

ΒΑΣΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Φαινόμενη πυκνότητα

Η φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους ορίζεται ως το βάρος ξηρού (104 οC) εδάφους προς τον όγκο του, στην φυσική του κατάσταση (αδιατάραχτο). Συνηθισμένες τιμές για μη καλλιεργούμενα εδάφη είναι μεταξύ 1,0 ? 1,6 g/cm³, ανάλογα με τον τύπο εδάφους και το πορώδες. Κατά κανόνα, η φαινόμενη πυκνότητα είναι μικρότερη στο επιφανειακό στρώμα ενός εδάφους από ό,τι στο υπέδαφος, λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε οργανική ύλη και την ύπαρξη μεγαλύτερων κόκκων στην επιφάνεια και της συμπίεσης του υπεδάφους. Η μηχανική κατεργασία του επιφανειακού εδάφους, π.χ. με καλλιεργητικά εργαλεία, τείνει να καταστρέψει τη δομή δημιουργώντας αντίστροφο αποτέλεσμα.

Πορώδες

Ως πορώδες της δομής του εδάφους ορίζεται το ποσοστό του όγκου του το οποίο καταλαμβάνεται από μη στερεά υλικά. Σημαντικό ρόλο παίζει και η κατανομή μεγέθους των πόρων. Για να αερίζεται σωστά το έδαφος δεν είναι απαραίτητη προϋπόθεση απλά ο συνολικά μεγάλος όγκος πόρων, αλλά ύπαρξη πόρων μεγάλης διαμέτρου. Π.χ., τα αργιλώδη εδάφη παρουσιάζουν υψηλές τιμές πορώδους (>55%) αλλά είναι ακατάλληλα για τις περισσότερες καλλιέργειες λόγω κακού αερισμού. Αντίθετα, τα αμμώδη εδάφη, με πορώδες περίπου 40-45%, παρουσιάζουν συνήθως καλό και σταθερό αερισμό.

Διασπορά ή διαμερισμός

Η παρουσία σχετικά μεγάλων ποσοτήτων προσροφημένου νατρίου ευνοεί μηχανισμούς μέσω των οποίων τα ανόργανα συστατικά του εδάφους μπορεί να βρεθούν σε κατάσταση διασποράς ή διαμερισμού. Το αποτέλεσμα είναι η καταστροφή της δομής του εδάφους και η δημιουργία μιας συμπαγούς εδαφικής μάζας, χωρίς κενά (πόρους) και με πολύ ανεπιθύμητες ? για την ανάπτυξη φυτών ? φυσικές ιδιότητες.

Πραγματική πυκνότητα (πυκνότητα κόκκων)

Η πραγματική πυκνότητα ορίζεται ως το βάρος ξηρού εδάφους προς τον όγκο του, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν ο όγκος των πόρων. Οι διακυμάνσεις της είναι μικρότερες από ό,τι της

φαινόμενης πυκνότητας. Για τα περισσότερα εδάφη είναι περίπου ίση με $2,6 \text{ ? } 2,7 \text{ g/cm}^3$, εκτός αν είναι πολύ πλούσια σε οργανική ουσία ή σε οξείδια του σιδήρου.

Υγρασία του εδάφους

Η διατήρηση της υγρασίας του εδάφους σε ενδεδειγμένα επίπεδα είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την επιτυχία μίας καλλιέργειας. Η υγρασία πρέπει να είναι επαρκής για την κανονική ανάπτυξη των φυτών αλλά όχι τόσο μεγάλη ώστε να εμποδίζει την πρόσληψη οξυγόνου από τις ρίζες. Η υγρασία περιλαμβάνει 4 τύπους νερού:

? Προσροφημένο νερό: πρόκειται για το ισχυρά προσροφημένο στους κρυσταλλικούς μικροπόρους νερό το οποίο δεν είναι άμεσα διαθέσιμο και δεν μετακινείται, εκτός αν λάβουν χώρα ιοντοεναλλακτικές διεργασίες.

? Υγροσκοπικό νερό: είναι προσροφημένο ασθενώς, σε λεπτά στρώματα στην επιφάνεια των κόκκων και μπορεί να μετακινηθεί μόνο μέσω εξάτμισης.

? Τριχοειδές νερό: συγκρατείται μέσω δυνάμεων επιφανειακής τάσης ανάμεσα στους κόκκους του εδάφους ή μέσα σε τριχοειδείς πόρους. Αποτελεί την κυρίως πηγή υγρασίας και απορροφάται σταδιακά από τις ρίζες.

