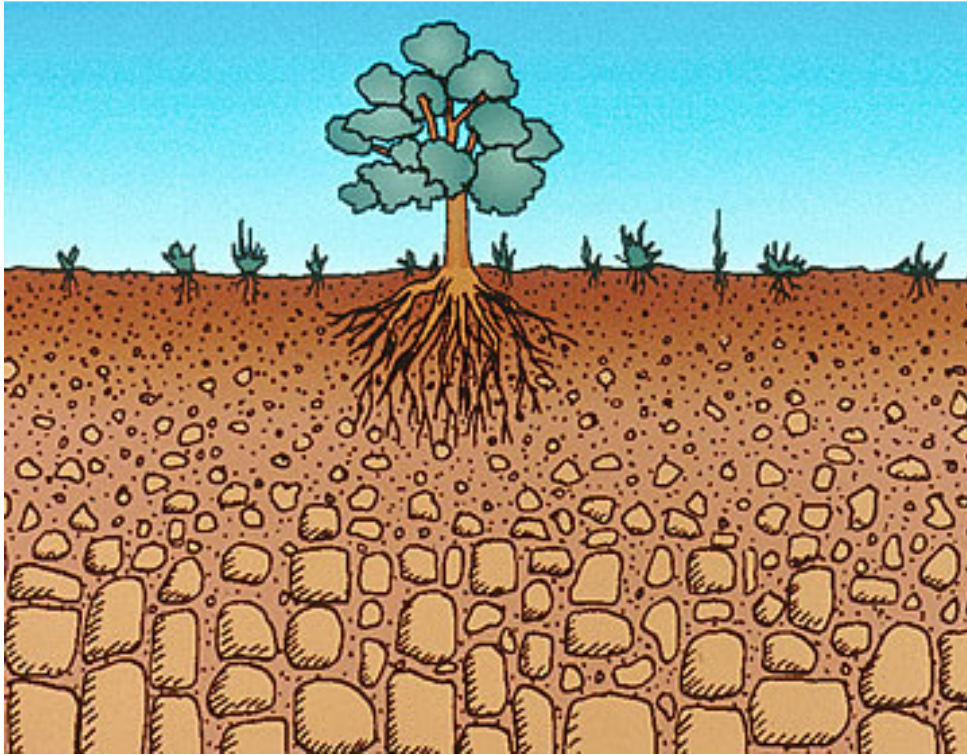


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ



## **Βλαστικότητα και ανάπτυξη φυτών σε εδάφη με μαγνητικές ιδιότητες**

Πτυχιακή εργασία της σπουδάστριας:  
**Θεοδώρα Παπαλεωνίδα**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λιόπα-Τσακαλίδη  
..... 2014

## Περιεχόμενα

	Αντί Προλόγου	5
	Περίληψη	6
		8
	<b>Κεφάλαιο 1</b>	
1	Έδαφος	8
1.1	Το έδαφος σε σχέση με το οικοσύστημα και το περιβάλλον	8
1.2	Διάβρωση και οξείδωση των εδαφών	12
1.3	Τα συστατικά του εδάφους	14
1.3.1	Τα στερεά συστατικά του εδάφους	15
1.3.2	Η υγρή φάση του εδάφους	16
1.3.2	Η αέρια φάση του εδάφους	18
1.4	Φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους	18
1.5	Καλλιεργήσιμα εδάφη	23
1.5.1	Η οργανική ουσία των εδαφών	24
		26
	<b>Κεφάλαιο 2</b>	
2	Η σημασία του εδάφους στην ανάπτυξη των φυτών	26
2.1	Τα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών	26
2.1.1	Μακροστοιχεία	26
2.1.2	Μικροστοιχεία	28
		32
	<b>Κεφάλαιο 3</b>	
3	Ορυκτά και πετρώματα	32
3.1	Φυσικές ιδιότητες ορυκτών	32
3.2	Ταξινόμηση ορυκτών	33
3.3	Κατηγορίες πετρωμάτων	36
4		38
	<b>Κεφάλαιο 4</b>	
4.1	Μαγνητικές ιδιότητες εδαφών	38

5		41
	<b>Κεφάλαιο 5</b>	
5.1	Βαρέα μέταλλα	41
5.1.1	Βαρέα μέταλλα και έδαφος	41
5.1.2	Επίδραση βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ανάπτυξη φυτών	42
5.1.3	Φυτά ως υπερσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων	43
5.1.4	Ανθεκτικότητα και αντίδραση φυτών στα βαρέα μέταλλα	46
5.1.5	Φυτά υπερσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων (hyperaccumulators plants)	48
5.1.6	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Φυτοεξυγίανσης	52
6		54
	<b>Κεφάλαιο 6</b>	
6.1	Φυτά βιοδείκτες ποιότητας εδάφους	54
6.2	Μερικά Φυτά βιοδείκτες	57
7		78
	<b>Κεφάλαιο 7</b>	
7.1	Βλαστικότητα και ανάπτυξη των φυτών σε εδάφη με μαγνητικές ιδιότητες	78
7.1.1	Βλαστικότητα σπόρου	78
7.2	Μαγνητικά εδάφη	80
7.2.1	Ερευνητικές εργασίες με μαγνητικά εδάφη, βλαστικότητα και ανάπτυξη φυτών	80
7.2.1.1	Απόδοση καλλιέργειας ζαχαρότευτλων	82
7.2.1.2	Μαγνητική επίδραση νερού σε καλλιέργεια θερμοκηπίου σε σπόρους ντομάτας, σιταριού και μπιζελιού	82
7.2.1.3	Επίδραση μεταβλητού μαγνητικού εδάφους με λείζερ σε σπόρους αμάραντου	83
7.2.1.4	Επίδραση του αδύνατου ηλεκτρομαγνητικού εδάφους στη βλάστηση σιταριού και αύξηση σποροφύτων των διαφορετικών ποικιλιών σίτου ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	83
7.2.1.5	Φυσιολογικές επιδράσεις των μαγνητικών νανοδομημάτων οξειδίου του σιδήρου προς το καρπούζι.	84

7.2.1.6	Επίδραση του μαγνητικού εδάφους για τη βλάστηση των σπόρων, την ανάπτυξη και την απόδοση της γλυκιάς πιπεριάς ( <i>Capsicum annuum</i> L.)	84
7.2.1.7	Αποτελέσματα του μαγνητικού εδάφους για την ανάπτυξη των σπόρων <i>Zea mays</i>	85
	Συμπεράσματα	86
	Βιβλιογραφία	87

## ***Αντί Προλόγου***

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που όλα αυτά τα χρόνια με στήριξε και με βοήθησε, παρέχοντάς μου τη δυνατότητα να αφοσιωθώ στις σπουδές μου.*

*Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την επίκουρο καθηγήτρια Δρ. Α. Λιόπα-Τσακαλίδη για τη βοήθειά της στο σχεδιασμό και επιμέλεια της εργασίας αυτής.*

## Περίληψη

Το θέμα το οποίο διαπραγματεύεται η παρούσα πτυχιακή σχετίζεται με την βλαστικότητα και ανάπτυξη φυτών σε εδάφη με μαγνητικές ιδιότητες. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης στη βλαστικότητα και ανάπτυξη των φυτών σε εδάφη με μαγνητικές ιδιότητες. Παρουσιάζονται από την διεθνή βιβλιογραφία ερευνητικές εργασίες με μαγνητικά εδάφη, βλαστικότητα και ανάπτυξη φυτών και επίσης φυτών ως βιοδείκτες ποιότητας εδάφους που συναντώνται στην βιβλιογραφία. Η εργασία διαρθρώνεται ως εξής: το **κεφάλαιο 1** κάνει μια περιγραφή για έδαφοςγενικά και ειδικά για το έδαφος σε σχέση με το οικοσύστημα και το περιβάλλον, την διάβρωση και οξείδωση των εδαφών, τα συστατικά του εδάφους, τα στερεά συστατικά του εδάφους, η υγρή φάση του εδάφους, φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, τα καλλιεργήσιμα εδάφη, την οργανική ουσία των εδαφών. Το **κεφάλαιο 2** αναφέρεται στη σημασία του εδάφους στην ανάπτυξη των φυτών στα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών τα μικροστοιχεία και τα μικροστοιχεία. Στο **κεφάλαιο 3** γίνεται αναλυτική περιγραφή για τα ορυκτά και πετρώματα τις φυσικές ιδιότητες ορυκτών την ταξινόμηση των ορυκτών τις κατηγορίες πετρωμάτων Στο **κεφάλαιο 4** γίνεται αναφορά τις μαγνητικές ιδιότητες εδαφών. Στο **κεφάλαιο 5** κάνει αναφορά για τα βαρέα μέταλλα, τα βαρέα μέταλλα και έδαφος, την επίδραση βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ανάπτυξη φυτών, για τα φυτά ως υπερσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων την ανθεκτικότητα και την αντίδραση φυτών στα βαρέα μέταλλα, στα φυτά υπερσυσσωρευτές βαρέων στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φυτοεξυγίανσης Στο **κεφάλαιο 6** γίνεται αναφορά στα φυτά βιοδείκτες ποιότητας εδάφους και αναφέρονται μερικά φυτά βιοδείκτες. Τέλος στο **Κεφάλαιο 7** γίνεται αναλυτική περιγραφή στη Βλαστικότητα και ανάπτυξη των φυτών σε εδάφη με μαγνητικές ιδιότητες, και σε στις Ερευνητικές εργασίες με μαγνητικά εδάφη, βλαστικότητα και ανάπτυξη φυτών την Απόδοση καλλιέργειας ζαχαρότευτλων την Μαγνητική επίδραση νερού σε καλλιέργεια θερμοκηπίου σε σπόρους ντομάτας, σιταριού και μπιζελιού.

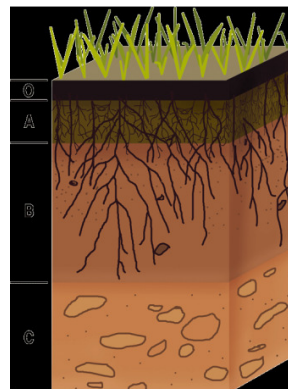
**Βλαστικότητα και ανάπτυξη φυτών σε  
εδάφη με μαγνητικές ιδιότητες**

# Κεφάλαιο 1

## 1 Έδαφος

Μερικοί από τους ορισμούς για το έδαφος είναι οι εξής:

- Έδαφος είναι το ανώτερο, αποσαθρωμένο στρώμα του στερεού φλοιού της Γης (Ramann 1911).
- Έδαφος είναι το ψαθυρό υλικό από το οποίο τα φυτά αντλούν θρεπτικά στοιχεία και βρίσκουν κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη τους (Hilgard 1914).
- Έδαφος είναι ένα ανοιχτό φυσικό σύστημα (Jenny 1941). Φυσικό σε αντιδιαστολή με τα λογικά συστήματα και ανοιχτό αφού διάφορα συστατικά αφαιρούνται από αυτό ή προσθέτονται σε αυτό. Το έδαφος επομένως ως ανοιχτό σύστημα δέχεται τις επιδράσεις του περιβάλλοντος, στο οποίο και ασκεί επιδράσεις.



### 1.1 Το έδαφος σε σχέση με το οικοσύστημα και το περιβάλλον

Το έδαφος αποτελεί τη διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και τη λιθόσφαιρα και επίσης διαχωρίζει τη λιθόσφαιρα από τις υδάτινες μάζες, όπως τις λίμνες, τα ποτάμια, τις θάλασσες και τους ωκεανούς (υδρόσφαιρα). Στο γεωλογικό παρελθόν της Γης, τα εδάφη άρχισαν να σχηματίζονται όταν οι πρώτοι φυτικοί οργανισμοί άρχισαν να αναπτύσσονται στα πετρώματα της ξηράς. Τα πετρώματα αυτά εφοδίαζαν τα φυτά με



νερό και ανόργανα συστατικά. Οι νεκροί φυτικοί ιστοί εμπλούτιζαν τα επιφανειακά στρώματα των πετρωμάτων με οργανική ύλη από την οποία με την επίδραση οργανισμών όπως τα βακτήρια και οι μύκητες διαμορφώθηκε ο εδαφικός χούμος δηλ. η οργανική ύλη που κατά την αποσύνθεση μετατρέπεται στα απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών ανόργανα συστατικά. Η διαδικασία αυτή της ανταλλαγής ύλης και ενέργειας μεταξύ των πετρωμάτων και των φυτών αποτέλεσε την αρχή του σχηματισμού του πολύπλοκου φυσικού - βιολογικού συστήματος του εδάφους.

Το έδαφος αποτελεί το μέσο στήριξης και θρέψης των φυτών, συνιστά τη βάση της αγροτικής και δασικής παραγωγής, το φυσικό φίλτρο και το προστατευτικό στρώμα των αποθεμάτων του υπόγειου νερού καθώς επίσης και το ζωτικό χώρο ενός απίστευτα μεγάλου αριθμού οργανισμών οι οποίοι συμμετέχουν στη διαδικασία της ανακύκλωσης των τροφικών στοιχείων στη Γη. Το έδαφος δεν αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο αφού για το σχηματισμό του απαιτούνται εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια. Ανθρώπινες παρεμβάσεις όπως οι εκχερσώσεις της γης, οι εντατικές καλλιέργειες, η υπεράντληση των υπόγειων νερών, κ.ά. δημιουργούν σοβαρές διαταραχές στα εδάφη. Οι διαταραχές αυτές συνήθως εμφανίζονται με τη μορφή των περιβαλλοντικών προβλημάτων της διάβρωσης, της ερημοποίησης, της αλάτωσης και της ρύπανσης και έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση ή και την οριστική απώλεια των εδαφών.

Η προστασία του εδάφους από τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι δυνατή με την υιοθέτηση κατάλληλων τεχνικών και κυρίως με τη θέσπιση και την εφαρμογή πολιτικής χρήσεως γης που βασίζεται στη διατήρηση της αειφορίας των εδαφικών πόρων (περιβαλλοντική διαχείριση των εδαφών).

Η μακροχρόνια αλλοίωση των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της Γης παράγει ένα θρυμματισμένο ορυκτό υλικό. Η περαιτέρω επίδραση περιβαλλοντικών και άλλων παραγόντων ενεργούν σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και παράγουν ένα προϊόν - το έδαφος - που διαφέρει από το ορυκτό υλικό από το οποίο προήλθε σε πολλές φυσικές, χημικές, βιολογικές και μορφολογικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Το έδαφος αντιμετωπίζεται συχνά ως αδρανές υλικό και κυρίως ως μέσο στήριξης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Το έδαφος όμως είναι κάτι πολύ πιο σημαντικό: είναι ένα δυναμικό, ζωντανό σύστημα που περιλαμβάνει ένα δίκτυο από ανόργανα και οργανικά συστατικά και περιέχει ένα πλήθος κενών χώρων και πόρων μέσα στους οποίους περιέχονται και

κυκλοφορούν υγρά και αέρια. Επιπρόσθετα, τα εδάφη περιέχουν έμβιους πληθυσμούς που ξεκινούν από βακτήρια μέχρι μύκητες, γαιοσκώληκες και μικρά τρωκτικά. Οι χημικές, φυσικές και βιολογικές ιδιότητες των εδαφών ποικίλλουν τόσο σε έκταση όσο και σε βάθος σε ποικιλία κλιμάκων. Η δημιουργία εδάφους είναι αποτέλεσμα επίδρασης του ανάγλυφου, του κλίματος, της βλάστησης, των μικροοργανισμών του εδάφους και του χρόνου στα πετρώματα και στα μητρικά υλικά. Έτσι η διαφοροποίηση ενός από τους προηγούμενους παράγοντες μπορεί να μεταβάλει την πορεία σχηματισμού του εδάφους. Η δημιουργία εδάφους είναι διαδικασία που διαρκεί επί μεγάλο χρονικό διάστημα. Για τη δημιουργία π.χ. 30 cm εδάφους απαιτούνται περίπου 1.000 έως 10.000 χρόνια. Η πορεία σχηματισμού του εδάφους είναι τόσο βραδεία, ώστε το έδαφος μπορεί να θεωρηθεί ως μη ανανεώσιμος πόρος. Το έδαφος είναι ένα σημαντικό συστατικό της βιόσφαιρας με καθοριστικές λειτουργίες για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Αυτές οι λειτουργίες μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

***Συντήρηση της βιολογικής δραστηριότητας, της βιοποικιλότητας και της παραγωγικότητας:*** Το έδαφος παράγει τροφές για τον άνθρωπο και τα ζώα, ανανεώσιμες πρώτες ύλες και παράλληλα παρέχει θρεπτικά συστατικά, νερό, οξυγόνο και μηχανική στήριξη για την ανάπτυξη των φυτών. Είναι, επίσης, το μέσο όπου αναπτύσσονται και προστατεύονται μεγάλοι πληθυσμοί κατώτερων και ανώτερων οργανισμών οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την αναγέννηση και διατήρηση της ποιότητας του εδάφους, διότι συνεισφέρουν στους κύκλους των θρεπτικών στοιχείων, στις μετατροπές της οργανικής ουσίας και στη δημιουργία εδαφικής δομής. Αυτές οι πολύπλοκες, ποικίλες και υπέρθετες λειτουργικές ομάδες των οργανισμών του εδάφους δίνουν στο έδαφος

σταθερότητα ή δυνατότητα να επανέρχεται μετά από προσωρινές μεταβολές.



***Ρύθμιση της κίνησης και της κατανομής του νερού:*** Η διήθηση του νερού (βροχής ή αρδευτικού) διά της επιφάνειας του εδάφους και η κατανομή του εδαφικού νερού καθορίζονται από τις δομικές ιδιότητες του εδάφους, τις καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται και το είδος και τον πληθυσμό της εδαφοπανίδας. Η ρύθμιση του νερού ενισχύεται με την αύξηση της οργανικής ουσίας η οποία έχει θετική συνεισφορά στη βελτίωση των δομικών ιδιοτήτων του εδάφους και στην αύξηση του πληθυσμού των μικροοργανισμών και της πανίδας. Η αύξηση του πληθυσμού των οργανισμών εξαρτάται επίσης και από τη διατάραξη του εδαφικού περιβάλλοντος (λόγω π.χ. συχνής μηχανικής κατεργασίας), την παρουσία στο έδαφος φυτοπροστατευτικών ουσιών και την υγρασία και τον αερισμό του εδάφους.

***Καταστροφή των παθογόνων οργανισμών και διάσπαση των τοξικών ενώσεων:*** Το έδαφος διαχειρίζεται επιβλαβείς ουσίες, διηθεί με μηχανικό τρόπο οργανικές, ανόργανες και ραδιενεργές ουσίες, τις προσροφά ή τις ιζηματοποιεί φυσικοχημικά, τις αποσυνθέτει ή τις μετατρέπει βιοχημικά με τη βοήθεια των μικροοργανισμών. Με τον τρόπο αυτό τις εμποδίζει να φτάσουν στα υπόγεια νερά και την τροφική αλυσίδα. Είναι λειτουργία πολύ σημαντική για την προστασία της υδρόσφαιρας και της ατμόσφαιρας και βοηθάει στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τη συσσώρευση των ρύπων (οργανικών και ανόργανων), η οποία οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού και της υπερκατανάλωσης.

***Είναι δεξαμενή θρεπτικών στοιχείων και τα ανακυκλώνει:*** Το έδαφος αποθηκεύει θρεπτικά συστατικά προκειμένου να τα αποδώσει στα φυτά. Η αποθήκευση γίνεται είτε απευθείας στις θέσεις εναλλαγής ή προσρόφησης είτε με μετασχηματισμό της ζώσας οργανικής ύλης σε ανόργανη αλλά και τη δημιουργία νέας οργανικής ύλης με φωτοσύνθεση. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται η ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Η λειτουργία έχει ιδιαίτερη σημασία και για τον κύκλο του άνθρακα, καθώς το έδαφος αποτελεί τη σημαντικότερη αποθήκη οργανικού άνθρακα. Καλλιεργητικά συστήματα και πρακτικές που τείνουν να μειώσουν τα εδαφικά αποθέματα οργανικού άνθρακα συμβάλλουν στη δημιουργία του φαινομένου θερμοκηπίου.

## **1.2 Διάβρωση και οξείδωση των εδαφών**

Το έδαφος προήλθε από την αποσάθρωση (διάβρωση) των πετρωμάτων της γήινης επιφάνειας. Η αποσάθρωση αυτή οφείλεται σε πολλές αιτίες. Μία από τις αιτίες είναι και τα φυτά. Το έδαφος, όταν δεν καλλιεργείται, πλουτίζεται ακατάπαυστα: Τα αυτοφυή φυτά (χόρτα, θάμνοι, δέντρα) με τις ρίζες τους το αποσαθρώνουν κάθε μέρα και το πλουτίζουν με τροφές που παίρνουν απ' τον αέρα (άζωτο κλπ.) και με τα φύλλα τους και τους κορμούς τους, που, όταν σαπίζουν, μεταβάλλονται σε τροφές για τα νέα φυτά.

Όμως και το νερό και οι ακτίνες του ήλιου και ο αέρας, με την οξείδωση που προκαλούν στα συστατικά του εδάφους, τα διασπών και τα διαλύουν μεταβάλλοντάς τα σε θρεπτικές για τα φυτά ουσίες.

Όλες οι παραπάνω αλλοιώσεις, που γίνονται στο έδαφος, το κάνουν να διαφέρει από το υπέδαφος και σε συνεκτικότητα και σε απόχρωση. Λίγες βέβαια οργανικές ουσίες κατεβαίνουν με τα νερά και ως το υπέδαφος, μα όταν αυτό, με το γύρισμα, ανεβαίνει στην επιφάνεια, πρέπει να σπέρνεται ύστερα από 5 ή 6 μήνες, για να γίνεται στο μεταξύ η εδαφική αποσάθρωση (διάβρωση).

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%B4%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%82>

Το **έδαφος** (soil) είναι μια λεπτή φλούδα γης σε σχέση με το συνολικό μέγεθος του πλανήτη. Και όμως έλκει το ενδιαφέρον του ανθρώπου και σε επιστημονικό επίπεδο, αλλά και σε επίπεδο παραγωγής. Το έδαφος λοιπόν από τη μία αποτελεί έναν βασικό πλουτοπαραγωγικό παράγοντα για τον άνθρωπο (γεωργία, κτηνοτροφία κτλ), ενώ από

την άλλη έχει ρόλο ‘κλειδί’ στις επιστήμες που ασχολούνται με το περιβάλλον. Και αυτό γιατί όλες οι διεργασίες της φύσης έχουν άμεση συσχέτιση με το έδαφος, αλλά και όλοι οι γεωχημικοί κύκλοι θρεπτικών και τοξικών στοιχείων ρυθμίζονται και εξαρτώνται από το έδαφος.

Το έδαφος δημιουργείται από την **αποσάθρωση** (weathering) των πετρωμάτων. Η αποσάθρωση είναι μια διαδοχή φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Πρώτα δρουν οι φυσικές διεργασίες, οι οποίες συντελούν στην κατάτμηση του πετρώματος. Αυτό οδηγεί στην αύξηση της ειδικής επιφάνειας του πετρώματος. Μετά δρουν οι χημικοί παράγοντες, όπως υδρόλυση, διαλυτοποίηση κτλ., οι οποίοι αλλοιώνουν τα πρωτογενή ορυκτά και οδηγούν στη δημιουργία των ορυκτών του εδάφους ή καλύτερα των **ορυκτών της αργίλου** (clay minerals). Οι βιολογικοί παράγοντες είναι βοηθητικοί και στα δύο αυτά στάδια. Για παράδειγμα οι ρίζες των φυτών διεισδύουν στο βράχο και συντελούν στην κατάτμησή του, και τα μικρόβια του εδάφους εκκρίνουν οξέα που αλλοιώνουν τα χημικά χαρακτηριστικά των πρωτογενών ορυκτών και επιταχύνουν τη δημιουργία των ορυκτών της αργίλου.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον επιστήμονα του περιβάλλοντος παίρνει η ιστορία που διαδραματίζεται στο έδαφος, όταν δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την εγκατάσταση ανωτέρων φυτών πάνω σε αυτό. Τότε θα έχουμε και τη δημιουργία χερσαίων οικοσυστημάτων. Οι συνθήκες που χαρακτηρίζονται κατάλληλες είναι:

- ***Η συγκράτηση νερού από το έδαφος***
- ***Ο καλός αερισμός του εδάφους***
- ***Η παρουσία θρεπτικών συστατικών στο έδαφος***

Οι χημικοί και φυσικοί μηχανισμοί που λαμβάνουν χώρα στο εδαφικό περιβάλλον είναι πολύπλοκοι και όχι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Τα στοιχεία που είναι παρόντα στο έδαφος, είτε διαλυμένα στο εδαφικό διάλυμα είτε στη στερεή φάση, βρίσκονται σε μία διαρκή κίνηση, σε μία δυναμική ανταλλαγή. Η ταχύτητα των μεταβολών αυτών, όπως και η κατεύθυνση που έχει η χημική ισορροπία στα εδαφικά περιβάλλοντα είναι αντικείμενο μελέτης της εδαφολογίας. Αυτή η δυναμική αφορά:

- *Τα ιόντα (μπορεί να είναι προσροφημένα στην εδαφική επιφάνεια, διαλυμένα στο εδαφικό διάλυμα κτλ.)*
- *Το νερό (συμμετέχει στον κύκλο του νερού στη φύση)*

- Τα οργανικά υλικά (αποσυντίθενται από τη νεκρή ύλη, αλλά και ανασυντίθενται)
- Τα ανόργανα υλικά (δημιουργία δευτερογενών ορυκτών της αργίλου κτλ.)

