετικά φαινόμενα.

Η ιζηματογένεση λαμβάνει χώρα στις μεγάλες φυσικές κοιλάτητες του στερεού φλοιού της γης, στις θαλάσσιες λεκάνες, στις κοίτες των ποταμών με τους οποίους γίνεται η μεταφορά του υλικού και στις κλιτύς των διαφόρων μορφολογικών ανωμαλιών της επιφάνειας του στερεού φλοιού της γης.

Τα ιζηματογενή πετρώματα ανάλογα με τον τρόπο γένεσής τους χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τα μηχανικά, τα χημικά και τα βιοχημικά.

Μηχανικά ιζηματογενή πετρώματα είναι εκείνα που το σημαντικότερο ρόλο για την ιζηματογένεση και διαγένεσή τους κατέχει η μηχανική (δυναμική και κινητική) ενέργεια του ρευστού μέσου που βρίσκονται διαλυμένα ή αιωρούνται.

Χημικά ιζηματογενή πετρώματα είναι εκείνα που το σημαντικότερο ρόλο για την ιζηματογένεση και διαγένεσή τους κατέχουν οι χημικές (κυρίως pH) και φυσικές (κυρίως πίεση, θερμοκρασία) ιδιότητες του “ρευστού μέσου” που βρίσκονται διαλυμένες ή αιωρούνται.

Βιοχημικά ιζηματογενή πετρώματα είναι εκείνα που το σημαντικότερο ρόλο για την ιζηματογένεση και διαγένεσή τους κατέχουν τόσο οι χημικές (κυρίως το pH) και φυσικές (κυρίως η πίεση και η θερμοκρασία) ιδιότητες του ρευστού μέσου που βρίσκονται διαλυμένα ή αιωρούνται, όσο και διάφοροι ζωικοί ή φυτικοί οργανισμοί.

Τα σημαντικότερα ιζηματογενή πετρώματα, η κατηγορία τους και η σύστασή τους δίνονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8 Τα σημαντικότερα ιζηματογενή πετρώματα, η προέλευση και σύστασή τους.

ΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΗΜΙΚΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ
Λατυποπαγές: Από ποικίλης σύστασης και μεγέθους γωνιώδη τεμάχια.	Ασβεστόλιθος: Από ανθρακικό ασβέστιο.	Ασβεστόλιθος: Από ανθρακικό ασβέστιο.
Κροκαλοπαγές: Από ποικίλης σύστασης και μεγέθους αποστρογγυλευμένα τεμάχια.	Πυριτόλιθος: Από πυριτικά ιζήματα.	Δολομίτης: Από ανθρακικό ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο.
Ψαμμίτης: Από ποικίλης σύστασης τεμάχια μεγέθους 0,02-2mm.	Σιδηρομεταλλεύματα: Κυρίως από σιδηρούχα ιζήματα.	Κερατόλιθος: Από πυριτικά ιζήματα.
Αργιλικός σχιστόλιθος: Από λεπτόκκοκο υλικό αργιλοπυριτικών ορυκτών.	Μαγγανιομεταλλεύματα: Κυρίως από μαγγανιούχα ιζήματα.	Φωσφορίτης: Από φωσφορικά προϊόντα.
Λατερίτης: Από αργιλικά προϊόντα.	Γύψος: Από θειικά ιζήματα.	Ορυκτοί άνθρακες (κάρβουνα): Από εξανθράκωση φυτικών λειψάνων.
Βωξίτης: Από αργιλικά προϊόντα.	Ορυκτό άλας: Από χλωριούχα ιζήματα.	Πετρέλαιο: Από ζύμωση και απόσταξη οργανισμών.

Στην Εικ. 22 εμφανίζεται ορεινός σχηματισμός αποτελούμενος από ιζηματογενές πέτρωμα ασβεστόλιθου στο ανώτερο τμήμα και σχηματισμό φλύσχη στο κατώτερο τμήμα. Ο φλύσχης είναι γεωλογικός σχηματισμός αποτελούμενος από εναλλαγές ψαμμιτών-κροκαλοπαγών και ιλυολίθων-αργιλών.