? Διηθητό νερό: πληρώνει τους μεγάλους πόρους και τους κενούς εν γένει χώρους του εδάφους, δια μέσου των οποίων κινείται ελεύθερα υπό την επίδραση της βαρύτητας ή άλλης επίδρασης.

Διηθητικότητα του εδάφους

Διηθητικότητα λέγεται το φαινόμενο (και ο βαθμός στον οποίο αυτό συμβαίνει) κατά το οποίο το νερό (άρδευσης ή βροχόπτωσης) εισχωρεί στην κυρίως μάζα του εδάφους από την επιφάνειά του. Συνήθως, η διηθητικότητα είναι ταχεία κατά την έναρξη της παροχής νερού, βαθμιαία όμως η επιφάνεια κορένεται και η διηθητικότητα μειώνεται μέχρι μια σταθερή τιμή. Αν διακοπεί η παροχή νερού, η διηθητικότητα μειώνεται κι άλλο και μηδενίζεται όταν απορροφηθεί όλο το νερό από την επιφάνεια. Η διηθητικότητα εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση του εδάφους και τη δομή του, αλλά και από το ύψος της στάθμης του νερού που συσσωρεύεται στην επιφάνεια (λόγω της υδροστατικής πίεσης). Ένα έδαφος πρόσφατα καλλιεργημένο ή καλυμμένο από πυκνή βλάστηση αναμένεται να έχει βελτιωμένη διηθητικότητα. Η γνώση της διηθητικότητας βοηθά στον σωστό υπολογισμό της άρδευσης.

Υδατοδιαπερατότητα

Η υδατοδιαπερατότητα αφορά στην κίνηση του νερού μέσα στην κυρίως μάζα του εδάφους. Εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό, την κατανομή και το μέγεθος των πόρων, αλλά αυξάνεται και λόγω υδροστατικής πίεσης όταν η επιφάνεια είναι καλυμμένη από νερό. Άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν την υδατοδιαπερατότητα είναι τα γενικά δομικά χαρακτηριστικά του εδάφους και η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία. Η γνώση της υδατοδιαπερατότητας είναι απαραίτητη για την εκλογή της κατάλληλης μεθόδου άρδευσης και για την αντιμετώπιση προβλημάτων αποστράγγισης.

Συνεκτικότητα

Η συνεκτικότητα ενός εδαφικού υλικού αποτελεί την εκδήλωση των δυνάμεων συνοχής και συνάφειας. Θα μπορούσε να οριστεί ως η αντίσταση του εδαφικού υλικού σε παραμόρφωση και ρήξη. Ο τύπος εδάφους και η περιεκτικότητά σε νερό είναι οι καθοριστικοί παράγοντες για την συνεκτικότητα. Η συνοχή της άμμου και της ιλύος είναι πολύ μικρή ενώ μπορεί να είναι πολύ ισχυρή μεταξύ κόκκων αργίλλου. Οι δυνάμεις συνάφειας δρουν μόνο όταν υπάρχουν μηνίσκοι που διαχωρίζουν την υγρή από την αέρια φάση, δηλαδή όταν το εδαφικό υλικό είναι νωπό αλλά όχι κορεσμένο σε νερό. Σε αυτή την περίπτωση, η συνεκτικότητα του εδάφους του προσδίδει πλαστικότητα.

Διόγκωση ? Συρρίκνωση

Σε αργιλλικά εδάφη μπορεί να παρατηρηθεί υπό φυσικές συνθήκες το φαινόμενο της διόγκωσης και της ? επακόλουθης ? συρρίκνωσης. Η διόγκωση οφείλεται στην ιδιότητα των φυλλοπηριτικών υλικών να προσροφούν νερό διογκώνοντας προς τη μία διάσταση το κρυσταλλικό τους πλέγμα και να το αποβάλλουν επιστρέφοντας στην αρχική τους κατάσταση. Η εμφάνιση ρωγμών, οι οποίες μερικές φορές σχηματίζουν ένα συνεχές δίκτυο πολυγωνικών σχημάτων, είναι το αποτέλεσμα της συρρίκνωσης μετά από διόγκωση. Η εμφάνιση των ρωγμών είναι ανεπιθύμητη διότι, ειδικά σε κλίματα όπως της Ελλάδας, συντελεί στην ταχεία ξήρανση της εδαφικής μάζας και των λεπτών ριζών ενώ δημιουργεί δυσκολίες και στην άρδευση.