**Μέση πυκνότητα πετρωμάτων ανάλογα με το βάθος όπου βρίσκονται.**

Βάθος	Κυρίαρχα ορυκτά	Μέση πυκνότητα, g cm <sup>-3</sup>
Πυρήνας	Ni- Fe	6- 12
Μανδύας	Si- Mg	2.8- 4
Εξωτερική Κρούστα	Si- Al	2.65

Αυτή, λοιπόν, η λεπτή φλούδα γης έχει πυκνότητα υλικών περίπου 2.65 g cm<sup>-3</sup>. Όσο προχωρούμε προς το εσωτερικό της γης φαίνεται ότι η πυκνότητα αυξάνεται, και λόγω της αύξησης της πίεσης λόγω της βαρύτητας, αλλά και λόγω του ότι τα υλικά που βρίσκουμε στο βάθος είναι από τη φύση τους βαρύτερα.

### 1.3 Τα συστατικά του εδάφους

Ένα καλά διαμορφωμένο έδαφος έχει στη μάζα του και τις τρεις φάσεις της ύλης, δηλαδή στερεή, υγρή και αέρια. Η στερεή φάση αποτελείται κυρίως από ανόργανα συστατικά που είναι προϊόντα της αποσάθρωσης, αλλά και από οργανικά. Τα οργανικά προέρχονται από την καλή αποσύνθεση της νεκρής ύλης των φυτικών και ζωικών ιστών που διαβιούν στο έδαφος. Τα οργανικά από εδώ και στο εξής θα ονομάζονται πιο σωστά **οργανική ουσία του εδάφους** (soil organic matter). Η υγρή φάση του εδάφους αναφέρεται στο εδαφικό διάλυμα, από όπου τρέφονται τα ανώτερα φυτά, και η αέρια φάση στο διαχυμένο αέρα του εδάφους που συντελεί στην ανάπτυξη κατάλληλων συνθηκών για την επιβίωση των φυτικών και ζωικών οργανισμών του εδάφους.

Το έδαφος είναι πορώδες υλικό και μάλιστα έχει ένα δαιδαλώδες δίκτυο πόρων. Το εδαφικό διάλυμα και ο εδαφικός αέρας καταλαμβάνουν τον ελεύθερο χώρο των πόρων αυτών. Σε ένα μέσο έδαφος η στερεή φάση θα είναι το 50%, και το υπόλοιπο 50% θα έχουν οι πόροι, δηλαδή θα μοιράζεται σε εδαφικό διάλυμα και αέρα. Τα ελληνικά εδάφη είναι γενικά φτωχά σε οργανική ουσία, καθώς σπάνια αυτή υπερβαίνει το 2%. Έτσι από το 50% της στερεής φάσης το 48% είναι ανόργανα υλικά και το 2% οργανική ουσία. Πρέπει να τονιστεί ότι σε σχέση με τον παράγοντα χρόνο, τα ανόργανα συστατικά είναι

πολύ αργά μεταβαλλόμενα, τα οργανικά είναι ευκολότερα μεταβαλλόμενα, ενώ τα υγρά και αέρια είναι πολύ ευμετάβλητα. Εδώ είναι η κατάλληλη στιγμή να τονιστεί ότι το έδαφος μαζί με τους πόρους έχει πυκνότητα κατά πολύ μικρότερη από την πυκνότητα των στερεών του συστατικών. Γίνεται κατανοητό ότι όσο μεγαλύτερο το πορώδες του εδάφους τόσο 'αραιότερο' φαίνεται ανά μονάδα όγκου. Η πυκνότητα του εδάφους που περιέχει και τους πόρους (η οποία είναι η πυκνότητα που βλέπουμε σε συνήθεις συνθήκες) λέγεται Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (ΦΕΒ) (Bulk density). Σε αντίθεση με την πυκνότητα των στερεών συστατικών, το ΦΕΒ του εδάφους εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και έχει τιμές που κυμαίνονται από 0.9 έως 1.5 g cm<sup>-3</sup>.

### **1.3.1 Τα στερεά συστατικά του εδάφους**

Το έδαφος είναι μια τρισδιάστατη ολότητα. Καθώς προχωράει η αποσάθρωση των μητρικών υλικών, το έδαφος αποκτάει μια διαστρωμάτωση, όπου τα υπερκείμενα στρώματα είναι καλύτερα αποσαθρωμένα και υποκείμενα λιγότερο, και αποκτά διακριτούς ορίζοντες (horizons). Σε μια εδαφική κατατομή (soil profile) μπορούμε να διακρίνουμε τον Α ορίζοντα, όπου η οργανική ουσία είναι πλουσιότερη και από όπου κυρίως τρέφονται τα φυτά (αυτός ο ορίζοντας ενδιαφέρει περισσότερο και τον Περιβαντολόγο, για αυτό και οι δειγματοληψίες εδάφους γίνονται σε αυτήν την επιφανειακή στρώση). Ο Β ορίζοντας είναι εκείνος που δέχεται τα εκπλύματα του Α, και είναι κυρίως ανόργανος, ενώ ο C είναι ο λιγότερο αποσαθρωμένος. Οι εδαφολογικές ολότητες με όμοια κατατομή και παρόμοιες φυσικές και χημικές ιδιότητες λέγονται **πέδον** (pedon).

*Μέση χημική σύσταση κατά βάρος του φλοιού της γης (λάβετε υπόψη ότι είναι 95% πυριγενή, 4% σχιστόλιθοι, 0.75% ψαμμίτες και 0.25% ασβεστόλιθοι).*

Στοιχείο	Ποσοστιαία αναλογία κατά βάρος, %
O	46.5
Si	27.6
Al	8.1
Fe	5.1
Ca	3.6
Mg	2.1
Na	2.8
K	2.6
Άλλα*	1.4

### 1.3.2 Η υγρή φάση του εδάφους

Το νερό δρα με δύο τρόπους:

- Ως χημικός διαλύτης
- Ως μέσο μεταφοράς των αποσαθρωμένων στοιχείων

Αλλά και στη θρέψη των φυτών, δηλαδή σε ένα σύνολο φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους έχει σημαντικό ρόλο. Όσο αφορά αυτό το τελευταίο, το υγρό στοιχείο του εδάφους είναι μεγάλης σημασίας από πολλές πλευρές. Είπαμε ήδη ότι τα φυτά τρέφονται από το εδαφικό διάλυμα (soil solution). Με το ρεύμα της διαπνοής των φυτών οι ρίζες απορροφούν νερό από το έδαφος, και μαζί με αυτό ό,τι είναι διαλυμένο μέσα σε αυτό, είτε 'τυχαίνει' να είναι θρεπτικό για τα φυτά, είτε όχι. Προαναφέραμε όμως ότι είναι εξαιρετικά ευμετάβλητος παράγων, και άρα δύσκολα υποκείμενος στην επιστημονική μελέτη. Είναι, λοιπόν, δύσκολο να καθορίσουμε τις ανάγκες των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία, γιατί στηριζόμαστε σε έναν παράγοντα που είναι σήμερα έτσι και αύριο μπορεί να είναι αλλιώς. Είναι επίσης άξιο προσοχής ότι το εδαφικό νερό αποτελεί μόνο το 0.01% του νερού του πλανήτη. Από αυτό το ιδιαίτερα μικρό ποσοστό εξαρτάται η φυτική παραγωγή, και τελικά η επιβίωσή μας. Τα ζητήματα, λοιπόν, που άπτονται των χημικών ιδιοτήτων του εδαφικού διαλύματος είναι εξαιρετικά κρίσιμα. Είναι όμως και κάτι άλλο



που κάνει τα πράγματα δυσκολότερα στη μελέτη μας. Το εδαφικό διάλυμα δεν είναι ανεξάρτητο της στερεής φάσης του εδάφους, αλλά βρίσκεται σε συνεχή ισορροπία με αυτήν. Τα διαλυμένα στοιχεία του εδαφικού διαλύματος αλληλεπιδρούν με 3 μηχανισμούς με τις εδαφικές επιφάνειες.

### Οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης στερεής και υγρής φάσης του εδάφους

Μηχανισμός	Πώς λειτουργεί	Χημική συγγένεια μεταξύ του κυρίαρχου στοιχείου στο ορυκτό και του στοιχείου του εδαφικού διαλύματος
Έγκλειση	Το στοιχείο μπαίνει στη δομή του στερεού και εγκλωβίζεται	Ελάχιστη
Προσρόφηση	Το στοιχείο προσκολλάται αντιστρεπτά στην επιφάνεια του στερεού	Μικρή
Σχηματισμός στερεού διαλύματος	Το στοιχείο αντικαθιστά το κυρίαρχο στοιχείο του ορυκτού, δηλαδή γίνεται ισόμορφη αντικατάσταση	Μεγάλη

Πριν κλείσει το εισαγωγικό κεφάλαιο, και για να είναι πλήρης η εικόνα, θα πρέπει να αναφερθούν τα στοιχεία που θεωρούνται απαραίτητα για τη θρέψη των ανώτερων φυτών. Αυτά τα στοιχεία όπως τονίστηκε βρίσκονται διαλυμένα στο εδαφικό διάλυμα. Τα χωρίζουμε σε **μακροστοιχεία** (macronutrients) και ιχνοστοιχεία (micronutrients ή trace nutrients). Τα ιχνοστοιχεία είναι εκείνα, των οποίων η συγκέντρωση στο εδαφικό διάλυμα είναι μικρότερη από  $1 \text{ mmol m}^{-3}$ . Τα στοιχεία αυτά είναι:

- **Μακροστοιχεία- C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg και Fe**
- **Ιχνοστοιχεία- Mn, Cu, Mo, Zn, Cl και B**

Τα στοιχεία C, O και H είναι τα μόνα, για των οποίων την απόκτηση το φυτό δεν εξαρτάται από το εδαφικό διάλυμα.

### 1.3.3 Η αέρια φάση του εδάφους

Ο αέρας εμπεριέχεται στους πόρους του εδάφους όπως ακριβώς και το εδαφικό διάλυμα. Λόγω της αναπνοής των ριζών ο εδαφικός αέρας εμπλουτίζεται πολύ σε CO<sub>2</sub>, πράγμα που σημαίνει ότι εκτοπίζεται το O<sub>2</sub>. Είναι, λοιπόν, απαραίτητο το έδαφος να αερίζεται ικανοποιητικά, δηλαδή να είναι σε ισορροπία με τον ατμοσφαιρικό αέρα, γιατί αλλιώς μπορεί να οδηγηθούμε σε τοξικά φαινόμενα για τα φυτά. Όσο μεγαλύτερη η διάμετρος των πόρων τόσο καλύτερος ο αερισμός του εδάφους. Το ποσοστό του αέρα μειώνεται με το βάθος. Συνήθως σε βάθος μεγαλύτερο των 1- 2 m δεν υπάρχει εδαφικός αέρας.

### 1.4 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους

Η οργανική ουσία είναι συστατικό της στερεάς φάσης του εδάφους και περιλαμβάνει, αποσυντιθέμενα και μη, ζωικά και φυτικά υπολείμματα. Η σύσταση της οργανικής ουσίας εξαρτάται άμεσα από το είδος των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων που καταλήγουν στο έδαφος. Τα φυτικά υπολείμματα ανεξαρτήτου πηγής αποτελούνται από 20-90% νερό, από ανόργανα συστατικά που αποτελούν την τέφρα και συνίστανται από διάφορα θρεπτικά στοιχεία, K, P, N, Ca, Mg, S και μικροθρεπτικά όπως, Fe, Zn, Mn, Cu και B τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και θρέψη των φυτών. Τα οργανικά συστατικά των φυτικών υπολειμμάτων που εισρέουν στο έδαφος είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, η λιγνίνη, οι πρωτεΐνες, τα σάκχαρα και το άμυλο, τα λίπη και οι κηροί. Η προέλευση των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων άλλοτε μπορεί να εξακριβωθεί και άλλοτε όχι. Εκείνα, στα οποία μπορεί να αναγνωριστεί ο οργανισμός από τον οποίο προήλθαν, ανήκουν στην κατηγορία των μη χουμικών ουσιών. Αντίθετα, αυτά που δεν είναι δυνατόν να εξακριβωθεί ο οργανισμός από τον οποίο προήλθαν ανήκουν στην κατηγορία των χουμικών ουσιών και αποτελούν τον χούμο.

Με την παρουσία οργανικής ουσίας στο έδαφος επηρεάζονται: α) οι φυσικές ιδιότητες, β) οι χημικές ιδιότητες και γ) οι βιολογικές ιδιότητες του. Ειδικότερα:

**Φυσικές ιδιότητες**

- Βελτιώνει τη δομή στο έδαφος και την διατηρεί σταθερή με αποτέλεσμα την παροχή πολύ καλής στήριξης στα φυτά και την άριστη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.
- Μειώνει την πλαστικότητα και την συνεκτικότητα των αργιλικών εδαφών, αντίθετα αυξάνει την συνεκτικότητα των αμμωδών εδαφών.
- Βελτιώνει το πορώδες του εδάφους συνεπώς, επηρεάζει θετικά τις δυνάμεις συγκράτησης του νερού και τις συνθήκες αερισμού, αποτρέποντας έτσι συνθήκες ασφυξίας ή έλλειψης νερού.
- Μειώνει την δυνατότητα συμπίεσης του εδάφους στην διάβρωση από ανέμους και νερό.
- Αποτρέπει το σχηματισμό επιφανειακής κρούστας στα εδάφη.
- Προσδίδει στα εδάφη σκούρο χρωματισμό που ευνοεί τη μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Ελαττώνει τις επιφανειακές απορροές από ραγδαίες βροχοπτώσεις (αύξηση διηθημένου νερού).
- Βοηθά στην συγκράτηση θρεπτικών στοιχείων μέσα στα οργανικά μόρια, εφόσον δυσχεραίνεται η διαλυτοποίηση και έκλυσή τους.

Μερικές βασικές φυσικές ιδιότητες του εδάφους μεταξύ άλλων αναφέρονται παρακάτω:

- **Σύσταση:** Η σύσταση του εδάφους διαμορφώνεται από την αναλογία των υλικών που το αποτελούν (μίγμα ανόργανων -άμμου, ιλύος αργίλου- και οργανικών υλικών, νερού, αέρα,)
- **Υφή:** Το μέγεθος των ανόργανων υλικών καθορίζει την υφή του εδάφους
- **Πορώδες και ειδικό βάρος:** Το πορώδες καθορίζεται από τον όγκο που έχουν τα διάκενα του εδάφους. Το πραγματικό ειδικό βάρος (λόγος του βάρους ενός όγκου κόκκων εδάφους προς ίσο όγκο αποσταγμένου νερού στους 4 °C) είναι γύρω στα 2,5
- **Υγροσκοπικότητα: Η υγροσκοπικότητα** του εδάφους: αναφέρεται στην ικανότητα πρόσληψης και απόδοσης υγρασίας. Όταν όλα τα διάκενα του εδάφους είναι γεμάτα νερό η υγροσκοπικότητα του εδάφους φτάνει το μέγιστο.
- **Ειδική θερμότητα:** Αφορά στην ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 °C. Η θερμοκρασία είναι ένας από τους συντελεστές της

ανάπτυξης των φυτών και εξαρτάται από τα συστατικά του εδάφους, το χρώμα του, την υγρασία του κλπ.

### Χημικές ιδιότητες

- Επηρεάζει ρυθμιστικά το pH του εδάφους, αυξάνοντας την διαθεσιμότητα των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων, εξαιτίας της παραγωγής διαφόρων οργανικών και ανόργανων οξέων κατά την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών.
- Αυξάνει την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ( C. E. C.) και παράλληλα την γονιμότητα των εδαφών.
- Περιέχει όλα τα στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των καλλιεργειών, τα διατηρεί με την μορφή οργανικών ενώσεων, αποτρέποντας έτσι την έκπλυσή τους, και τα αποδίδει κατά την διάσπασή της και την διαλυτοποίηση των ορυκτών συστατικών της. Έτσι επιτυγχάνεται όχι μόνον η καλή γονιμότητα αλλά και η διατήρησή της.

Μερικές βασικές χημικές ιδιότητες του εδάφους μεταξύ άλλων αναφέρονται παρακάτω:

- **pH:** Αποτελεί μέτρο της οξύτητας μιας ουσίας. Συγκεκριμένα, εκφράζει τον αρνητικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου. Είναι από τις σημαντικότερες ιδιότητες το χρώματος και επηρεάζει σημαντικά τόσο την ανάπτυξη των φυτών, όσο και τη συμπεριφορά των ιόντων του χρώματος. Το pH του χρώματος συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 4 και 8.5, αν και σε διάφορα σημεία του κόσμου έχουν παρατηρηθεί ακραίες τιμές, μεταξύ 2 και 10.5. Γενικά, το χρώμα σε περιοχές με έντονη υγρασία έχει τιμή pH 5 – 7, ενώ σε άνυδρες περιοχές 7 – 9 (*Alloway 1999*).

Το pH του εδάφους είναι από τις πιο σημαντικές ιδιότητες του και μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του. Η τιμή του pH του εδάφους δεν χαρακτηρίζει μόνο ένα έδαφος ως όξινο ή αλκαλικό. Ταυτόχρονα, είναι δυνατόν να προβλεφθεί η διαθεσιμότητα των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων και οι τοξικότητες κάποιων άλλων, εάν είναι γνωστή η σχέση τους με το pH. Η τιμή του επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Ένας από τους σπουδαιότερους είναι το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου που περιέχεται στο έδαφος. Επίσης σημαντικός παράγοντας είναι

και οι συνθήκες που επικρατούν στο χωράφι, όπως η υγρασία, τα διαλυτά άλατα, το διοξείδιο του άνθρακα, τα χημικά λιπάσματα κ.τ.λ.

- **Οξειδοαναγωγή:** Ο όρος περιγράφει όλες τις χημικές αντιδράσεις κατά τις οποίες τα άτομα των στοιχείων που συμμετέχουν αλλάζουν αριθμό οξείδωσης. Η διαδικασία της οξειδοαναγωγής μπορεί να γίνεται σχετικά απλά και γρήγορα, όπως η οξείδωση του άνθρακα από το οξυγόνο προς διοξείδιο του άνθρακα, ή μπορεί να είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, όπως η οξείδωση της γλυκόζης στους οργανισμούς, η οποία επιτυγχάνεται μέσω πολύπλοκων διεργασιών μεταφοράς ηλεκτρονίων. Στο χώμα, η οξειδοαναγωγή επηρεάζει κυρίως τη συμπεριφορά στοιχείων όπως τα C, N, O, S, Fe, Mn. Σε μικρότερο βαθμό επηρεάζει και τα στοιχεία: Ag, As, Cr, Cu, Hg, Pb (Alloway 1999).

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις. Αρχίζει από ίχνη και φτάνει μέχρι και 70% του συνόλου της μάζας του. Το ανθρακικό ασβέστιο απαντάται και στα τρία κλάσματα της μηχανικής σύστασης του εδάφους στην άμμο, την ιλή και την άργιλο σε διαφορετικά ποσοστά στο καθένα. Πολλές φορές η ύπαρξη ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος συνδέεται με τροφοπενίες φωσφόρου, βορίου και ψευδαργύρου καθώς και άλλων μικροθρεπτικών. Εάν στο έδαφος υπάρχουν έστω και ίχνη ανθρακικού ασβεστίου τότε ο χαρακτήρας του εδάφους αυτού γίνεται αλκαλικός.

- **Προσροφητική ικανότητα:** Η συγκέντρωση των διαλυτών ουσιών στο χώμα καθορίζεται από την προσροφητική ικανότητα του χώματος. Όταν ένας ρύπος επικάθεται στην επιφάνεια του χώματος, είτε αλληλεπιδρά με τα επιφανειακά σωματίδια του χώματος, είτε απομακρύνεται με το νερό της βροχής. Οι διαλυτοί ρύποι διαπερνούν το επιφανειακό χώμα και εισέρχονται στο σύστημα των πόρων του χώματος. Αντιθέτως, το αδιάλυτα και υδροφοβικά οργανικά μόρια κολλάνε στα επιφανειακά σωματίδια του χώματος, ή κινούνται με ταχύτητα σε μεγάλο βάθος διαμέσου μεγάλων πόρων και σχισμών του εδάφους (Alloway 1999).

- **Ανταλλαγή ιόντων:** Ορίζεται ως η ανταλλαγή ιόντων μεταξύ δύο ηλεκτρολυτών.

### **Βιολογικές ιδιότητες**

- Δεσμεύει μέσω των οργανισμών, του γένους *Rizobium*, το ατμοσφαιρικό άζωτο αποδίδοντάς το στα φυτά κατά την αποδόμησή της.
- Δημιουργεί τις καταλληλότερες συνθήκες για την δράση των μικροοργανισμών του εδάφους παρέχοντάς τους άφθονο υπόστρωμα τροφής για την ανάπτυξη τους.
- Συντελεί στην ανάπτυξη υγιούς ριζικού συστήματος κυρίως με την δράση των γαιοσκωλήκων και των εντόμων του εδάφους, που ανοίγουν στοές, βελτιώνοντας έτσι το πορώδες.

## 1.5 Καλλιεργήσιμα εδάφη

Σήμερα τα καλλιεργήσιμα εδάφη διακρίνονται στις παρακάτω γενικές κατηγορίες:

**Σε αμμώδη.** Αυτά έχουν για κύριο συστατικό τους την άμμο. Είναι χαλαρά και αφράτα, εύκολα στην καλλιέργεια. Το νερό, ο ήλιος και ο αέρας περνούν μέσα τους εύκολα και σε μεγαλύτερο βάθος. Όμως δε συγκρατούν υγρασία και οι θρεπτικές ουσίες της επιφάνειας τους ξεπλένονται εύκολα. Ακόμα, το χειμώνα ψύχονται γρήγορα και το καλοκαίρι θερμαίνονται πολύ. Τα φυτά, που δεν έχουν βαθιές ρίζες, δε βρίσκουν πολλές θρεπτικές ουσίες στα εδάφη αυτά, δε στηρίζονται γερά και όταν φυσά δυνατός άνεμος, τα ρίχνει κάτω ή τα ξεριζώνει και όταν πιάνουν ζέστες, παύουν να αναπτύσσονται, αν δεν ξεραθούν τελείως. Τα αμμώδη εδάφη χάνουν τα μειονεκτήματά τους αυτά, αν τα ανακατέψουμε με αργιλόχωμα, οπότε γίνονται αργιλοαμμώδη ή με χωνεμένη κοπριά.

- **Σε αργιλώδη ή κοκκινοχώματα.** Σε αυτά πλεονάζει η άργιλος (χώμα που χρησιμοποιούν στην κεραμοποιία). Τα εδάφη αυτά έχουν μεγάλη συνεκτικότητα και δύσκολα περνούν μέσα τους βαθιά το νερό, ο ήλιος κι ο αέρας. Το χειμώνα δεν τα διαπερνά το κρύο, αλλά στην επιφάνειά τους είναι ψυχρά. Το καλοκαίρι κρατούν υγρασία, αλλά στις μεγάλες ζέστες σκάζουν, δημιουργώντας βαθιές ρωγμές. Οι ρίζες των φυτών δυσκολεύονται να προχωρήσουν βαθιά, υποφέρουν από ασφυξία και στις ξηρασίες, όταν εξατμίζεται όλη η επιφανειακή υγρασία, παύει κάθε ανάπτυξή τους και μαραζώνουν. Τα αργιλώδη εδάφη γίνονται κατάλληλα για καλλιέργεια, όταν ρίξουμε άμμο (όχι θαλασσινή, γιατί έχει αλάτι) ή κοπριά χωνεμένη ή και αχώνευτη.

- **Σε ασβεστολιθικά ή ασπροχώματα.** Αυτά προέρχονται από ασβεστολιθικά πετρώματα κι έχουν τα μειονεκτήματα των αργιλωδών εδαφών. Διορθώνονται, αν τους προσθέσουμε άμμο ή κοπριά, όπως στα αργιλώδη. Όχι όμως ασβέστη, γιατί έχουν πάρα πολύ.

- **Σε χουμώδη ή κηποχώματα ή μαυροχώματα.** Αυτά έχουν πολλές οργανικές ουσίες και το χρώμα τους είναι σκούρο (καστανό). Είναι αφράτα και εύκολα στην καλλιέργεια. Διατηρούν τη ζέστη το χειμώνα και τη δροσιά το καλοκαίρι. Απορροφούν και κρατούν τα νερά σαν σφουγγάρια, τα διαπερνά εύκολα ο ήλιος και ο αέρας και μέσα τους ζουν ένα σωρό σκουλήκια, μικρόζωα και μικρόβια, που μεγαλώνουν τη γονιότητά τους. Είναι τα πιο κατάλληλα εδάφη για καλλιέργεια και με το χώμα τους μπορούμε να

πλουτίσουμε άλλα εδάφη φτωχά (αργιλώδη, αμμώδη και ασβεστολιθικά). Η κοπριά πολλές φορές είναι περιττή και επιζήμια. Στα εδάφη αυτά, όταν τα φυτά (και πιο πολύ το σιτάρι και τα άλλα λεπτόκορμα δημητριακά) μεγαλώνουν πολύ και «πλαγιάζουν», χωρίς να καρποφορούν, τα πλουτίζουμε με φωσφορούχα χημικά λιπάσματα.