Εικόνα 22 Ορεινός σχηματισμός ιζηματογενών πετρωμάτων ασβεστόλιθου και σχηματισμού φλύσχη.

Εκμετάλλευση και προστασία υπεδάφινου πλούτου

Μεταλλεύματα

Ως μεταλλεύματα ορίζονται τα ορυκτά και τα πετρώματα από τα οποία είναι δυνατή η βιομηχανική παραλαβή, με συμφέροντες οικονομικούς και τεχνικούς όρους, χημικού στοιχείου (μετάλλου, ημιμετάλλου ή αμετάλλου) ή ομάδας στοιχείων, που είναι χρήσιμα και επικερδή. Π.χ., ο βωξίτης αποτελεί μετάλλευμα αλουμινίου (αργιλίου), ενώ τα ορυκτά της αργίλου αν

και περιέχουν σημαντικά ποσά αργιλίου δεν θεωρούνται μεταλλεύματα αυτού του στοιχείου, αφού η “παραλαβή” τους είναι οικονομικά ασύμφορη.

Τα υπό εκμετάλλευση στοιχεία των μεταλλευμάτων μπορεί να βρίσκονται με τη μορφή συμπλόκων αλάτων, θειούχων ενώσεων, οξειδίων, πυριτικών και αργιλοπυριτικών ορυκτών ή ως αυτοφυή, όπως είναι ο χρυσός, ο άργυρος, ο χαλκός και το θείο.

Τα μεταλλεύματα πολλές φορές δεν βρίσκονται σε καθαρή μορφή αλλά έχουν προσμίξεις άλλων ανεπιθύμητων ορυκτών και στοιχείων για την συγκεκριμένη εκμετάλλευση. Π.χ., πολλά χαλκούχα μεταλλεύματα περιέχουν προσμίξεις ασβεστίτη, χαλαζία, οξείδια σιδήρου, κ.λπ.. Έτσι, για την απομάκρυνση όλων των ανεπιθύμητων ορυκτών και στοιχείων πρέπει να προηγηθεί μηχανική, θερμική ή χημική κατεργασία.

Μετά την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ορυκτών και στοιχείων ακολουθεί εμπλουτισμός του μεταλλεύματος και παραλαβή του στοιχείου ή της ομάδας στοιχείων μέσω μεταλλουργικών εργασιών.

Τα μεταλλεύματα ως συστατικά των φυσικών πόρων δεν είναι ανεξάντλητα και η προστασία τους από την ανεξέλεγκτη εξόρυξη είναι επιτακτική. Η υπερεκμετάλλευση των μεταλλευμάτων, εκτός από τον κίνδυνο μελλοντικής αφάνισής τους, εγκυμονεί και περιβαλλοντολογικούς κινδύνους μιας και η επεξεργασία ορισμένων από αυτά (π.χ. βωξίτη), προκαλεί μόλυνση και ρύπανση του περιβάλλοντος. Εκτός αυτών, με την υπερεκμετάλλευση των μεταλλευμάτων υποβαθμίζεται

αισθητικά το περιβάλλον, αφού πολλές φορές ολόκληρα βουνά “θυσιάζονται” για χάρη της υπερπαραγωγής. Η εξόρυξη των μεταλλευμάτων μπορεί να μειωθεί αισθητά με τη χρησιμοποίηση άλλων υλικών και κυρίως με την ανακύκλωση (π.χ. αλουμινίου), η οποία πρέπει να καταστεί συνείδηση όλων μας.

Μια υποκατηγορία των μεταλλευμάτων είναι τα μεταλλεύματα των ραδιενεργών στοιχείων. Αυτά είναι ορυκτά του ουρανίου και του θορίου, που γίνονται αντικείμενο εκμετάλλευσης σε βιομηχανική κλίμακα για την παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας.