Θερμοκρασία

Η κύρια πηγή θερμότητας για το έδαφος είναι ο ήλιος. Συνεπώς, οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εδάφους ακολουθούν τις (ημερήσιες και εποχιακές) διακυμάνσεις της ηλιοφάνειας αλλά με μία λογική χρονοκαθυστέρηση λόγω της αντίστασης στη μεταφορά

θερμότητας. Γενικά, το εύρος των διακυμάνσεων θερμοκρασίας του εδάφους μειώνεται προς το βάθος ή όταν η επιφάνεια καλύπτεται από βλάστηση, κατά τη νύχτα το υπέδαφος είναι θερμότερο από το επιφανειακό έδαφος και το χειμώνα η μέση θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη στα βαθύτερα στρώματα. Είναι αξιοσημείωτο ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία εδάφους σε οποιοδήποτε βάθος είναι πάντα ελαφρώς ψηλότερη από την αντίστοιχη ατμοσφαιρική στην ίδια τοποθεσία.

? Αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους συνεπάγεται:

? Αύξηση της ταχύτητας των αντιδράσεων χημικής αποσάθρωσης των ορυκτών συστατικών

? Αύξηση της ταχύτητας των βιοχημικών αντιδράσεων (π.χ. νιτροποίηση)

? Δραστηριοποίηση της πανίδας (γεωσκώληκες κ.α.)

? Αύξηση του δυναμικού του εδαφικού ύδατος ? εξάτμιση

? Ευκολότερη διάχυση των αερίων δια μέσου της εδαφικής μάζας

? Μεταβολές στις ισορροπίες ρόφησης, ιοντοεναλλαγής και συστημάτων οξειδοαναγωγής

? Αλλαγή στην ταχύτητα μετατροπής μη ανταλλάξιμο καλίου σε ανταλλάξιμο και δύσκολα κινητοποιήσιμο φωσφόρου σε κινητοποιήσιμο

Επίσης, η βλάστηση των διαφόρων σπόρων είναι δυνατή μόνο σε συγκεκριμένα εύρη θερμοκρασιών (και ταχύτερη σε συγκεκριμένες ? βέλτιστες - θερμοκρασίες). Η θερμοκρασία επιδρά και στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών, στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και νερού και γενικότερα στην ανάπτυξη των φυτών.

Συγκράτηση ύδατος

Το νερό στους πόρους του εδάφους δεν βρίσκεται σε μορφή σταγονιδίων αλλά σε μορφή υμενίων που περιβάλλουν τους κόκκους. Τα υμένια αυτά αποτελούν ένα συνεχές σύστημα καθώς συγκρατούνται από τα στερεά συστατικά του εδάφους με δυνάμεις συνάφειας. Οι ελκτικές δυνάμεις είναι ισχυρότερες όσο λεπτότερα είναι τα υμένια. Αν το έδαφος κορεσθεί

σε νερό, το νερό θα κινηθεί προς τα κάτω, υπό την επίδραση του βάρους του, εκκενώνοντας πρώτα τους μεγαλύτερους πόρους και εν συνεχεία τους μικρότερους, μέχρι να μείνουν γεμάτοι μόνο εκείνοι όπου τα λεπτά υμένα γειτονικών κόκκων συνενώνονται (το κρυσταλλικό νερό δεν συμμετέχει στη διαδικασία). Σε αυτήν την κατάσταση, το κατά βάρος ποσοστό ύδατος (σε ξηρή βάση) είναι γνωστό ως υδατοχωρητικότητα του εδάφους. Περαιτέρω μείωση της ποσότητας του εδαφικού ύδατος είναι εφικτή μόνο με εξωτερική παρέμβαση (π.χ. απορρόφηση από ρίζες ή άνοδο θερμοκρασίας και εξάτμιση). Αν η απομάκρυνση ύδατος οφείλεται σε απορρόφηση από ριζικά τριχίδια, τότε μπορεί να εξακολουθήσει μέχρι μία συγκεκριμένη χαρακτηριστική περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό η οποία είναι γνωστή ως ποσοστό μαράνσεως. Σε ένα έδαφος του οποίου η περιεκτικότητα σε νερό είναι ίση ή μικρότερη με το ποσοστό μαράνσεως, τα φυτά μαραίνονται οριστικά.

Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα του υδατικού εκχυλίσματος του εδάφους μπορεί να μας δώσει μία κατά προσέγγιση ποσοτική εκτίμηση του συνόλου των υδατοδιαλυτών αλάτων του εδάφους.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

pH & οξύτητα ? ρυθμιστική ικανότητα

Στο έδαφος υπάρχουν πολλές πηγές που παράγουν ιόντα υδρογόνου (H⁺) και προκαλούν την οξίνισή του. Το έδαφος, όμως, έχει την ικανότητα να ρυθμίζει τη συγκέντρωση των ιόντων H⁺ στο εδαφικό διάλυμα μέσω ιοντοεναλλαγής. Ο όρος ρυθμιστική ικανότητα αναφέρεται στην ιδιότητα του εδάφους να «αποσβαίνει» - σε μεγάλο βαθμό ? την επίδραση παραμέτρων που τείνουν να μεταβάλλουν το pH του εδαφικού διαλύματος και, για ποσοτικές μετρήσεις, ορίζεται σαν η ποσότητα οξέος (ή βάσης) που απαιτείται για να κατέλθει (ή να ανυψωθεί) η τιμή του pH κατά μία μονάδα σε 1 Kg εδάφους. Το έδαφος περιέχει εκτός από υδρογονοκατιόντα και άλλα κατιόντα. Ειδικότερα, τα ιόντα αργιλίου Al³⁺, η παρουσία των οποίων είναι έντονη σε όξινα εδάφη, μπορούν να αυξάνουν την τιμή του pH καθώς υδρολύονται μετατρέπόμενα σε πολυ-υδροξυ-ιόντα και αποδεσμεύονται επιπλέον υδρογονοκατιόντα. Συνήθως, με τον όρο οξύτητα του εδάφους εννοούμε την ενεργό οξύτητα. Η ενεργός οξύτητα αναφέρεται στην οξύτητα του εδαφικού διαλύματος. Καθώς όμως υπάρχουν μεγάλες ποσότητες ιόντων προσροφημένων στους κόκκους της αργίλλου, τα οποία βρίσκονται σε ισορροπία με τα αντίστοιχά τους στο εδαφικό διάλυμα, το pH του εδαφικού διαλύματος καθορίζεται από τη χημική ισορροπία:

ενεργός οξύτητα ? ανταλλάξιμη (εφεδρική) οξύτητα

Με άλλα λόγια, ένα έδαφος με μεγάλη ανταλλάξιμη (εφεδρική) οξύτητα και ορισμένο pH, απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες αλκάλειας για ορισμένη ανύψωση του pH από ό,τι ένα έδαφος ιδίου pH αλλά με μικρότερη εφεδρική οξύτητα, δηλαδή έχει μεγαλύτερη ρυθμιστική ικανότητα, καθώς μπορεί σε μεγαλύτερο βαθμό να αναπληρώνει μέσω εκρόφησης τα ιόντα H_3O^+ (αλλά και Al^{3+}) του υδατικού διαλύματος. Η ολική οξύτητα ενός εδάφους ορίζεται από τη σχέση:

Ολική οξύτητα = εφεδρική οξύτητα + ενεργός οξύτητα

Οργανική ουσία του εδάφους

Όλα τα εδάφη περιέχουν μία ποσότητα οργανικού υλικού το οποίο αποτελείται σε γενικές γραμμές από τρία μέρη:

? πρόσφατα ? αναλλοίωτα ή σχεδόν αναλλοίωτα ? φυτικά και ζωικά υπολείμματα

? ζωικά και φυτικά υπολείμματα τα οποία ήδη έχουν υποστεί διάσπαση ή άλλου τύπου αλλοίωση

? ανθεκτικά σε περαιτέρω διάσπαση προϊόντα (χούμος)