- **Σε ανάμεικτα.** Αυτά τα εδάφη έχουν απ' όλα τα κύρια συστατικά (άργιλο, άμμο, ασβέστιο και οργανικές ουσίες) και παίρνουν διάφορες ονομασίες από τα συστατικά που πλεονάζουν σε αυτά, δηλαδή: «αργιλοαμμώδη» ή «αμμοαργιλώδη», «χουμαργιλώδη» ή «αργιλοχουμώδη», «χουμώδη» ή «αμμοχουμώδη» κλπ. Τα περισσότερα εδάφη που καλλιεργούνται στη πατρίδα μας είναι ανάμεικτα.

### 1.5.1 Η οργανική ουσία των εδαφών

Ως οργανική ουσία του εδάφους ορίζεται το σύνολο των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων και απορριμμάτων όπως ρίζες, βλαστοί, κοπριά ζώων και διάφοροι ζωντανοί και νεκροί μικροοργανισμοί κ.τ.λ. ανεξάρτητα από το στάδιο της αποσύνθεσης. Το ποσοστό της οργανικής ουσίας των εδαφών παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζονται από την ισορροπία μεταξύ του ρυθμού σχηματισμού της οργανικής ουσίας και την απώλειά της από το έδαφος. Ο σχηματισμός της οργανικής ουσίας εξαρτάται από τον ρυθμό εισροής και συσσώματωσης φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων. Από την άλλη πλευρά, η απώλεια της οφείλεται στην οξειδωσή της και την διάβρωση του εδάφους. Οι παράγοντες που επιδρούν στη συσσώρευση της οργανικής ουσίας κατά σειρά σπουδαιότητας είναι οι εξής: κλίμα, βλάστηση, τοπογραφικό ανάγλυφο περιοχής, μητρικό υλικό και χρόνος. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και ο τρόπος διαχείρισης των καλλιεργειών και του εδάφους.

Ο ρόλος της οργανικής ουσίας στο έδαφος είναι πολύπλευρος. Αφενός επηρεάζει άμεσα τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους και τον χαρακτήρα του (βαρύ – ελαφρύ, όξινο – αλκαλικό), αφετέρου παίζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα. Κατά την αποσύνθεση των οργανικών υλικών του εδάφους, με τη βοήθεια των μικροοργανισμών, εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα η οποία προέρχεται



από την αποσύνθεση αυτή είναι τόσο μεγάλη, ώστε από πολλούς θεωρείται η κύρια πηγή αναπλήρωσης των απωλειών της ατμόσφαιρας (φωτοσύνθεση) από αυτό.

Επίσης, η οργανική ουσία αποτελεί την κύρια πηγή εμπλουτισμού του εδάφους με άζωτο, φώσφορο, θείο, δεδομένου ότι το 90% του αζώτου, το 50% του φωσφόρου και το 75% του θείου απαντώνται με τη μορφή οργανικών ενώσεων καθώς και πολλών άλλων στοιχείων κυρίως μικροθρεπτικών. Η οργανική ουσία είναι η πλέον ιδανική πηγή, των θρεπτικών αυτών στοιχείων, με την επιθυμητή μορφή απελευθέρωσής τους, διότι κατά την διαδικασία αποδόμησής της με την επίδραση των μικροοργανισμών εμπλουτίζει το έδαφος σταδιακά με αυτά χωρίς να υπάρχουν απώλειες λόγω στραγγίσεως.

Ο ρυθμός αποδόμησης των οργανικών υλικών επηρεάζεται άμεσα από το pH του εδάφους, το οξυγόνο, την υγρασία και την θερμοκρασία. Κύριος όμως παράγοντας είναι ο λόγος άνθρακα προς άζωτο (C/N) των υλικών αυτών. Ο άνθρακας αποτελεί το ενεργειακό υπόστρωμα για τους μικροοργανισμούς, ενώ το άζωτο αποτελεί το βασικό συστατικό των πρωτεϊνών τους. Η ευνοϊκότερη μικροβιακή δράση, που συνεπάγεται την αποδόμηση της οργανικής ουσίας, λαμβάνει χώρα όταν ο λόγος C/N κυμαίνεται από 25/1 – 30/1. Στην περίπτωση που η τιμή του πηλίκου C/N ξεπερνάει αυτά τα όρια στα οργανικά υπολείμματα τότε συνεπάγεται επιβράδυνση της διάσπασης των υλικών αυτών π.χ. τα υπολείμματα των σιτηρών στα οποία η σχέση C/N είναι περίπου 80/1. Αργά ή γρήγορα, η οργανική ουσία του εδάφους διασπάται με την βοήθεια των μικροοργανισμών και ο λόγος C/N τείνει να σταθεροποιηθεί σε μια τιμή ισορροπίας, που για τις Ελληνικές συνθήκες κυμαίνεται μεταξύ 8 – 15/1. Το τελικό προϊόν της διάσπασης της οργανικής ουσίας είναι ο χούμος, ένα προϊόν άμορφο, χωρίς κυτταρική δομή που να μπορεί κανείς να χαρακτηρίσει τον οργανισμό από τον οποίο προήλθε.

Εδάφη στα οποία το ποσοστό της οργανικής ουσίας είναι μικρότερο από 1% χαρακτηρίζεται ως χαμηλό, μεταξύ 1% και 2% ως μέτρια χαμηλό, μεταξύ 2% και 4% χαρακτηρίζεται ως μέτριο, μεταξύ 4% και 8% ως υψηλό και τέλος μεταξύ 8% και 16% ως πολύ υψηλό. Τα Ελληνικά καλλιεργούμενα εδάφη περιέχουν οργανική ουσία σε ποσοστό 1% έως 2,5%, γεγονός που τα καθιστά εδάφη φτωχά σε οργανική ουσία.

# Κεφάλαιο 2

## 2 Η σημασία του εδάφους στην ανάπτυξη των φυτών

### 2.1 Τα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών

Τα φυτά είτε μεγαλώνουν στο χωράφι είτε μεγαλώνουν σε γλάστρες, χρησιμοποιούν ανόργανα ορυκτά για τη διατροφή τους. Για τη δημιουργία των ανόργανων ορυκτών στο χώμα συμβάλουν σύνθετες διαδικασίες που περιλαμβάνουν τη φυσική φθορά των πετρωμάτων, την αποσύνθεση οργανικής ύλης, ζώα και οργανισμούς και μικροβιακή δραστηριότητα. Οι ρίζες απορροφούν τα θρεπτικά ανόργανα συστατικά ως ιόντα διαλυμένα στο νερό. Πολλοί είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών από τα φυτά. Τα ιόντα μπορεί να είναι άμεσα διαθέσιμα στις ρίζες των φυτών, ή μπορεί να είναι προσδεδεμένα σε άλλα στοιχεία, ή στο ίδιο το έδαφος. Έδαφος με υψηλό pH (αλκαλικό) ή με χαμηλό pH (όξινο) έχει ως αποτέλεσμα τα ανόργανα ορυκτά θρεπτικά συστατικά να μην είναι διαθέσιμα στα φυτά.

#### 2.1.1 Μακροστοιχεία

- **Άζωτο**

Το άζωτο είναι κύριο συστατικό των πρωτεϊνών, των ορμονών, της χλωροφύλλης, των βιταμινών, των ενζύμων που είναι απαραίτητα για τη ζωή των φυτών. Ο μεταβολισμός του αζώτου είναι ουσιαστικός για την ανάπτυξη των μίσχων και των φύλλων (ανάπτυξη λαχανικών). Το υπερβολικό άζωτο μπορεί να καθυστερήσει την ανάπτυξη των ανθών και των καρπών. Η έλλειψη του αζώτου μπορεί να μειώσει την παραγωγή, να οδηγήσει σε κιτρίνισμα των φύλλων και να καθυστερήσει την ανάπτυξη.

- **Φώσφορος**

Ο φώσφορος είναι απαραίτητος για τη βλάστηση των σπόρων, τη φωτοσύνθεση, τη δημιουργία πρωτεϊνών και σχεδόν σε ότι έχει να κάνει με την ανάπτυξη και το μεταβολισμό των φυτών. Ο φώσφορος είναι απαραίτητος για τη δημιουργία των ανθών και των φρούτων. Οι χαμηλές τιμές pH στο έδαφος (<4), έχουν ως αποτέλεσμα ο

φώσφορος να εγκλωβίζεται στα οργανικά στοιχεία του εδάφους. Τα συμπτώματα της έλλειψης φωσφόρου είναι μοβ χρώμα στους μίσχους και τα φύλλα, καθυστερημένη ωριμότητα και ανάπτυξη. Οι σοδειές των φρούτων και των λουλουδιών είναι μικρές. Πρόωρη πτώση των φρούτων και των λουλουδιών. Ο φώσφορος θα πρέπει να εφαρμόζεται κοντά στις ρίζες των φυτών ώστε να μπορέσει το φυτό να τον αξιοποιήσει. Μεγάλες ποσότητες φωσφόρου χωρίς επαρκή επίπεδα ψευδαργύρου, μπορούν να οδηγήσουν σε έλλειψη ψευδαργύρου.

- **Κάλιο**

Το κάλιο είναι απαραίτητο για το σχηματισμό σακχάρων, αμύλων, υδατανθράκων, σύνθεση πρωτεϊνών και κυτταρική διαίρεση στις ρίζες και σε άλλα μέρη του φυτού. Βοηθά στην προσαρμογή της ισορροπίας του νερού, βελτιώνει την ακαμψία των μίσχων και την ανθεκτικότητα στο κρύο, βελτιωμένη γεύση και χρώμα στα φρούτα και τα λαχανικά, αυξάνει την περιεκτικότητα σε έλαια στα φρούτα και είναι σημαντικό για τα λαχανικά στα οποία τρώμε τα φύλλα. Η έλλειψη καλίου έχει ως αποτέλεσμα χαμηλή παραγωγή, κυρτωμένα φύλλα με στίγματα, ή φύλλα με όψη καμένου.

- **Θείο**

Το θείο είναι δομικό συστατικό των αμινοξέων, των πρωτεϊνών, των βιταμινών και των ενζύμων και είναι απαραίτητο για την παραγωγή χλωροφύλλης. Επηρεάζει τη γεύση σε πολλά λαχανικά. Η έλλειψη θείου γίνεται ορατή στα φύλλα που αποκτούν ανοικτό πράσινο χρώμα. Το θείο χάνεται από το έδαφος με την έκπλυση και θα πρέπει να προστίθεται με τη χρήση βελτιωτικών. Δεν αποκλείεται και το νερό που χρησιμοποιείται για το πότισμα να περιέχει θείο και να αναπληρώνει αυτό που χάνεται από το έδαφος με την έκπλυση.

- **Μαγνήσιο**

Το μαγνήσιο είναι κρίσιμο δομικό συστατικό του μορίου της χλωροφύλλης και είναι απαραίτητο για τη λειτουργία των ενζύμων του φυτού ώστε να παράγουν υδατάνθρακες, σάκχαρα και λίπη. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία των φρούτων και των ξηρών καρπών. Είναι ουσιώδες για τη βλάστηση των σπόρων. Τα φυτά που πάσχουν από έλλειψη μαγνησίου εμφανίζονται χλωρωτικά, εμφανίζουν κιτρινίσματα ανάμεσα στις φλέβες των παλαιότερων φύλλων και μπορεί να πέφτουν και τα φύλλα τους. Το

μαγνήσιο εκπλύνεται με το πότισμα και θα πρέπει να προστίθεται με βελτιωτικά. Μπορεί να εφαρμοστεί και με τη μορφή σπρέι απευθείας στα φύλλα.

- **Ασβέστιο**

Το ασβέστιο ενεργοποιεί τα ένζυμα, είναι δομικό στοιχείο της κυτταρικής μεμβράνης, επηρεάζει την κίνηση του νερού στα κύτταρα και είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των κυττάρων και τη διαίρεσή τους. Κάποια φυτά πρέπει να έχουν ασβέστιο για να απορροφήσουν άζωτο και άλλα ορυκτά. Το ασβέστιο εκπλύνεται εύκολα κατά το πότισμα. Το ασβέστιο, από τη στιγμή που θα αποτεθεί στον ιστό των φυτών δεν μετακινείται, άρα θα πρέπει να υπάρχει συνεχής τροφοδοσία με ασβέστιο ώστε να υπάρχει ανάπτυξη. Η έλλειψη ασβεστίου οδηγεί σε διακοπή της ανάπτυξης των μίσχων, των λουλουδιών και των ριζών. Ανάμεσα στα συμπτώματα της έλλειψης ασβεστίου είναι η μειωμένη ανάπτυξη, μαύρες κηλίδες στα φύλλα και τα φρούτα. Μπορεί επίσης να εμφανιστεί και κιτρίνισμα των άκρων των φύλλων.

### 2.1.2 Μικροστοιχεία

- **Μαγγάνιο**

Το μαγγάνιο εμπλέκεται στη δραστηριότητα των ενζύμων για τη φωτοσύνθεση, την αναπνοή και το μεταβολισμό του αζώτου. Η έλλειψη μαγγανίου μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση στα νεαρά φύλλα ενός δικτύου από πράσινες φλέβες σε ανοικτό πράσινο υπόβαθρο. Το σύμπτωμα αυτό είναι παρόμοιο με την έλλειψη σιδήρου. Σε προχωρημένα στάδια έλλειψης μαγγανίου, τα ανοιχτόχρωμα μέρη του φυτού γίνονται λευκά και τα φύλλα πέφτουν. Μπορεί να εμφανιστούν καφέ, μαύρες ή γκριζες κηλίδες δίπλα στις φλέβες. Σε ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη, τα φυτά συχνά εμφανίζουν συμπτώματα έλλειψης μαγγανίου. Σε όξινα εδάφη, το μαγγάνιο μπορεί να υπάρχει σε τέτοια περιεκτικότητα που καθίσταται τοξικό για τα φυτά.

- **Βόριο**

Το βόριο είναι απαραίτητο για το σχηματισμό της κυτταρικής μεμβράνης, την ακεραιότητα της μεμβράνης, την απορρόφηση ασβεστίου και μπορεί να βοηθήσει στην κυκλοφορία των σακχάρων. Το βόριο επηρεάζει τουλάχιστον 16 λειτουργίες στα φυτά. Αυτές οι λειτουργίες περιλαμβάνουν την άνθιση, τη βλάστηση της γύρης, την παραγωγή

φρούτων, τη διαίρεση των κυττάρων, τη κίνηση των ορμονών και τη κυκλοφορία του νερού. Το βόριο πρέπει να είναι διαθέσιμο καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού. Δε μετατοπίζεται και εκπλύνεται εύκολα από τα εδάφη. Η έλλειψη βορίου σκοτώνει τους τερματικούς οφθαλμούς. Τα φύλλα είναι παχιά, κυρτά και εύθραυστα. Τα φρούτα, οι κόνδυλοι και οι ρίζες χάνουν το χρώμα τους, εμφανίζουν ρωγμές και είναι διάστικτα με καφέ κηλίδες([www.kalliergo.gr](http://www.kalliergo.gr)).

- **Ψευδάργυρος**

Ο ψευδάργυρος είναι ένα συστατικό των ενζύμων ή λειτουργικός συμπαράγοντας ενός μεγάλου αριθμού ενζύμων συμπεριλαμβανομένων των αυξινών (φυτικές αυξητικές ορμόνες). Ο ψευδάργυρος είναι σημαντικός για το μεταβολισμό των υδατανθράκων, τη σύνθεση των πρωτεϊνών και τη μεσογονάτια επιμήκυνση (ανάπτυξη μίσχων). Τα φυτά που πάσχουν από έλλειψη ψευδαργύρου έχουν διάστικτα φύλλα με ανομοιόμορφα χλωρωτικές περιοχές. Η έλλειψη ψευδαργύρου, οδηγεί σε έλλειψη σιδήρου οπότε τα φυτά παρουσιάζουν και τα συμπτώματα της έλλειψης σιδήρου. Η έλλειψη ψευδαργύρου εμφανίζεται σε διαβρωμένα εδάφη και είναι λιγότερο διαθέσιμος σε τιμές pH από 5,5 έως 7,0. Το χαμήλωμα του pH κάνει περισσότερο διαθέσιμο τον ψευδάργυρο, σε βαθμό που μπορεί να καταστεί τοξικός για το φυτό.

- **Χαλκός**

Ο χαλκός συγκεντρώνεται στις ρίζες των φυτών και παίζει ρόλο στο μεταβολισμό του αζώτου. Είναι συστατικό διαφόρων ενζύμων και μπορεί να είναι μέρος των συστημάτων των ενζύμων που χρησιμοποιούν υδατάνθρακες και πρωτεΐνες. Η έλλειψη χαλκού έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο των νέων άκρων και την ανάπτυξη καφέ κηλίδων στα τερματικά φύλλα. Ο χαλκός δεσμεύεται έντονα στην οργανική ύλη και μπορεί να υπάρχει έλλειψη ακόμη και σε εδάφη με πολλά οργανικά στοιχεία. Δύσκολα χάνεται από το έδαφος, αλλά συχνά μπορεί απλά να μην είναι διαθέσιμος. Ο χαλκός σε μεγάλες αναλογίες, μπορεί να αποβεί τοξικός.

- **Μολυβδαίνιο**

Το μολυβδαίνιο είναι δομικό συστατικό των ενζύμων που μειώνουν τα νιτρικά σε αμμωνία. Χωρίς το μολυβδαίνιο, μπλοκάρεται η σύνθεση των πρωτεϊνών και σταματά η ανάπτυξη των φυτών. Τα βακτήρια του κόνδυλου της ρίζας (αζωτοβακτήρια – βακτήρια που δεσμεύουν το άζωτο) χρειάζονται επίσης το μολυβδαίνιο. Εάν υπάρχει έλλειψη

μολυβδαινίου μπορεί η σπόροι να μην αναπτυχθούν πλήρως και μπορεί να εμφανιστεί έλλειψη αζώτου. Συμπτώματα της έλλειψης μολυβδαινίου είναι τα χλωμά φύλλα με άκρα που στρέφουν προς τα μέσα ([www.kalliergo.gr](http://www.kalliergo.gr)).

- **Χλώριο**

Το χλώριο εμπλέκεται στην όσμωση (η κίνηση νερού ή διαλυτών ουσιών στα κύτταρα), την ιονική ισορροπία που είναι απαραίτητη στα φυτά για να πάρουν θρεπτικά ορυκτά στοιχεία και στη φωτοσύνθεση. Τα συμπτώματα της έλλειψης χλωρίου περιλαμβάνουν μαρασμό, κοντόχοντρες ρίζες, χλώρωση και μπρουτζίνωμα. Οι οσμές σε κάποια φυτά μπορεί να μειωθούν. Το χλωρίδιο, η ιοντική μορφή του χλωρίου που χρησιμοποιείται από τα φυτά βρίσκεται συνήθως σε διαλυτές μορφές και χάνεται με την έκπλυση. Αν τα επίπεδα του χλωρίου είναι υψηλά, κάποια φυτά μπορεί να εμφανίζουν σημάδια τοξικότητας.

- **Νικέλιο**

Το νικέλιο κέρδισε πρόσφατα τον χαρακτηρισμό ως ουσιώδες στοιχείο για τα φυτά, σύμφωνα με το Agricultural Research Service Plant, Soil and Nutrition Laboratory στην Ιθάκη της Νέας Υόρκης ([www.ars.usda.gov](http://www.ars.usda.gov)). Χρειάζεται ώστε το ένζυμο ουρεάση να διασπάσει την ουρία και να απελευθερώσει το άζωτο σε μία αξιοποιήσιμη μορφή για τα φυτά. Το νικέλιο χρειάζεται και για την απορρόφηση του σιδήρου. Οι σπόροι χρειάζονται το νικέλιο για να βλαστήσουν. Τα φυτά που μεγαλώνουν χωρίς επιπλέον νικέλιο, θα εμφανίζουν συμπτώματα έλλειψης όταν φτάσουν στο στάδιο της ωρίμανσης και της παραγωγής καρπών. Εάν υπάρχει έλλειψη νικελίου, τα φυτά δε θα παράγουν σπόρους που είναι βιώσιμοι.

- **Νάτριο**

Το νάτριο εμπλέκεται στην οσμωτική (κίνηση υγρών) και ιονική ισορροπία στα φυτά.

- **Κοβάλτιο**

Το κοβάλτιο χρειάζεται στη δέσμευση του αζώτου στα ψυχανθή και στα οξίδια των ριζών των μη ψυχανθών φυτών. Η ανάγκη για κοβάλτιο είναι μεγαλύτερη για τη δέσμευση του αζώτου από ότι για τη θρέψη με αμμόνιο. Η έλλειψη κοβαλτίου οδηγεί σε έλλειψη νατρίου και εμφανίζει τα συμπτώματα της έλλειψης νατρίου.

- **Πυρίτιο**

Το πυρίτιο βρίσκεται ως συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών. Τα φυτά που έχουν πρόσβαση σε διαλύσιμο πυρίτιο, παράγουν δυνατότερες και ανθεκτικότερες κυτταρικές μεμβράνες, με αποτέλεσμα να δημιουργούν μία φυσική ασπίδα στα είναι πιο ανθεκτικά στα μυζητικά έντομα. Επίσης αυξάνει η ανθεκτικότητα του φυτού στη ζέστη και τη ξηρασία. Ο ψεκασμός των φύλλων με πυρίτιο, αποδείχτηκε επίσης ωφέλιμος καθώς μείωσε τον πληθυσμό των αφίδων. Δοκιμές επίσης έδειξαν ότι το πυρίτιο εναποτίθεται από τα φυτά στα σημεία μίας μόλυνσης από μύκητα ώστε να πολεμήσει την διείσδυση των κυτταρικών μεμβρανών από τον επιτιθέμενο μύκητα. Θετικά αποτελέσματα του πυριτίου στα φυτά είναι η ενδυνάμωση των μίσχων και η πρόληψη ή καταστολή της τοξικότητας από σίδηρο ή μαγγάνιο. Το πυρίτιο, δε χαρακτηρίζεται ως ουσιώδες στοιχείο για τα φυτά, αλλά μπορεί να είναι επωφελές σε πολλά από αυτά ([www.kalliergo.gr](http://www.kalliergo.gr)).

- **Σίδηρος**

Ο σίδηρος είναι απαραίτητος για πολλές από τις λειτουργίες των ενζύμων και δρα ως καταλύτης για τη σύνθεση της χλωροφύλλης. Είναι ένα από τα κύρια μέταλλα μεταφοράς ηλεκτρονίων. Είναι ουσιώδης για τα νεαρά αναπτυσσόμενα μέρη των φυτών. Συμπτώματα της έλλειψης σιδήρου είναι παρόμοια με εκείνα της έλλειψης μαγνησίου, επειδή και τα δύο στοιχεία συμμετέχουν στην παραγωγή χλωροφύλλης. Όμως, επειδή ο σίδηρος δεν είναι ευκίνητος, τα συμπτώματα της έλλειψης σιδήρου εμφανίζονται πρώτα στα νέα φύλλα που στη συνέχεια κιτρινίζουν. Η έλλειψη σιδήρου περιγράφεται ως μεσονεύρια χλώρωση, και καθώς αυξάνει η σοβαρότητα της έλλειψης, η χλώρωση απλώνεται στα παλαιότερα φύλλα, τα οποία γίνονται άσπρα. Αποτέλεσμα της έλλειψης αυτής στα φυτά είναι η συσώρευση αμινοξέων και νιτρικών. Υπάρχουν φυτά τα οποία, μπορούν να επηρεάσουν την διαθεσιμότητα και την πρόληψη του σιδήρου, δηλαδή έχουν την ικανότητα να οξυνίζουν τη ριζόσφαιρα ή και να απελευθερώνουν συμπλεκτικές ενώσεις. Ο σίδηρος εκπλύνεται από το έδαφος με το πότισμα και συγκρατείται στα κατώτερα στρώματα του εδάφους. Αν το pH του εδάφους είναι υψηλό (αλκαλικό έδαφος), τότε ο σίδηρος δε μπορεί να απορροφηθεί από τα φυτά. Στα αλκαλικά εδάφη μπορεί να υπάρχει πληθώρα σιδήρου, αλλά αυτός να μην είναι απορροφήσιμος από τα φυτά. Η εφαρμογή ενός όξινου βελτιωτικού υγρού που περιέχει χηλικό σίδηρο μπορεί να διορθώσει το πρόβλημα.

# Κεφάλαιο 3

## 3 Ορυκτα και πετρώματα

### 3.1 Φυσικές ιδιότητες ορυκτών

**Ορυκτό** ονομάζεται κάθε χημικό στοιχείο ή ανόργανη ένωση φυσικής προέλευσης, που βρίσκεται στο έδαφος ή στο υπέδαφος ή, υπό μορφή διαλύματος, στο νερό, αποτελώντας συστατικό των πετρωμάτων, από τα οποία αποτελείται ο στερεός φλοιός της Γης.