Το ουράνιο συναντάται σε αξιόλογες συγκεντρώσεις στη φύση και εμπλουτίζεται σχετικά εύκολα. Αντίθετα το θόριο λόγω των μικρών συγκεντρώσεών του σπάνια χρησιμοποιείται. Το ουράνιο συναντάται στη φύση κυρίως με τη μορφή του πισσουρανίτη, σε φλεβικές αποθέσεις, και με τη μορφή ορυκτών ιζηματογενών πετρωμάτων συσχετιζόμενων άμεσα με οργανικό υλικό. Πολλές φορές το ουράνιο σχηματίζει σύνθετα άλατα με το βανάδιο, το κάλιο, το χαλκό, το ασβέστιο και το φώσφορο (Εικ. 23).

Στον Ελλαδικό χώρο έχουν εντοπιστεί διάφορες περιοχές της Μακεδονίας, της Θράκης και της Δυτικής Ελλάδας, οι οποίες φέρουν αποθέματα ουρανίου. Οι σημαντικότερες από αυτές εντοπίστηκαν στο Παρανέστι Δράμας. Εκεί υπολογίζεται ότι υπάρχουν αποθέματα ουρανίου της τάξης των 360 τόνων. Παρ’ όλο που με τα παρόντα αποθέματα ουρανίου η δημιουργία ενός πυρηνικού σταθμού παραγωγής ενέργειας θα έλυνε το ενεργειακό πρόβλημα της χώρας μας κάτι τέτοιο δεν έχει γίνει ακόμα.



Εικόνα 23 Κίτρινοι κρύσταλλοι σύνθετου άλατος του ουρανίου (ένυδρο φωσφορικό ασβέστιο - ουράνιο).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1) Δώστε τον ορισμό του εδάφους. Ποιοι οι παράγοντες της εδαφογένεσης;
- 2) Τί καλείται κοκκομετρική σύσταση του εδάφους; Ποια η μορφολογία της άμμου, της ιλύος και της αργίλου;

- 3) Τί υποδηλώνει το χρώμα του εδάφους; Ποια τα συνήθη χρώματα των εδαφών; Από ποια συστατικά και διεργασίες του εδάφους παίρνει το έδαφος το χρώμα του;
- 4) Σε ποιες κατηγορίες χωρίζονται τα στοιχεία του εδάφους που χρησιμεύουν στη θρέψη του φυτού; Ποια από αυτά χαρακτηρίζονται ως θρεπτικά και ποια ως ρυθμιστές της βιολογικής δραστηριότητας των φυτών;
- 5) Ποια είναι τα αποτελέσματα ενός εδάφους που έχει ανισορροπία θρεπτικών στοιχείων; Πότε προκαλούνται τροφопενίες και πότε τοξικότητες στα φυτά; Ποια τα συμπτώματά τους;
- 6) Ποια η σημασία της αειφορίας των πόρων γηκαι τί καλείται ορθολογική διαχείριση των εδαφικών πόρων;
- 7) Τί καλούμε εδαφική διάβρωση; Ποιες οι κατηγορίες που αυτή χωρίζεται; Σε ποιες κατηγορίες χωρίζεται η υδατική διάβρωση;
- 8) Τί προβλήματα δημιουργούν οι κατολησθήσεις;
- 9) Ποιες ανθρώπινες δραστηριότητες επιταχύνουν τη διάβρωση; Ποιες οι κατηγορίες των μέτρων προστασίας των εδαφικών πόρων από την υποβάθμισή τους;
- 10) Σε ποιες συνθήκες εφαρμόζονται αντιδιαβρωτικά έργα; Ποιοι οι στόχοι τους;
- 11) Ποιος ο ρόλος του εδάφους στην προστασία του περιβάλλοντος; Με ποιους μηχανισμούς το έδαφος δρα προστατευτικά στο περιβάλλον;
- 12) Τί πρέπει να προσέχουμε κατά τη ρήψη ρυπογόνων και ρυπαντών στο έδαφος;