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο χούμος δεν είναι απλώς το μέρος των οργανικών υπολειμμάτων το οποίο, λόγω της ανθεκτικότητας των ουσιών από τις οποίες αποτελείται σε χημικές διασπάσεις, παρέμεινε αναλλοίωτο ή ελαφρώς αλλοιωμένο στο έδαφος, αλλά περιλαμβάνει και προϊόντα οργανικής σύνθεσης που μπορεί να έχουν λάβει χώρα στο έδαφος. Τα κοινά ανόργανα εδάφη περιέχουν σχετικά μικρά ποσοστά οργανικής ουσίας. Για τα γεωργικά εδάφη της Ελλάδας, το ποσοστό αυτό είναι συνήθως μικρότερο του 2%. Εντούτοις, η οργανική ουσία επηρεάζει τις φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες καθώς και την παραγωγικότητα των εδαφών σε βαθμό πολύ μεγαλύτερο από εκείνον που θα ανέμενε κανείς από την παρουσία της σε τόσο χαμηλό ποσοστό. Όταν υπάρχει υγρασία, αερισμός και κατάλληλη (όχι πολύ χαμηλή) θερμοκρασία, η οργανική πρώτη ύλη προσβάλλεται αμέσως μετά την προσθήκη της στο έδαφος από τους διάφορους οργανισμούς (ζώα & μικρόζωα, φύκη, μύκητες & ακτινομύκητες, βακτήρια) που ζουν σε αυτό ? και για τους οποίους αποτελεί πηγή χρήσιμων ουσιών και ενέργειας ? και υφίσταται διάσπαση ή ηπιότερες μετατροπές. Η έκταση και ο ρυθμός της διάσπασης και των μετατροπών αυτών, καθώς και η ποσότητα και οι ιδιότητες του τελικού προϊόντος, του χούμου, καθορίζονται από τη σύσταση της οργανικής πρώτης ύλης, από τη φύση και τη δραστηριότητα των οργανισμών του εδάφους και, άμεσα ή έμμεσα, από τις φυσικές & χημικές συνθήκες του εδάφους. Π.χ., σε όξινα εδάφη, όπου η δραστηριότητα των βακτηρίων περιορίζεται, είναι πολύ σημαντική η συμβολή των μυκήτων στην παραγωγή του

χούμου, ο οποίος τελικά έχει μεγαλύτερη ενεργειακή αξία αλλά ταυτόχρονα δεσμεύει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα το άζωτο σε μη αφομοιώσιμο για τα φυτά μορφές.

Άζωτο

Η περιεκτικότητα σε ολικό άζωτο μπορεί να ποικίλλει πολύ στα διάφορα εδάφη ή σε διαφορετικά βάρη του ίδιου εδάφους. Συνήθως, το επιφανειακό στρώμα καλλιεργούμενων εδαφών περιέχει άζωτο από 0,05% ως 0,4% κ.β. ενώ στο υπέδαφος το ποσοστό του αζώτου μπορεί να είναι και κάτω από 0,02%. Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο είναι το κλίμα, η βλάστηση, οι συνθήκες στραγγίσεως και η μηχανική σύσταση του εδαφικού υλικού. Πολύ μικρή ποσότητα (περίπου το 2%) από το ολικό άζωτο του επιφανειακού εδάφους βρίσκεται σε ανόργανη μορφή: Κυρίως NH_4^+ και NO_3^- και λίγα NO_2^- , με τα περισσότερα αμμωνιακά να είναι προσροφημένα ενώ τα ανιόντα βρίσκονται στο υδατικό διάλυμα.

Το άζωτο είναι σημαντικότερο συστατικό του εδάφους, ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά του. Άζωτο αφαιρείται από το έδαφος με τη συγκομιδή των αγροτικών προϊόντων, με απονιτροποίηση, με διάβρωση και με την έκπλυσή του και μεταφορά του σε βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής, ενώ προστίθεται σε αυτό με τη μορφή λιπασμάτων (τεχνητά, κοπριά), τη βροχόπτωση (ενυδατωμένα οξείδια του αζώτου) και ? κυρίως ? με τη βιολογική δέσμευσή του. Η αζωτοδέσμευση είναι όρος που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του μοριακού αζώτου, το οποίο αποτελεί το 79% του ατμοσφαιρικού αέρα αλλά σε αυτή τη μορφή είναι αδρανές, σε μορφή ανόργανης χημικής ουσίας ή ελεύθερης ρίζας (π.χ. NH_2OH , NH_4^+ , NO_3^-). Στη φύση, η αζωτοδέσμευση γίνεται από μερικά γένη βακτηρίων, φωτοσυνθετικών, αερόβιων και αναερόβιων, τα οποία μπορεί να συμβιώνουν σε ξενιστές ή ελεύθερα στο έδαφος και στο νερό. Το αρχικό προϊόν όλων αυτών των μικροοργανισμών είναι η αμμωνία.

Παρά την αφθονία του αζώτου στη φύση, είναι θρεπτικό στοιχείο που συνήθως βρίσκεται σε ανεπαρκείς ποσότητες για τις καλλιέργειες. Η οργανική ουσία του εδάφους περιέχει άζωτο το οποίο μπορεί να είναι δεσμευμένο σε ενώσεις που διασπώνται εύκολα ή στον χούμο που αποτελείται από ενώσεις ανθεκτικές σε περαιτέρω διάσπαση.