1. **Ο μαγνητισμός** είναι το φαινόμενο που εμφανίζουν ορισμένα ορυκτά όπως ο μαγνητίτης και ο ιλμενίτης, τα οποία είναι φυσικοί μαγνήτες.
2. **Η ραδιενέργεια** εμφανίζεται στα ορυκτά που περιέχουν ουράνιο, θόριο ή άλλα ραδιενεργά στοιχεία.
3. **Η διαλυτότητα στο νερό** που παρατηρείται στον αλίτη καθώς και σε μερικά άλλα ορυκτά που χαρακτηρίζονται ακόμα και από την γεύση τους.
4. **Ο φθορισμός**, ιδιότητα που έχουν ορισμένα ορυκτά να επανεκπέμπουν την ακτινοβολία που δέχονται, σε άλλο, όμως, μήκος κύματος.
5. **Ο πλεοχρωισμός** είναι η ιδιότητα των κρυστάλλων ενός ορυκτού να εμφανίζουν διαφορετικό χρώμα όταν, φωτιζόμενοι με γραμμικά πολωμένο λευκό φως, κάθετα ή παράλληλα με τους οπτικούς τους άξονες (πρέπει να διαθέτουν τουλάχιστον δύο οπτικούς άξονες για να εμφανιστεί πλεοχρωισμός), εμφανίζουν περισσότερες από δύο αποχρώσεις. Ο πλεοχρωισμός δεν εμφανίζεται σε όλα τα ορυκτά, ιδιαίτερα απουσιάζει σε όσα έχουν ισχυρή συμμετρία και εμφανίζουν μονάξονες κρυστάλλους, απουσιάζει, όμως, και από ορισμένα ορυκτά με διάξονες κρυστάλλους, όπως ο ημιμορφίτης.
6. **Ο χρωματισμός φλόγας** αποτελεί και έναν από τους τρόπους αναγνώρισης των ορυκτών και στηρίζεται στην αντίστοιχη χαρακτηριστική ιδιότητα που εμφανίζουν τα στοιχεία (πυροχημική ανίχνευση): Όταν ένα ορυκτό τεθεί σε φλόγα φωταερίου, την χρωματίζει με χαρακτηριστικό χρώμα. Έτσι, τα ορυκτά του νατρίου χρωματίζουν την



φλόγα κίτρινη (όπως συμβαίνει για όλες τις ενώσεις του νατρίου), του χαλκού πράσινη κτλ.

7. **Η διαφάνεια** αποτελεί, επίσης, ένα χαρακτηριστικό των ορυκτών. Υπάρχουν ορυκτά ολοσχερώς διαφανή, ημιδιαφανή και αδιαφανή, αλλά δεν είναι σπάνιο το ίδιο ορυκτό να εμφανίζει και τις τρεις καταστάσεις διαφάνειας, όπως, π.χ., ο ασβεστίτης.

### 3.2 Ταξινόμηση ορυκτών

Τα ορυκτά ταξινομούνται με βάση τη χημική τους σύσταση, κυρίως αυτή των ανιόντων. Αυτό έγινε επειδή συνήθως τα ορυκτά συνίστανται από ένα μόνο ανιόν, ενώ είναι πολύ συνηθισμένο να συμμετέχουν πολλά διαφορετικά κατιόντα.

- **Αυτοφυή στοιχεία**

Είναι τα στοιχεία με σχετικά μικρή δραστικότητα που απαντούν ελεύθερα στη Φύση. Τέτοια είναι τα μέταλλα χρυσός, ο άργυρος, ο χαλκός, ο λευκόχρυσος (και τα μέταλλα της ομάδας του) και ορισμένα αμέταλλα, όπως ο άνθρακας και το θείο.

- **Θειούχα**

Ως κύριο ανιόν συναντάται το θείο, όπως στο σιδηροπυρίτη ( $\text{FeS}_2$ ), στο σφαλερίτη ( $\text{ZnS}$ ), στο γαληνίτη ( $\text{PbS}$ ) κτλ. Στην ομάδα θειούχων περιλαμβάνονται και τα ορυκτά που ως ανιόν έχουν τα στοιχεία αρσενικό, σελήνιο και τελλούριο.

- **Αλογονούχα**

Αναφέρονται και ως "αλογονίδια". Είναι τα ορυκτά που ως βασικό ανιόν έχουν κάποιο από τα αλογόνα (φθόριο, χλώριο, βρώμιο, ιώδιο). Συνήθως είναι ετεροπολικές ενώσεις και ως κατιόν περιέχουν ελαφρά μέταλλα (νάτριο, κάλιο, ασβέστιο κτλ. Παραδείγματα είναι ο αλίτης ( $\text{NaCl}$ ), ο φθορίτης ( $\text{CaF}_2$ ) κτλ.

- **Οξείδια**

Ως ανιόν περιέχουν "στοιχειακό" οξυγόνο (όχι ενωμένο υπό μορφή ρίζας). Παραδείγματα είναι ο αιματίτης ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ο ιλμενίτης ( $\text{FeTiO}_3$ ) κτλ.

- **Υδροξείδια**

Ως κύριο ανιόν περιέχουν τη ρίζα του υδροξυλίου. Παραδείγματα είναι ο μπρουσίτης ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ), ο γιββσίτης ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) κτλ.

- **Ανθρακικά**

Ως κύριο ανιόν περιέχουν την ανθρακική ρίζα  $\text{CO}_3^{-2}$ . Γνωστότερα ορυκτά αυτής της ομάδας είναι ο ασβεστίτης ( $\text{CaCO}_3$ ) και ο δολομίτης ( $\text{MgCO}_3$ ). Λόγω ομοιότητας στη δομή των ριζών, στην ομάδα αυτή κατατάσσονται και τα ορυκτά με ανιόν τη νιτρική ρίζα ( $\text{NO}_3^-$ ) (νιτρικά).

- **Θειικά**

Τα ορυκτά αυτά έχουν ως κύριο ανιόν τη θειική ρίζα  $\text{SO}_4^{-2}$ . Χαρακτηριστικό ορυκτό αυτής της ομάδας η γύψος ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Λόγω ομοιότητας δομής σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται και τα βολφραμικά, που περιέχουν τη ρίζα  $\text{WO}_4^{-2}$ .

- **Φωσφορικά**

Περιέχουν την - τετραεδρικής δομής- φωσφορική ρίζα  $\text{PO}_4^{-3}$ . Γνωστότερο ορυκτό αυτής της ομάδας είναι ο απατίτης. Λόγω ομοιότητας δομής των αντίστοιχων ριζών στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται τα αρσενικά ( $\text{AsO}_4^{-3}$ ) και βαναδινικά ( $\text{VO}_4^{-3}$ ).

- **Βορικά**

Περιέχουν ως ανιόντα είτε την - επίπεδης τριγωνικής δομής - ρίζα  $\text{BO}_3^{-3}$  ή την - τετραεδρικής δομής - ρίζα  $\text{BO}_4^{-5}$ . Χαρακτηριστικότερο ορυκτό είναι ο βόρακας.

- **Πυριτικά**

Ίσως η πολυπληθέστερη ομάδα ορυκτών. Περιέχουν την τετραεδρικής δομής ρίζα  $\text{SiO}_4^{-2}$ , η οποία μπορεί να σχηματίσει πολλαπλά συνδεδεμένα μεταξύ τους τετράεδρα με μια μορφή πολυμερισμού. Ανάλογα με τον τρόπο διάταξης των πολλαπλών ριζών, τα πυριτικά ορυκτά διακρίνονται στις εξής υποομάδες:

- Φυλλοπυριτικά
- Νησοπυριτικά (απλά τετράεδρα)
- Ινοπυριτικά (διπλή και απλή αλυσίδα τετραέδρων)
- Κυκλοπυριτικά (δακτύλιοι τετραέδρων)
- Σωροπυριτικά (διπλά τετράεδρα)
- Τηκτοπυριτικά (πλαίσια τετραέδρων) (Αθανάσιος Κατερινόπουλος, Ανδρέας Μαγκανάς Συστηματική Ορυκτολογία, 2003)

### 3.3 Κατηγορίες πετρωμάτων

Πετρώματα χαρακτηρίζονται οι δομικές μονάδες του στερεού φλοιού της Γης. Ένα πέτρωμα μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από ένα συσσωμάτωμα ενός ή περισσότερων ορυκτών.

Αν και τα περισσότερα πετρώματα αποτελούνται από περισσότερα του ενός ορυκτά, κάποια ορυκτά εμφανίζονται πολλές φορές από μόνα τους σε μεγάλες ποσότητες. Σ' αυτές τις περιπτώσεις θεωρούνται τόσο ως ορυκτά όσο και ως πετρώματα. Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους τα πετρώματα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Πυριγενή ή μαγματογενή
- Ιζηματογενή
- Μεταμορφωμένα ή κρυσταλλοσχιστώδη

Τα πετρώματα στη λιθόσφαιρα και στην επιφάνεια της γης δεν παραμένουν στατικά αλλά μεταβάλλονται συνεχώς.

- Όλα τα πετρώματα διαβρώνονται και σχηματίζουν ιζήματα, τα οποία όταν συμπαγοποιούνται μετατρέπονται σε ιζηματογενή πετρώματα.
- Με την έκθεση σε αυξημένες πιέσεις και θερμοκρασίες, στα υπάρχοντα πετρώματα δημιουργούνται νέα ορυκτά ή ανακρυσταλλώνονται τα παλιά και σχηματίζονται τα μεταμορφωμένα πετρώματα.
- Τα μεταμορφωμένα πετρώματα του ηπειρωτικού φλοιού ή τα πετρώματα του μανδύα μπορεί να καταστούν τόσο θερμά ώστε να τακούν μερικώς και να σχηματίσουν μάγμα, το οποίο τελικά στερεοποιείται δημιουργώντας τα πυριγενή πετρώματα.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου το υλικό της λιθόσφαιρας ανακυκλώνεται διαρκώς ώστε να παράγονται νέα πετρώματα από τα ήδη υπάρχοντα. Το φαινόμενο αυτό περιγράφεται σχηματικά με το λεγόμενο κύκλο των πετρωμάτων ([www.pangea.gr](http://www.pangea.gr)).

Ο γεωχημικός κύκλος είναι ένας ανοικτός κύκλος που αντιπροσωπεύει τις εισροές και απώλειες των θρεπτικών στοιχείων σε ένα οικοσύστημα. Η εισροή θρεπτικών στοιχείων στο οικοσύστημα γίνεται κυρίως με την αποσάθρωση του μητρικού πετρώματος, τη βιολογική δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου και τα

κατακρημνίσματα. Η απώλεια θρεπτικών στοιχείων από το οικοσύστημα γίνεται με την διάβρωση του εδάφους, με την έκπλυση από το νερό που ρέει επιφανειακά ή υπόγεια, με την απομάκρυνση βιομάζας από το οικοσύστημα και με την απώλεια προς την ατμόσφαιρα με αέρια μορφή (Duvigneaud και Denaeyer-DeSmet 1973). Ο γεωχημικός κύκλος λαμβάνει χώρα με φυσικά φαινόμενα, αλλά ανθρώπινες ενέργειες μπορούν να τον επηρεάσουν και να μεταβάλλουν κάποια στάδια της κυκλοφορίας των θρεπτικών στοιχείων (Trudinger 1979).

Η αποσάθρωση των πετρωμάτων είναι η κύρια πηγή των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων σε ένα οικοσύστημα. Παρ' όλο που οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που προέρχονται από την αποσάθρωση υπολογίζονται δύσκολά. Εκτιμάται ότι το 80-100% από τις εισροές K, P, Ca, Mg, και Fe προέρχονται από αυτή την πηγή. Αντίθετα η κύρια πηγή των N, S, και Cl είναι η ατμόσφαιρα (Likens 1977, Larcher 1980, Waring και Schlesinger 1985, Παπαμίχος 1990, Τσιόντσης 1991).

Όταν σκεφτόμαστε την αποσάθρωση σαν μια πηγή θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών, η πιο ενδιαφέρουσα φάση της είναι η χημική αποσάθρωση κατά την οποία απελευθερώνονται συνεχώς ιόντα στο εδαφικό διάλυμα. Οι ρυθμοί της χημικής αποσάθρωσης και της απελευθέρωσης των θρεπτικών στοιχείων εξαρτώνται κυρίως από την ορυκτολογική σύσταση του πετρώματος, το κλίμα και τη βλάστηση και επηρεάζουν την γονιμότητα και παραγωγικότητα ενός τόπου (DeBano και Dunn 1982). Η χημική αποσάθρωση είναι ταχύτερη στα θερμά και υγρά κλίματα από ότι στα ψυχρά..

# Κεφάλαιο 4

## 4.1 Μαγνητικές ιδιότητες εδαφών

Στη φυσική, με τον όρο **μαγνητισμός** χαρακτηρίζεται το φαινόμενο στο οποίο κάποια υλικά, λεγόμενα μαγνήτες, ασκούν ελκτικές ή απωστικές δυνάμεις σε άλλα υλικά, οφειλόμενες στην κίνηση ηλεκτρικών φορτίων, καθώς και το σύνολο των φαινομένων που παράγονται από την ιδιότητα αυτή, τα οποία και εξετάζονται από ιδιαίτερο τμήμα της φυσικής που λέγεται ομοίως Μαγνητισμός.

Κάποια γνωστά υλικά που παρουσιάζουν εύκολα ανιχνεύσιμες μαγνητικές ιδιότητες είναι

- το νικέλιο,
- ο σίδηρος,
- μερικά είδη ατσαλιού και
- το ορυκτό μαγνητίτης.

Οι μαγνητικές ιδιότητες των ορυκτών έχουν μεγάλη σημασία αφενός για την μακροσκοπική τους αναγνώριση και αφετέρου για τον διαχωρισμό τους από μείγματα διαμαγνητικών, παραμαγνητικών και παραμαγνητικών ορυκτών. Ο διαχωρισμός τους γίνεται με την βοήθεια ειδικών μαγνητικών συσκευών, που ονομάζονται μαγνητικοί διαχωριστές. Ο διαμαγνητισμός είναι ανεξάρτητος της θερμοκρασίας και χαρακτηρίζει υλικά όπως ο χαλαζίας, ο ασβεστίτης, ο μαρμαρυγίας και το νερό.

**Ως σιδηρομαγνητικά** χαρακτηρίζονται τα υλικά, τα οποία όταν εκτεθούν στην δράση μαγνητικού πεδίου, διατηρούν τμήμα της μαγνήτισής τους ακόμα και όταν αυτό παύσει να υφίσταται. Με θέρμανση πάνω από την θερμοκρασία Curie, την κρίσιμη θερμοκρασία μετατροπής ενός σιδηρομαγνητικού υλικού σε παραμαγνητικό, τα σιδηρομαγνητικά υλικά χάνουν το μόνιμο μαγνητισμό τους και μεταπίπτουν σε παραμαγνητικά. Φυσικά σιδηρομαγνητικά ορυκτά είναι ο μαγνητίτης, ο μαγνητοπυρίτης και ο μαγκεμίτης.

**Παραμαγνητικά** ονομάζονται τα ορυκτά, οι κρύσταλλοι των οποίων περιέχουν ιόντα που χαρακτηρίζονται από παράλληλη ταξινόμηση των ιδιοπεριστροφών (spins) των ηλεκτρονίων τους. Τα μαγνητικά δίπολα των ορυκτών αυτών χαρακτηρίζονται από τυχαία κατανομή, παρουσιάζουν γενικά μικρή επιδεκτικότητα και έλκονται ελαφρά από το μαγνητικό πεδίο. Γνωστά παραμαγνητικά ορυκτά είναι οι πυρόξενοι, ο ολιβίνης και ο βιοτίτης. Γενικά παραμαγνητική συμπεριφορά παρουσιάζουν άτομα, ιόντα ή μόρια, τα οποία εμφανίζονται μόνιμα ως μαγνητικά δίπολα και τα οποία τείνουν να προσανατολιστούν παράλληλα στην διεύθυνση εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου με αποτέλεσμα να προκληθεί μια ασθενής θετική μαγνήτιση. Παρόλα αυτά, μόλις παύσει η δράση του μαγνητικού πεδίου, η μαγνήτιση του παραμαγνητικού υλικού χάνεται.

**Διαμαγνητικά** ονομάζονται τα ορυκτά οι κρύσταλλοι των οποίων περιέχουν στοιχεία, τα ηλεκτρόνια των οποίων χαρακτηρίζονται για την περιστροφή τους γύρω από τον πυρήνα του ατόμου. Παρουσιάζουν μηδενική ή ελάχιστη μαγνητική επιδεκτικότητα.

Η παρουσία των μαγνητικών ορυκτών, η συγκέντρωσή τους και το μέγεθός τους στα ιζήματα των ποτάμιων και λιμναίων ιζημάτων, εξαρτάται από τις συνθήκες απόθεσης των ιζημάτων αλλά και τις μετα-αποθετικές διεργασίες. Το αλλογενές κλάσμα στα ιζήματα έχει ως πηγές τροφοδοσίας την λεκάνη απορροής και τον άνεμο, που μεταφέρουν διάφορα μαγνητικά ορυκτά (οξειδία του σιδήρου: μαγνητίτη ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), μαγκεμίτη ( $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), αιματίτη ( $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) και υδροοξειδία του σιδήρου όπως γκαιτίτη ( $\text{FeOOH}$ )). Επίσης μεταφέρονται παραμαγνητικά (σιδηρούχοι άργιλοι) υλικά και διαμαγνητικά υλικά (Ca/Mg ανθρακικά άλατα, χαλαζία οργανικό υλικό κ.λ.π). Οι μετα-αποθετικές διεργασίες περιλαμβάνουν διάλυση των σιδηρούχων ορυκτών, την παραγωγή σουλφιδίων του σιδήρου (π.χ. γκραιγκίτης-greigite- $\text{Fe}_3\text{S}_4$  και πυρίτης  $\text{FeS}_2$ ), οξειδίων (μαγνητίτης), ανθρακικών αλάτων (σιδηρίτης- $\text{FeCO}_3$ ) και των ένυδρων φωσφορικών ορυκτών (όπως βιβιανίτης-vivianite ( $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )). Τα παραπάνω ορυκτά αποτελούν δείκτες για τις περιβαλλοντικές και κλιματικές μεταβολές στα ηπειρωτικά υδάτινα περιβάλλοντα και ένας από τους τρόπους ανίχνευσης τους αποτελεί και ο θερμομαγνητισμός

Οι πρώτες παλαιομαγνητικές μελέτες πραγματοποιήθηκαν σε πυριγενή πετρώματα (Delesse, 1849, Folgerhaiter, 1894) και σε ψημένες αργίλους (Melloni, 1853) καθώς τα ιζήματα είναι, σχεδόν πάντα, ασθενέστερα μαγνητισμένα από τα πυριγενή πετρώματα. Οι

πρώτες μελέτες ιζηματογενών πετρωμάτων πραγματοποιήθηκαν από τους Graham (1949) στην Αμερική και Khramov (1958) στη Ρωσία. Παρόλα αυτά η εξάπλωση των μαγνητικών μελετών συμπαγών ιζηματογενών πετρωμάτων πραγματοποιήθηκε μετά τη δημιουργία, από τον Blackett (1952), ενός νέου αστατικού μαγνητομέτρου το οποίο ήταν κατάλληλο για τη μέτρηση των ασθενώς μαγνητισμένων ιζημάτων. Οι μελέτες αυτές αποδεικνύουν ότι αυτά τα ιζήματα περιέχουν μία μαγνήτιση την οποία αποκτούν κατά την απόθεσή τους και η οποία είναι δυνατόν να απομονωθεί από τις μεταγενέστερες μαγνητίσεις όπως είναι η ιξώδης, είτε με θερμική είτε με εναλλασσόμενου πεδίου απομαγνήτιση.



# Κεφάλαιο 5

## 5.1 Βαρέα μέταλλα

Με τον όρο **βαρέα μέταλλα** αναφερόμαστε γενικά στα μέταλλα με ατομικό βάρος μεγαλύτερο από εκείνο του Fe ( $AB_{Fe}=56$ ) και πυκνότητα μεγαλύτερη από  $5 \text{ g/cm}^3$ .

Υπάρχουν περίπου 40 στοιχεία (ψευδάργυρος Zn, χαλκός Cu, κάδμιο Cd, υδράργυρος Hg, νικέλιο Ni, μόλυβδος Pb) που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Ενώ πολλά από αυτά τα μέταλλα σε μικρές ποσότητες είναι απαραίτητα για την δράση των βιταμινών και τις διάφορες ζωτικές λειτουργίες. Σε μεγάλες ποσότητες όμως προκαλούν σειρά δυσμενών επιδράσεων στους ζωντανούς οργανισμούς και κατά συνέπεια και στον άνθρωπο.

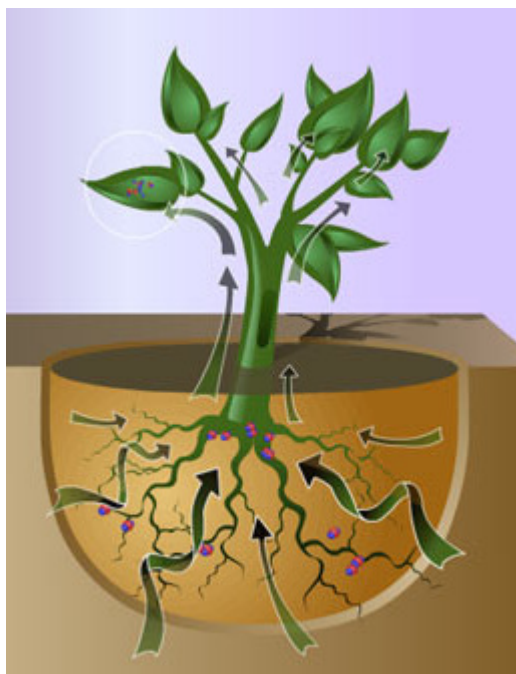
### 5.1.1 Βαρέα μέταλλα και εδάφος

Η κυριότερη πηγή μετάλλων στο περιβάλλον είναι το έδαφος όπου βρίσκονται όλα σχεδόν τα μέταλλα και τα οποία με διάφορους γεωχημικούς κύκλους και ανθρωπογενείς επεμβάσεις ανακατανέμονται στα διάφορα περιβαλλοντικά διαμερίσματα. Η βιομηχανική, τεχνολογική και γεωργική δραστηριότητα αποτελούν σημαντικούς παράγοντες ρύπανσης από μέταλλα, από την απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων, μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις, εμπλουτισμό και παραγωγή μεταλλικών αντικειμένων, χρήση λιπασμάτων, κλπ. Η καύση στερεών καυσίμων είναι μία άλλη πηγή εκπομπής μετάλλων στην ατμόσφαιρα που τελικά εναποτίθενται στο έδαφος και τα νερά. Τα βαρέα μέταλλα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της καύσης ορυκτών καυσίμων και ξύλου καθώς και από βιομηχανικές δραστηριότητες και μέσω της αποτέφρωσης απορριμμάτων. Η εκπομπή βαρέων μετάλλων στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι αποτέλεσμα φυσικών εκπομπών, από μεταλλεύματα του γήινου φλοιού, καθώς και από ηφαίστεια, από διάβρωση και από πυρκαγιές δασών (Γερασιμοπούλου, 2009).

### 5.1.2 Επίδραση βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ανάπτυξη φυτών

#### Ριζόσφαιρα

Η ριζόσφαιρα αποτελεί την περιοχή γύρω από το ριζικό σύστημα των φυτών, στην οποία παρατηρείται έντονη μικροβιακή δραστηριότητα (Walton et al., 1994). Εκτός από τους μικροοργανισμούς (βακτήρια, μύκητες), στην περιοχή της ριζόσφαιρας υπάρχουν πρωτόζωα, νηματώδεις, και έντομα τα οποία συμβάλουν μέσω της μεταβολικής τους δραστηριότητας στις διαδικασίες αποδόμησης που συντελούνται στα οικοσυστήματα.



Γενικά, η ανάπτυξη των μικροοργανισμών στη περιοχή της ριζόσφαιρας οφείλεται στο γεγονός ότι οι φυτικές ρίζες εκκρίνουν διάφορες ουσίες στο έδαφος. Μεταξύ των ουσιών αυτών συγκαταλέγονται σάκχαρα, αμινοξέα, οργανικά οξέα, τα οποία χρησιμοποιούνται από τους μικροοργανισμούς για την ανάπτυξη τους (Brix H., 1997). Τα ριζικά τριχίδια από την αυξανόμενη ρίζα, αποτελούν υποστρώματα για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Ο μικροβιακός πληθυσμός της ριζόσφαιρας διαφέρει από τον αντίστοιχο πληθυσμό που αναπτύσσεται μακριά από αυτήν. Έχει βρεθεί ότι η πυκνότητα και η ποιοτική σύνθεση του μικροβιακού πληθυσμού της ριζόσφαιρας ποικίλει ανάλογα με το είδος του φυτού και τις εδαφικές συνθήκες (Walton et al., 1994), (Shann and Boyl, 1997). Η αυξημένη μικροβιακή

δραστηριότητα στην ριζόσφαιρα είναι ευνοϊκή, στις περισσότερες περιπτώσεις, για την ανόργανη θρέψη του φυτού καθώς και στην προστασία από παρασιτικές ασθένειες, λόγω έντονων ανταγωνιστικών σχέσεων μεταξύ των μικροοργανισμών (Balis, 1992).