Στην οργανική ουσία, μία σημαντική παράμετρος που επηρεάζει ? μεταξύ άλλων ? τον κύκλο του αζώτου είναι η αναλογία στην περιεκτικότητα άνθρακα-αζώτου (λόγος C/N).

? $C/N > 30$: το εδαφικό άζωτο ακινητοποιείται

? C/N μεταξύ 20-30: το άζωτο ούτε ακινητοποιείται ούτε απελευθερώνεται

? C/N<20: span="span">

Η ανοργανοποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων γίνεται σε τρία στάδια:

1. Αμινοποίηση
2. Αμμωνιοποίηση
3. Νιτροποίηση

Τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα νιτρορύπανσης όταν οι βροχοπτώσεις ή οι αρδεύσεις εφοδιάζουν το έδαφος με ποσότητες νερού που υπερβαίνουν την εξατμισοδιαπνοή και ποσότητα του ύδατος απομακρύνεται με την επιφανειακή απορροή προς λίμνες, ποτάμια και θάλασσες ή διηθείται στα βαθύτερα στρώματα καταλήγοντας σε υπόγεια και επιφανειακά ύδατα.

Φώσφορος

Η μέση περιεκτικότητα των εδαφών σε φώσφορο κυμαίνεται συνήθως γύρω από το 0,5% αλλά συχνά είναι δυνατόν να είναι πολύ μεγαλύτερη ή μικρότερη. Στα ανώτερα στρώματα, συνήθως ένα ποσοστό λίγο μεγαλύτερο του 50% του ολικού φωσφόρου είναι σε ανόργανη μορφή. Τα φωσφορούχα συστατικά είναι γενικώς δυσδιάλυτα ή αδιάλυτα, έτσι ο φώσφορος εντοπίζεται κυρίως στη στερεή φάση. Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στο εδαφικό διάλυμα (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} κλπ ή σύμπλοκα π.χ. $\text{FeH}_2\text{PO}_4^+$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$, $\text{CaH}_2\text{PO}_4^+$ - ανάλογα με το pH και άλλες παραμέτρους ισορροπίας) είναι χαμηλές (τυπικά $<1\text{ppm}$ CaCO_3)

, σε κρυστάλλους φωσφορούχων ορυκτών όπως π.χ. του φθοριοαπατίτη $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ (κάποιες φορές μικρές ποσότητες είναι ενσωματωμένες στο κρυσταλλικό πλέγμα και αργιλοπηριτικίων ορυκτών) και σε φωσφορούχες οργανικές ενώσεις. Ποσότητες φωσφορικών ανιόντων προσροφώνται στην επιφάνεια αργιλικών κόκκων σε ισορροπία με το εδαφικό διάλυμα. Σε αντίθεση με το άζωτο, η μοναδική φυσική πηγή φωσφόρου για το έδαφος είναι τα φωσφορικά ορυκτά των μητρικών υλικών και ιδιαίτερα το αφθονώτερο από αυτά, ο φθοριοαπατίτης. Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά του εδάφους, απαραίτητος για την ανάπτυξη και τη γενικότερη υγεία των φυτών και την αυξημένη απόδοση των καλλιεργειών. Οι ρίζες προσλαμβάνουν τον φώσφορο υπό τη μορφή των ιόντων H_2PO_4^- και HPO_4^{2-} εξαντλώντας γρήγορα το εδαφικό διάλυμα, καθώς η

αναπλήρωση του διαλυτού φωσφόρου μέσω εκρόφησης ή/και αναδιαλύτωσης είναι σχετικά αργή (μόνο ένα μέρος του φωσφόρου της στερεής φάσης είναι εύκολα κινητοποιήσιμος φώσφορος). Τα φωσφορούχα λιπάσματα περιέχουν κατά κύριο λόγο δισόξινο φωσφορικό ασβέστιο $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ το οποίο είναι ευδιάλυτο και εμπλουτίζει άμεσα το εδαφικό διάλυμα σε φώσφορο, αλλά ο φώσφορος αντιδρά σχετικά γρήγορα με τα ανόργανα συστατικά του εδάφους και ακινητοποιείται καθώς μετατρέπεται σε δυσδιάλυτες-αδιάλυτες μορφές. Απώλειες φωσφόρου από το έδαφος πραγματοποιούνται λόγω της πρόσληψής του από τα φυτά, μέσω έκπλυσης και λόγω διάβρωσης. Λόγω της μικρής συγκεντρωσής του στο εδαφικό διάλυμα, η συγκέντρωση φωσφόρου στο έδαφος μειώνεται με πολύ αργό ρυθμό όταν δεν αναπτύσσονται φυτά σε αυτό.

Κάλιο

Η ολική περιεκτικότητα των εδαφών σε κάλιο είναι συνήθως της τάξης του 1-2% και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη λιθολογική σύσταση των μητρικών πετρωμάτων και το βαθμό αποσάθρωσής τους. Η κατανομή του καλίου σε άμμο, ιλύ και άργιλλο δεν εμφανίζει ομοιομορφία τέτοια που να επιτρέπει γενικεύσεις. Διακρίνονται τρεις μορφές εδαφικού καλίου:

? Ανταλλάξιμο κατιόν K^+ , προσροφημένο κυρίως στη στερεή φάση σε ισορροπία με πολύ μικρότερες ποσότητες του στο εδαφικό διάλυμα. Αποτελεί λιγότερο από το 1% του ολικού καλίου.

? Ιόν K^+ ισχυρά ροφημένο σε φυλλοπυριτικά υλικά (π.χ. μοσχοβίτης, βερμικουλίτης, κλπ).

? Ιόν K^+ το οποίο συμμετέχει στο κρυσταλλικό πλέγμα καλιούχων αστρίων.

Μέσω διεργασιών ιοντοεναλλαγής, κυρίως παρουσία βερμικουλίτη, είναι δυνατόν μέρος του ανταλλάξιμου καλίου να μετατρέπεται σε μη ανταλλάξιμο. Η αντίστροφη διεργασία είναι επίσης πιθανή (οι ισορροπίες των ιοντοεναλλακτικών δράσεων καθορίζονται από πολλές παραμέτρους). Μη ανταλλάξιμο κάλιο μπορεί επίσης να μετατραπεί σε ανταλλάξιμο και λόγω αποσάθρωσης των αστρίων. Συνήθως, αναφέρεται ως διαθέσιμο κάλιο αυτό που είναι διαθέσιμο για πρόσληψη από τα φυτά. Θεωρητικά, πρέπει να περιλαμβάνει το ανταλλάξιμο κάλιο και ένα κλάσμα του ισχυρά ροφημένου (αυτό που μπορεί να εκροφηθεί με ρυθμούς συγκρίσιμους με τις απαιτήσεις των φυτών αν εξαντληθεί το κάλιο στο εδαφικό διάλυμα).

Παρά το γεγονός ότι δεν αποτελεί δομικό στοιχείο των φυτικών ιστών, το κάλιο είναι ένα από τα τρία βασικά θρεπτικά στοιχεία του εδάφους (N, P, & K) γιατί είναι απαραίτητο για τη σύνθεση αμύλου, αμινοξέων και πρωτεϊνών, στη μετακίνηση των σακχάρων και στις διεργασίες της φωτοσύνθεσης. Όταν προστίθεται κάλιο στο έδαφος μέσω λίπανσης απαιτούνται αρκετά μεγάλες δόσεις, ώστε μετά τη δέσμευση μέρους του καλίου (λόγω

μετατροπής του σε μη ανταλλάξιμο) να παραμείνει ένα υπόλοιπο ικανό για τη σχεδιαζόμενη χρήση. Εξάλλου, το κάλιο μπορεί να απομακρύνεται από το έδαφος μέσω έκπλυσης, πρόσληψης από τα φυτά και επιφανειακής διάβρωσης.

Ασβέστιο

Από άποψη περιεκτικότητας σε ασβέστιο, τα εδάφη μπορούν να διαιρεθούν σε δύο ομάδες.

Η μία ομάδα περιλαμβάνει εδάφη συνήθως μεγάλης ηλικίας σε περιοχές με μεγάλες βροχοπτώσεις, όπου το ασβέστιο περιέχεται ως ανταλλάξιμο Ca^{2+} - σε ισορροπία με κατά πολύ μικρότερες ποσότητες στο εδαφικό διάλυμα ? και ως συστατικό κρυστάλλων πρωτογενών ορυκτών, π.χ. Ca-αστρίων. Η περιεκτικότητα σε ολικό ασβέστιο είναι γενικά μικρότερη από 1%.