### 5.1.3 Φυτά ως υπερσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων

Η Φυτοεξαγωγή (Phytoextraction) είναι η απορρόφηση και μεταφορά βαρέων μετάλλων από το χώμα, μέσω του ριζικού συστήματος στα υπέργεια μέρη των φυτών. Αυτά τα φυτά ονομάζονται υπερσυσσωρευτές (hyperaccumulators) και απορροφούν ασυνήθιστα μεγάλες ποσότητες μετάλλων σε σύγκριση με άλλα φυτά. Ένα ή μια ομάδα από τέτοια φυτά επιλέγονται και φυτεύονται σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Η επιλογή γίνεται ανάλογα με τα είδη των μετάλλων που βρίσκονται στη περιοχή και αρκετών άλλων παραμέτρων της συγκεκριμένης τοποθεσίας. Αφού τα φυτά μεγαλώσουν όσο χρειάζεται, συλλέγονται, αποτεφρώνονται κατά κάποιους ερευνητές “κομποστοποιούνται” ώστε να ανακυκλωθούν τα βαρέα μέταλλα. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται όσες φορές απαιτείται για να μειωθεί η συγκέντρωση των ρύπων που βρίσκονται στο χώμα, σε επιτρεπτά όρια (McCrath, 1998).

Στον πίνακα παρουσιάζεται ο αριθμός των γνωστών μέχρι σήμερα υπερσυσσωρευτών για 7 βαρέα μέταλλα καθώς και οι φυτικές οικογένειες στις οποίες ανήκουν.

#### Αριθμός γνωστών υπερσυσσωρευτών για 7 βαρέα μέταλλα και οι οικογένειες στις οποίες απαντώνται πιο συχνά

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	No	ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ
Κάδμιο (Cd)	1	Brassicaceae
Κοβάλτιο (Co)	26	Lamiaceae, Scrophulariaceae
Χαλκός (Cu)	24	Cyperaceae, Lamniaceae, Poaceae, Scrophulariaceae
Μαγγάνιο (Mn)	11	Apocynaceae, Cunomiaceae, Proteaceae
Νικέλιο (Ni)	290	Brassicaceae, Violaceae, Cunomiaceae, Proteaceae
Σελήνιο (Se)	19	Fabaceae
Θάλιο (Tl)	1	Brassicaceae

Ένα φυτό υπερσυσσωρευτής έχει την ικανότητα απορρόφησης έως και 100 φορές μεγαλύτερη ποσότητα μετάλλου σε σχέση με ένα κοινό φυτό. Έτσι, για παράδειγμα,

ένα φυτό υπερσυσσωρευτής μπορεί να συγκεντρώσει περισσότερο από 1.000mg/kg ή 0,1 τοις εκατό (επί ξηρού βάρους) μετάλλων όπως Co, Cu, Cr, Pb, ή 10.000mg/kg (1%) μετάλλων όπως Zn και Ni. Σχεδόν όλα τα γνωστά φυτά υπερσυσσωρευτές μετάλλων έχουν ανακαλυφθεί σε εδάφη πλούσια σε μέταλλα και είναι ενδημικά σε τέτοια εδάφη, αποδεικνύοντας ότι η υπερσυσσώρευση αποτελεί μία σημαντική οικοφυσιολογική προσαρμογή στην έντονη παρουσία των μετάλλων και μία ένδειξη-εκδήλωση της αντίστασης σε αυτές τις υψηλές συγκεντρώσεις. Ο σχεδιασμός των συστημάτων της φυτοαποκατάστασης ποικίλει ανάλογα με το είδος του ρυπαντή και το επιθυμητό επίπεδο μείωσης της συγκέντρωσής του, τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες και από τα φυτά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν (Cunningham et al, 1996). Τα φυτά για να αναπτυχθούν χρειάζονται τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία (μακρο-μικροστοιχεία) και διαθέτουν ειδικούς μηχανισμούς πρόσληψης, μεταφοράς και αποθήκευσης καθενός από τα στοιχεία αυτά. Τα βαρέα μέταλλα Zn, Mn, Ni και Cu είναι απαραίτητα μικροστοιχεία για τα φυτά. Τα κοινά φυτά προσλαμβάνουν και συσσωρεύουν μικρές ποσότητες αυτών των μικροστοιχείων (< 10ppm), που δεν ξεπερνούν τις μεταβολικές τους ανάγκες.

Οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την ποσότητα των μετάλλων που θα απορροφηθούν από ένα φυτό είναι:

- η ποσότητα του μετάλλου στο εδαφικό διάλυμα
- η μορφή και το είδος του μετάλλου μέσα στο εδαφικό διάλυμα
- η παρουσία ιόντων υδρογόνου ή άλλων ιόντων στο εδαφικό διάλυμα
- οι συνθήκες αερισμού και θερμοκρασίας που επικρατούν στο έδαφος καθώς
- η τιμή του δυναμικού οξειδοαναγωγής του εδάφους.

Επίσης άλλοι παράγοντες είναι:

- το είδος του φυτού και η ικανότητά του να προσλαμβάνει ή όχι μεταλλικά στοιχεία
- το στάδιο ανάπτυξης του φυτού
- η κινητικότητα του μεταλλικού ιόντος στο εδαφικό διάλυμα προς την επιφάνεια της ρίζας του φυτού,
- η μεταφορά του μετάλλου από την επιφάνεια στο εσωτερικό της ρίζας και
- η μετακίνηση του μετάλλου από τη ρίζα προς το βλαστό και τα φύλλα.

Τα φυτά απορροφούν επίσης σημαντικές ποσότητες μερικών στοιχείων μέσω των φύλλων τους γεγονός που συντελεί στη ρύπανση αυτών από τα στοιχεία Mn, Zn και

Cu. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται και στην γεωργία για την παροχή των φυτών με τα απαραίτητα για την ανάπτυξή τους ιχνοστοιχεία όπως το Mn και ο Cu. Τα μέταλλα που προσλαμβάνονται από τα φύλλα μπορούν στη συνέχεια να οδηγηθούν και σε άλλα μέρη του φυτού και κυρίως στις ρίζες, όπου πολλές φορές συσσωρεύονται οι πλεονάζουσες ποσότητες των μεταλλικών αυτών στοιχείων.

Αντίθετα, ένας υπερσυσσωρευτής μπορεί να προσλάβει πολύ μεγαλύτερες ποσότητες (χιλιάδες ppm). Πρόσφατες μελέτες έχουν συσχετίσει την συσσώρευση βαρέων μετάλλων στο φύλλωμα των φυτών με την ανθεκτικότητά τους σε εχθρούς και ασθένειες (έντομα, μύκητες και βακτήρια).

Επίσης, οι υπερσυσσωρευτές προσλαμβάνουν όχι μόνο τα απαραίτητα μικροστοιχεία, αλλά και άλλα μη απαραίτητα μέταλλα, όπως το Cd. Στις περιπτώσεις αυτές, φαίνεται ότι τα μη απαραίτητα μέταλλα προσλαμβάνονται και μεταφέρονται στο φυτό με τους μηχανισμούς πρόσληψης και μεταφοράς άλλων απαραίτητων μικροστοιχείων (π.χ. το Cd με το μηχανισμό του Zn).

Η πρόσληψη των μετάλλων από τα φυτά υπερσυσσωρευτές εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Τύπος και συγκέντρωση του μετάλλου.
- Τύπος και είδος του φυτού.
- Ηλικία του φυτού.
- Ρυθμός και συνθήκες ανάπτυξης.
- Τύπος του εδάφους, καθώς φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του, όπως
- περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και pH

Οι διαλυμένες ουσίες απορροφούνται από το έδαφος από την ριζική αποπλαστική μεταφορά, μεταφέρονται στα ανώτερα μέρη του φυτού από την συμπλαστική μεταφορά (Tester and Leigh, 2001).

Η μεταφορά των μεταλλικών ιόντων μέσα στον κορμό γίνεται με την βοήθεια των πρωτεϊνικών μεταφορών. Όμως οι μεταφορείς μέσα στον κορμό δεν έχουν αναγνωριστεί ακόμα (Clemens et al, 2002).

Η μεταφορά μέσω του κορμού είναι ο πρώτος έλεγχος που κάνει το φυτό ώστε να επιτύχει την καλύτερη δυνατή διακίνηση και αποτοξίνωση των μετάλλων από τον βλαστό πριν να γίνει η διακίνηση στο φλοίομα.

Οι μοριακοί μηχανισμοί και παράγοντες που ελέγχουν την συσσώρευση και την αποθήκευση των μετάλλων είναι άγνωστοι. Πιστεύεται πως η συγκράτησή τους από

τα χυμοτόπια παίζει σημαντικό ρόλο. Μηχανικοί χυμοτοπιακοί μεταφορείς σε συγκεκριμένους τύπους φυτικών κυττάρων μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική αύξηση του ρυθμού συσσώρευσης των μετάλλων. Κάθε φυτικό κύτταρο ανταλλάσσει τις συγκεντρώσεις των διαφόρων μετάλλων με το περιβάλλον του με στόχο να διατηρούνται σταθερές, ανάλογα με τις ανάγκες του, οι φυσιολογικές λειτουργίες των διαφόρων οργανιδίων, αλλά και να υπάρχουν ικανοποιητικές ποσότητες σε σημαντικά ενδοκυτταρικά συστήματα. Το τρίχωμα παίζει σημαντικό ρόλο στην αποτοξίνωση και αποθήκευση των μετάλλων από το φυτό. Σε διάφορα φυτά με θεραπευτικές ιδιότητες όπως το είδος *Brassica juncea*, η συσσώρευση του καδμίου φέρεται να είναι 40 φορές υψηλότερη στις τρίχες σε σχέση με την συνολική ποσότητα του στα φύλλα (Salt et al , 1998).

Υπάρχουν πολλά σημεία ελέγχου στην διαδρομή των μετάλλων από το έδαφος μέχρι τους αποθηκευτικούς χώρους στα φύλλα. Έχουν γίνει κατανοητές κάποιες από τις λειτουργίες κλειδιά που συμβάλλουν στη διατήρηση της ομοιόστασης στο φυτό όσον αφορά τις μεταβολές των συγκεντρώσεων των μετάλλων, αλλά και οι ιδιαίτεροι φαινότυποι των μετάλλων. Ωστόσο κάποια ακόμα σημεία της όλης διαδρομής παραμένουν αινιγματικά. Επίσης άγνωστες παραμένουν και οι μεταφορικές και αποθηκευτικές διαδικασίες των μετάλλων. Μελλοντικά απαιτείται σημαντική μελέτη και έρευνα όσον αφορά τους μηχανισμούς μεταφοράς σε επίπεδο λειτουργίας χωροταξικότητας και δομής. Σημεία κλειδιά όπως οι πρωτεΐνες που συμβάλλουν στην μεταφορά στο ξύλωμα αλλά και στην επιλεκτική διανομή στα φύλλα είναι ακόμα άγνωστα (Clemens et al , 2002).

#### **5.1.4 Ανθεκτικότητα και αντίδραση φυτών στα βαρέα μέταλλα**

Τα βαρέα μέταλλα όταν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα εδάφη, ενεργούν ως δυνάμεις πίεσης στους φυτικούς πληθυσμούς και προσανατολίζονται στην επιλογή ανθεκτικών γενοτύπων. Ανθεκτικότητα χαρακτηρίζεται η ικανότητα διαφόρων φυτικών μορφών να παραμένουν ανεπηρέαστες σε διάφορες συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων, οι οποίες όμως θα ήταν τοξικές για άλλα φυτά

Η πρώτη παρατήρηση που οδήγησε στην ανακάλυψη ότι κάτω από την επίδραση τοξικών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων μπορεί να αναπτυχθεί ανθεκτικότητα έγινε από τον αυστριακό Prat (1934), (Bradshaw and McNeilly, 1981) ο οποίος διαπίστωσε ότι άτομα του κοινού είδους *Silene dioica*, τα οποία αναπτύσσονταν σε

εδάφη ενός μεταλλείου χαλκού, ανέπτυξαν ανθεκτικότητα στο χαλκό. Οι έρευνες μέχρι σήμερα έχουν δείξει ότι ο αριθμός των ειδών που έχουν την πιθανότητα να αναπτύξουν ανθεκτικότητα σε κάποιο τοξικό μέταλλο είναι πολύ μικρός και ότι τα είδη αυτά θα πρέπει να έχουν την απαραίτητη γενετική ποικιλότητα, για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας. Φυτά που δεν διαθέτουν την απαραίτητη γενετική ποικιλότητα για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας, αδυνατούν να εποικίσουν επιβαρημένα εδάφη (Symeonidis et al, 1985).

Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ανθεκτικότητα των φυτών έναντι των βαρέων μετάλλων οφείλεται σε μηχανισμούς αποτοξικότητας και βιοχημική ανθεκτικότητα. Από τις έρευνες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα γύρω από την ανθεκτικότητα των ανώτερων φυτών στα βαρέα μέταλλα προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα :

- Η ανθεκτικότητα ενός φυτού είναι εξειδικευμένη για το συγκεκριμένο μέταλλο του υποστρώματος και οι ανθεκτικοί οικότυποι αναπτύσσονται μόνο σαν απόκριση στις τοξικές συγκεντρώσεις του μετάλλου στο έδαφος. Παρόλα αυτά, αν το έδαφος περιέχει περισσότερα από ένα μέταλλο σε τοξικές συγκεντρώσεις, τότε τα φυτά εμφανίζουν πολλαπλή ανθεκτικότητα.
- Η ανθεκτικότητα στα βαρέα μέταλλα είναι ένα χαρακτηριστικό που παρουσιάζει διαβάθμιση μεταξύ ατόμων του ίδιου πληθυσμού.
- Η ανθεκτικότητα στα βαρέα μέταλλα είναι κληρονομήσιμο χαρακτηριστικό, το οποίο δεν επηρεάζεται από το περιβάλλον και διατηρείται σε οποιοδήποτε υπόστρωμα.
- Η ανθεκτικότητα στα βαρέα μέταλλα μπορεί να αναπτυχθεί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (τάξης δεκαετίας). Επίσης, η ανθεκτικότητα μπορεί να αναπτυχθεί σε πολύ περιορισμένη περιοχή, ενώ σε παρακείμενες περιοχές να υπάρχουν μη ανθεκτικοί πληθυσμοί (Bradshaw and McNeilly 1981).

Η τοξικότητα πολλών βαρέων μετάλλων οφείλεται στην ικανότητά τους να προκαλούν οξειδωτικές βλάβες στους ιστούς και βλάβη στο DNA. Τα φυτά έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται σε εδάφη πλούσια σε μέταλλα διαμέσου της φυσικής επιλογής. Φυτικά είδη προσαρμοσμένα στα μέταλλα έχουν μελετηθεί σε εδάφη πλούσια σε νικέλιο, χρώμιο, μαγγάνιο, μαγνήσιο και κοβάλτιο και σε εδάφη που περιέχουν ουράνιο. Αυτή η υψηλή ανθεκτικότητα αποδίδεται σε φυτοχημικές ενώσεις (Τσέκος., 2004). Η δράση αυτή των ενώσεων είναι να ελαττώνει δραστικά τη στάθμη

σε ελεύθερα μεταλλικά ιόντα και να προκαλεί με αυτόν τον τρόπο αποτοξίνωση με απομάκρυνση.

Στα φυτά έχει βρεθεί παράλληλα με τις μεταλλοθειονίνες ένα περαιτέρω σύστημα αποτοξίνωσης για τα βαρέα μέταλλα, ιδιαίτως στα φυτά που είναι ανεκτικά στα ιόντα των βαρέων μετάλλων. Τέτοια ανεκτικά φυτά μπορούν να αναπτύσσονται σε μάζα ορυχείων και εκεί μπορούν να συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις Zn, Pb, Cu ή άλλων τοξικών. Αναλυτικότερα η υψηλή συγκέντρωση βαρέων μετάλλων και γενικότερα οι περιβαλλοντικές καταπονήσεις προκαλούν μοριακές, βιοχημικές, φυσιολογικές και μορφολογικές αντιδράσεις των φυτών. Οι μεταβολές τις οποίες προκαλούν οι καταπονήσεις στη γονιδιακή έκφραση προξενούν αλλαγές στη συμπεριφορά πολλών ενζύμων, στην αύξηση ή τη μείωση των αντίστοιχων μεταβολικών προϊόντων και μεταβολές στη σύνθεση νέων πρωτεϊνικών ομάδων και πολυπεπτιδίων. Μερικές από τις πρωτεΐνες είναι χαρακτηριστικές για ένα συγκεκριμένο είδος καταπόνησης, π.χ οι φυτοχλατίνες για καταπόνηση από βαρέα μέταλλα. Έχουν αναφερθεί παραπάνω τα φυτά υπερσυσσωρευτές, που έχουν την ικανότητα να συγκεντρώνουν μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων στους βλαστούς και τα φύλλα τους, με αποτέλεσμα να τροποποιείται η γονιδιακή τους έκφραση από το ίδιο το μέταλλο. Τα βαρέα μέταλλα μεταφέρονται με πρόσδεση σε μικρού βάρους ουσίες, όπως τις φυτοχλατίνες, οι οποίες είναι μικρά πλούσια σε θείο πολυπεπτίδια.

#### **5.1.5 Φυτά υπερσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων (hyperaccumulators plants)**

Η εξυγίανση εδαφών από βαρέα μέταλλα στηρίζεται στη χρησιμοποίηση φυτών τα οποία έχουν την ικανότητα να συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στη βιομάζα τους ως και **100 φορές περισσότερο σε σχέση με άλλα φυτά**.

Μέχρι σήμερα έχουν προσδιοριστεί περισσότερα από 400 φυτικά είδη, που ανήκουν σε τουλάχιστον 45 οικογένειες φυτών, με ικανότητες συσσώρευσης βαρέων μετάλλων (έως και 5% του ξηρού τους βάρους) εκ των οποίων κάποια χρησιμοποιούνται ήδη σε προγράμματα φυτοεξυγίανσης.

Ο πιο γνωστός υπερσυσσωρευτής είναι *το Thlaspi caerulescens*.





Ενώ τα περισσότερα φυτά εμφανίζουν συμπτώματα τοξικότητας σε συγκεντρώσεις Zn περίπου 100 ppm, το *Thlaspi caerulescens* μπορεί να συσσωρεύσει έως και 26.000 ppm χωρίς κανένα σύμπτωμα. Εκτός από Zn, έχει την ικανότητα να συσσωρεύει και μεγάλες ποσότητες Cd.

Το *Indian mustard-Brassica juncea* (η γνωστή μας καφέ βρούβα, το μαύρο σινάπι) συσσωρεύει σημαντικές ποσότητες μολύβδου και χρησιμοποιείται ευρέως σε προγράμματα φυτοεξυγίανσης.

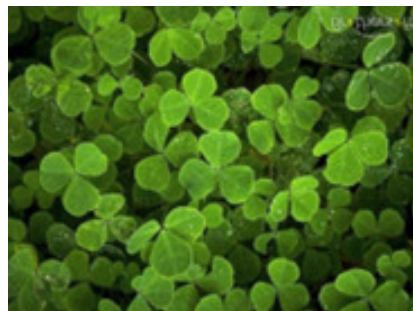


Άλλα φυτικά είδη που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι *η λεύκα, το τριφύλλι, ο ηλίανθος, το καλάμι, το άλυσσο και η τσουκνίδα*. *Οι λεύκες* έχουν αποδειχθεί πολύ αποτελεσματικές στην προσρόφηση και συσσώρευση αρσενικού και καδμίου. *Οι ηλίανθοι* έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για την εξυγίανση επιφανειακών υδάτων κοντά στο Τσερνόμπιλ κυρίως από ραδιενεργό στρόντιο και καίσιο.

*Λεύκα*



*Τριφύλλι*



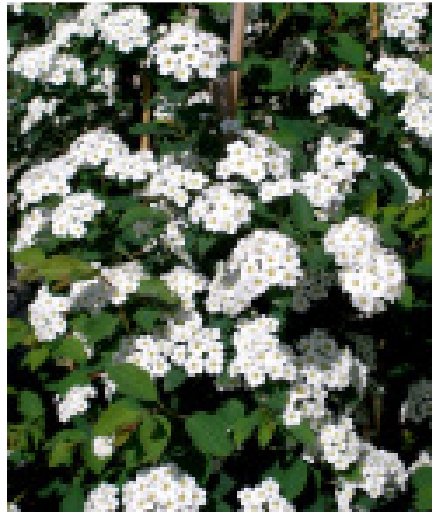
*Ηλίανθος*



*Καλάμι*



*Άλυσσο*



*Τσουκνίδα*



**Φυτά που χρησιμοποιούνται για την φυτοαποκατάσταση εδαφών**

<b>Μηχανισμός</b>	<b>Μέσο</b>	<b>Ρύποι</b>	<b>Τύποι φυτών</b>
Φυτοαποδόμηση	Εδάφη Υπόγεια νερά Εκχυλίσματα χωματερών	Ζιζανιοκτόνα (ατραζίνη, alachor), BTEX, TCE	Διάφορα είδη λεύκας, ιτιά Γρασίδια (rye, Bermuda, sorghum, fescue) Όσπρια (clover, alfalfa)
Ριζοαποδόμηση	Εδάφη Ιλύες	• Οργανικοί ρύποι (TPH, PAHs, BTEX) • Μικροβιοκτόνα • Χλωριωμένοι διαλύτες	Phenolics releaser (mulberry, apple, osage orange) Γρασίδια με ινώδεις ρίζες (rye, Bermuda, fescue) για ρύπους t βάθους 0-3 f Διάφορα είδη λεύκας για βάθη 0-10 f t
Φυτοσταθεροποίηση	Εδάφη Ιλύες	Metals and metalloids (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, U, Se)	Phreatophyte trees to transpire large amounts of water hydraulic control Grasses with fibrous roots to stabilize soil erision
Φυτοεξαγωγή	Εδάφη Ιλύες	• Metals: Ag, Au, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn • Radionuclides: 90Sr, 137Cs, 239Pu, 234.238 u	Ηλιανθοί Indian mustard Rape seed plants Barley, Hops Crusifers Serpentine plants
Φυτοεξάτμηση	Εδάφη Ιλύες	Chlorinated solvents, MTBE, some inorganics	Herbaceous species Trees
Ριζοδιήθηση	Υπόγεια ύδατα	• Μέταλλα (Pb, Cd, Zn, NL, Cu) • Ραδιενεργά στοιχεία (Cs, 90Sr, U)	Υδροφιλα φυτά: Emergents (bulrush, cattail, coontail, pondweed, arrowroot, duckweed)

### 5.1.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Φυτοεξυγίανσης

#### *Πλεονεκτήματα*

- Το βασικότερο προτέρημα της μεθόδου αυτής είναι ότι παράγονται λιγότερα δευτερογενή απόβλητα από ότι σε άλλες τεχνολογίες.

- Η φυτοεξυγίανση εφαρμόζεται επί τόπου και δεν είναι αναγκαία μία εκσκαφή ή άντληση για περαιτέρω επεξεργασία. Για αυτό το λόγο δε διαταράσσεται καθόλου το φυσικό τοπίο της μολυσμένης περιοχής.
- Είναι οικονομική επεξεργασία ιδιαίτερα για μεγάλους όγκους χώματος ή νερού, που είναι μολυσμένα με μικρές ποσότητες τοξικών ρυπαντών.
- Επιτυγχάνεται η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών σε πολύ μικρούς όγκους. Για παράδειγμα σε πρόγραμμα φυτοεξυγίανσης απομακρύνθηκαν τα βαρέα μέταλλα από 5.000 τόνους μολυσμένου εδάφους. Το έδαφος αυτό που θα έπρεπε να εκσκαφθεί και να διατεθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής, μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια μετά από φυτοεξυγίανση. Τα βαρέα μέταλλα που υπήρχαν στο μολυσμένο χώμα συγκεντρώθηκαν σε 25 - 30 στάχτης φυτικών ιστών και επομένως μόνο αυτό το 1/200 του αρχικού τόνους όγκου πρέπει να διαθέτει σε ειδικούς χώρους υγειονομικής ταφής.

### ***Μειονεκτήματα***

- Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται οι ιδιαίτερα αργοί ρυθμοί φυτοεξυγίανσης. Δηλαδή, η ανάγκη καλλιέργειας πολλών διαφορετικών ειδών για την αντιμετώπιση των ρύπων και η συνεχόμενες περιόδους καλλιέργειας των φυτών μέχρι να εξυγιανθεί τελείως το περιβάλλον από τους ρυπαντές.
- Η φυτοεξυγίανση φέρνει μόνο αποτελέσματα, όταν το βάθος της μόλυνσης δε ξεπερνά το 1m στο έδαφος και τα 3m στον υδροφόρο ορίζοντα.
- Μειονεκτήματα αποτελεί η δυνατότητα να μεταδοθούν οι τοξικές ουσίες στην τροφική αλυσίδα μετά από πιθανή βοσκή των φυτών από ζώα.
- Οι κλιματικές ή οι υδρολογικές συνθήκες στην μολυσμένη περιοχή μπορεί να μην επιτρέπουν την καλλιέργεια και ανάπτυξη των κατάλληλων για την φυτοεξυγίανση φυτών.
- Τέλος, το πρόβλημα της εναπόθεσης των ρυπασμένων φυτών μετά τη συγκομιδή τους.

# Κεφάλαιο 6

## 6.1 Φυτά βιοδείκτες ποιότητας εδάφους

Η αντιμετώπιση των πάσης φύσεως ζιζανίων και ο εμπλουτισμός του εδάφους με τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία που χρειάζεται για την καλύτερη απόδοσή του όσον αφορά την καλλιέργεια και την ανάπτυξη των φυτών είναι ένα από τα σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζουν όσοι ασχολούνται με την καλλιέργεια της γης. Από την έλλειψη κάποιων ζωτικών στοιχείων, προκαλείται η ανάπτυξη κάποιων βιοδεικτών, που αυτά με τη σειρά τους εμπλουτίζουν το έδαφος με ιχνοστοιχεία που τα έχουν ανάγκη.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται ορισμένα είδη φυτών που αποτελούν δείκτες για την ανάγκη του εδάφους σε στοιχεία. Η γνωριμία με αυτά τα φυτά θα δώσει χρήσιμες πληροφορίες για το έδαφος και την περιεκτικότητά του σε διάφορα στοιχεία που έχει ή που δεν έχει ώστε να καλυφθούν οι τυχόν ανάγκες του για την καλύτερη παραγωγή και ανάπτυξη του καλλιεργήσιμου ή μη φυτού.

Είδος Εδάφους	Φυτά δείκτες
<b>Ελαφρά εδάφη:</b> χαρακτηρίζονται τα εδάφη με τη μεγάλη διαπερατότητα τον καλό αερισμό, ευκολία στη καλλιέργεια.	Adonis aestivalis (Άγρια παπαρούνα), Gonsolida regalis Δελφίνιο, Gargorhyllacea Arten.
<b>Ελαφρά αμμώδη:</b> Οφείλουν τα χαρακτηριστικά τους στη μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο. (Εδάφη που δημιουργούνται κυρίως στις προσχώσεις ποταμών).	Papaver orgemone Παπαρούνα, Verbascum thapsus Φλόμος, Ornithopus perpusillus, Στελλαρια μεδια, Τριφολιουμ αρωενσε Τριφύλλι
<b>Υγρά εδάφη</b>	Stachys palustris, Rannuculus repeus Βατράχιο, Mentha arvensis Μέντα, Πολυγονιουμ λαπατηφοληουμ (νεροπιπεριά περδίκι).
<b>Ξηρά εδάφη</b>	Anthenis Eintoria Μαργαρίτα, Berteroa incaca

<b>Πηλώδη εδάφη</b>	Colchicum autumnale Κολζικό Marticaria chamomilla Χαμομήλι, Dancus carota α-γριοκαρότο, Taraxacum officinale Αγριοραδίκι, Tussilago fratar χαμόλευκα, Veronica persica Βερονίκη
<b>Πλούσια συμπιεσμένα εδάφη.</b>	Potentilla auserina Plantago major Πεντάνευρο αρνόγλωσσο, Equisetum arvense Πολυκόμπι, Taraxacum officinale Ραδίκι, Rannulus repens Βατράχιο, Menta arvensis Μέντα, Mercurialis annua σκυλόχορτο, Centaurea scabiosa, Alopecurus pratensis Αλεπουρά.
<b>Ξηρά αμμώδη εδάφη</b>	Legonsia speculum Αγριγαζιά, Erodium cicutarium χτενάκι, Falcaria vulgaris
<b>Καλά αεριζόμενα και υγρά εδάφη</b>	Scrophulariaceae Arten, Fumaria officinalis Καπνόχορτο, Lamium purpureum, Myosotis arvensis Μη μελσμονεί
<b>Εδάφη με ελάχιστο χούμο</b>	Anthoxanthum odoratum, Matricaria, inodora, Equisetum arvense Κοντιζόχορ-το, Juncaceae -Arten, Polygonaceae - Arten
<b>Εδάφη με λίγο χούμο</b>	Agrostis spica -venti Αγροστί, Raphanus raphanistrum Αγριοραπάνι, Alehemilla vulgaris Λεοντοπόδι, Marticaria chamomilla χαμομήλι.
<b>Εδάφη μέσης περιεκτικότητας σε χούμο.</b>	Anthemis arvensis Μαργαρίτα, Consolida regalis Δελφίνιο, Buglossoides arvensis, Avena fatua Αγριοβρώμη.
<b>Αρκετό χούμο</b>	Chenopodium album, Lamiaceae -Arten
<b>Πλούσια σε χούμο</b>	Stellaria media , Mercurialis annura, Urtica urens Τσουκνίδα, Galinsoga parviflora, Euphorbia - Arten Γαλατσίδα, Veronica beccarifolia Βερονίκη, Veronica persica Βερονίκη, Urtica dioica Τσουκνίδα
<b>Φτωχά σε άζωτο</b>	Cytisus scoparinus, Gerastium, Grophila verna, Sedum acre, Stachys recta

<b>Μετρίως άζωτούχα</b>	<i>Alopecurus myosuroides</i> Αλεποσουρά, <i>Aphanus arvensis</i> , <i>Tripleurospermum maritimum</i>
<b>Αρκετό άζωτο</b>	<i>Galium aparine</i> Κολιτσίδα, <i>Chenopodium album</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i> , Lamianaceae - Arten
<b>Πλούσια σε άζωτο</b>	<i>Urtica dioica</i> Τσουκνίδα, <i>Chenopodium album</i> βρωμόχορτο, <i>Mercurialis annua</i> Σκαρόχορτο, <i>Senecio velyaris</i> μαρτιάτικο, <i>Amaranthus retrofractus</i> Βλήτο
<b>Βασικά εδάφη PH&gt; 7</b>	<i>Senecio velyaris</i> μαρτιάτικο, <i>Amaranthus retrofractus</i> Βλήτο, <i>Salvia pratensis</i> Φασκομηλιά, <i>Onobrychis viciasefilia</i> , <i>Sinapis arvensis</i> Σινάπι, <i>Euphorbia chamaesyce</i> Γαλατσίδα
<b>Οξινα εδάφη</b>	<i>Pteris aquilifolia</i> Αρκουδοπούρναρο, <i>Stachys arvensis</i> , <i>Galeopsis tetrahit</i> , <i>Raphanus raphanistrum</i> αγριοράπανο
<b>Φτωχά σε ασβέστιο</b>	<i>Polypodium vulgare</i> πολυτρίχι, <i>Anthemis arvensis</i> μαργαρίτα, <i>Pteridium aquilinum</i> φτέρη, <i>Viola sp.</i> Αγριοβιολέτα, <i>Lathyrus pratensis</i> αγριολαθούρι, <i>Sarothamnus scoparium</i> σαρόθαμος, <i>Oxalis corniculata</i> Ξυνίθρα, <i>Oxalis acetosella</i> Ξυνίθρα, <i>Raphanus raphanistrum</i> Ραπίδα, <i>Digitalis laevigata</i> Κορακοβότανο, <i>Campanula sp.</i> καμπανούλα, <i>Lupinus luteus</i> Αγριολούπινο, <i>Spergula arvensis</i> , <i>Sinapis arvensis</i> βρούβα, σινάπια, <i>Cyperus sp.</i> Κύπερη, <i>Rumex sp.</i> Λάπαθο, <i>Agrostis vulgaris</i> Αγροστίς, <i>Veronica officinalis</i> Βερονίκη.
<b>Εδάφη με καλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο</b>	<i>Aethionema graecum</i> , <i>Aethionema creticum</i> , <i>Alyssum saxatile</i> Αλυσίδα, <i>Asphodeline lutea</i> Σπερδούκλι, <i>Euphorbia exiguua</i> Γαλατσίδα, <i>Calendula officinalis</i> Καλέντουλα, <i>Galium incurvum</i> Κολιτσίδα, <i>Galium setaceum</i> Κολιτσίδα, <i>Anagallis arvensis</i> Περδικούλι, <i>Ulex europaeus</i> πουρνάρι, <i>Vicia peregrina</i> αγριοβίκος, <i>Medicago arborea</i>



	Αγριοτρίφυλλο, <i>Stellaria media</i> , <i>Taraxacum officinale</i> αγριοράδικο, <i>Salvia</i> sp φασκομηλιά, <i>Linaria vulgaris</i> λινάρι, <i>Gigheorium intubus</i> Αγριοραδίκι με σιέλ λουλούδια, <i>Gampanula rapunculoides</i> Καμπα νούλα, <i>Snagnisorba minor</i> μαυρόφυλλο
<b>Εδάφη πλούσια σε μαγνήσιο</b>	<i>Digitalis purpurea</i> , <i>Tencrium</i> , <i>Helleborus</i> σκάρφη
<b>Εδάφη πλούσια σε κάλιο</b>	<i>Digitalis purpurea</i> , <i>Luciniatum</i>
<b>Αλατούχα εδάφη</b>	<i>Ergugium martinum</i> γαλανόχορτο, <i>Gynodon dactlon</i> αγριάδα, <i>Salsola kuli</i> Αλμυρίδα, <i>Cochlearia officinalis</i> , <i>Juncus gerardi</i> βούρλο, <i>Triglochim unaritima</i> , <i>Spergularia salina</i> Αγριογιούλι, <i>Polgyonum maritimum</i> <i>Sali cornia truticosa</i> .

## 6.2 Μερικά Φυτά βιοδείκτες

### ***Datura stramonium* L. (Τάτουλας) Οικ. Solanaceae**

Ο Τάτουλας έχει ζωνρή ανάπτυξη σε εδάφη που η οργανική ουσία βρίσκεται στο στάδιο της αποσύνθεσης αλλά πραγματοποιείται κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Ο λήθαργος του σπόρου διακόπτεται όταν επικρατεί δροσιά και υπάρχει αρκετή οργανική ουσία στο έδαφος, με παράλληλη μείωση της αερόβιας βακτηριακής δραστηριότητας (της δράσης και ανάπτυξης των ακτινομυκήτων και άλλων μικροοργανισμών), οπότε η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας παίρνει την αναερόβια κατεύθυνση και παράγει αιθάνιο και μεθάνιο. Αυτό συμβαίνει όταν καλλιεργείται το έδαφος αργά το φθινόπωρο ή όταν γίνονται όψιμα οργώματα την άνοιξη.



Για παράδειγμα, όταν τα υπολείμματα καλλιέργειας καλαμποκιού (καλαμιά) ενσωματωθούν ακατέργαστα στο έδαφος σε μία υγρή περίοδο, είναι πολύ πιθανό να παρουσιαστεί ο τάτουλας σαν ζιζάνιο στην επόμενη καλλιέργεια. Σε συνθήκες σαν αυτές που περιγράφηκαν παραπάνω, έχουμε διαθεσιμότητα υπερβολικής ποσότητας κοβαλτίου από το εδαφικό σύστημα. Η οργανική ουσία κατά την αποσύνθεση της ρυθμίζει τη διαθεσιμότητα του κοβαλτίου. Βέβαια αν το επίπεδο του ασβεστίου είναι ικανοποιητικό, αυτό από μόνο του θα εγγυηθεί μια διαφορετική κατεύθυνση της διαδικασίας της αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας.

### **Chenopodium album L. (Λουβουδιά, Χηνοπόδιο) Οικ. Chenopodiaceae**

Η Λουβουδιά απεικονίζει την καλή θρεπτική κατάσταση του εδάφους. Εγκαθίσταται σε πλούσια και γόνιμα εδάφη, με σωστά χωνεμένο χούμο. Το αγριόχορτο φυτρώνει σε εδάφη που η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας προχωράει στη σωστή κατεύθυνση, και έχουμε αποδέσμευση καλής ποιότητας και αξιόλογης ποσότητας θρεπτικών στοιχείων. Είναι δείκτης **ιδανικών** συνθηκών παραγωγής σε βιολογικά ενεργό εδαφικό σύστημα. Δεν υπάρχει πρόβλημα κακής στράγγισης και συσσώρευσης νερού όπου εμφανίζονται τόσο το χηνοπόδι όσο και το καλλιεργούμενο βλήτο.



Τα

αγριόχορτα αυτά είναι η καλύτερη δυνατή εργαστηριακή ανάλυση όσον αφορά τον αφομοιώσιμο φώσφορο που απελευθερώνεται για τις ημερήσιες ανάγκες των φυτών. Όπου φυτρώνει χηνοπόδι κάθε χρόνο, δεν υπάρχει ανάγκη για αγορά και προσθήκη φωσφορικών λιπασμάτων. Δεν υπάρχει λόγος να αγοραστεί κάλιο ή να αυξηθούν τα επίπεδα του ακόμα και αν ο έλεγχος (ανάλυση) του εδάφους υποδηλώνει ότι το απόθεμα αφομοιώσιμων θρεπτικών στοιχείων δεν είναι το μέγιστο.

#### **Amaranthus spp. (Βλήτα) Οικ. Amaranthaceae**

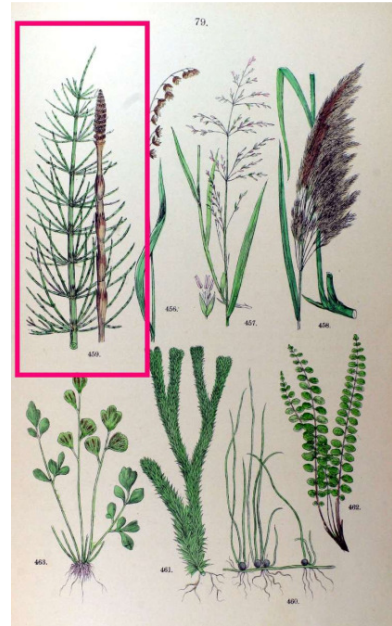
Τα εδάφη στα οποία εμφανίζεται το Βλήτο είναι **ισορροπημένα**. Η χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και κάποια περίοδος ξηρασίας πυροδοτούν τη βλάστηση του. Σε αντίθεση με άλλα συγγενικά είδη της οικογένειας των Αμαρανθίδων (βλήτα), το συγκεκριμένο είδος βλασταίνει σε αμμώδη εδάφη. Επιπλέον, στα εδάφη όπου συναντάμε αυτό το βλήτο το κάλιο και το μαγγάνιο είναι σε σχετικά υψηλό ποσοστό και σε ακόμα υψηλότερο είναι ο σίδηρος. Ομοίως και για τον ψευδάργυρο



. Στην πραγματικότητα, η χαμηλή υγρασία είναι λόγος εμφάνισης του αγριοχόρτου παρά η διατάραξη των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Η παρουσία του *A. retroflexus* δηλώνει μη κανονική αναλογία ασβεστίου και καλίου (υψηλό ποσοστό καλίου και χαμηλό ποσοστό ασβεστίου), με επιπτώσεις στην οργανική ουσία. Τα σύμπλοκα του φωσφόρου χρειάζονται προσοχή όταν εμφανίζεται το αγριόχορτο αυτό. Συναντάται σε διαταραγμένα εδάφη, οπουδήποτε, και είναι ένα φυτό αξιόλογο για την ικανότητα του να αντλεί θρεπτικά στοιχεία από το υπέδαφος, ενώ παράλληλα χαλαρώνει τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Η ύπαρξη συνθετικών ουσιών στο έδαφος και διαφόρων αλάτων χλωριούχου καλίου και μαγνησίου και οι αχώνευτες κοπριές, συχνά συνεισφέρουν στην εξάπλωση του αγριοχόρτου.

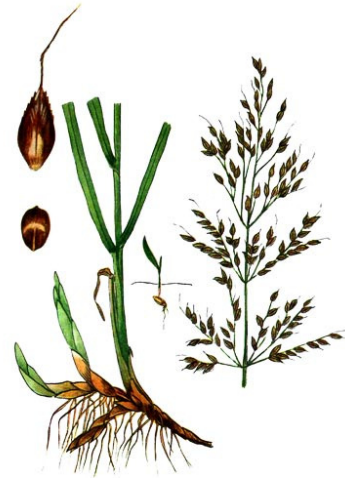
### ***Equisetum arvense* (Πολυκόμπι), Οικ. Equisetaceae**

Η εμφάνιση του Πολυκόμπι, υποδηλώνει ελλιπή αποστράγγιση και ελαφρά όξινο έδαφος. Προτιμά αμμώδη ή χαλικώδη εδάφη με υψηλά επίπεδα εδαφικής υγρασίας αλλά μπορεί να επιβιώσει και σε ένα ξηρό καλοκαίρι. Η ύπαρξη του συνδυάζεται γενικά με το υψηλό επίπεδο άνθρακα στην οργανική ουσία του εδάφους. Η καλλιέργεια σιτηρών περιορίζει την ανάπτυξη του αγριόχορτου.



### **Sorghum halepense L. (Βέλιουρας) Οικ. Graminae**

Η εξάπλωση του βέλιουρα είναι μια ένδειξη αλληλεπίδρασης εντομοκτόνων, γλωριούχου καλίου (KCL), συμπλόκων ψευδαργύρου και συμπίεσης του εδάφους. Σε τέτοια εδάφη το επίπεδο του ασβεστίου είναι πολύ χαμηλό. Αναερόβια βακτήρια κυριαρχούν, υποδεικνύοντας φτωχή αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων και κακή αποστράγγιση. Αναμένεται να παρουσιαστούν προβλήματα με τη διάθεση αλουμινίου σε βαριά αργιλώδη εδάφη. Το πορώδες και η οργανική ουσία του εδάφους αναμένονται να είναι χαμηλά. Το κάλιο, το βόριο και το θείο είναι σε υψηλά επίπεδα, με το μαγνήσιο, το χαλκό, τον ψευδάργυρο, το χλώριο και το σελήνιο σε υψηλά ποσοστά και περίπλοκες σχέσεις. Όταν φυτρώνουν αγριόχορτα όπως αυτό, απλά σημαίνει ότι το έδαφος δεν έχει μύκητες που να ευνοούν τις εμπορεύσιμες καλλιέργειες. Αυτό σημαίνει ότι η καλλιέργεια είναι σε μειονεκτική θέση, και το αγριόχορτο σε πλεονεκτική. Αρχικά εγκαθίσταται και μετά γίνεται ένας τρομερός ανταγωνιστής σε κάθε καλλιέργεια δημητριακών ή βοσκότοπο.



Το αγριόχορτο προτιμάει εξαντλημένα εδάφη και με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Επίσης φυτρώνει σε εδάφη, με χαμηλό επίπεδο ασβεστίου ανεξαρτήτως του ΡΗ του εδάφους. Εάν υπάρχει έντονη βιολογική δραστηριότητα και οι οργανισμοί που κάνουν την αποσύνθεση είναι οι κατάλληλοι, τότε το αγριόχορτο δεν αναπτύσσεται. Το επίπεδο του σιδήρου στο έδαφος επηρεάζει την παρουσία του αγριόχορτου. Επίσης βλασταίνει σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου. Οι περισσότερες καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου έχουν ανισόρροπο σύστημα ΡΗ, υπερβολικό σίδηρο, χαμηλό μαγνήσιο ή η αναλογία των δύο παραπάνω έχει διαταραχθεί.

### **Setaria spp. (Σετάρια) Οικ. Graminae**

Από τότε που διαδόθηκαν τα αζωτούχα λιπάσματα η σετάρια επεκτάθηκε σε μεγάλη γεωγραφική έκταση. Η μηχανική κατεργασία του εδάφους και η καταστροφή των βασικών χαρακτηριστικών του επιταχύνει την διάδοσή της. Η άνυδρη αμμωνία είναι ένας σίγουρος τρόπος για να πολλαπλασιάζεται αυτό το αγριόχορτο. Το κάλιο και το μαγνήσιο είναι πολύ υψηλά στο έδαφος. Ίχνη σεληνίου δραστηριοποιούν το αγριόχορτο, το οποίο αντέχει σε υψηλά επίπεδα αλουμινίου στο περιβάλλον.



### **Avena fatua L. (Αγριοβρώμη) Οικ. Graminae**

Η εμφάνιση του σχετίζεται με εδάφη που είναι υγρά και έχουν κακή στράγγιση. Επίσης εμφανίζεται όταν στην σποροκλίνη επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, εμφανίζεται κρούστα εδάφους στην επιφάνεια και χαμηλό πορώδες, με αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής τάσης των εδαφικών συσσωματωμάτων.



Σχεδόν κάθε χωράφι έχει περιοχές που οι συνθήκες του εδάφους ευνοούν την ανάπτυξη της αγριοβρώμης. Και πάλι το ΡΗ αναμένεται ότι επιδρά στη σωστή στράγγιση της συγκεκριμένης περιοχής. Υγρά εδάφη αποφράσσονται εύκολα με κάποια έντονη βροχόπτωση. Όποιος μπει στον κόπο να κάνει ανάλυση εδάφους όπου εμφανίζεται η αγριοβρώμη, συνήθως ανακαλύπτει έλλειψη ασβεστίου, χαμηλό επίπεδο μαγνησίου, υψηλό νάτριο και κάλιο. Υπάρχουν πολλά χωράφια με 100-200 κιλά νατρίου ανά

στρέμμα.

### **Echinochloa crusgalli (Μουχρίτσα), οίκ. Graminae**



Όπου κυριαρχεί η Μουχρίτσα, το κάλιο βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα ενώ η παρουσία της σημαίνει ότι και άλλα στοιχεία βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα, όπως το μαγνήσιο, το μαγγάνιο, το θείο, το βόριο, το χλώριο, το σελήνιο, ο ψευδάργυρος και ο χαλκός. Το αγριόχορτο ευνοείται από ανεπαρκή επίπεδα ασβεστίου και φωσφόρου. Επίσης ευνοείται σε εδάφη φτωχά σε οργανική ουσία και χούμο, όπου παρατηρείται καθίζηση των λεπτών τεμαχιδίων του εδάφους και σχηματισμός υποεπιφανειακής κρούστας.

### **Abutilon theophrasti, (Αγριοβαμβακιά), οίκ. Malvaceae**

Η εμφάνιση του αβούτιλου είναι ένα πρώιμο σημάδι με ιδιαίτερη σημασία. Δηλώνει ότι η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας έχει πάρει λάθος κατεύθυνση, και παράγεται μεθάνιο αντί για διοξείδιο του άνθρακα. Ο ελεύθερος φώσφορος έχει δεσμευτεί, και οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί έχουν αδρανοποιηθεί. Σε εδάφη που εμφανίζεται το αβούτιλο υπάρχει πρόβλημα με τον άνθρακα. Επίσης η λίπανση με χημικά λιπάσματα που περιέχουν κάλιο και νιτρικά ιόντα οδηγεί στην εμφάνιση αυτού του αγριόχορτου. Τα ζιζανιοκτόνα επίσης ευνοούν την διατήρηση της





παρουσίας του.

Όταν εμφανίζεται η αγριοβαμβακιά, έχουμε χαμηλό φώσφορο ή τα στοιχεία είναι δεσμευμένα. Αντίθετα το κάλιο και το μαγνήσιο είναι σε υψηλά επίπεδα όπως και το σελήνιο. Όταν κυριαρχούν αναερόβιες συνθήκες, το μαγγάνιο, ο σίδηρος, το θείο, ο χαλκός, το βόριο και το χλώριο αποδεσμεύονται και παρουσιάζουν υψηλή διαθεσιμότητα. Η μείωση της περιεκτικότητας σε χούμο, το χαμηλό πορώδες και η χαμηλή ταχύτητα αποσύνθεσης, μεταφράζονται σε υψηλή υγρασία, οπότε έχουμε κολλώδη εδάφη και με παρουσία κρούστας, καθώς επίσης και απελευθέρωση αργιλίου. Παράλληλα εμφανίζεται και υψηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε άλατα.

### **Portulaca oleracea, (Γλυστρίδα), οίκ. Portulacaceae**

Οι σπόροι δεν μπορούν να εγκατασταθούν και να δώσουν ένα νέο φυτό εάν δεν υπάρχει ισορροπία στην ικανότητα εναλλαγής κατιόντων, και το PH έχει ρυθμιστεί σωστά με ασβέστιο, μαγνήσιο και κάλιο στις σωστές αναλογίες. Ακόμα πιο σημαντικός είναι ο αερισμός του εδάφους. Η I.E.K. είναι πολλές φορές δύσκολο να ενεργοποιηθεί διότι τα εδάφη στα οποία εμφανίζεται αυτό το αγριόχορτο έχουν υψηλά επίπεδα καλίου και μαγνησίου. Επίσης έχουμε υψηλή αποδέσμευση σιδήρου και χαλκού. Αντίθετα όπου εμφανίζεται το αγριόχορτο έχουμε χαμηλό επίπεδο του ασβεστίου και των φωσφορικών αλάτων. Οι αερόβιοι οργανισμοί βγαίνουν εκτός λειτουργίας κάτω από συνθήκες χαμηλού πορώδους του εδάφους και χαμηλής υγρασίας. Ως εκ τούτου έχουμε οξίνιση του εδάφους από την αποδέσμευση σιδήρου και χαλκού.