Στη δεύτερη ομάδα υπάγονται σχετικώς νεαρής ηλικίας εδάφη τα οποία περιέχουν σε κάποιο βάθος ? συχνά και στην επιφάνεια ? ελεύθερο $CaCO_3$, συνήθως μαζί και $MgCO_3$. Το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου μπορεί να ποικίλλει πολύ, υπερβαίνοντας σε κάποιες περιπτώσεις και το 50% της εδαφικής στερεής μάζας. Τέτοιου τύπου εδάφη απαντώνται συνήθως σε περιοχές με λίγες βροχοπτώσεις και έντονη εξάτμιση. Στις σχετικά ξηρότερες περιοχές, κάτω από τον ορίζοντα συσσώρευσης $CaCO_3$ υπάρχει και συσσώρευση γύψου ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Φυσικά, σε αυτά τα εδάφη υπάρχει και ανταλλάξιμο ασβέστιο σε μεγάλες ποσότητες όπως επίσης και φωσφορικά άλατα του ασβεστίου σε συγκεντρώσεις ? τυπικά ? της τάξης των μερικών δεκάδων ppm. Πηγή ιόντων ασβεστίου για τα εδάφος αποτελεί η βραδεία αποσάρθρωση ασβεστούχων πρωτογενών πυριτικών ορυκτών και η διαλυτοποίηση ασβεστίτη, δολομίτη και γύψου (όταν αυτά τα ορυκτά υπάρχουν στο έδαφος). Η απομάκρυνση ασβεστίου από το έδαφος λαμβάνει χώρα με έκπλυση των ανταλλάξιμων ιόντων του, πρόσληψη (σχετικά μικρή) από τα φυτά. Το ασβέστιο δεν αποτελεί θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά, όμως η σε κατάλληλες δόσεις πρόσληψή του συνδέεται με την ανάπτυξή τους.

Έλλειψη ασβεστίου είναι πιθανότερο να παρατηρηθεί στις εξής περιπτώσεις:

- Ισχυρώς όξινα ανόργανα εδάφη
- Ισχυρώς αλκαλιωμένα (μη αλατούχα) εδάφη
- Εδάφη πτωχά σε οργανική ουσία που είναι αμμώδη ή πολύ περιεκτικά σε οξείδια και καολινίτη.
- Ορισμένα εδάφη πολύ πλούσια σε μαγνήσιο

Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο στο έδαφος συναντάται κυρίως σαν συστατικό του κρυσταλλικού πλέγματος των σιδηρομαγνησιακών ορυκτών (βιοσίτης, χλωρίτης, κλπ), όπου αυτά εξακολουθούν να υπάρχουν, καθώς και δευτερογενών ορυκτών, π.χ. του δολομίτη. Ιόντα μαγνησίου μπορεί να είναι δεσμευμένα και σε φυλλοπιριτικά ορυκτά (μοντοριλλονίτης, βερμικουλίτης κ.α.). Μόνο ένα μικρό ποσοστό του μαγνησίου του εδάφους (το πολύ 1-2%) βρίσκεται σε αυτό με μορφή ανταλλάξιμων κατιόντων. Τα ανταλλάξιμα ιόντα Mg^{2+} προέρχονται από την αποσάρθρωση των πετρωμάτων και είτε προσροφώνται, είτε εκπλένονται, είτε απορροφώνται από τις ρίζες των φυτών (σε σχετικά πολύ μικρές ποσότητες που γενικώς καλύπτονται από τους ρυθμούς αναπλήρωσης μέσω της αποσάρθρωσης των πετρωμάτων), είτε καταβυθίζονται ως $MgCO_3$. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν λαμβάνει χώρα σύνθεση αργιλοπιριτικών ορυκτών, μπορούν να ενσωματωθούν εκ νέου σε κρυσταλλικά πλέγματα. Σε παράκτιες περιοχές, η βροχή αποτελεί φυσική πηγή μαγνησίου για το έδαφος, καθώς είναι εμπλουτισμένη με θειϊκό μαγνήσιο θαλάσσιας προέλευσης. Ύδατα άρδευσης και κοπριές μπορούν επίσης να εμπλουτίσουν ένα καλλιεργούμενο έδαφος σε μαγνήσιο. Το μαγνήσιο είναι συστατικό της χλωροφύλλης και σχετίζεται επίσης με το μεταβολισμό του φωσφόρου, την ενεργοποίηση πολλών ενζύμων, τη σύνθεση φυτικών ελαίων και την αναπνοή των κυττάρων. Γενικά, σπάνια παρατηρείται έλλειψη μαγνησίου.

πηγη

<http://www.prosodol.gr/?q=el/node/48>