Η γλυστρίδα έχει ιδιαίτερη προτίμηση σε καλά καλλιεργημένα εδάφη, και συναντάται συνήθως σε κήπους. Η παρουσία της γλυστρίδας κοντά σε τριανταφυλλιές τις βοηθά εναντίον των κολεοπτέρων που τις προσβάλουν.

### ***Digitaria sanguinalis*, (Αιματόχορτο) οίκ. Graminae**



Η εμφάνιση του δηλώνει ότι το έδαφος είναι φτωχό σε ασβέστιο και ότι δεν μπορεί να υποστηρίξει την έναρξη της αποσύνθεσης από τους ακτινομύκητες.

### ***Convolvulus* spp., Περιπλοκάδα, οίκ. Convolvulaceae**

Αναπτύσσεται σχεδόν σε όλα τα εδάφη ιδιαίτερα σε ξηρά ζεστά και ελαφριά εδάφη με διαπερατό υπέδαφος. Αποτελεί χαρακτηριστικό δείκτη λανθασμένης πορείας της

αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας, και της υπερβολικής συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος. Η παρουσία σωρών από άχυρα ή κοπριάς, και γενικά η συσσώρευση όγκου οργανικής ουσίας σε ένα μέρος προκαλεί την παραπάνω κατάσταση και ευνοεί την εγκατάσταση και εξάπλωση της περικοκλάδας.



Το αγριόχορτο, αρέσκεται σε άφθονα χουμικά υλικά, στα οποία όμως επικρατεί ανταγωνιστική σχέση. Όμως ακμάζει και σε εδάφη διαβρωμένα και με ελάχιστο χούμο, ο οποίος δεν μπορεί να καθοδηγήσει στη σωστή κατεύθυνση την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Τα χαμηλά επίπεδα ασβεστίου, του φωσφόρου, και το χαμηλό pH, αποτελούν σημεία αναφοράς του αγριόχορτου. Τα επακόλουθα είναι η δημιουργία κολλώδους εδάφους και ο σχηματισμός κρούστας. Τα περισσότερα αναρριχώμενα αγριόχορτα έχουν την ικανότητα να βλαστάνουν ταχύτατα, ενώ τα ριζώματά τους εξαπλώνονται και κυριαρχούν σε όλο το εδαφικό σύστημα. Η εξάπλωση τους δρα δυσμενώς όχι μόνο στην ανάπτυξη άλλων φυτών αλλά και στους οργανισμούς του εδάφους. Τέτοιες συνθήκες μπορεί να εμφανισθούν σε εδάφη με υψηλή I.A.K. (αργιλώδη) μέχρι και σε εδάφη με χαμηλή IAK (αμμώδη). Σε εδάφη με υψηλή ή χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Το κοινό χαρακτηριστικό τους όμως είναι ότι όλα, επιβάλουν περιορισμούς στην σωστή αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Τέτοια εδάφη είναι ανίκανα να διαχειρισθούν σωστά τις χουμικές ισορροπίες και συστήματα. Σαν αποτέλεσμα της λανθασμένης αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας είναι η δημιουργία ενός ανισόρροπου ορμονικού-ενζυμικού συστήματος που οδηγεί στην ανικανότητα του εδάφους να εφοδιάζει σωστά τα φυτά με θρεπτικά στοιχεία. Οι λόγοι που δημιουργούν την παραπάνω κατάσταση σχετίζονται με

ξηρή και βιολογικά αδρανή οργανική ουσία, πράγμα που οφείλεται σε ξηρό φθινόπωρο, είτε σε υγρή άνοιξη. Αυτή η κατάσταση συμπληρώνεται με την ελλιπή καλλιέργεια του εδάφους και τη συμπίεση του. Οι παράμετροι που σχετίζονται με την κατάσταση αυτή είναι το pH το είδος των κολλοειδών της αργίλου, (δομή), καθώς επίσης η ικανότητα αποστράγγισης και αερισμού του εδάφους και ιδιαίτερα των οργανικών υλικών.

### **Xanthium spp. οίκ. Asteraceae**

Η παρουσία αυτού του αγριόχορτου δηλώνει ότι υπάρχει στο έδαφος άφθονη ποσότητα διαθέσιμου (αφομοιώσιμου) φωσφόρου, και ότι το PH βρίσκεται σε αποδεκτό επίπεδο. Τα υψηλά ποσοστά του φωσφόρου, δεσμεύουν τον ψευδάργυρο, πράγμα που επιδρά στις ορμονικές διαδικασίες του αγριόχορτου. Εξαπλώνεται σε εδάφη που είναι διαθέσιμα υψηλά επίπεδα φωσφόρου και ένα λογικό και σωστό επίπεδο PH.



Μόνο όταν το PH είναι ρυθμισμένο σωστά μπορεί να απελευθερωθεί σημαντική ποσότητα φωσφόρου. Από την άλλη πλευρά, ο υψηλός φώσφορος, δεσμεύει (ανταγωνίζεται) τον ψευδάργυρο. Σε αυτή την κατάσταση, το αγριόχορτο βλαστάνει.

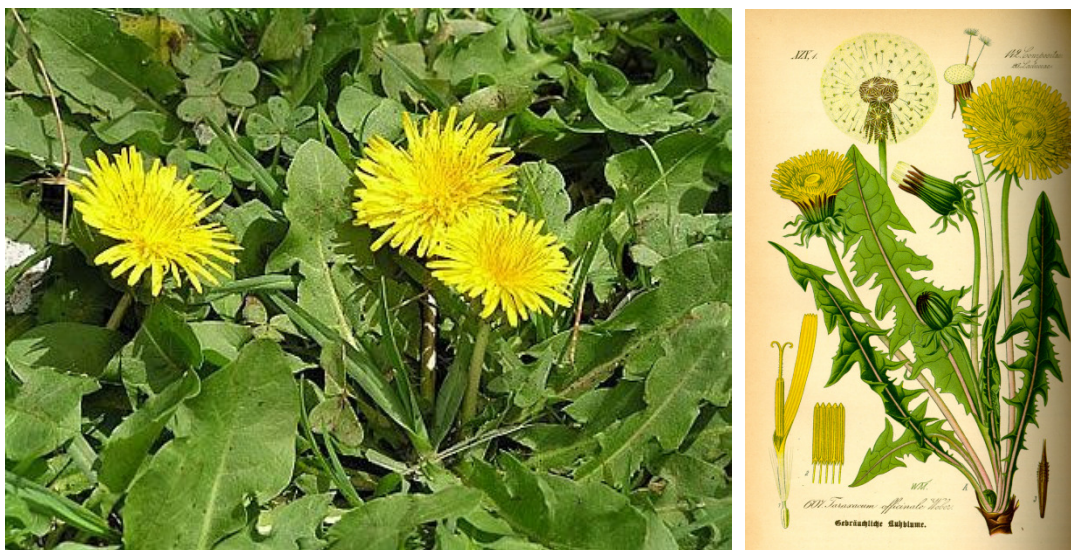
### **Urtica dioica, U. urens, (Τσουκνίδα), οίκ. Urticaceae**

Αγαπά το άζωτο, και έτσι συναντάται σε πολύ καλής κατάστασης καλλιεργούμενα εδάφη.



### **Taraxacum officinale (Αγριοράδικο, Πικραλίδα) Οικ. Asteraceae**

Προτιμάει βαθιά και ισορροπημένα εδάφη. Το σθαντάμε σε εδάφη με μικρή έως καθόλου διαθεσιμότητα ασβεστίου από τα κολλοειδή του εδάφους. Σε κάθε περίπτωση, το ασβέστιο είναι σε έλλειψη ή είναι μη αφομοιώσιμο.



Το αγριοράδικο είναι η προσπάθεια της φύσης να εμπλουτίσει το έδαφος σε ασβέστιο. Το φυτό αυτό στέλνει τις ρίζες του περίπου 1 μέτρο βαθιά στη γη μεταφέροντας ασβέστιο και άλλα στοιχεία στην επιφάνεια. Οι γεωσκώληκες λατρεύουν το έδαφος γύρω από το αγριοράδικο. Εκμεταλλεύονται τις ρίζες των νεκρών φυτών για να διευκολύνουν τη διάνοιξη των στοών τους, ενώ οι σηπώμενες ρίζες είναι μία καλή πηγή κολλοειδών για τη διατροφή τους. Η παρουσία του αγριοράδικου μας δείχνει ότι τα υπολείμματα της οργανικής ουσίας στο έδαφος είναι μουχλιασμένα, και εμποδίζουν τη διαθεσιμότητα των

θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Επίσης αποτελεί και σύμπτωμα υπερβόσκησης. Επίσης δηλώνει την ύπαρξη ιζηματογενών αποθέσεων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και πιθανή δημιουργία κρούστας την οποία όμως μπορεί να διαπεράσει με το ριζικό του σύστημα.

### **Tribulus terrestris (Τριβόλι), οίκ. Zygophyllaceae**

Το χαμηλό επίπεδο ασβεστίου και το πολύ χαμηλό επίπεδο φωσφόρου είναι το σημείο αναφοράς για την ύπαρξη αλλά και τον έλεγχο του αγριόχορτου. Αντίθετα τα επίπεδα καλίου, μαγνησίου και μαγγανίου είναι υψηλά όπου φυτρώνει το τριβόλι.



Το ίδιο ισχύει και για το σελήνιο, το χλώριο και το θείο, ακόμη και αν η αποστράγγιση και η αποδόμηση των υπολειμμάτων της αποσύνθεσης είναι καλές έως άριστες.

### **Cuscuta sp. (Κουσκούτα), οίκ. Cuscutaceae**

Είναι ένα παράσιτο που αναπτύσσεται σε φυτά που έχουν εκφυλισθεί. Ανταποκρίνεται καλύτερα σε τροποποιήσεις του ΡΗ, που οφείλονται στο ασβέστιο, μαγνήσιο, νάτριο και κάλιο σε ισορροπία.



**Agrostema githago, (Αγρόστημα), οίκ. Caryophyllaceae**

Φυτρώνει σε εδάφη που έχουν υψηλή συγκέντρωση σε άλατα, όταν αυτό συνδυάζεται με υψηλό ΡΗ οφειλόμενο στην υψηλή περιεκτικότητα μαγνησίου, καλίου και του νατρίου. Τα επίπεδα των φωσφορικών αλάτων τείνουν να είναι χαμηλά. Ο σίδηρος, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το χλώριο και το σελήνιο φθάνουν σε υψηλά επίπεδα. Πολλά εδάφη με υψηλό ΡΗ απαιτούν χορήγηση ασβεστίου, πράγμα που υποδηλώνει και η παρουσία του συγκεκριμένου αγριόχορτου.

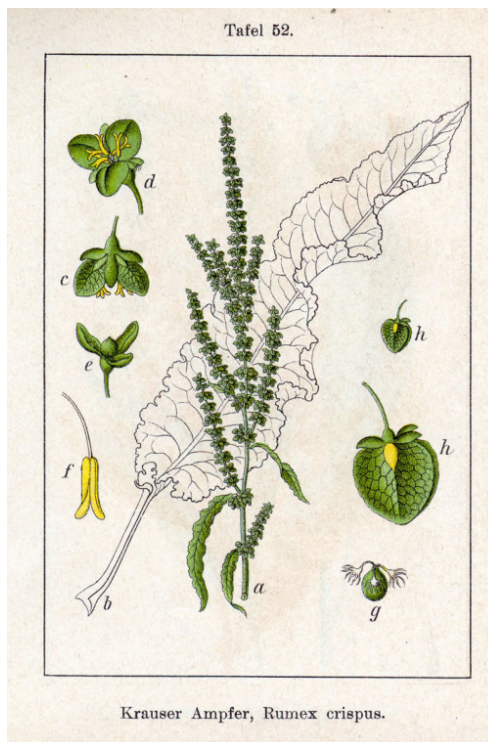


## Rumex crispus, Λάπαθο

Αγαπά το ασβέστιο, άζωτο και τη θερμότητα. Αναπτύσσεται ιδιαίτερα σε βαριά πηλώδη μέχρι αργιλώδη εδάφη.



Photo by:  
Richard Old  
www.xidservices.com



Ευνοείται σε όξινα εδάφη, σε υγρή περίοδο με χαμηλή ή φτωχή στράγγιση και ανεπαρκή αερισμό. Τότε το αγριόχορτο δραστηριοποιείται και βλαστάνει.

Εδάφη που εμφανίζεται το αγριόχορτο έχουν υψηλά επίπεδα σεληνίου, μαγνησίου και φωσφόρου καθώς επίσης και άφθονο χλώριο, βόριο, ψευδάργυρο, χαλκό, θείο, σίδηρο και μαγγάνιο, αλλά και σε βαρέα άλατα. Είναι όμως φτωχά σε ασβέστιο. Έτσι έχουμε αλληλεπιδράσεις των στοιχείων στο έδαφος.

Το αγριόχορτο αυτό παρουσιάζεται σε ποικιλία εδαφών, αλλά η ύπαρξη του σχετίζεται με τον άνθρακα.

Η εμφάνιση του αγριόχορτου υποδηλώνει την ύπαρξη αδιαπέρατου στρώματος εδάφους. Επίσης συναντάται σε εδάφη με υπερβολική υγρασία, που οφείλεται είτε στην κακή αποστράγγιση λόγω του αδιαπέρατου στρώματος, είτε όταν η άνοιξη είναι πολύ υγρή. Σε τέτοια εδάφη η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας γίνεται λάθος (από ακατάλληλους μικροοργανισμούς).



## **Marticaria chamomilla, Χαμομήλι, οίκ. Compositae**

Κυρίως συναντάται σε πλούσια σε συστατικά, όμως φτωχά σε ασβέστιο (έως καθόλου ασβέστιο), φρέσκα αργιλώδη ή αμμώδη κοκκινοχώματα.

Η ύπαρξη αυτού του αγριόχορτου υποδηλώνει ότι στο έδαφος έχει δημιουργηθεί κρούστα και ότι σκληραίνει.



Το χαμομήλι είναι ένας διατηρητής επιφανειακής κρούστας, και η παρουσία του ευνοεί την ανάπτυξη του σιταριού. Αυτό συμβαίνει, μόνο όταν το χαμομήλι είναι σε χαμηλούς πληθυσμούς (μέχρι 1%). Εάν παρατηρηθεί μεγαλύτερος πληθυσμός του αγριόχορτου, τότε ανταγωνίζεται την καλλιέργεια και θα επικρατήσει. Το γεγονός ότι εμφανίστηκε το χαμομήλι σε μεγάλους πληθυσμούς αποτελεί δείγμα ύπαρξης εδαφικού αδιαπέρατου στρώματος εδάφους ή κρούστας, πράγμα που εμποδίζει τα καλλιεργούμενα φυτά να αναπτυχθούν, όχι όμως και το χαμομήλι. Έτσι εξηγείται η ανάπτυξη μεγάλου πληθυσμού και η επικράτηση του χαμομηλιού, έναντι της καλλιέργειας.

Το χαμομήλι μας δείχνει ότι δεν έγινε επαρκής καλλιέργεια του εδάφους, ότι το έδαφος οργώθηκε ενώ ήταν πολύ υγρό, ή ότι έγινε μονόπλευρη χρήση όξινων λιπασμάτων. Η έξαρση της βλάστησης του χαμομηλιού, είναι μια φιλική και ήπια προειδοποίηση ότι πρέπει να διορθωθεί το πρόγραμμα αμειψισποράς.

Εάν δεν διορθωθεί αυτή η κατάσταση, τότε θα ευνοηθούν πιο ενοχλητικά και επιζήμια φυτά.

### **Plantago sp., (Πεντάνευρο), οίκ. Plantaginaceae**

Προτιμά φρέσκα μέχρι στεγνά (ξηρά) πηλώδη και αμμώδη εδάφη. Οι προτιμήσεις λίπανσης του *Plantago lanceolata* δεν είναι μεγάλες όπως το *Plantago major* το οποίο έχει μεγάλες ανάγκες σε λίπανση.



Τα αγριόχορτα αυτά εμφανίζονται σε καλλιεργούμενες περιοχές, και ανήκουν στην κατηγορία φυτών που ακολουθούν τα βήματα του ανθρώπου στις καλλιέργειες και έχουν αναπτύξει προσαρμογές που έχουν και τα καλλιεργούμενα φυτά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το αγριόχορτο αυτό ευδοκμεί καλύτερα σε όξινα εδάφη.

### **Ipomoea purpurea, (Πρωϊνή χαρά), οίκ. Convolvulaceae**

Τα επίπεδα του ασβεστίου είναι πολύ χαμηλά όπου εμφανίζεται η πρωϊνή χαρά. Επίσης χαμηλό είναι και το επίπεδο του φωσφόρου ενώ αντίθετα τα επίπεδα του καλίου είναι υπερβολικά υψηλά. Ένα σύνολο συμπλόκων των θρεπτικών στοιχείων υψηλό μαγνήσιο, σίδηρος, θείο, χαλκός, ψευδάργυρος, βόριο και σελήνιο καθορίζει την εμφάνιση αυτού του περιπλανώμενου φυτού.



**Cirsium arvense, (Κίρσιο), οίκ. Asteraceae**

Συναντάται σε ποικιλία εδαφών, ειδικά σε εδάφη όπου αρχίζει η σκλήρυνση τους μετά το όργωμα, ενώ αγαπά το άζωτο.



Στο αγριόχορτο αρέσει η χαμηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο, και πολύ χαμηλή σε μαγνήσιο. Αντίθετα ο σίδηρος είναι πολύ υψηλός. Επίσης η εμφάνιση του είναι χαρακτηριστικό της χαμηλής αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και της παρουσίας αναερόβιων βακτηρίων.

Εμφανίζεται σε μεγάλη ποικιλία εδαφών. Ευνοείται σε εδάφη με χαμηλά επίπεδα σιδήρου, χαμηλό ασβέστιο, και φτωχή δομή της οργανικής ουσίας του εδάφους. Όταν το ασβέστιο δεν έχει τη δυνατότητα να ελέγχει την αποδέσμευση των στοιχείων, και το PH δεν είναι ρυθμισμένο σωστά, έχουμε υπερβολική αποδέσμευση ορισμένων μετάλλων. Η παρουσία του επίσης δηλώνει χαμηλό επίπεδο φωσφόρου, είτε λόγω τροφοπενίας, είτε επειδή ο φώσφορος είναι δεσμευμένος. Τα δύο παραπάνω οφείλονται στην ανεπάρκεια οργανικής

ουσίας.

### **Capsella brusta-pastoris, οίκ. Brassicaceae**



Είναι πολύ πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία. Κατά την ανάπτυξη του είναι απαιτητικό φυτό αφού απορροφά πολλά θρεπτικά στοιχεία, τα οποία όμως επιστρέφονται στο έδαφος, μετά τον θάνατο του αγριόχορτου και μάλιστα σε οργανική μορφή.

### **Stellaria media, (Στελλάρια) οίκ. Caryophyllaceae**

Η στελλάρια βλαστάνει εκεί όπου υπάρχει μια αξιόλογη ποσότητα ενεργού οργανικής ουσίας, κυρίως στην επιφάνεια του εδάφους, ή λιγότερο, σε βαθύτερα στρώματα. Η παρουσία του υποδηλώνει ότι έχει συσσωρευτεί υπερβολική οργανική ουσία, από γρασίδι που δεν έχει αποσυντεθεί, ή ότι έχει συσσωρευτεί αξιόλογη ποσότητα τύρφης και κοπριάς



Από την οργανική ουσία απελευθερώνονται στο έδαφος οξέα και αποδεσμεύονται υπερβολικές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων, τα οποία δημιουργούν τοξικότητα, (καΐνε), το γρασίδι ή τα λαχανικά. Αυτή η κατάσταση αποτελεί πρόσκληση για τη στελλάρια, η οποία εγκαθίσταται σε τέτοια εδάφη. Μερικές φορές, η οργανική ουσία έχει μπει στη διαδικασία της αποσύνθεσης, μετά ξεραιίνεται, ξαναβρέχεται, και ξαναξεραιίνεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την λοξοδρόμηση της διαδικασίας της αποσύνθεσης, και σε τέτοιες περιπτώσεις η στελλάρια εξαφανίζεται με την προϋπόθεση ότι το pH είναι σωστά ρυθμισμένο, δηλαδή ούτε πολύ υψηλό, ούτε πολύ χαμηλό.

# Κεφάλαιο 7

## 7.1 Βλαστικότητα και ανάπτυξη των φυτών σε εδάφη με μαγνητικές ιδιότητες

### 7.1.1 Βλαστικότητα σπόρου

Οι όροι: *βλαστικότητα, βλαστική ικανότητα, φυτρωτικότητα και φυτρωτική ικανότητα* είναι ταυτόσημοι και χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν το ποσοστό των σπόρων που είναι σε θέση να βλαστήσουν και να δώσουν φυτάρια, όταν βρεθούν σε ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού στο σύνολο των σπόρων που τίθενται κάτω από τέτοιες συνθήκες.

Στην πράξη είναι αδύνατον να παραχθούν σπόροι με βλαστικότητα 100%. Κατ' αρχήν αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι οι συνθήκες κατά την παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση του σπόρου σχεδόν ποτέ δεν είναι ιδανικές, οπότε κάποιοι σπόροι υφίστανται βλάβες που τους καθιστούν βιολογικά νεκρούς. Εκτός αυτού όμως, ακόμη και κάτω από ιδανικές συνθήκες και πάλι θα είχε παραχθεί ένα μικρό ποσοστό μη ζωντανών σπόρων, το οποίο μπορεί να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων φυτικών ειδών και το οποίο εξαρτάται από την κληρονομικότητα του είδους. Γι' αυτό, για ορισμένα είδη φυτών τα οποία είναι πολύ διαδεδομένα, υπάρχουν νομοθετικά καθορισμένα κατώτατα επιτρεπτά όρια βλαστικότητας για να είναι εμπορεύσιμος ο σπόρος.

Η βλαστικότητα των σπόρων επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- **Συνθήκες που επικρατούσαν κατά τον σχηματισμό και την ωρίμανση του σπόρου πάνω στο μητρικό φυτό.**

Οι συνθήκες αυτές, που είναι κυρίως περιβαλλοντολογικής φύσεως, επιδρούν στη γονιμοποίηση του άνθους, στην τροφοδότησή του με νερό και θρεπτικά στοιχεία, κ.λπ.. Στις συνθήκες αυτές συμπεριλαμβάνεται επίσης και η υγιεινή κατάσταση του φυτού. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τον σχηματισμό και την εξέλιξη του εμβρύου. Αν για οποιονδήποτε λόγο το έμβρυο δεν σχηματισθεί ή δεν ωριμάσει κανονικά, ο συγκεκριμένος σπόρος που φέρει αυτό το έμβρυο δεν βλαστάνει.

- **Προσβολή του σπόρου από ασθένειες ή έντομα μετά την συλλογή του.**

Γενικά οι προσβολές του σπόρου από ασθένειες ή έντομα αποδυναμώνουν τους σπόρους με συνέπεια αρκετοί από αυτούς να μην μπορούν να βλαστήσουν όταν βρεθούν σε περιβάλλον κατάλληλο για φύτευμα. Όταν μάλιστα πρόκειται για φυτοασθένειες ή ζωικούς εχθρούς που προσβάλλουν και καταστρέφουν το έμβρυο τότε η μείωση της βλαστικότητας που θα εμφανίσει η προσβληθείσα ποσότητα σπόρου μπορεί να είναι δραματική.

- **Η υγρασία των σπόρων.**

Όταν η περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία είναι πάνω από ένα όριο, τότε αυτοί σε σύντομο χρονικό διάστημα χάνουν την ικανότητά τους να φυτρώνουν. Ο κυριότερος λόγος γι' αυτό είναι η αύξηση της μεταβολικής τους δραστηριότητας που εμφανίζεται σαν αποτέλεσμα της ανόδου της υγρασίας τους. Το αποτέλεσμα είναι να εξασθενεί το έμβρυο λόγω εξάντλησης των ενεργειακών του αποθεμάτων στην αναπνοή, οπότε από ένα χρονικό σημείο και πέρα καθίσταται ανίκανο να φυτρώσει. Γι' αυτό, οι σπόροι πριν αποθηκευτούν θα πρέπει να ξηραίνονται, ώστε η υγρασία τους να πέφτει κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο περιεκτικότητας του σπόρου σε υγρασία ποικίλλει ανάλογα με το είδος του φυτού και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 6-15%.

- **Οι συνθήκες αποθήκευσης των σπόρων.**

Οι σπόροι έχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε πολύ σύντομο χρόνο χάνουν την βλαστικότητά τους, δηλαδή την ικανότητά τους να φυτρώνουν όταν βρεθούν σε ευνοϊκό περιβάλλον. Σύμφωνα με τον Harrington, όταν ο σπόρος έχει περιεκτικότητα σε υγρασία μεταξύ 5-14% η άνοδος της υγρασίας του κατά 1% υποδιπλασιάζει την διάρκεια ζωής του (δηλαδή την μειώνει στο μισό). Γι' αυτό οι σπόροι θα πρέπει να αποθηκεύονται σε ξηρό περιβάλλον (στην ιδανική περίπτωση σε κενό αέρα) ώστε να μην απορροφούν υγρασία από τον ατμοσφαιρικό αέρα, γιατί κάτι τέτοιο θα έχει σαν συνέπεια την αύξηση της περιεκτικότητας τους σε υγρασία.

Εκτός όμως από την υγρασία, την μεταβολική δραστηριότητα των σπόρων την διεγείρει και η υψηλή θερμοκρασία, η οποία επομένως επιταχύνει επίσης την γήρανσή τους. Συνεπώς, όταν οι σπόροι παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε χώρους στους οποίους η επικρατούσα θερμοκρασία είναι σχετικά υψηλή, τότε αυτοί σε πολύ σύντομο χρόνο να χάνουν την βλαστική τους ικανότητα. Έχει υπολογισθεί ότι, όταν η θερμοκρασία του χώρου στον οποίο βρίσκεται ο σπόρος είναι μεταξύ 0-50° C, τότε η άνοδος αυτής κατά 5° C υποδιπλασιάζει την διάρκεια ζωής του. Γι'

αυτό, κατά την αποθήκευση των σπόρων, θα πρέπει παράλληλα με την υγρασία να είναι χαμηλή και η θερμοκρασία του αέρα που τους περιβάλλει. Επομένως, η καλύτερη λύση για την διαφύλαξη της βλαστικότητας των σπόρων σε υψηλά επίπεδα είναι η αποθήκευση αυτών σε ψυγείο.

## **7.2 Μαγνητικά εδάφη**

**Μαγνητικά εδάφη:** Εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα μαγνητίτη, όπου η μεταβολή της μαγνητικής διαπερατότητας επηρεάζει την ταχύτητα διάδοσης και τον συντελεστή ανάκλασης.

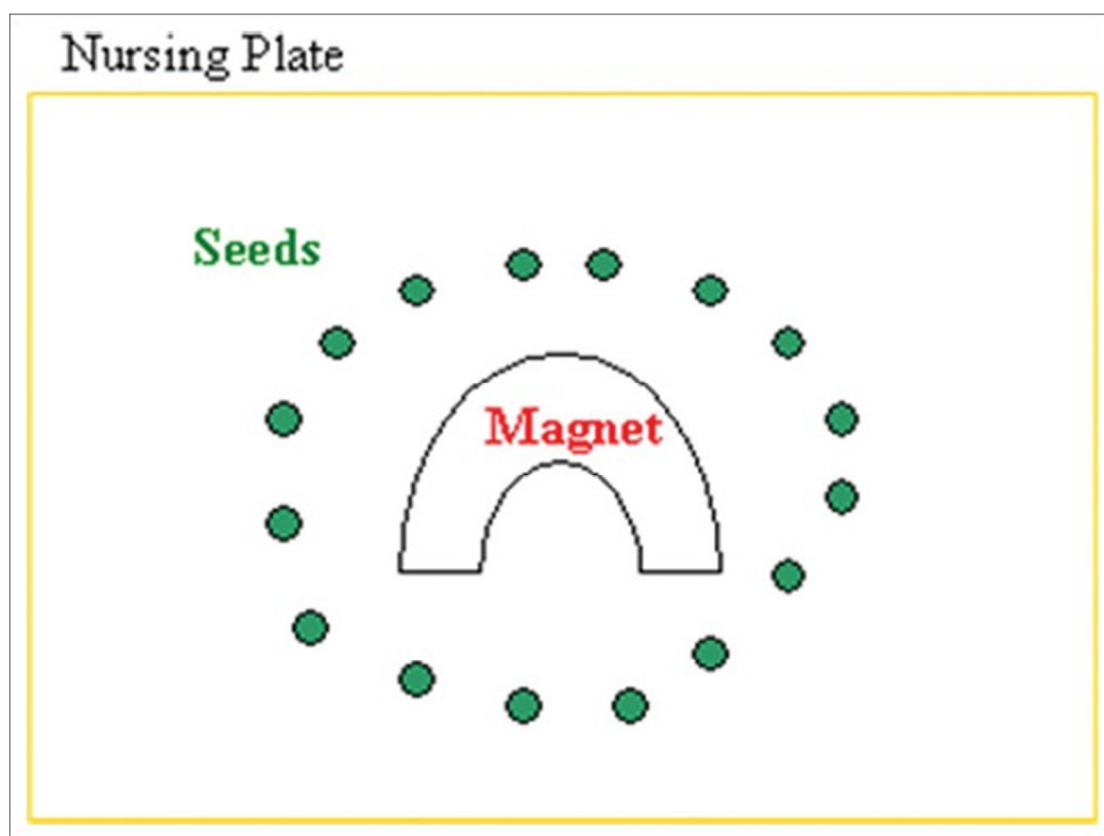
### **7.2.1 Ερευνητικές εργασίες με μαγνητικά εδάφη, βλαστικότητα και ανάπτυξη φυτών**

Η ανάπτυξη των φυτών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, κάποιοι από αυτούς είναι τα μαγνητικά πεδία. Μία μελέτη διεξήχθη για να ελεγχθεί η υπόθεση ότι ένα μαγνητικό εδαφος μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των φυτών. Η μελέτη χωρίζεται σε τρεις ομάδες φυτών. Η πρώτη ομάδα των σπόρων φυτών αυξήθηκε σε ένα χαμηλό μαγνητικό εδαφος. Η δεύτερη ομάδα αυξήθηκε σε ένα υψηλό μαγνητικό εδαφος. Η τρίτη ομάδα αυξήθηκε σε απουσία ενός μαγνητικού εδαφους, που χρησιμεύει ως μαρτυρας. Αρκετές παραμέτρους ανάπτυξης μετρήθηκαν, όπως η βλαστικότητα των φυτών, το ύψος των φυτών, και το μέγεθος των φύλλων. Επιπλέον, μετρήθηκε με το χρώμα των φύλλων, κηλίδες, το στέλεχος καμπυλότητας, και το ποσοστό θνησιμότητας. Το πείραμα διήρκησε τέσσερις εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο μαγνητισμός είχε σημαντική θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών. Κάποιοι σπόροι φυτών υπό την επίδραση του μαγνητικού εδαφους είχαν υψηλότερο ποσοστό βλάστησης, και αυτά τα φυτά έγιναν ψηλότερα, μεγαλύτερα, και πιο ευρωστα σε σχέση με τις δυο άλλες ομάδες του πειραματος. Δεν παρατηρήθηκαν ανεπιθύμητες ενέργειες του μαγνητισμού στην ανάπτυξη των φυτών. Ωστόσο, η απομάκρυνση του μαγνητικού εδαφους αποδυνάμωσε το μίσχο του φυτού, γεγονός που υποδηλώνει το ρόλο του μαγνητισμού στην προμήθεια φυτών με ενέργεια (Fu, 2012).

Συγκεκριμένα μελετήθηκαν τα εξής : (1) χωρίς μαγνητικό εδαφος (μάρτυρας), (2) χαμηλό μαγνητικό έδαφος, και (3) υψηλό μαγνητικό εδαφος. Τα φυτά που δεν είχαν



κανένα μαγνητικό έδαφος γύρω από αυτά βρέθηκαν να έχουν πιο αργή ανάπτυξη, καθώς και μικρότερα μεγέθη φύλλων. Τα μεγέθη της ανάπτυξης και των φύλλων αυξήθηκαν καθώς η δύναμη του μαγνητισμού αυξήθηκε.



Ωστόσο, ορισμένες μελέτες ανέφεραν αρνητικά αποτελέσματα. Η διαφορά σε ερευνητικά αποτελέσματα μπορεί να οφείλονται σε μεταβολές στο σχεδιασμό του πειράματος. Στο σύνολό τους, τα τρέχοντα στοιχεία φαίνεται ότι είναι υπέρ της άποψης ότι ο μαγνητισμός έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών. Η έρευνά δείχνει ότι ο μαγνητισμός κάνει τα φυτά να μεγαλώνουν όχι μόνο πιο γρήγορα, αλλά και να επιβιώνουν καλύτερα. Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι ένα μεγάλο μέρος των φυτών μολύνονται, γίνονται κυρτά μετά την απομάκρυνση του μαγνήτη στην ομάδα που εκτίθεται σε υψηλά μαγνητικά πεδία. Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι ο μαγνητισμός επιταχύνει την ανάπτυξη των φυτών και τον ενεργειακό εφοδιασμό. Εν απουσία του μαγνητισμού, τα φυτά χάνουν την ενέργεια που προέρχεται από το μαγνητικό έδαφος και ο μίσχος του φυτού δεν μπορεί να υποστηρίξει το βάρος του. Διαπιστώθηκε ότι τα φυτά που περιβάλλεται από ένα μαγνητικό έδαφος έχουν την τάση να μεγαλώνουν γρηγορότερα, ψηλότερα και υγιέστερα, όπως μετράται από το ύψος των φυτών, το μέγεθος των φύλλων, και επιλεγμένες παραμέτρους που σχετίζονται με την κατάσταση της υγείας τους. Το ποσοστό βλάστησης κατά την πρώτη εβδομάδα είναι σημαντικά υψηλότερη από ό, τι με χωρίς μαγνητικό έδαφος.

Το μαγνητικό έδαφος μπορεί επίσης να προμηθεύει ενέργεια, όπως αντικατοπτρίζεται παρατηρώντας ότι η απομάκρυνση του μαγνητισμού προκαλεί κύρτιση στο στέλεχος των φυτών. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την υπόθεσή ότι ο μαγνητισμός επηρεάζει την ανάπτυξη και την υγεία των φυτών. Οι περισσότερες παρόμοιες μελέτες έχουν δείξει τη θετική επίδραση του μαγνητισμού στην ανάπτυξη των φυτών, αλλά λίγοι έχουν αναφέρει τη μαγνητική επίδραση στην υγεία των φυτών (Fu, 2012)..

#### **7.2.1.1 Απόδοση καλλιέργειας ζαχαρότευτλων**

Μελέτηθηκε η απόδοση καλλιέργειας ζαχαρότευτλων (*Beta vulgaris* L.) (var. Baraca), η οποία έγινε με την χρήση μαγνητικών ουσιών στο νερό αρδεύσεως της καλλιέργειας. Για το σκοπό αυτό έγιναν δύο δοκιμές σε ζαχαρότευτλα που πραγματοποιήθηκαν στο Research and Production Station, National Research Centre, Alemam Malek village, Al Nubarria District, Al Behaira Governorate, στην Αίγυπτο σε περιόδους χειμώνα 2009/10 και 2010/11. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν

(1) Άρδευση με κανονικό νερό και

(2) Άρδευση με νερό που είχε μαγνητιστεί μέσω δύο ιντσών Μαγνητρονίου [UT3, Magnetic Technologies LLC PO Box 27559, Ντουμπάι, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα].

Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές θετικές επιδράσεις της μαγνητικής επεξεργασίας νερού για την ποσότητα και την ποιότητα των παραμέτρων που μελετήθηκαν. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν αύξηση του βάρους της ρίζας (fort), του μήκους της ρίζας και της αποδοσης της ρίζας που είναι θετικές για την παραγωγή σακχάρων. Όμως έδειξε ότι η άρδευση με μαγνητισμένο νερό φέρνει μειωμένη τιμή των παραμέτρων ακαθαρσίας σε σύγκριση με την άρδευση με κανονικό νερό.

Φαίνεται λοιπόν ότι η χρήση του μαγνητισμένου νερού μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της απόδοσης και της ποιότητας των καλλιεργιών ζαχαρότευτλων.

#### **7.2.1.2 Μαγνητική επίδραση νερού σε καλλιέργια θερμοκηπίου σε σπόρους ντομάτας, σιταριού και μπιζελιού.**

Σε καλλιέργια θερμοκηπίου διεξήχθη ένα πείραμα για να μελετηθεί η επίδραση του μαγνητικού εδάφους στη βλάστηση, στην ανάπτυξη, στις φυσιολογικές και βιοχημικές ιδιοτητες φυτών ντομάτας (*Lycopersicon esculentum* L.), σιταριού

(*Triticum aestivum* L.) και μπιζελιού (*Pisum sativum* L.). με άρδευση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μαγνητικό εδαφος αύξησε την βλαστική ικανότητα των φυτών, το ύψος των φυτών, την περιεκτικότητα του νερού στα φύλλα ανα φυτό και μειώθηκαν οι απώλειες νερού απο τα φύλλα.Επισης μεταβληθηκαν οι φωφτοσυνθετικές χρωστικές ουσίες

Η βιοχημική ανάλυση των φύλλων των φυτών του πειράματος, έδειξε ότι υπήρξαν αλλαγές στις φωφτοσυνθετικές χρωστικές ουσίες που απορροφούν τα φυτά.

### **7.2.1.3 Επίδραση μεταβλητού μαγνητικού εδάφους με λείζερ σε σπόρους αμάραντου.**

Μια μελέτη που διεξήχθη σχετικά με την επίδραση της διέγερσης με λείζερ και μεταβλητό μαγνητικό εδαφος για τη βλάστηση των σπόρων αμάραντου Aztek και Rawa σε διάφορες θερμοκρασίες. Σπόροι αμάραντου σπάρθηκαν σε τρυβλία. Οι δοκιμές διεξήχθησαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών σε θερμοκρασίες 10 , 12 , 15, 20 , 25 , 35 , 45 , 55 °C σε απόλυτο σκοτάδι. Τα αποτελεσματα εδειξαν ότι η διέγερση με λείζερ σε συνδυασμό με το μεταβλητό μαγνητικό εδαφος έχει θετικά αποτέλεσμα στην βλαστική ικανότητα του αμάραντου στις εξεταζόμενες θερμοκρασίες, κυρίως στην αρχική φάση της βλαστικής ικανότητας.

### **7.2.1.4 Επίδραση του αδύνατου ηλεκτρομαγνητικού εδάφους στη βλάστηση σιταριού και αύξηση σποροφύτων των διαφορετικών ποικιλιών σίτου (*Triticum aestivum* L.)**

Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν δεδομένοι παράμετροι ανάπτυξης για την αξιολόγηση εννέα ποικιλιών σιταριού (*Triticum aestivum* L.) Giza168, Tabouki, Kaseemi, Yamanei, Madini, Nagrani και Seds 12 στο University of King Abdul Aziz το 2011. Οι σπόροι αυτοί εκτέθηκαν σε ηλεκτρικά πεδία ( 3000 gauss = 0,3 T της μαγνητικής δύναμης ) για 30 λεπτά. Στη συνέχεια οι κόκοι υπέστησαν μαγνητική αγωγή και τοποθετήθηκαν σε τρυβλία μεταξύ δύο στρωμάτων υγρού χαρτιού βλαστήσεως με μαγνητικό νερό. Τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών στους 20 ° C σε μία όρθια θέση, προκειμένου να εκτιμηθεί ο ρυθμός και το ποσοστό βλάστησης. Μετά από 21 ημέρες , δοκιμάστηκαν διαφορετικοί παράμετροι ανάπτυξης των φυτών όπως το μήκος βλαστού, το μήκος ρίζας , το μήκος βλαστού /

ρίζας, το μήκος φυταρίων, νωπό και ξηρό βάρος φυταρίων, με βάση κανονικά φυτά και την επίδραση των μαγνητικών πεδίων για τον βαθμό πρωτεΐνης στα φυτάριτα σιταριού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλες οι αγωγές μαγνητικού εδάφους αύξησαν το ποσοστό βλάστησης, όλες τις παραμέτρους ανάπτυξης και το ποσοστό πρωτεΐνης με βάση την κανονική ποικιλία σιταριού.

#### **7.2.1.5 Φυσιολογικές επιδράσεις των μαγνητικών νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου προς το καρπούζι.**

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογηθούν οι βιολογικές επιπτώσεις των μαγνητικών νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου σε σπορόφυτα καρπουζιού. Διαπιστώθηκε ότι τα νανοσωματίδια μπορούν να αιωρούνται σε υγρό μέσο το οποίο περιλαμβάνεται από τα φυτά του καρπουζιού και μετατοπίζεται σε όλους τους ιστούς του φυτού. Η σωστή συγκέντρωση των νανοσωματιδίων οξειδίου του σιδήρου μπορεί όχι μόνο να αυξήσει την βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των νεαρών φυτών, αλλά και να βελτιώσει τη φυσιολογική λειτουργία και αντοχή στις περιβαντολογικές πιέσεις του καρπουζιού.

#### **7.2.1.6 Επίδραση του μαγνητικού εδάφους για τη βλάστηση των σπόρων, την ανάπτυξη και την απόδοση της γλυκιάς πιπεριάς (*Capsicum annuum* L.)**

Μια μελέτη διεξήχθη για την επίδραση του μαγνητικού εδάφους για την βλάστηση των σπόρων, την ανάπτυξη, την απόδοση και την ποιότητα των καρπών της πιπεριάς (*Capsicum annuum* L.). Σπόροι πιπεριάς ποτίστηκαν και διήλθαν μέσω μιάς μαγνητικής χοάνης. Καταγράφηκαν επί τοις εκατό ποσοστά βλάστησης, ανάπτυξης και απόδοσης των παραμέτρων κατεργασμένων και μη κατεργασμένων φυτών πιπεριάς. Η βλάστηση όλων των σπόρων που υπέστησαν αγωγή ξεκίνησε μια μέρα νωρίτερα από ό,τι εκείνη των μη επεξεργασμένων σπόρων και το ποσοστό βλάστησης αυξήθηκε κατά 33,7 έως 44,9 % σε επεξεργασμένους σπόρους που σχετίζονται με τον έλεγχο. Οι παράμετροι ανάπτυξης και ανθοφορίας ήταν σημαντικά αυξημένοι στα επεξεργασμένα φυτά σε σύγκριση με το μάρτυρα. Επίσης οι παράμετροι ποιότητας φρούτων ενισχύθηκαν από τη μαγνητική θεραπεία, ενώ το μήκος φρούτων, η διάμετρος φρούτων και το περικάρπιο πάχος δεν επηρεάστηκαν σημαντικά. Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου και της βιταμίνης C στα

φρούτα ήταν επίσης αυξημένες. Τα ληφθέντα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μαγνητικό έδαφος είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη θεραπεία πριν από τη σπορά των φυτών, διότι ενισχύουν τη βλαστική τους ικανότητα και την αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας των καρπών.

#### **7.2.1.7 Αποτελέσματα του μαγνητικού εδάφους για την ανάπτυξη των σπόρων *Zea mays***

Η μελέτη αυτή διεξήχθη για την επίδραση του μαγνητικού εδάφους στη βλάστηση των σπόρων *Zea mays*. Οι σπόροι εκτέθηκαν σε δύο μαγνητικά πεδία, τα οποία ήταν 50mT για διαφορετικό χρόνο έκθεσης, 0.25, 0.5, 1 h, αντίστοιχα. Ο στόχος, είναι να παρατηρήσουμε τις βιοχημικές αλλαγές και την τονωτική επίδραση στην βλάστηση των φυτών *Zea mays*. Ελέγχθησαν, η επίδραση του ρυθμού έκθεσης για την ανάπτυξη των ριζών, το μήκος και η πρωτεΐνη ριζίδιου. Βρέθηκε ότι το μεταβλητό μαγνητικό έδαφος ανάλογα με το χρόνο έκθεσης (100 mT / hr) είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη διαδικασία βλάστησης των σπόρων *Zea mays* σε σύγκριση με τους μη επεξεργασμένους σπόρους. Παρατηρήθηκε, ότι το μήκος της ρίζας, το μήκος και το ποσοστό ριζίδιου πρωτεΐνης αυξήθηκαν κατά 31,14%, 4,15% και 11,32% αντιστοίχως.

# Συμπεράσμα

## Συμπερασματικά

- Η σημασία του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών δίνοντας τα θρεπτικά στοιχεία, τα μικροστοιχεία και τα μικροστοιχεία.
- Τα ορυκτά και πετρώματα του εδάφους έχουν μαγνητικές ιδιότητες
- Τα φυτά ως υπερσυσσωρευτές βαρέων μετάλλων βοηθούν στην φυτοεξυγίανση
- Τα φυτά βιοδείκτες χαρακτηρίζουν την ποιότητα του
- Υπάρχουν λίγες ερευνητικές εργασίες με μαγνητικά εδάφη, που αναφέρονται στη βλαστικότητα και την ανάπτυξη φυτών όπως η βλαστικότητα και η ανάπτυξη των ζαχαρότευτλων την μαγνητική επίδραση νερού σε καλλιέργεια θερμοκηπίου σε σπόρους ντομάτας, σιταριού και μπιζελιού.

# Βιβλιογραφία

- Alloway BJ, *Toxic metals in soil – plant systems*, Chishester, Uk: John Wiley and Sons, 1994
- Brix, H. (1997). "Do macrophytes play a role in constructed wetlands?" *Wat. Sci. Tech.* Vol.35, pp. 11-17.
- Cunningham, S.D., (1996), *Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants*, *Adv. Agron.* 56, 55-114.
- DeBano, L.F., and P.H. Dunn. 1982. *Soil and nutrient cycling in Mediteranean – Type Ecosystems: a Summary and Synthesis*. Gen.Tech.Rep.PSW-58. Berceley, CA: Pasific Shouthwest Forest and Range Experiment Station, Forest Servise, U.S.D.A.
- Fiorenza S., Balshaw, K., Lowe, D. F., Oubre, C. L., and Ward, C. H.( 1998), *Innovative bioremediation technologies: The DOD/AATDE contribution*. In *Global Environmental Biotechnology*, D. L. Wise, ed. Kluwer Academic Publishers), pp. 365-376.
- Hilgard E.W., *Soils*, McMillan Co., New York 1914.
- Kabata-Pendias A, Pendias H. *Trace elements in soils and plants*. 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2001.
- Karataglis S. (1980). *Variability between and within populations of Agrostis tenuis with respect to metal tolerance*. *Phyton*, 20, 23–32.
- Likens, G.E. F.H. Bormann, R.S. Pierce, J.S. Eaton, and N.M. Johnson. 1977. *Biogeochemistry of forested ecosystems*. Springer-Verlog. N.Y.
- Magnet Man, 2006, *Magnet Basics - Safety Considerations*. *nigra*), Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ramann E., *Bodenkunde - Verlag*, Julius Springer, Berlin 1911.
- Symeonidis L., M c Neilly T ., Bradshaw R D. (1985), *Differential tolerance of three cultivars of Agrostis capillaries L. to Cadmium copper , Lead , nickel , and Zinc* . *New Phytologist* 101: 309 -315.
- Tan K. H., 1994, *Environmental Soil Science Markel Dekker, Inc.* New York, p: 127, 147

- Tester and Leigh (2001), *Comparative physiology of elemental distributions in plants. Special Issue: Plant Nutrition. Partitioning of nutrient transport processes in roots. Journal of Experimental Biology* 2001;52:445-457.
- Thompson, R. and Oldfield, F., 1986, *Environmental Magnetism*, Allen & Unwin Ltd.
- Γερασιμοπούλου Σ (2009).) Πτυχιακή εργασία: *Επίδραση Καδμίου σε μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά φυτών Nicotiana Tabacum και Nicotiana Glauca.*
- Καράταγλης Σ.,(1995), *Φυσιολογία φυτών*. Εκδόσεις Art of Text, Θεσσαλονίκη
- Κατερινόπουλος Α., Μαγκανάς Α., *Συστηματική Ορυκτολογία*, Αθήνα, 2003  
(Πανεπιστημιακές παραδόσεις)
- Κελεπέρτζης Α. (2004), *Εισαγωγή στην Γεωλογία Περιβάλλοντος*, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μήτσιος Ι. (2004), *Γονιμότητα εδαφών (θρεπτικά στοιχεία φυτών και Βαρέα Μέταλλα)*, Μέθοδοι και Εφαρμογές.
- Παναγιωτόπουλος Π.Κ., 2008, *Εδαφολογία*, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.
- Πολυζόπουλος, Ν. 1982, *Τα οργανικά εδάφη από εδαφολογικά σκοπιά*, ΓΕΩΤΕ.Ε.Ε  
Διήμερο για το πρόβλημα της αξιοποίησης της πεδιάδας των Φιλιππων Καβάλας, Θεσσαλονίκη 29-30/11/1982.
- Σινάνης, Κ., (1999), *Σημειώσεις εδαφολογίας*, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο
- Τσέκος, Ι.Β., (2004). *Φυσιολογία φυτών*, 2η έκδοση, Εκδόσεις Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη
- Τσιόντσης, Α., 1991, *Παραγωγή και κατανομή οργανικής ουσίας και δυναμική των θρεπτικών στοιχείων σε οικοσυστήματα Μαύρης Πεύκης (Pinus*
- Τσολάκης Σ. Ε. (2009) Διπλωματική εργασία: *Βιολογική μέθοδος αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών με την μέθοδο της φυτοεξύγιανσης: Χρήση συγκεκριμένων φυτικών ειδών*, Πάτρα

#### Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

- [www.wikipedia.gr](http://www.wikipedia.gr)
- [www.prosodol.gr](http://www.prosodol.gr)
- [www.ars.usda.gov](http://www.ars.usda.gov)
- [www.kalliergo.gr](http://www.kalliergo.gr)



- [www.pangea.gr](http://www.pangea.gr)
- <http://triton.chania.teicrete.gr>
- <http://peswiki.com/index.php>